Tesis Doctoral

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA RAZA AUTÓCTONA EQUINA EL CABALLO LOSINO

JESÚS Mª MARTÍNEZ SÁIZ

Departamento de Genética
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Año 2000

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La disminución en el número mundial de razas está afectando de forma dramática a todas o casi todas las especies, surgiendo la controversia de si se tienen o no que conservar (*Maijala et al.,* 1984; *Land,* 1986). La necesidad de imponer medidas para preservar la diversidad biológica fue uno de los temas más debatidos en la *Conferencia de Terra* realizada en 1992 en Río de Janeiro. Con respecto a las especies animales de interés zootécnico, son ya varias las organizaciones internacionales que, cada vez más, se preocupan de la preservación de poblaciones amenazadas (FAO, RBI, EAAP...). Así en la Unión Europea, la CEC (*Commission of the European Communities*) procedió a realizar una clasificación de los recursos genéticos animales realizando una política de atribución de ayudas a los ganaderos que explotaban razas autóctonas declaradas en peligro de extinción (*Buchenauer,* 1992; *Hardwick,* 1992). En concreto en el caso de los recursos genéticos equinos la situación actual en Europa apunta a la necesidad imperiosa de realizar programas de conservación, ya que el 86,6% de las razas presentan efectivos inferiores a 5000 yeguas adultas *(Matos et al.,* 1994).

Estos organismos enfatizan la importancia de proceder a realizar programas de conservación genética de las razas equinas locales en vías de extinción. La conservación de los recursos genéticos actuales es una garantía de la diversidad genética que puede ser eventualmente utilizada por las futuras generaciones al mismo tiempo que contribuye al mantenimiento y control de la diversidad biológica actual (*Matos and Bettencourt,* 1994). Otras razones válidas para la conservación podemos encontrar tanto de tipo Genético-Productivo, como de tipo Científico, razones Histórico-Culturares, así como razones de tipo Ecológico-Ambiental (*Maijala,* 1987).

Por otra parte, muchas de las prioridades de la agenda 2000 están enfocadas al mantenimiento de la población rural y a la protección de su medio. Estos cambios en la política agraria común tienden en la actualidad a la lucha contra el despoblamiento de las zonas rurales favoreciendo iniciativas que compensen en parte el diferencial de rentas con las zonas urbanas. Así mismo cada vez somos más conscientes de la necesidad de un desarrollo compatible con el medio ambiente, respetando la riqueza cultural, histórica y social que suponen los recursos genéticos animales y vegetales.

Las razas de animales domésticos han estado y seguirán estándolo en íntima ligazón con el medio ambiente en el que habitan y con la cultura humana que las explotan. La actividad agraria por si sola es incapaz de mantener la población rural y deben encontrarse alternativas innovadoras que creen empleo de forma sostenida preservando el medio y la forma de vida y la cultura tradicional de estas poblaciones. En la actualidad las perspectivas futuras de la cría animal se basan en la compatibilidad entre

el medio ambiente y la explotación humana. Por esta razón las razas autóctonas resultan un pilar básico en las posibilidades de desarrollo ganadero futuro, que tendrán como finalidad la obtención de productos genuinos de alta calidad con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Esta tendencia a la extensificación está plenamente integrada con la cría tradicional del caballo losino, considerado por la FAO como "feral".

En el caso del caballo Losino, a priori existen numerosas razones para realizar esfuerzos para su mantenimiento recuperación. Ya en la Prehistoria las manadas de caballos cabalgaban en estado salvaje por las sierras de Burgos como se ha comprobado recientemente al aparecer los restos de équidos en los yacimientos arqueológicos del Pleistoceno en la Sierra de Atapuerca. En esta época, cuando el hombre aun se debatía por sobrevivir en un ambiente hostil, dio comienzo entre ambos, hombre y équidos del nacimiento de una duradera relación que aún hoy perdura y que, sin duda, habrá de mantenerse en el futuro. De esta relación iba a depender el hombre, casi exclusivamente durante cientos de años, para poder cazar, utilizarlo como animal de guerra y posteriormente como animal de ayuda en las labores del campo.

Por diversas razones, el desconocimiento que se tiene del caballo castellano no tiene justificación. Durante la Edad Media ocupó un lugar importante en la Reconquista que condujo a la unión de los reinos de España (*Abad*, 1997), posteriormente participó en la Conquista de América como nos indica *Cabrera* (1945). A pesar de su gran importancia histórica, en la época Contemporánea casi se extinguió y ha sido objeto de un incomprensible olvido y de la más imperdonable ingratitud.

Entre las razones económicas podríamos citar el hecho de que esta raza se sustenta con forrajes groseros no aprovechados por otras especies, siendo solución a la actual infrautilización de los pastos de zonas montañosas y boscosas. Como razones genéticas se pueden aducir la enorme importancia de su reserva genética para el tronco equino de nuestro país y en especial por ser la única raza equina autóctona de toda Castilla y León. No debemos olvidar tampoco su importancia sociológica al constituir un elemento muy importante en la actividad pastoril, favoreciendo el mantenimiento de un equilibrio demográfico en zonas deprimidas, que se puede auxiliar con otras iniciativas como la utilización de esta raza autóctonas en el marco del turismo ecuestre, contribuyendo además a un aspecto que cada vez es más prioritario en las actuaciones de la Comunidad Europea, impedir la degradación del medio ambiente.

La raza Losina mantuvo sus efectivos hasta los años 50, pero posteriormente, y debido principalmente a la mecanización del campo y al cruce con razas cárnicas y con ganado asnal para la producción mulatera, su población descendió hasta llegar en 1986 a los límites más críticos de su historia (alrededor de 30 ejemplares). En este año, en vista de la alarmante situación, se inició un proyecto de recuperación de la raza, creándose en Pancorbo (Burgos) el primer Centro de Cría y Selección del caballo Losino. En este centro se viene

manteniendo el sistema natural de crianza en libertad. Los animales, una vez desbravados y domados, son utilizados para la equitación infantil-juvenil, en enganches y para realizar las rutas ecuestres por zonas rurales y de montaña.

Posteriormente, el Estado consciente de la importancia de recuperar las numerosas razas autóctonas de las distintas especies explotadas en España, crea la concesión de una serie de ayudas destinadas a fomentar la cría y recuperación de estas razas (Real Decreto del 10 de Abril de 1995). Entre las razas equinas en peligro de extinción se encuentra el caballo Losino. Estas ayudas han permitido solventar en parte las necesidades de explotación (centro de cría y reproducción, doma, controles veterinarios, etc.) de una raza que, dado el bajo número efectivo de animales y de ganaderos, estaba destinada a su desaparición si no hubiera existido un centro como el de Pancorbo dirigido por D. Ricardo de Juana, en el que agrupa a la mayor parte del efectivo equino en pureza para su cría y su explotación.

Dado que no se disponía hasta el momento actual de un marco jurídico que regulará los mecanismos de caracterización de la raza y los medios de protección, fomento y mejora de la misma, se ha creado recientemente las bases sobre las que se asientan los elementos claves para ello, como son la definición de su fisonomía y la selección de los animales más homogéneos de acuerdo al patrón racial definido. Para conseguir estos objetivos la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León considera conveniente la creación del Libro Genealógico de la Raza Equina Losina (Orden de 30 de Octubre 1998) y el establecimiento de su sistema de funcionamiento, de acuerdo con el Real Decreto 1026/1993, de 25 de Junio (BOE nº 175 de 23 de Julio) relativo a la Selección y Reproducción de Ganado Equino de razas puras.

En España, desde su entrada en la Unión Europea, nos encontramos en un momento crucial en el que es imprescindible profundizar en el conocimiento de nuestras principales razas autóctonas en peligro de extinción, ya que a pesar de su indudable interés, existen pocas investigaciones específicas. Por tanto, las instituciones públicas y privadas implicadas (Junta de Castilla y León, Excma. Diputación de Burgos y Asociaciones de Criadores) deben coordinar y aunar sus esfuerzos para lograr un mayor auge de esta raza equina, y como consecuencia un estímulo para su recuperación, mejora y conservación.

El llevar a la práctica un programa de conservación tiene como objetivo final salvaguardar la variabilidad genética actual por un período de tiempo tan largo como sea posible. Se pretende con esta medida frenar el ritmo de erosión de las razas locales, y la sustitución por otras razas foráneas. Tanto en el caso de los métodos de conservación "in situ" como "ex situ" es necesario disponer de determinados criterios que nos permitan avalar en cada momento la estructura genética actual y futura de una determinada población.

En las poblaciones de reducido tamaño poblacional, como es la que nos ocupa, los problemas derivados de la consanguinidad suelen ser importantes, fundamentalmente por dos motivos: por la llamada Depresión Consanguínea, que comporta una disminución en los rendimientos promedio de los caracteres cuantitativos, sobretodo aquellos relacionado con la esfera reproductiva (fecundidades, tasas de ovulación, prolificidades, etc.), y por tanto, resulta obvio que esto se tiene que tener en cuanta para evitar una disminución no deseada, del censo poblacional; y para evitar, así mismo, una disminución de la variabilidad genética de la raza debido a la homocigosidad creciente que comporta la consanguinidad.

La importancia de este trabajo de investigación, que tiene como principal fin dar un conocimiento exhaustivo sobre los caracteres que definen la raza equina Losina (desde el punto de vista etnológico y genético) y que sienten las bases para su futura consolidación y expansión, puede ser resumida en dos puntos:

1. Incluir en el estudio la totalidad del efectivo equino censado desde el inicio de recuperación de la raza en las 4 generaciones existentes hasta el momento actual.

2. Ser el primer trabajo con base científica determinado a caracterizar la población equina Losina mediante el estudio estadístico y genético de medidas zoométricas, el cálculo de los parámetros genéticos de las principales variables zoométricas y de conformación (heredabilidad y correlaciones genéticas), el estudio del prototipo racial, el análisis genealógico, la caracterización racial mediante el análisis de las frecuencias alélicas de diversos marcadores genéticos (polimorfismo del DNA) que a nivel de raza permite definir el denominado perfil genético de la raza y por último las medidas de la variabilidad genética a través del cálculo de la consanguinidad y del nivel de heterocigosidad, entre otras medidas

Así pues, los objetivos que se pretenden conseguir con la realización de esta Tesis doctoral son la caracterización de la población del caballo Losino y la medida de su variabilidad genética. Para lo cuál se han agrupado los estudios realizados en cuatro bloques temáticos:

***1-. Aproximación Histórica*:** Mediante la cual se pretende conocer el uso dado al caballo Losino a través de su historia así como la vida del caballo Losino en su hábitat natural.

2-. Caracterización morfológica: Tanto a nivel cualitativo como zoométrico

- Se pretende tomar medidas zoométricas a una muestra de caballos Losinos que se encuentran con la suficiente doma para las necesidades requeridas.

- Posteriormente se estimarán los parámetros genéticos de las distintas variables zoométricas (heredabilidad y correlaciones genéticas y fenotípicas para las distintas medidas) si la estructura genealógica y el tamaño muestral lo permiten.

3.- Caracterización de la Estructura Genealógica:

- Análisis genealógico del pedigrí: Índice de integridad del pedigrí, población base, determinación de líneas genéticas.

4-.Caracterización genética y análisis de la variabilidad:

- Estudio de la estructura genética poblacional a partir del estudio genealógico: Nivel de consanguinidad individual e incremento de consanguinidad anual y generacional, animales fundadores, animales más emblemáticos, índice de conservación genético, coeficientes de parentesco y número efectivo de reproductores.
- Caracterización y análisis de la variabilidad genética y análisis de la variabilidad genética a partir del análisis de *loci* moleculares microsatélites.
- Análisis de las relaciones filogenéticas con otras razas equinas con las que ha podido tener relaciones filogenéticas o con la cuales ha podido mantener algún tipo de cruzamientos.

Los resultados generados permitirán establecer las pautas o recomendaciones más idóneas tanto para la conservación genética "in situ" como "ex situ" de esta población, siendo por lo tanto de utilidad básica y fundamental para poner en marcha los futuros Programas de Conservación que puedan realizarse en esta raza.

A nivel más inmediato, la Asociación de Criadores, las entidades culturales, y las diferentes unidades de la administración competentes en este tema que fomentan y/o gestionan actualmente esta raza, pueden verse beneficiadas a corto plazo, al disponer de un mayor y mejor conocimiento de sus animales, y de la industria asociada. El disponer de la caracterización morfológica, permitirá actualizar, reglamentar y gestionar el correspondiente Libro Genealógico, permitiendo a estas instituciones disponer de herramientas que le permitan aceptar o no animales que podrían ser recuperados para esta raza. La disponibilidad de un número suficiente de marcadores genéticos polimórficos permitirá la posibilidad de realizar controles de paternidad en aquellas genealogías dudosas, o de forma rutinaria en cualquier paternidad, en vistas al Libro Genealógico y a la programación de apareamientos. A partir de estos marcadores, o mejor aún, a partir de la información genealógica disponible, se podrán realizar estimaciones del nivel de consanguinidad estableciendo posteriormente programas de consanguinidad mínima, para

reducirla al máximo en posteriores generaciones. El cálculo de los coeficientes de parentesco entre los individuo y del número de fundadores efectivos que existe en el pedigrí de cada uno de ellos permitirá programar adecuadamente los apareamientos más óptimos, para mantener al máximo la variabilidad genética ancestral con el mínimo incremento posible de consanguinidad por generación.

En un futuro más o menos lejano, y en vistas a hipotéticos Programa de Mejora, esta información puede ser básica para establecer los correspondientes Criterios de Selección en la valoración genética de los reproductores, para aquellos Objetivos de Selección que la Asociación de Criadores, Administración y técnicos de los programas, decidan conjuntamente como mejores objetivos de interés para el devenir de la raza (p.e. agroturismo, limpieza de bosques y prevención de incendios, cruzamientos para la producción cárnica, etc.).

Por último, al ser esta la única raza equina autóctona de Castilla-León, el estudio realizado en la presente Tesis Doctoral permitiría argumentos de peso para justificar su conservación como patrimonio genético de la región y como historia viva y paralela de sus poblaciones humanas.

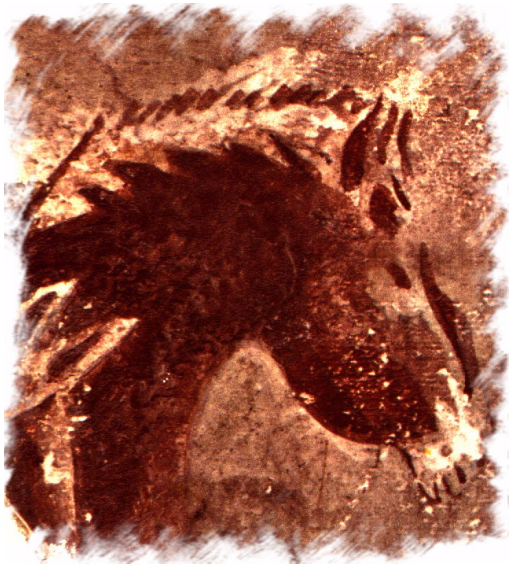
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Revisión bibliográfica

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

ORIGEN DEL CABALLO EN ESPAÑA

El *Homo sapiens*, a lo largo de un amplio periodo de su historia, se dedicó a la caza del caballo con evidente éxito a juzgar por los huesos hallados en los alrededores e interior de las cuevas en que habitó. El caballo le suministraba carne y piel, así como excelente abrigo, utensilios, etc. No sólo fue base de la alimentación del hombre, sino que también fue el modelo preferido para sus grabados y pinturas, como vemos plasmado por el *hombre magdaleniense* en las paredes y techos de las cuevas del paleolítico, muy especialmente en las cuevas del Castillo de Puente Viesgo (Santander).



En Europa, al final de los tiempos Pleistocénicos, se produjo una profunda transformación ambiental. Sus estepas se convirtieron en grandes bosques debido a que tuvo lugar una gran deglaciación y consiguiente suavización del clima, produciéndose de forma rápida cambios en la flora y fauna *San Valero* (1954). A medida que el manto de hielo de la última glaciación retrocedía, las grandes manadas de bisontes, caballos, mamut y renos desaparecían o emigraban. Al mismo tiempo que las hayas, sauces, pinos, avellanos, olmos, tilos y robles y más tarde los abedules, cubrían las llanuras hasta entonces desnudas. La zona de bosque se extiende y los ciervos, alces y toros salvajes, reemplazaban a renos, bisontes y caballos. Sin embargo en los yacimientos arqueológicos del Pleistoceno de Atapuerca (Burgos), se encuentran restos de équidos desde 800.000 a. C. años hasta nuestros días*, Cervera et al.* (1998).

Por lo que respecta al caballo, como todo animal adaptado al paisaje descubierto, tipo estepa, había dado ya en épocas anteriores muestras de que el bosque no le era favorable**,** así lo

muestra el aumento de las pinturas de caballos plasmadas en el interior de las cuevas coincidiendo con una disminución del bosque habida en tiempos Pleistocénicos, *Lion* (1970).

El caballo, presente en la Península Ibérica en el Cuaternario, aparece mal documentado a partir del Neolítico hasta que llegamos a la Edad de Hierro debido principalmente al cambio climático y el consecuente gran desarrollo del bosque que hace que los rebaños de herbívoros emigren hacia las praderas Eurosiberianas en formación *Maluquer* (1967)**.**

Una deglaciación tan extensa de la Cordillera Alpina y de la llanura alemana Septentrional condujeron a una separación de áreas occidental y oriental, siendo concebible la formación de un refugio en Europa occidental del caballo salvaje *Nobis* (1974)

Según estas hipótesis la especie salvaje originaria de los caballos domésticos es la especie extendida en el Neolítico por Euroasia, al norte de la gran cadena montañosa. Esta especie salvaje originaria es el **Equus ferus**, con sus subespecies que son:

- ***Equus Ferus Gmelini* ó Tarpan:** localizado en el centro y sur de Rusia. De perfil recto. Caballo que colonizo Europa del norte y central; se extinguió a finales del siglo pasado.
- ***Equus Ferus Przewalskii*** ó Caballo Salvaje de **Przewalski**: situado en la región de Mongolia. De perfil convexo. Es el único caballo salvaje que existe actualmente.
- ***Equus Ferus Solutrensis*** ó Caballo del **Solutrense**: localizado en Europa central y occidental. Caballo pequeño, de perfil cóncavo y patas finas que pudo ser pintado por el hombre de Cromañon y vivió en el Occidente de Europa desde el Paleolítico Superior (40.000 a.C.) hasta el Mesolítico (9.000 a. C).

Hacia el año 8.000 a 7.500 a. C., en el Mesolítico, se cree que empieza el regreso del caballo a la Península Ibérica, en base a las pinturas encontradas en las cuevas de la zona de Levante. Esta aparición del caballo en la Península Ibérica se produce simultáneamente por dos zonas geográficas distintas: una por el Norte procedente de Europa y otra por el Sur procedente del norte de África, confluyendo dos tipos de caballos *Arceniaga* (1935):

- Los del Norte de Europa, de perfiles rectos y descendientes del Tarpán.
- Los procedentes del Norte de África, descendientes del Przewalski, de perfil convexo o subconvexo.

De todas las formas, se desconoce qué caballo pudo entrar primero en la Península Ibérica. A este respecto, *Madariaga* (1963) nos dice: "*El origen de los caballos del cuaternario sigue avanzando, gracias a la Paleontología y a la Zootecnia, pero complejas y abrumadoras incógnitas son aún un reto para los especialistas".*

Con la llegada del pueblo Celta 1.600 - 1.500 a.C., que venia de las rutas del Norte, se produjo la entrada, por el **Norte** de la Península, de una nueva población equina. Un caballo elipométrico, de poca alzada, denominado *Asturcón*, bueno para el tiro, pero no tan bueno para la silla. Su cabeza era pequeña, de tipo ortoide, las orejas cortas, grupa fuerte, el pelo abundante y la capa oscura. Presentaba con frecuencia cordón corrido, calzado. En el **Sur** y **Este** peninsular fueron extendiéndose con los Iberos caballos como el *Berebere*, de mayor alzada que el céltico. También existía en la península un tercer tipo de caballo. Llamado por los autores de la época *caldón o celdón*, que surgió como consecuencia de la fusión de poblaciones Celtas e Ibera en extensas zonas del **Centro-Norte**. Llego a fijar caracteres superando al Asturcón como caballo de carreras de carros. Este caballo llamó mucho la atención a los romanos por que tenía gran facilidad para practicar el paso de andadura (trote suave que logra el caballo alargando las extremidades alternativamente).

Algunas de las características de este caballo pueden persistir hoy en día en el Caballo Losino. El caballo Celdón fue definido por *Diffloth (1927*) como un caballo de grande, fuerte, resistente, aplomos defectuosos y un potente esqueleto. Características que en su mayoría (cabeza grande y resistencia) las presenta el actual caballo Losino.

Los Cartagineses (500 años a.C.) de nuevo aportaron sus caballos de cabeza grande y acarnerada a nuestra península. *Ridgeway* (1903).

A la dominación Cartaginesa le sucedió la Romana, aproximadamente en el año 200 a. C. La gran hegemonía Romana en el mundo civilizado, llevó consigo la mezcla de razas caballares de los distintos pueblos sometidos por el Imperio Romano con los propios que ellos aportaban.

En el año 405 de nuestra era, tres pueblos bárbaros, los Suevos, Vándalos y Alanos, ocuparon la Península Ibérica de norte a sur. Los Suevos y Vándalos poco influyeron en nuestra población caballar. En primer lugar por que la invasión se hizo a pie y sólo con un escaso efectivo equino, dedicado en su mayoría a labores de carga. De los Alanos hay referencias que trajeron caballos de tipo germánico: grandes y acarnerados.

Según *Gómez* (1959) la invasión Árabe en el año 711 que duró ocho siglos, no aporto gran número de caballos a España. Sí es cierto que los árabes fijaron su atención en las poblaciones equinas andaluzas, llegando a establecer los Emires y Califas magníficas yeguadas. La Reconquista comenzó pronto tras la invasión. Para *Abad* (1997) los Reyes cristianos, al alcanzar la Meseta se vieron obligados a procurarse de caballos castellanos con los que hacer frente a las aceifas musulmanas, ya que en la Edad Media las guerras se hacían a caballo y las batallas las ganaban la caballería.

REFERENCIAS HISTÓRICAS DEL CABALLO LOSINO

Es importante aclarar (para el buen entendimiento del origen de esta raza) que el Valle de Losa según *Sainz de Baranda* (1947), por medio de sus castillos y de sus fortalezas inexpugnables fue la muralla que impidió el avance de los musulmanes y una de las tierras donde comenzó la Reconquista de España. El primer documento que consigna el nombre del valle, es el de la fundación de la Iglesia de Valpuesta por Juan Obispo, de fecha 21 de diciembre de año 804.

La primera referencia bibliográfica que encontramos nos la ofrece *Alonso de Herrera* (1513) que ya da cita histórica de los famosos y poderosos caballos que se criaban en la provincia de Burgos.

Posteriormente *Casas* (1843) a la hora de definir los distintos caballos que se crían en España dice: "*En Castilla se producen caballos, algunos de buen servicio, pero el mayor número son ya de raza cruzada con extranjeras*".

Al referirse al ganado caballar de Burgos *Prieto* (1878), escribe que el tipo más puro se encuentra en el Valle de Losa y si bien esta generalizado en toda la provincia, existiendo en esta forma más de 7.000 yeguas.

Janini (1924) al hablar de las razas de caballos que habitan en el Norte de España hace referencia como caballo muy interesante a la raza equina que se criaba en el Valle de Losa. Así pues uno de los tres tipos caballares indígenas de la Península Ibérica es el caballo Castellano o Losino *Castejón* (1953).

Según *García* (1923) los caballos que se crían en la Cordillera Cantábrica y Pirinaica tienen los mismos orígenes.

Ferreras (1935), reseña al caballo Losino como un animal de cabeza corta; perfil casi recto, ligera ondulación a nivel de la nariz (recordando a la cabeza de potro); ojos a flor de cara, vivos y móviles; orejas pequeñas, delgadas formando un arco con concavidad interior; cuello corto con amplia inserción en el pecho; buena cruz, espalda corta, pecho amplio; buen brazo; algo ensillado; lomos anchos; grupa amplia y derribada, con baja inserción de cola; regulares aplomos y buenas articulaciones; de capa castaña o negra y a veces estrella sobre la frente.

En la Capitulación fechada en Burgos en 1508 para Conquista de Centroamérica (*Cabrera,* 1945**)** se autoriza a sacar 40 caballos "*destos reynos de Castilla*" para la expedición organizada por Alonso de Ojeda y Diego de Nicuesa a Panamá.

Las cualidades del caballo Losino ha hecho que se conozca esta raza por todo el mundo. Además de sus cualidades, las hembras son muy lecheras y muy aptas para la cría mulatera *Bañuelos* (1951). Entre las numerosas cualidades de esta raza, *Sainz* (1933), señala que son animales muy inteligentes, sobrios y resistentes; soporta sin fatigas grandes carreras,

resistiendo prolongados ayunos; de carácter dócil, aunque bastante excitable, y de un gran ardor genésico.

Sainz de Baranda (1950)**,** lo define como un caballo pequeño, ágil, sobrio y muy apto para el trabajo. Un caballo idóneo para la cría mular y la recría, debido a la gran demanda en las ferias y mercados de gran parte de España como animales de tracción en labores agrícolas, alcanzando elevados precios. Según *Ortega* (1974)**,** en el decenio de los cuarenta y buena parte de los cincuenta se produce el gran boon de la recría del caballo Losino debido a una gran demanda de animales de tiro y a la elevada cotización de estos animales en ferias y mercados. Se llego a creer que sería uno de los fundamentos más sólidos de la economía de las montañas de Burgos. Para *Sánchez-Belda* (1999), el caballo Losino es oriundo del Valle de Losa y integra un grupo residual de bellos caballos muy aptos para la montura juvenil.

Masón (1969), en el Diccionario de Razas y Variedades del mundo (A World Dictionary of Livestock Breeds Types and Varieties), reconoce al caballo Losino como Raza: *"LOSA. (Burgos, Spain); pony; Sp Losino"*.

El origen de la raza Losina no es bien conocido, existiendo diversas hipótesis:

- El caballo Losino desciende del árabe, *Bañuelos* (1951). Esta opinión la fundamenta en que algunos caracteres parecen ser comunes en ambas razas (fogosidad, resistencia, la finura de sus extremidades con vasos y tendones muy ostensibles, etc.). Además añade que tanto el caballo árabe y el anglo-árabe han influido a través del tiempo en la mejora del caballo Losino.
- El caballo Losino es uno de los tres tipos caballares indígenas de la Península Ibérica, diferenciándose de las razas Cantábricas y las del sur de la península. Entroncado genotípicamente con el Tarpán, y descendiente igualmente de especies que han poblado la Península Ibérica desde los tiempos del Terciario y Cuaternario (**Hipparion Gracile).** Esta hipótesis estaría dentro del conjunto que podríamos llamar **monofilética**, o sea, que la raza de caballo Losino tendría un origen depurado en una subespecie salvaje**,** *Castejón* (1953).
- Otros autores (*Skorowski***,** 1974 y *Nobis***,** 1979**)**, apoyan el origen de las poblaciones de las razas equinas del norte de España (donde también incluye al caballo Losino), en las emigraciones de diferentes pueblos del Norte como por ejemplo los Celtas, que trajeron aquí sus caballos ya domesticados o bien por el cruzamiento entre subespecies salvajes que más tarde son domesticadas en nuestro suelo, o sea, un origen **polifilético.**

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CENSO

El área original de cría se centralizaba en el valle de Losa (provincia de Burgos), con una extensión aproximada de 50 kilómetros cuadrados, correspondiente a 6 juntas vecinales Junta de Berberana, Junta de Villalba de Losa, Junta de San Martín de Losa, Junta del Río de Losa, Junta del Valle de Losa y Junta de Traslaloma. El área de dispersión de cría abarcaba los valles de Mena, Valdegovía y Tobalina, desde los montes Obarenes hasta los de Ordunte y las vertientes de estas últimas en Santander y Vizcaya, más las zonas limítrofes de la provincia de Álava y Navarra (montes de Urbasa).

Entre los años 1900-1905 se censó el mayor número de cabezas de caballo Losino. Desde el 1905 al 1917, va disminuyendo progresivamente la producción de caballos Losinos, sobre todo de los buenos caballos, debido a que las mejores yeguas se destinaban a producir ganado mular y por el contrario, las peores son las que se reservaban para la producción de caballos Losinos, atravesando por este motivo un momento grave en su supervivencia, *Sainz*.(1933).

La población de yeguas a mediados de los años treinta, según el censo de Cría Caballar (1933) era la siguiente:

JUNTAS VECINALES DEL VALLE DE LOSA	Nº DE YEGUAS
Berberana	110
Oteo de Losa	350
Villalba de Losa	400
Traslamona	325
San Martín de Losa	100
Río de Losa	170
TOTAL	1.455

En el decenio de los cuarenta y principios de los cincuenta, se contemplará el alza que tuvo en los años veinte, pero corregida y aumentada, según *Ortega (1974)* esto es debido a la gran demanda de animales de tiro y a los precios tan elevados. En el Valle de Losa habría más de 10.000 cabezas de ganado equino.

Aunque el censo de Ganadería Española en 1955 recogía aún la existencia de unas 4.000 cabezas en todo el territorio español, *Bañuelos* (1951) dio una cifra de 834 caballos de "tipo llamado Losino" en el censo ganadero de la comarca.

El censo equino del año 1970 según fuentes del Servicio Provincial de Ganadería y en función de las Juntas Vecinales del Burgos era el que sigue:

Junta Vecinal de Burgos	**Nº total**	**%**	**nº yeguas**
Valle de Mena	119	33,25	110
Depresión de Losa	689	19,25	350
Valle de Losa	1243	37,70	400
Llanos de Castilla la Vieja	174	4,85	325
Cuesta –Urria	180	5,00	100
Tobalina	106	2,95	170
Total	**3583**	**100**	**1712**

Hoy en día, por el sistemático cruzamiento a que ha venido siendo sometida, sobre todo como hemos dicho en la primera mitad del siglo, la raza ha estado a punto de extinguirse. A principios de la década de los ochenta la población actual contaba aproximadamente con 30 individuos.

Gracias al proyecto de recuperación de la raza elaborado por D. Ricardo de Juana (criador y propietario del Centro de Recuperación y Mejora del Caballo Losino en Pancorbo), la población comenzó a recuperarse. El proyecto comenzó con un estudio exhaustivo de la población existente tanto en el valle de Losa, de Mena y en las Merindades del norte de Burgos. Para ello se puso en contacto con todas aquellas personas que por su profesión pudiesen dar noticia de algún ejemplar, como ganaderos, veterinarios, transportistas de ganado, carniceros, herradores, etc. Cuando se localizaba algún ejemplar le examinaba con el fin de determinar su grado de pureza. Si el animal resultaba satisfecho se ponía en contacto con su propietario para indagar algunos datos sobre sus antecesores, procedencia, edad, productos, características y precio. En el caso de que los padres del ejemplar vivieses procedía a examinarlos igualmente, aunque perteneciesen a otra ganadería. En 1988, cuando comenzó el plan de recuperación la población, contaba con el siguiente número de individuos (*Martínez***,** 1996):

- Rellosa de Losa: 1
- Quincoces de Yuso: 2
- Pancorbo (centro de cría): 20

El censo dado por la Junta de Castilla-León en 1999 es el siguiente:

- Núcleo de Quincoces de Yuso: 60
- Cornejo: 1
- Nucleo de Pancorbo: 120
- Quintanaortuño 1
- Valle de Mena 3

TOTAL **185 individuos.**

(a)

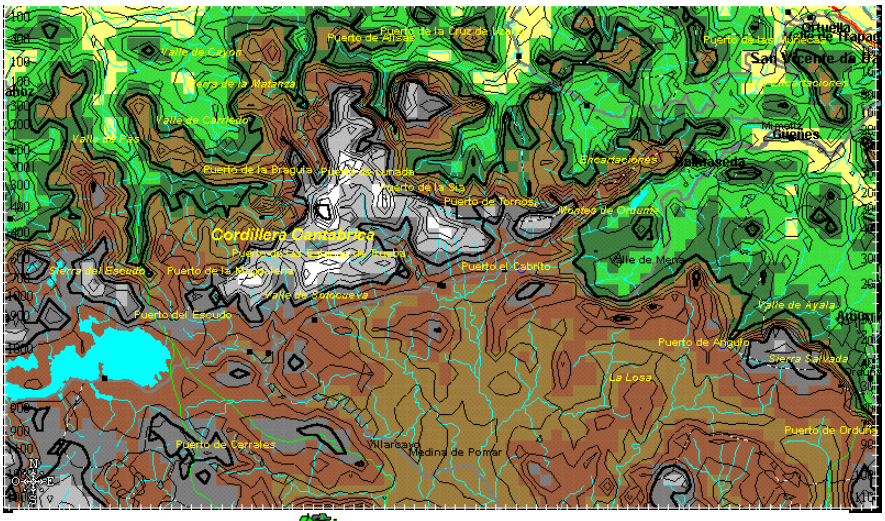
(b)

(c)

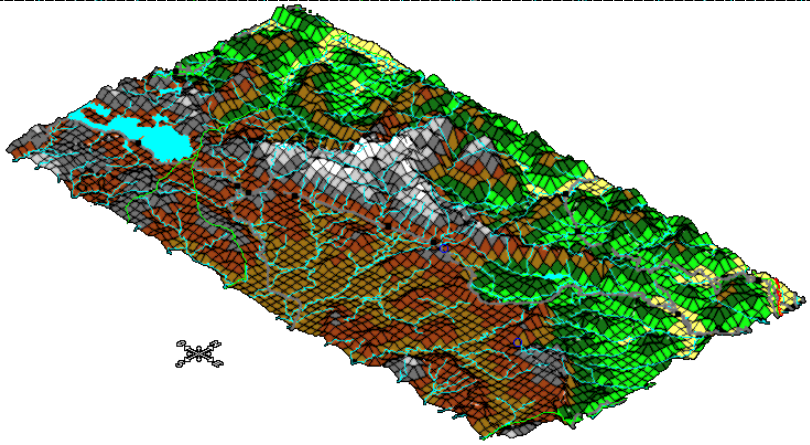
(d)

(a) Mapa de España por Regiones
(b) Mapa de la Comunidad de Castilla-León
(c) Mapa de la Provincia de Burgos.
(d) Mapa del Valle de Losa y de Mena (Burgos)
(e) Mapa topográfico del Valle de Losa y Mena
(f) Mapa de planimetría del Valle de Losa y de Mena
(g) Mapa de altimetría del Valle de Losa y de Mena

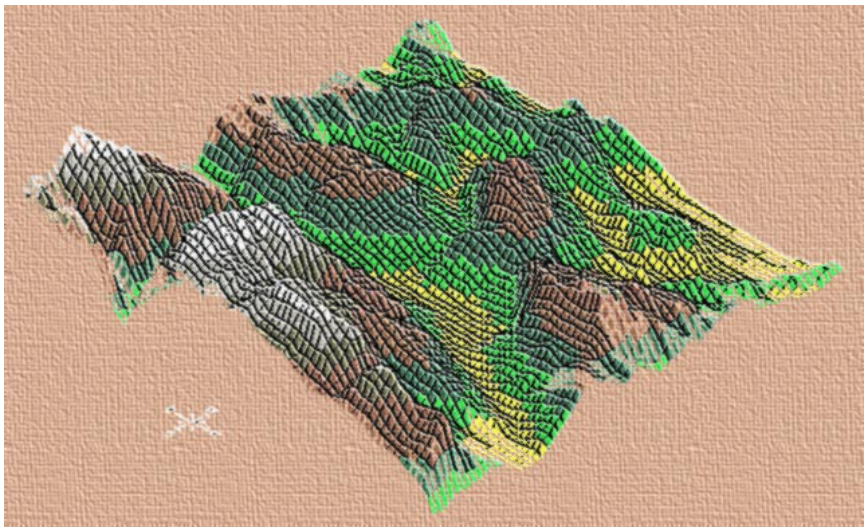
(e)


Cordillera Cantábrica
Puerto de Tornos
Puerto el Cabrito
Puerto de Angulo
Puerto de Corrales
Villarcayo
Medina de Pomar
La Losa
Sierra Salvada
Valle de Ayala
Valle de Mena
Puerto del Escudo
Sierra del Escudo
Valle de Carmelo
Valle de Cayón
Puerto de la Braguía
Puerto de Alisas
Puerto de la Cruz de Lago
Encartaciones
Montes de Orduña
Guenes
Balmaseda
Ortuella
San Vicente de la

(f)



(g)



MEDIO ECOLÓGICO

ECOSISTEMA DEL VALLE DE LOSA

Según *Bañuelos* (1951) el Valle de Losa y las zonas del norte de Burgos presentan una gran variedad de ecosistemas debido a la gran diferencia de altitud sobre el nivel del mar, desde las zonas del valle de Mena (templada y húmeda, con abundantes pastos) y las zonas de alta montaña (clima frío y terrenos pedregoso). Geográficamente se encuentra enclavado aproximadamente entre los 42º 15' de latitud septentrional y los 0º 18' de longitud oriental.

Durante el año se producen grandes cambios en las temperaturas, así en invierno podemos registrar fácilmente los -10 ºC y en verano alcanzar en los meses de Julio los 30 ºC a la sombra, *Sainz de Baranda* (1950). El clima es norteño y lluvioso. Las precipitaciones son abundantes (1.100 mm. de media) debido a la superposición del clima Atlántico con el continental de la meseta castellana. En invierno las precipitaciones a partir de la zona de los 1.300 metros de altitud suelen ser de nieve, quedando cubiertas las montañas de nieve durante muchos días, esto hará que los caballos desciendan a cotas más bajas para protegerse del frío y para encontrar alimento.

A principios de siglo XVI el Valle de Losa, al igual que muchas zonas del norte de Burgos, desde sus niveles más bajos hasta los más altos se encontraba cubierto por un denso bosque de tipo mediterráneo con grandes robles, encinas y preferentemente en las zonas de alta montaña de hayas (*Lion***,** 1970). Con el incremento de la población humana de la zona, se produjo la ruptura del ecosistema. El establecimiento de nuevas poblaciones ocasionó la tala de los bosques de los alrededores *(Ortega,* 1974*)*. Las superficies deforestadas fueron aumentando, transformándose en zonas de pastos (ejemplo actual del Valle de Mena), con un tipo de vegetación espontánea.

En la actualidad nos encontramos en el paisaje del norte de Burgos fundamentalmente tres tipos de ecosistemas: el bosque, los prados y los campos de cultivo.

Los robles y encinas que formaban la mayoría de los bosques, fueron sustituidos en algunas zonas por especies de árboles foráneos debido a su gran rendimiento económico en corto espacio de tiempo. Estas especies son principalmente el pino silvestre, el laricio y el negral. Las zonas donde se cría el caballo Losino en estado silvestre (cotas de los 800 a los 1.500 metros) están ocupadas por bosques de robles, pinos, encinas y hayas. Entre los claros del bosque quedan grandes espacios libres formando prados, presentando una flora de montaña. Estas praderas están formadas por un estrato herbáceo compuesto especialmente por trébol blanco, cuernecillo, arveja de los prados, poa alpina, agrosti común, etc. Aunque los prados a estas alturas son ricos en estrato herbáceo son algo pobres en plantas forrajeras, encontrándose estas últimas normalmente en las zonas más bajas.

A la altura en la que nos encontramos pastando los caballos Losinos (aproximadamente 1.000 metros de altitud) existen formaciones de matorral representados por coscoja, enebros, brezo, aulaga, espino y endrino. El matorral precede al bosque en la sucesión ecológica, y se parece a él en la naturaleza resistente de su estructura leñosa. Sin embargo, difiere en la densa ramificación que lo hace impenetrable al hombre y proporciona al caballo abrigo para protegerse de los días fríos de invierno y le da sombra los días calurosos de verano. Su densa cobertura impide el desarrollo de herbáceas bajo él, por lo que el suelo esta casi siempre desnudo.

Resumiendo, diremos que casi todo el Valle de Losa, que ocupa una situación orográfica en extremo montañosa, esta formado por extensas sierras de suelo pedregoso, tapizado de hierbas que, aunque no en mucha cantidad, son siempre finas y altamente nutritivas, circunstancia ésta muy importante por influir en las características de los ganados que con ellas se alimentan.

Por este último motivo el caballo Losino se ve forzado, en varias ocasiones del año, a soportar ayunos prolongados (*Sainz*, 1931) durante los cuales estos aparecen flacos, extenuados y desconocidos hasta la llegada de la primavera que con la mejora de los pastos hacen que recuperen su constitución original.

Entre las gramíneas y leguminosas típicas de las praderas del Valle de Losa y zonas limítrofes tenemos:

	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*
GRAMÍNEAS	Dactilo apelotonado	Dactylis glomerata
	Poa de los prados	Poa pratensis
	Cola de perro	Cynosurus cristatus
	Fleo	Phleum pratense
	Ray-grass	Lolium multiflorum
	Lolium multiflorum	Briza media
LEGUMINOSAS	Alfalfa	Medicago lupulina
	Trébol blanco	Trifolium repens
	Trébol amarillo	Trifolium campestre
	Veza Común	Vicia sativa
	Cuernecillo	Lotus corniculatus

FORMA DE VIDA DEL CABALLO LOSINO EN EL MEDIO NATURAL

Es importante conocer cómo transcurre la vida del Caballo Losino en el medio natural, ya que la mayoría de la población con la que contamos hoy se encuentra en estado silvestre. En contraposición a los caballos domésticos, los cuáles se recogen en albergues individuales, los caballos Losinos viven con compañeros, en grupos sociales llamados "*bandas o manadas"*. La unidad social más común es la manada de un solo macho adulto, varias hembras y sus crías, que generalmente no tienen más de tres años de edad.

El tamaño de la manada viene a ser entre 6 a 16 individuos y dependerá de la presencia o ausencia de crías, con diferencias en el tamaño medio que refleja la reproducción de cada año. La mayoría de los cambios en los miembros de la manada resulta de la migración e inmigración de animales subadultos. Generalmente, tanto los potros como las potras dejan su manada natal en busca de otros grupos. La dispersión ocurre antes de los 3 años de edad y puede reflejar el comienzo de la madurez sexual.

Muchos de los potros jóvenes se dispersan de la manada entre los 2 y 3 años de edad, ya sean solos o con algún hermano. La mayoría de los potros dispersos se unen a un grupo de solteros compuestos generalmente por animales jóvenes. Éstos se convertirían en condiciones normales en sementales de una manada, uniéndose a hembras cuyo semental ha muerto, o juntándose con alguna yegua dispersa ó bien expulsando y suplantando al semental de la camada. Según *Martínez et al.* (1996) con el Plan de Recuperación y Mejora de la Raza del Caballo Losino, se viene utilizando el mismo semental durante una serie de años consecutivos y luego es sustituido por otro.

RELACIONES DE DOMINANCIA

Cuando dos caballos viven juntos, establecen una relación dominante-subordinado. Se reparten jerarquías de dominancia intragrupal para cada individuo de cada manada. De ahí que el caballo de mayor rango necesite sólo amenazar al de menor rango para ganar el acceso a un determinado medio. Tanto para los caballos en estado silvestre como para los que están en las caballerizas, el orden esta relacionado con la edad, siendo los adultos dominantes con respecto a los jóvenes.

También guardan relación con el temperamento y la disposición individual ya que se ha comprobado en otras razas que los caballos pequeños, jóvenes y agresivos alcanzaban un rango más alto que aquellos que eran más grandes y más viejos, pero más pasivos.

Las manifestaciones de dominancia varían en intensidad y van de sutiles a violentas. La forma más leve que tiene el caballo Losino, al igual que los demás, es el "desplazamiento", en el cuál el animal de mayor dominancia simplemente ocupa el lugar del de menor rango. Si éste se niega a moverse tiene lugar una forma más agresiva de comportamiento con amenaza de mordisco, levantamiento de sus labios y abriendo la boca. Las amenazas de patadas no son tan comunes y son consideradas como signos de agresión. Cuando amenaza patear hacia atrás, el caballo desplaza los cuartos traseros hacia el oponente y su base de la cola hacia atrás y hacia delante. Si éste no se retira el agresor extenderá sus patas en una patada completa.

COMUNICACIÓN ENTRE LOS CABALLOS

El Caballo Losino vive en grupos sociales estables. Entre ellos existe un elaborado repertorio de comunicación haciendo uso de signos acústicos, olfatorios, táctiles, visuales para comunicar detalles de identidad, de estado emocional, posición social, estado reproductivo y sobre información del medio ambiente. Dicha comunicación es importante para la unión del grupo.

Los sonidos crean mayor información que los signos no vocales. La vocalización más corta y más aguda es el grito ó chillido. Consiste en una sola nota corta, a veces sonora, y generalmente denota la amenaza de una agresión entre machos o el rechazo de una hembra ante los avances del macho. Los sonidos no vocales provienen de varias actividades como la alimentación, sacudidas, golpes de los cascos contra el suelo.

La comunicación olfatoria también es vital, la cual sirve para reconocerse entre los miembros del grupo y entre las yeguas y los potrillos, la saliva, el olor de transpiración y las glándulas circunorales (alrededor de la boca) ofrecen señales del sentido del olfato. Las heces, orina y los líquidos de nacimiento transmiten datos adicionales. Minutos después del nacimiento la yegua olfatea, lame al potrillo y a partir de ese momento rechaza a cualquier otro potro.

La comunicación táctil también es particularmente importante entre la yegua y el potrillo durante el amamantamiento. Los potrillos frotan con su nariz los flancos de la madre cuando desean mamar y las yeguas les guían a sus tetillas con suaves golpecitos.

Los signos visuales son los más comunes e importantes en el trato diario, pero también son los más sutiles y difíciles de descifrar. Comprenden cambios en la postura y de la posición de las orejas, labios, cola, patas y cabeza. Las orejas hacia atrás y pegadas contra la cabeza significa un estado agresivo y es un componente de expresión de amenaza. Las orejas rotadas hacia adelante y erectas

indican interés, mientras que cuando están dobladas hacia un costado muestran que el animal esta descansando o sumiso. Ocurre por igual con la cola, si esta levantada sobre el lomo indica confianza ó excitación, mientras que la cola pegada entre las piernas significa miedo, sumisión ó que esta descansando.

ZONAS DE RESIDENCIA Y TERRITORIOS DE LA MANADA

Las zonas de residencia son usadas para las actividades diarias y comprenden no sólo lugares de pastoreo ó manantiales de agua (donde suelen ir siempre a la misma hora) sino también lugares con sombra, brisa y refugio de mosquitos. A pesar de que los límites de este área permanecen generalmente constantes durante todo el año, el uso de estas zonas varía según las épocas del año debido al frío del invierno y a las nevadas continuas de las sierras del norte de Burgos. Así pues, irán cambiando la zona en función de la disposición de agua y del forraje. En verano se moverán hacia zonas donde persistan los manantiales que no se sequen y en donde la hierba de los prados permanezca verde y fresca.

APAREAMIENTO

La época de apareamiento de las yeguas de Raza Losina suele ser a mediados de primavera ya que el celo está en función de la disponibilidad de forraje, horas de luz diarias, temperatura, etc. Encontrándonos, en la zona Norte de Burgos, estas condiciones a finales de primavera. El semental de cada manada tiene derecho, casi exclusivo, sobre las hembras de su grupo. Los machos de otras manadas o grupos de solteros tratan de tener acceso ó aparearse con hembras sueltas.

La endogamia entre un semental y sus hijas, entre yeguas y sus hijos o entre hermanos no ocurre con demasiada frecuencia cuando los grupos son grandes, ya que la mayor parte de las crías abandonan sus manadas natales antes de alcanzar la madurez sexual.

Entre los años 1986 y 1998 los apareamientos que se han llevado a cabo dentro del núcleo de Pancorbo se han realizado con tres sementales (cada semental en años diferentes) que han sido seleccionados como los más característicos de la raza.

ADAPTACIÓN DEL CABALLO LOSINO A LA VIDA EN CAUTIVIDAD

A partir de la apertura del Centro de Cría y Mejora del caballo Losino en Pancorbo el rebaño se recoge una vez al año para desparasitarle, marcar a los mas jóvenes, colocar y reponer cencerros y apartar a los machos que cumplen el año y medio, siendo puesto en libertad inmediatamente el resto del ganado. Estos potros son trasladados a las cuadras del Centro, donde se albergan hasta que tienen edad para iniciar su doma (*De Juana***,** 1995**)**.

Este centro tiene una extensión de una hectárea aproximadamente y cuenta dentro de sus instalaciones con dos picaderos, 18 cuadras de 2 metros ancho por 2,5 metros de largo, una cuadra especial de 150 metros cuadrados, un almacén para la conservación de paja, pienso etc. y una habitación para guardar los aperos de trabajo. Una de las mayores diferencias entre el grupo de caballos amansados y los que están en la montaña en estado silvestre es el tamaño más reducido de la zona ó área de residencia.

Cuando el caballo Losino está en su medio natural, las montañas, la comida es de calidad media pero distribuida de forma muy amplia, esto hace que los animales puedan alejarse unos de otros durante el pastoreo. No es común la invasión del espacio personal y el nivel de agresión es bajo. De forma contraria, una vez que son confinados en sus boxes son alimentados con comida de mayor calidad, pero se limita la cantidad y se presenta en comederos individuales, no obstante cuando tienen que compartir varios individuos el mismo comedero se observan conductas de amenazas por parte de los individuos de mayor rango.

El comportamiento del Caballo Losino al ser capturado para su crianza es un tanto arisco; pero una vez que se ha disipado el temor al hombre, cambia radicalmente su conducta, comportándose como animales dóciles, cariñosos, nobles e inteligentes, con gran predisposición para el aprendizaje. Una vez domados siguen manteniendo el temperamento activo, mostrando gran sobriedad y resistencia. Según el cuidador de caballos Losino *De*

Juana (1995 comunicación personal), este carácter se ve reflejado luego en su gran aptitud para la silla y es un caballo especialmente apto para la equitación juvenil. Por sus cualidades psíquicas y fisiológicas, aprende y ejecuta cualquier disciplina ecuestre con soltura y buena disposición.

RECOGIDA DEL GANADO

Con la llegada del otoño, comienza la recogida del ganado Losino de las montañas. Esto tiene como finalidad desparasitarle, marcar al fuego a los potros nuevos con el hierro de la ganadería, reposición de cencerros perdidos y rotos de las yeguas, colocación de microchip para identificación individual de cada animal y por último la extracción de una muestra de sangre para analizar su hemotipo.

Debido a la gran dificultad en la recogida de las manadas de caballos, esta se tiene que realizar con la ayuda de un grupo ganaderos y de personas entusiastas de esta raza autóctona. Se suele realizar los primeros fines de semana del otoño, cuando todavía no hace mal tiempo y los potros están ya algo crecidos y vigorosos. La recogida del ganado comienzo a primeras horas del día, que es cuando se comienza a localizar las manadas que se sitúan normalmente en las zonas altas de la montaña y que están formadas alrededor de un numero aproximado de 9 a 18 ejemplares entre potros y yeguas.

Al ser animales que viven en estado semisalvaje, su recogida es muy laboriosa. Una vez localizada una manada lo habitual es acorralarla entre 2 ó 3 jinetes a caballos que intentaran guiar lentamente la manada a través del valle hasta la zona baja de la montaña donde se encuentra un cercado construido con troncos de árboles y donde serán encerrados en una empalizada de madera. El resto de personas que colaboran en la recogida, se sitúan en puntos estratégicos como entradas de caminos, senderos, collados y zonas cerradas del bosque evitando que la manada pueda huir por cualquier lugar que no este protegido

Una vez realizada estas labores que hemos citado anteriormente, serán de nuevo liberados al monte para que sigan haciendo su vida habitual hasta el próximo año, donde se volverá a repetir la operación.

CARACTERES MORFOLÓGICOS, FANERÓPTICOS, DEFECTOS ELIMINATORIOS Y DIFERENCIAS CON OTRAS RAZAS.

CARACTERES MORFOLÓGICOS

PESO

Según *Sainz* (1933) y *Sainz de Baranda* (1950) coinciden que el peso oscila entre 300 a 400 kg. Para *Bañuelos* (1951) el *Equus caballus losinus*, es de tipo eumétrico, con un peso de 300 a 350 kg. Según la normativa racial de la Asociación Española de Criadores de Caballo Losino (1988) es un caballo eumétrico, con un peso comprendido entre los 330 a los 350 Kg.

ALZADA

Para *Sainz* (1933) y *Bañuelos* (1951), la alzada a la cruz esta comprendida entre 140 a 146 cm. Medidas próximas a las citadas por *Sainz de Baranda* (1950) que da valor de 142 a 148 cm. Según un estudio, sobre medidas corporales de los caballos Asturcón, Losino y Pottoka, refleja una alzada media de 130,2 cm para el caballo Losino (*Ferreras*, 1935).

La Asociación de Criadores de caballo Losino (1988) establece en las hembras una alzada media de 135 cm y en machos de 140 cm, considerándose como un caballo mediolíneo. Según el Libro Genealógico de la Raza (1998) indica una alzada a la cruz mínima de 120 cm en hembras y 130 cm en machos, máximo 147 en ambos sexos.

CABEZA

Para *Ferreras* (1935) la cabeza es corta, el perfil casi recto con una ligera ondulación a nivel de la nariz, recordando la cabeza de potro; ojos a flor de cara, vivos y móviles; orejas pequeñas, delgadas y formando un arco de concavidad interior. Según *Sainz de Baranda* (1950) y *Bañuelos* (1951), la cabeza es grande, los ojos vivos y expresivos y las orejas pequeñas.

La Asociación Española de Criadores de caballo Losino (1988) y el Libro Genealógico de la Raza (1998) la definen como una cabeza relativamente grande y de rasgos finos. Perfil frontal recto, a veces, con una ligera ondulación a nivel de los nasales (perfil en S estirada o de potro). Orejas pequeñas, delgadas y formando arco de concavidad interior.

Frente plana. Ojos a flor de cara, grandes, vivos y expresivos. Ollares amplios. Labios levemente gruesos.

CUELLO

Para *Ferreras* (1935) el cuello es corto y con amplia inserción al pecho y algo descarnado en su inserción con la cabeza. Para *Sainz de Baranda* (1950) y *Bañuelos* (1951), el cuello es largo, con bastante crin y flexible. La Asociación de Criadores (1988) lo define como un cuello robusto, de amplia inserción en el pecho, con tendencia abultarse en su parte inferior y que se hace convexa (cuello de ciervo), recto ó suavemente en su borde superior, el Libro Genealógico de la Raza (1998) añade que la cruz es destacada. Con crin abundante y negra.

TRONCO

El pecho es amplio, cruz buena, algo ensillado, lomos anchos, grupa amplia y derribada, la cola de inserción baja, muy poblada y negra. (*Ferreras***,** 1935**;** *Bañuelos* 1951 y Asociación de Criadores, 1988). Para *Sainz de Baranda* (1950) el pecho es alto, grupa saliente, vientre recogido y alto el nacimiento de la cola.

EXTREMIDADES ANTERIORES

Según *Ferreras* (1935) la espalda es corta. *Bañuelos* (1951) y *Sainz de Baranda* (1950) añaden que los cascos además de ser pequeños y duros son quebradizos. La Asociación de Criadores (1988) señala que las extremidades anteriores son finas, con buenas articulaciones, vasos y tendones muy ostensibles. La espalda es amplia, buen brazo, caña fina, cuartillas cortas y cascos pequeños, duros y negros. El Libro Genealógico de la Raza (1998) coincide con lo descrito por la Asociación añadiendo que las cernejas están poco desarrolladas e incluso ausentes.

EXTREMIDADES POSTERIORES

Para *Ferreras* (1935), la pierna es buena, de buenas articulaciones, pero regular de aplomos a nivel del corvejón.

La Asociación de Criadores (1988) y el Libro Genealógico de la Raza (1998) considera que el muslo es proporcionado, pierna buena, corvejones " limpios", a veces algo cerrados. Las regiones situadas por debajo de los corvejones son análogas a las mencionadas a la extremidad anterior.

CARACTERES FANERÓPTICOS

PELO

Según la Asociación de Criadores (1.988) el pelo de las crines y de la cola es largo y abundante, especialmente en invierno como defensa del frío. Las crías hasta casi los dos años presentan un pelo grosero tipo a los asnos que más tarde cambiaran para tener el pelo propio de la raza. En verano y especialmente en animales adultos, el pelo es corto y fuerte. No presentan cernejas. Según *Sainz de Baranda* (1950) la piel es fina con predominio del pelo negro con formas angulosas.

CAPA

El color típico y predominante de la capa es negra a veces castaña muy oscura (*Ferreras***,** 1933**;** *Sainz***,** 1933**;** *Bañuelos***,** 1951 y *Castejón***,** 1953).

No obstante la Asociación de Criadores (1988) y según el Libro Genealógico de la Raza (1998) reconoce sólo la capa negra en su variante morcillo, pudiéndose tener tonalidades rojizas en invierno y siendo en verano más oscura y brillante. Puede presentar lucero en la frente. El Libro Genealógico (1998) añade que las manchas admitidas en los machos, estrella y en las hembras, estrella o lucero pequeño, también que en las hembras los extremos de la cola, del tupé y de la crin, presentan tonos rojizos.

DEFECTOS ELIMINATORIOS

Según la Asociación Española de Criadores del Caballo Losino (1988) y el Libro Genealógico de la Raza (1998) se consideran defectos eliminatorios para esta raza los citados a continuación:

- Cualquier variación en la capa que no sea la negra.
- Presentación de manchas en la capa, que no sean estrella o lucero pequeño.
- Cualquier rasgo que le haga sospechar el cruzamiento con otras razas.
- Cascos desparramados.
- Exceso de cernejas.
- Grupa cuadrada o recta.
- Variaciones en el perfil fronto-nasal que no sea el propio de la raza.

DIFERENCIAS MORFOLOGICAS ENTRE RAZAS DEL NORTE DE ESPAÑA

Debido a la proximidad geográfica y al parecido morfológico, es conveniente diferenciar al caballo Losino con respecto a los caballos del norte de España (jaca Navarra, Pottoka, Asturcón y Poney Gallego).

JACA NAVARRA

Es un caballo elipométrico, con una alzada a la cruz comprendida entre 126 a 136 cm. La cabeza es poco voluminosa, perfil recto o ligeramente subcóncavo, orejas pequeñas y ojos muy vivos y móviles. El cuello está bien dotado de crinera, regularmente poblada. La cruz es poco pronunciada y el lomo es algo alargado. El vientre esta bien recogido. La grupa es redondeada y con un buen desarrollo muscular. La cola se encuentra bien insertada. Las extremidades son finas y relativamente largas. Los cascos son pequeños duros y compactos. Los aplomos son malos. El dorso es ligeramente abombado. La piel es fina y con ligera propensión a que se le marque el sistema venoso. La capa principal es la castaña, predominando tonos oscuros y careciendo de pelo blanco en la frente y en las extremidades.

POTTOKA (Pony Vasco)

Según el último estudio de la Diputación Foral de Vizcaya realizado en 1997, es un caballo elipométrico, con una alzada a la cruz comprendida entre los 115 y los 147 cm. Para el Tipo Original no debe exceder de los 130 cm. Su cuerpo es musculoso. La cabeza es fuerte, con un perfil fronto-nasal rectilíneo, ligeramente cóncavo a nivel de los ojos; las orejas son de pequeño tamaño y muy móviles; los ojos grandes y vivaces característico de la raza; los ollares cuenta con orificios bien abiertos; la mandíbula es normal y marcada en ángulo. El cuello es corto, recto, estando bien unida la cabeza al tronco; la crinera es larga, hasta el punto de prolongarse hasta la cruz. El tronco es fuerte y profundo; la cruz bien proporcionada; el lomo es alargado y fuerte. La grupa es un tanto corta y oblicua, y nunca ha de presentar "doble grupa". La cola es de inserción baja. Las extremidades son fuertes y bien aplomadas, de longitud media y proporcionada; destaca por presentar un muslo desarrollado y el brazo y antebrazo fuertes y bien dirigidos. El color original de la capa es negra o castaña, especialmente la castaña oscura y se admiten otras capas como la alazana, la gris (torda oscura) y la capa pía.

ASTURCÓN (Asturias)

Es un caballo elipométrico, bien proporcionado y resistente. La alzada media a la cruz es de 125 cm. El perfil varía de recto a subcóncavo. Cabeza de tamaño medio a pequeña; frente amplia; labios gruesos; ollares amplios y dilatados; ojos vivos y móviles de órbita bien marcada; orejas pequeñas y móviles (*Álvarez y Álvarez*, 1987). El cuello presenta

buena inserción al pecho y buena amplitud. La cruz es destacada y fina. Las espaldas largas y no muy inclinadas. La grupa es inclinada, incluso derribada, de longitud y anchura proporcionadas. La cola es de inserción baja con una crin abundante que suele llegar hasta el suelo. El vientre voluminoso. Las extremidades son finas y fuertes con cascos pequeños y redondos. La piel es gruesa y la capa completamente negra, admitiéndose solamente lucero en la frente.

CABALLO GALLEGO

Según *Sánchez et al.* (1996) es un caballo elipométrico (225-340 kg.), de perfil recto y proporciones longilíneas. La cabeza es siempre grande, pesada y ligeramente alargada. La frente es plana y no muy ancha y con abundante tupe; órbitas mal delimitadas y salientes; ojos pequeños; orejas cortas, móviles y velludas. Tiene los labios muy desarrollados, firmes y duros, frecuentemente con un gran bigote en el superior; el hocico es pequeño con ollares no muy anchos. El cuello es corto, recto, piramidal, plano y descarnado y se inserta de forma desarmónica en la espalda, poblado de una abundante crinera, con pelos largos y bastos; cruz destacada y región dorsolumbar arqueada por el peso del vientre. Posee lomos estrechos y despegados de la grupa. El tórax es muy aplanado, con costillares poco arqueados, el pecho es estrecho y hundido. Su vientre es voluminoso (vientre de vaca). La grupa es derribada, ligeramente oblicua, con muslo y nalga de escaso desarrollo muscular. La espalda es corta y poco oblicua. El dorso es ligeramente abombado. Las extremidades anteriores son cortas, de regulares aplomos; los corvejones son estrechos y algo zancajosos y las cañas delgadas recubiertas por una piel fina y tersa.

CARACTERES REPRODUCTIVOS Y DE FUNCIONALIDAD

CARACTERES REPRODUCTIVOS

El sistema de crianza al que esta sometido el caballo Losino es prácticamente en absoluta libertad (*De Juana***,** 1995)**.** Las hembras son longevas, fecundas, con una elevada tasa de fertilidad y alcanzan la madurez sexual a los 2 años, pariendo por primera vez a los 3 ó 4 años, aunque no es raro casos de hembras que han venido a parir con sólo dos años. La tasa de fecundidad es muy alta, superior al 90 % en yeguas adultas. La monta se realiza libremente en las montañas. Las hembras son muy lecheras, paren con facilidad y muestran un gran instinto maternal.

Para *Bañuelos* (1951) y *Ortega* (1974) la capacidad maternal, traducida en el nivel de producción láctea y el instinto de protección de sus crías es muy buena. Entre los años 1915 al 1930 se usaban las yeguas para la cría mulatera por su gran aptitud, ya que conservaban su rusticidad, eran muy resistentes y proporcionaban con muy pocos costes ejemplares de gran apetencia en el mercado.

CARACTERES FUNCIONALES

Durante mucho tiempo, especialmente durante la Reconquista de España (*Sainz de Baranda*, 1947; *Abad*, 1997) y Colonización de América (*Cabrera*, 1945*)*, el caballo Losino tuvo un valor inestimable como caballo de guerra. Después su aptitud derivó hacia un caballo de ayuda al campesino en las labores de campo y además como animal de silla (*Ortega*, 1974). Hoy en día su funcionalidad esta dirigida especialmente como caballo apto para *la silla, tiro ligero y turismo rural ecuestre.*

El caballo Losino muestra una marcada aptitud para la silla. Después de ser capturado y domado, cambia radicalmente su conducta, comportándose como animal cariñoso, dócil, noble e inteligente, de gran predisposición para el aprendizaje. Esta serie de

cualidades lo hace muy apto para la *Equitación juvenil*. Para *Sánchez-Belda* (1999) es un caballo muy apto para monturas infantiles.

Debido a su pisada firme y segura, especialmente en los terrenos abruptos de las montañas del norte de Burgos, es muy apropiado para marchas *campo a través*. Puede ejecutar cualquier disciplina ecuestre con soltura y buena disposición. Así mismo, esta capacidad para marchas por las montañas, le presenta como un atractivo turístico para las casas de *Turismo rural* tan de moda en estos días.

Es interesante como *caballo de Tiro Ligero* para las labores de campo, especialmente en pequeñas explotaciones muy aisladas de los núcleos urbanos, donde los modernos sistemas energéticos aún no llegan o hay dificultades para conseguirlos (por ejemplo en muchas explotaciones forestales).

Por último destacar que es una raza que no es exigente con la alimentación, se conforman con forrajes groseros y sabe buscar muy bien la alimentación por las montañas. Según *Sainz* (1931) durante el invierno el caballo se ve forzado a soportar ayunos prolongados, durante los cuales las yeguas aparecen flacas y extenuadas. Al llegar la primavera, con los primeros pastos vuelven a recuperar su conformación. Soportan bien las inclemencias del clima, pudiendo vivir en zonas de alta montaña por su resistencia física. Así mismo precisa un bajo coste en servicios veterinarios por ser un caballo fuerte y resistente.

VARIABILIDAD GENÉTICA DENTRO DEL MARCO DE LA CONSERVACIÓN

El mantenimiento de toda la variabilidad genética original a lo largo de varias generaciones es difícil, fundamentalmente debido a los efectos de la deriva genética, a la propia selección natural, además de los planes de reproducción utilizados y el diferente número de reproductores machos y hembras empleados. Hay muchas teorías acerca del número mínimo de reproductores y del plan de reproducción más adecuado, para evitar, en lo posible, los efectos indeseables de la consanguinidad y de la deriva genética, asegurando con ello la diversidad genética, y la variabilidad necesaria para una selección más efectiva.

En conservación genética es muy importante encontrar un criterio para determinar el número mínimo de animales necesarios para el mantenimiento de la diversidad genética, por dos razones:

1. El tamaño de la población debe ser tan grande como sea posible para evitar pérdidas genéticas irremediables.
2. Con respecto al coste de esta conservación, debe ser lo más bajo nivel, esto significa que los efectos indeseables que se producen, tal como los derivados de la consanguinidad deben de ser lo menores posibles.

El tamaño efectivo determina los niveles de deriva genética y consanguinidad en la población, antes y después de la conservación. Así, el concepto de tamaño efectivo de la población *(Ne)* es importante para comprender los efectos de la variación en el número de machos y de hembras y del tamaño de familia sobre la deriva genética y la consanguinidad. Esta relación fue estudiada por *Fálconer* (1989) en animales de laboratorio. Sin embargo, hay que considerar que para usos prácticos, el número efectivo no es siempre útil por las siguientes razones (*Bodó,* 1991):

- El número actual de machos y hembras de la población no tiene en cuenta las relaciones entre ellos.
- El número real de machos a veces no es conocido debido al uso de reproductores jóvenes no registrados.
- No se toma en consideración la situación inicial de homocigosis en una población dada, lo que hace que sea imposible estimar el grado de consanguinidad.
- La existencia de genes recesivos.
- No tiene en cuenta el tipo de sistemas de apareamientos utilizado.
- No considera algunos aspectos prácticos, como cociente reproductivo o el intervalo generacional, características propias de cada especie.

Teniendo en cuenta todo esto se han desarrollado algunos sistemas para la clasificación de las poblaciones uníparas de acuerdo con los niveles de amenaza (*Alderson,* 1981**;** *Rognoni,* 1981; *Crawford,* 1981**;** *Maijala,* 1982 **y** *Bodó et al.,* 1984). Estas categorías de vulnerabilidad, definen tanto la estructura de la población como la supervivencia de la misma, correspondiéndose con:

- ***El estatus normal*****,** en donde no se dan problemas genéticos porque el número de animales, tanto machos como hembras, es suficiente para su mantenimiento y selección, ya que pueden reproducirse sin pérdidas genéticas y no se dan cambios en el tamaño efectivo de la población.
- ***El estatus inseguro*****,** en donde deben ser tomadas en consideración algunas medidas preventivas, ya que el número medio de animales de cría está decreciendo y en futuros años se verán incrementados los problemas.
- ***El estatus vulnerable*****,** en el que se están produciendo efectos peligrosos para la población, por lo que deben existir medidas dentro de programas dirigidos para evitar otro decrecimiento de la población.
- ***El estatus en peligro****,* en donde la raza está en riesgo de extinción porque su tamaño efectivo es inadecuado para prevenir la pérdida genética en futuras generaciones. Resulta inevitable un incremento de la consanguinidad, por lo que existe amenaza sobre la vitalidad de los animales y un peligro de desaparición espontánea o debida a la negligencia por parte del hombre. En este caso, deben aplicarse métodos de preservación para salvar a la población en cuestión.
- ***El estatus crítico*****,** en el que se indica un extremado nivel de amenaza, estando cercana la extinción de la población. En este estatus, la variabilidad genética está ya a menudo tan reducida, que la población en cuestión no puede ser considerada la misma que la raza de donde procede. Para la supervivencia, la población debe de ser aumentada como primera medida.
- ***El estatus de extinción****,* después de una cría cerrada durante un periodo de 100 años, donde la población no ha excedido de 35 animales, se produce un fenómeno de embotellamiento y la población desaparece. La supervivencia de la población es imposible aún cuando después del síndrome del embotellamiento se estén desarrollando otras variaciones genéticas. En la población no pueden encontrarse machos ni hembras reproductores puros.

Maijala (1974)**,** *Alderson* (1981)**,** *Crawford* (1981)**,** *Campo y Orozco* (1982), *Bodó et al. (*1984) y *Dohy* (1989) teniendo en cuenta las distintas categorías de vulnerabilidad realizan algunas estimaciones prácticas del número de animales que definen una y otra categoría en poblaciones uníparas, considerando principalmente el número de hembras:

Estado Normal	>10000
Estado Inseguro	5000-10000
Estado Vulnerable	1000-5000
Estado en Peligro	100-1000
Estado Crítico	<100
Estado de Extinción:	<35

ESTRATEGIAS CONSERVACIONISTAS

La probabilidad de supervivencia de las especies durante un periodo largo de tiempo, en forma de poblaciones en su conjunto o bien en líneas genéticas, está relacionadas con el mantenimiento de la variabilidad genética que poseen y que les es transmitida desde sus ancestros. De ahí que un elemento esencial para establecer un programa de preservación sea la conservación de dicha variabilidad genética a través de las generaciones o lo que es lo mismo, de los genotipos de animales destacados para una serie de aptitudes favorables.

Podríamos agrupar los argumentos que inducen a conservar las razas de animales domésticos en (*Jewell,* 1971**,** *Simon,* 1984**,** *Orozco,* 1985 y *Rodero et al.,* 1994**):**

1. Argumentos de tipo cultura
2. Argumentos de tipo biológico
3. Argumentos de tipo práctico
4. Argumentos de tipo científico

Todos estos argumentos justifican la aplicación de los programas genéticos de conservación, medidas que como describen *Ricardeau et Flamant* (1976) deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Conocer la estructura de la población.
- Controlar la paternidad de la cría en pureza.
- Asegurar el desarrollo del control de aptitudes.
- Hacer un inventario de todos los machos y determinar las líneas existentes en la población.
- Poner en funcionamiento un programa de acoplamientos, usando todas las familias disponibles y asegurando una rotación de reproductores para limitar la consanguinidad.
- Organizar la producción y difusión de dicha raza pura, presentando el máximo de garantía respecto a su estado sanitario y sus cualidades de reproducción.
- Analizar la variabilidad de la raza utilizando los marcadores genéticos.

Actualmente los métodos de conservación disponibles para el mantenimiento de dicha variabilidad genética pueden resumirse en:

- Mantenimiento de razas puras.
- Cautelosa selección minimizando la pérdida de genes.
- Identificación de marcadores genéticos aplicable a la conservación de alelos destacados.
- Establecimiento de uno o varios pools de genes.
- Creación de bancos de semen congelado, embriones o tejidos gonadales (bancos de germoplasma), aunque no está permitido en algunas razas, como el PRE.
- Almacenamiento de ADN.

Si toda la información genética de una raza está contenida en el semen, la IA podría ser un método importante para regenerar una población de pura raza a través del semen congelado, siendo necesario únicamente en este caso, medidas para evitar la consanguinidad. Así**,** *Smith* (1984) ha estimado que son necesarios 25 padres por raza para prevenir la consanguinidad cuando los machos se usan rotacionalmente.

El almacenamiento del ADN y los nuevos métodos de la Ingeniería Genética como el mapeo genómico y transferencia de ADN constituyen futuros métodos de preservación de poblaciones o razas. Sin embargo, presentan todavía algunos problemas que hay que solucionar para que puedan llegar a ser métodos de uso rutinario, ya que no están disponibles aún los mapas genéticos para identificar las secuencias de ADN que son responsables de los rasgos específicos en el animal vivo, y segundo, no se puede regenerar un animal con rasgos específicos a través de técnicas con células animales aún no experimentadas.

Para *Gill y Harland* (1992) existen diferentes estrategias que intentan mantener la variabilidad genética dependiendo del número de animales que posean las distintas poblaciones:

- Para poblaciones con gran número de unidades de cría no suele aplicarse ninguna política de ya que se puede esperar que exista suficiente variación en los objetivos de cría entre los rebaños para garantizar el mantenimiento de la variabilidad genética. De cualquier modo, existen dos factores que pueden reducir la variabilidad genética en una población: el primero, es el efecto de las correlaciones desfavorables con caracteres adaptativos y el segundo, la reducción en la varianza genética debido al desarrollo de desviaciones negativas entre *loci* inducidos por selección ("*efecto Bulmer"*).
- En poblaciones de tamaño medio existe una mayor conciencia de una política de conservación genética, usualmente expresada como el mantenimiento de las líneas de sangre ("*blood-lines"*). Muchos planes se basan en sistemas de cruzamientos rotacionales, que involucran a líneas de cría para su

mantenimiento y cruzamientos cíclicos para restringir el incremento en el nivel de consanguinidad en la población total. En algunos programas, esto puede resultar en una forma de intracruzamiento (*incrossing*) por el cruce de dos líneas diferentes provocando un efecto de vigor híbrido.

Especialmente es de gran interés la conservación de líneas especializadas a fin de:

1. Reducir el riesgo de pérdida de genes potencialmente buenos debido a una respuesta a la selección correlacionada no manifiesta, siempre que se aplique la selección para un carácter diferente en cada línea.
2. Utilizar la superioridad genética en caracteres aislados por combinación de líneas especializadas, para producir nuevas líneas sintéticas o para programas de cruzamiento.

En pequeñas poblaciones los sistemas de uniones dirigidas individualmente son más apropiados para minimizar el efecto de la consanguinidad, estando basados la mayoría en patrones estándar donde de cada cruce se toman al menos una cría macho y una cría hembra (o igual número de cada sexo en el caso de especies prolíficas). El hecho de no existir una política de conservación para pequeñas poblaciones, según *Sponenberg* (1992), puede conducir a la eliminación de esas poblaciones como grupos genéticos distintos, por simple negligencia o por la introducción planeada de cruces con otras razas para incrementar la heterocigosis.

ÍNDICE DE CONSERVACIÓN GENÉTICO

Para *Bodó* (1990), el cálculo de la consanguinidad media en una determinada raza dentro de un programa de conservación genética, resulta un engañoso indicador del grado de parentesco de determinados grupos animales con los antepasados fundadores. En un individuo el coeficiente de consanguinidad indica el nivel de homocigosis en el propio animal, pero no prevé el de la próxima generación, por lo cual considera que es necesario identificar la mayoría de los animales heterogéneos en una población. Para ello fue introducido el G.C.I. (*Genetic Conservation Index*) de *Alderson* (1992), designado para maximizar la retención de la variedad original de alelos de la población fundadora, y basado en el cálculo del número efectivo de fundadores en el pedigrí de un animal. El objetivo del concepto GCI en un programa de conservación de razas, es mantener el rango completo de alelos de la población fundadora o del animal fundador en el caso de las líneas. El animal ideal sería aquél que recibiese igual contribución de todos los antepasados de esa población, lo que representa la mejor oportunidad de maximizar la retención de todos los alelos fundadores. Así, el valor de un animal como representante de una determinada línea, puede calcularse midiendo el número efectivo de fundadores en su pedigrí. Este valor se obtiene a partir de la expresión:

$$GCI = \frac{1}{\sum P_i^2} \quad \text{Siendo} \quad \text{Pi} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

donde Pi es la proporción de genes del fundador i en el pedigrí de ese animal y n es el número de caminos desde el antecesor común al animal objeto de estudio.

Este índice puede usarse tanto como una ayuda para la selección de machos en yeguadas individuales, como dentro de una política que abarque a diversas ganaderías de una raza. La solución final de ese valor de GCI nos indicará el animal que mejor mantiene la variabilidad genética de la raza o el máximo número de alelos del animal fundador de la línea (*Valera et al.,* 1995).

El primer condicionante del perfil genético de la raza es la constitución genética de sus fundadores, ya que es la única fuente de alelos si ignoramos la mutación**.** *Lacy* (1987) señala que en poblaciones de 100 a 1000 individuos sólo aparecía una mutación en un locus concreto cada 1000 generaciones.

Cuando una población pequeña se reproduce lentamente, como ocurre en las poblaciones equinas, puede darse una considerable pérdida durante las primeras etapas del crecimiento de la población (*Valera et al.,* 1995). Del mismo modo, si una población se incrementa rápidamente después de su fundación, se aproximará a la situación donde todos los animales se reproducen al máximo y se mantiene todas las crías, suficientes crías para determinar una escasa pérdida de alelos con relación a la población base.

Dentro de una estrategia coordinada de conservación de razas en pequeñas poblaciones se pueden determinar los cruces deseados para cada hembra calculando el *GCI* de las potenciales crías si se cruzarse con cada semental. Este procedimiento hace que se pueda esperar un elevado *GCI* en sucesivas generaciones.

En poblaciones grandes, se puede seguir el mismo proceso para cada línea genética dentro de un sistema de cría rotacional. La heterocigosis media de una población se mantiene más efectivamente si la población está subdividida en grupos (*Gill and Harland***,** 1992). En la práctica este sistema consiste en una rotación de los acoplamientos. La planificación de los cruces debe hacerse asegurándonos que todos los fundadores están representados en la próxima generación. De una forma ideal, la contribución de cada antepasado debe dispersarse a través del máximo número posible de descendientes posibles (*Alderson,* 1990) por lo que cuando un semental tiene una influencia dominante en una generación es más adecuado utilizar otro de menor influencia en la siguiente generación para mantenerlos en el mismo rango, lo que permite que cada línea arrastre una homocigosis diferencial.

No obstante, existen limitaciones en la utilización del valor de *GCI* a la hora de planificar los cruces:

- No puede ser usado para comparar el valor de animales de diferentes razas, ya que el número de antecesores varía de una raza a otra.
- No tiene en cuenta la concentración de crías de animales no fundadores en el pedigrí en las siguientes generaciones.

LA ENDOCRÍA EN EL CABALLO

La cría consanguínea o endocrina es el apareamiento de individuos que tienen relaciones de parentesco más fuertes que el resto de los miembros de la población o raza a que pertenecen. La consanguinidad provoca un aumento de la homocigosis, ya que la recombinación de los genes procedentes de los ancestros comunes de ambos progenitores aumenta la probabilidad de que los *loci* de los hijos se vuelvan más homocigóticos (*Legates and Warwick,* 1992). El valor de esa probabilidad, medida por su coeficiente puede encontrarse en el rango de 0 a 1, aunque con frecuencia se expresa en porcentajes.

Como se ha indicado el cálculo del coeficiente de consanguinidad en poblaciones de animales domésticos interesa para valorar de forma más precisa a los reproductores en los planes de mejora y fijar los acoplamientos para evitar el aumento incontrolado de la misma; en la formación de líneas o estirpes ya que es necesario un alto nivel de consanguinidad si se quieren mantener individuos estrechamente relacionados con un antecesor deseable, ayuda a detectar genes recesivos perjudiciales, forma islotes familiares homogéneos en el seno de la población y posibilita una selección interfamiliar más efectiva.

Es, por tanto, importante la medida de la consanguinidad de animales sometidos a un plan de mejora, tanto si interesa concentrar al máximo caracteres favorables, como si se huye del peligro de los caracteres perjudiciales. Con respecto a esto último hay que tener en cuenta el hecho de que cada día se está empleando con mayor frecuencia la inseminación artificial, lo que conducirá a un aumento de la consanguinidad en las poblaciones donde se practica, adquiriendo más relieve la necesidad de la medida del parentesco y la consanguinidad.

Para la formación de líneas consanguíneas superiores, es imprescindible que la línea sea iniciada con animales sobresalientes que no sean portadores de genes recesivos negativos. Así, los animales recomendables como reproductores son los pertenecientes a familias consideradas como excelentes y los provenientes de las pruebas de descendencia (*Valera et al.,* 1995**).**

A este tipo de endocría se le conoce como cruzamiento en línea. Aunque a efectos prácticos es equivalente al cruzamiento consanguíneo, su principal objetivo no es aumentar la homocigosis, sino mantener una alta proporción de genes del ancestro

sobresaliente. Al ser un tipo especial de cría consanguínea presenta los mismos efectos genéticos (*Lasley,* 1991):

1. En la descendencia, los genes heterocigotos que portaba el antepasado fundador, se presentan con mayor frecuencia de forma homocigótica.
2. Se incrementa la probabilidad de que la descendencia posea los mismos genes que el ancestro elegido. Así pues existe una alta posibilidad de que la descendencia presente los genes favorables que portaba el animal fundador. Por el contrario, si éste poseía genes recesivos negativos de forma heterocigótica, la descendencia tiene una alta probabilidad de presentarlos de forma homocigota, dando lugar a la expresión del carácter no deseado. Con todo ello se deduce la importancia de la reproducción en línea con un antepasado sobresaliente que esté libre de genes recesivos negativos.

Los primeros ensayos de medida del grado de parentesco se remontan a *Galton,* quien a principios de siglo reunió una considerable información estadística sobre los caracteres cuantitativos y su transmisión hereditaria. Pero sus resultados parecieron estar en contradicción con la noción de herencia discontinua o génica de los caracteres cualitativos nacida de las experiencias de *Mendel*. Sin embargo, *Pearson* (1904)**,** *Undy-Yule* (1906), *Weinberg* (1910) *y Fisher* (1918) postularon que la herencia continua podía tener como sistema hereditario un mecanismo génico, unificándose el mendelismo y la estadística de *GALTON,* ya que en realidad se complementaban mutuamente.

TAMAÑO EFECTIVO DE LA POBLACIÓN

El término genético *tamaño efectivo de la población (Ne)* fue utilizado por primera vez por *Wright* (1931) para definir un importante parámetro en la conservación biológica al resumir características de la población relacionadas con el mantenimiento de la variabilidad genética. Es un término que se emplea para expresar el número de individuos que daría lugar a la misma varianza del muestreo o a igual tasa de endogamia si dichos animales se reprodujeran en la forma como se haría en la población ideal:

- El apareamiento está restringido a miembros de la misma familia.
- Las generaciones son distintas y no se superponen.
- El número de individuos reproductores en cada línea es el mismo para todas ellas, y el ratio es 1 (todos los individuos de cada sexo contribuyen igualmente al desarrollo de la progenie, es decir, se reproducen en una proporción de 1:1).
- En todas las generaciones el apareamiento dentro de cada línea es aleatorio, no existe selección en ninguna etapa y hay ausencia de mutación.

Así el *Tamaño efectivo* de una población es usado para expresar el número de animales necesarios para la conservación de una población manteniendo cierta tasa de consanguinidad, siempre que los apareamientos se realicen al azar y el número de animales de cría siga un ratio sexual de 1:1 *(Fisher,* 1964*; Pirchner,* 1968*; Falconer* 1990; *Dohy,* 1989; *Simon,* 1991).

Una intensa selección sobre una base global, conduce a una rápida mejora genética pero reduce el tamaño efectivo de la población. Una intensa selección genética determina que unos pocos sementales de muy buena calidad dominen la raza. No obstante, las futuras mejoras en la tecnología reproductiva podrían conducir a lograr junto a la intensa selección que se viene realizando y un descenso en la duración de los intervalos generacionales, causando un incremento en el grado de consanguinidad. Sería, pues necesario considerar el balance óptimo entre intensidad de selección y tamaño efectivo de la población en los programas de cría y mejora mundiales.

MARCADORES GENÉTICOS

Dentro del término de Grupos Sanguíneos se engloban dos conjuntos de caracteres genéticos que se expresan en la sangre y que están sometidos a una determinada variabilidad. Unos son proteínas de la estructura antigénica de la membrana eritrocitaria (grupo sanguíneo propiamente dicho) y otros variantes alélicas de algunas enzimas y proteínas internas del eritrocito y del plasma (Polimorfismo bioquímico sanguíneo).

A la posibilidad de que se presenten diferencias entre estos antígenos de membrana, en la forma de agruparse éstos o en las variantes de una misma proteína, es lo que se denomina *Polimorfismo genético*. Como estos caracteres están codificados en el ADN presentan las características inherentes al material genético, es decir, son caracteres constantes, permanentes, indelebles, ajenos a las acciones del medio ambiente y presentes en el individuo a lo largo de toda su vida (*Kaminski et al.,* 1974). En definitiva, son caracteres que marcan al individuo, de aquí su denominación de *Marcadores Genéticos*. Su determinación mediante técnicas inmunológicas y bioquímicas, nos permite la obtención de una *fórmula sanguínea* con cada una de las variantes alélicas presentes para cada *locus* genético de cada individuo. Debido al número de *loci* y a las características de éstos, es difícil encontrar dos individuos con idénticas fórmulas sanguíneas.

La importancia que, desde el punto de vista de la producción animal, tienen los Marcadores Genéticos radica en su aplicación a la identificación individual y al control de filiación, al garantizar la fiabilidad de los documentos genealógicos, material fundamental para emprender las tareas de selección y mejora de las razas equinas (*Rodríguez-Gallardo y Aguilar,* 1989). En el caso de razas que están en peligro de extinción, el analizar la variabilidad genética obtenida a partir de estos marcadores, nos va a ofrecer un gran abanico de posibilidades para establecer unas estrategias de conservación y recuperación (*Valera,* 2000).

La mejora animal se basa en la selección de individuos que transmitan unos caracteres productivos muy concretos, lo que a medio o largo plazo implica un aumento de la consanguinidad y, por tanto, una mayor homogeneidad genética de la raza. Este fenómeno dificulta, cada vez más, la identificación de los individuos y el control de su genealogía, por lo que se hace necesario definir nuevos marcadores que detecten la cada vez menor variación entre los ejemplares de una misma familia, ganadería o grupo racial. Este hecho justifica que hoy en día resulte más útil para la obtención de nuevos marcadores genéticos, abordar el estudio de la información que poseen las células de un individuo directamente sobre los ácidos nucleicos, y no sólo sobre su expresión en forma de proteínas. Esto es posible gracias a la simplificación de las técnicas de investigación del ADN ocurrida a finales de la década de los años 80, uno de los avances más significativos en el campo de la Genética (*Vega-Pla,* 1996).

POLIMORFISMO BIOQUÍMICO y MICROSATÉLITES

En cuanto al Polimorfismo bioquímico, para *De Andrés* (1985) se puede definir como el conjunto de variantes de las proteínas del plasma o suero, eritrocitos o leucocitos, determinadas genéticamente y típicamente puestas de manifiesto mediante técnicas de electroforesis. Cuando se aplican técnicas de electroforesis a proteínas sanguíneas se pueden apreciar variaciones de unos animales a otros. Para *Vega-Pla* (1997) la distancia a la que la proteína migra bajo unas condiciones determinadas es en realidad un reflejo de sus características biológicas, como carga eléctrica, tamaño y forma, las cuales están condicionadas por la secuencia de aminoácidos que la componen, y en definitiva, por la secuencia del ADN que la codifica. Según *Molina* (1999) estas variaciones nos permitirá estimar ciertos parámetros genéticos útiles para conocer la situación genética actual de una población y poder establecer planes de conservación y mejora

En 1955, *Smithies* determinó por primera vez el polimorfismo de la haptoglobulina humana. *Cabannes y Serain,* en el mismo año, fueron los primeros investigadores que demostraron el polimorfismo de una proteína del caballo, la hemoglobina. Pero no es hasta 1964 cuando se ponen en marcha las técnicas electroforéticas utilizadas para la determinación de los sistemas de proteínas y enzimas polimórficos del suero y del eritrocito.

En 1964 *Braend y Stormont* estudian los sistemas de hemoglobinas (*Hb*) y transferrinas (*Tf*) en el caballo. Posteriormente, *Gahne* (1966) amplía el número de sistemas con las albúminas (*Alb*), prealbúminas (*Pi*) y esterasas (*Es*). En 1968 *Baher* analiza el polimorfismo de las transferrinas y sus aplicaciones zootécnicas. Poco a poco se va completando el estudio de estos sistemas con aportaciones como las de *Bowling* (1974) o las de *De Andrés* y *Kaminski* (1987).

El polimorfismo del sistema de la proteína unida a la vitamina D (*GC),* fue bien estudiado por *Juneja et al. (*1978). El locus *A1B* fue el gran desconocido puesto que no se sabía la función de la proteína que lo conformaba, tanto es así, que se le denominó *Xk* desde que *Braend* lo describió en 1967, y no es hasta 1978 cuando *Juneja* lo relaciona con la *alfa-1-beta-glicoproteína humana*, reconociéndose tres alelos aunque diversos autores ha reseñado la presencia ocasional de algunos más.

Como se ha indicado el polimorfismo genético de la transferrina sérica del caballo fue descrito por *Braend y Stormont* en 1964. Posteriormente se han descrito más alelos como el *TF-J* (*De Andrés and Kaminski,* 1987). Desde 1972 *Sandberg y Bengtson* investigan en caballos sistemas enzimáticos eritrocitarios como la fosfoglucomutasa (*PGM*), la 6-fosfogluconato deshidrogenasa (*PGD*) y la glucosa fosfato isomerasa (*GPI*).

En cuanto al Polimorfismo del ADN, la variación genética de los microsatélites (MS) es detectada utilizando una técnica denominada reacción en cadena de la polimerasa

(PCR) y una electroforesis de los productos resultantes. El material de partida es generalmente sangre aunque podría emplearse también pelo y otros tejidos biológicos, necesitándose muy poca cantidad de material de partida, (*Vega-Pla,* 1999). Con esta reacción se copia varios millones de veces una zona muy concreta donde se halla la secuencia con el microsatélite y, mediante técnicas de electroforesis, se analizan las variaciones en longitud de los fragmentos de ADN generados en esta amplificación.

Litt y Lutty en 1989 y *Weber y May* en el mismo año, descubrieron que en el genoma existe una secuencia del tipo di-, tri- o tetranucleótidos repetidos en tánden con una longitud generalmente inferior a 400 pares de bases esto les permitieron descubrir en el genoma humano unas secuencias muy peculiares que fueron denominadas microsatélites. Para *Korth et al.* (1996) se trata de repeticiones en tándem de motivos simples (ejemplo $[TG]_n$ donde 10>n>30). Según *Stalling et al*. (1991); *Bowling* (1997) y *Koreth et al.* (1996) el interés de emplear los microsatélites como marcadores genéticos descansa sobre una serie de ventajas que poseen frente a otros marcadores genéticos:

1. Son muy frecuentes en el genoma eucariotico y están repartidos por todo el ADN, y a menudo, presentando un alto grado de variación en el número de repeticiones de la secuencia, es decir, tienen un alto grado de polimorfismo.
2. Presenta herencia mendeliana codominante.
3. Se necesitan cantidades muy pequeñas de material biológico y no están limitados a muestras frescas para la determinación de las variantes alélicas, lo que permite el estudio de muestras muy antiguas.
4. Las técnicas empleadas para la detección de la variabilidad son muy simples en comparación con otras técnicas de investigación del polimorfismo del DNA.

Los microsatélites son también conocidos como STRs (repeticiones cortos en tándem). En 1992, *Ellegren et al*., describe por primera vez en el caballo 5 *loci* de microsatélites (HTG2, HTG3, HTG4, HTG5, HTG6) consistentes en dinucléotidos TG repetidos, siendo uno de los más repetidos en mamíferos. Según *Guérin et al. (*1998) existe un número significativo de MS en equinos (N=145) recientemente mapeados.

Stalling et al. (1991) compararon la distribución de las TG en varios genomas de mamíferos, concluyendo que se encuentran conservada en especies muy relacionadas. En 1992 *Ellegren et al*., detectaron secuencias de 6 microsatélites de los cuales tres incluyen una repetición perfecta TG (HTG3, HTG5, HTG6), dos de ellos (HTG1 y HTG4) presenta repeticiones de dos motivos diferentes, TC y TG y el último microsatélite presenta un motivo imperfecto (HTG2). *Guéring et al. (*1994) detectan otros siete microsatélites (HMS1, HMS2, HMS3, HMS5, HMS6, HMS7, HMS8). *Van Haeringen et al.* (1994) describen el microsatélite VHL20 (tabla 1).

Tabla 1. Microsatélites con las referencias bibliográficas, el rango de su peso molecular y nº de Alelos empleados en este trabajo.

Microsatélite	Rango de Alelos	Nº de alelos	Referencia
HMS2	218-238	9	Guerin *et al.,* 1994
HMS3	149-172	9	Guerin *et al.,* 1994
HMS6	157-171	5	Guerin *et al.,* 1994
HMS7	172-188	6	Guerin *et al.,* 1994
VHL20	86-106	9	Van Haeringen *et al.,* 1994
ASB2	154-188	7	Breen *et al.,* 1997
HTG4	120-140	6	Ellegren *et al.,* 1992
HTG6	80-107	4	Ellegren *et al.,* 1992
HTG7	118-130	4	Marlund *et al.,* 1994
AHT4	128-142	9	Binns *et al.,* 1995

Sucesivamente diferentes investigadores fueron descubriendo nuevos microsatélites, hasta llegar a la última nomenclatura aprobada por la *International Society for Animal Genetics* (ISAG) en 1999, Horse Comparison TETS (tabla 2).

Tabla 2. Sistemas electroforéticos equinos reconocidos por el ISAG, en la estimación de las frecuencias alélicas.

Sistema	Símbolo del locus	Alelos reconocidos
A1B glycopoteína	A1B	F K S
Albúmina	ALB	A B I
Fosfatasa ácida	AP	F S
Anhidrasa carbónica	CA	E F I L O S
Catalasa	CAT	F S
NADH-diaforasa	DIA	F S
Carboxilesterasa	ES	F G H Y L (M) (N) O R S
Provitamina unida a vitamina D	GC	F S
Glucosa fosfato isomerasa	GPI	F Y L S
Hemoglobina alfa	HBA	A AII BI BII (C) N V
Peptidasa A	PEPA	F S
6-fosfato deshidrogenasa	PGD	D F S
Fosfoglucomutasa	PGM	F S V
Proteasa inhibidora	PI	F G H I K L L_2 N O P Q R S T U V W Z
Plasminógeno	PLG	1 2
Transferrinas	TF	D D2 E F_1 F_2 F_3 G H_1 H_2 J M O R

Los paréntesis indican variantes reconocidas,

ESTIMACIÓN DE LAS FRECUENCIAS ALÉLICAS

El cálculo de las frecuencias alélicas de los sistemas de Polimorfismo Bioquímico y ADN entraña ciertas dificultades derivadas del hecho de que los fenotipos detectados en los análisis no siempre se corresponden con un único genotipo. Este hecho hace que existan diferentes métodos dependiendo de la naturaleza del sistema de que se trate. Así para los sistemas dialélicos con una relación de dominancia, se aplica el método de la raíz

cuadrada, asumiendo que la población se encuentra en equilibrio de *Hardy-Weinberg*, ya que no se pueden distinguir fenotípicamente los individuos homocigotos dominantes de los heterocigotos.

En sistemas con tres o más alelos se aplica habitualmente el método desarrollado por *Bernstein* en 1925 para el sistema *ABO* de grupos sanguíneos humanos. En esencia, consiste en establecer ecuaciones de segundo grado donde las variables son las frecuencias de cada alelo obtenidas a partir de las frecuencias fenotípicas. En los sistemas más complejos, donde el planteamiento de ecuaciones sería muy complicado debido al gran número de alelos, *Neiman-Sϕrensen* (1956) sugiere un método de cálculo iterativo, con el que se obtienen resultados similares al del método anterior. Este método asume que la población de donde se obtiene la muestra está en equilibrio y básicamente consiste en la realización de un recuento directo de los alelos de los individuos de genotipo conocido y con esta submuestra una primera estimación directa de las frecuencias alélicas, a partir de las cuales se calcula el número de individuos portadores de un determinado genotipo no diferenciable a partir del fenotipo. A partir de este momento se construye la tabla de frecuencias estimadas y se hace una nueva estimación de las frecuencias alélicas por recuento directo. Este proceso se repite de forma iterativa hasta que la variación entre sucesivas estimaciones sea aceptable (normalmente variaciones de menos de una milésima).

El cálculo de las frecuencias alélicas para los sistemas donde la expresión de las variantes electroforéticas es codominante y no existe el alelo nulo, se lleva a cabo por recuento directo de las repeticiones de cada alelo, dividiendo por el doble del número de individuos.

HETEROCIGOSIDAD

La Heterocigosidad es la mejor medida de la variación genética en una población. Es la proporción de *loci* polimórficos, o simplemente polimorfismo. No obstante, es necesario un criterio de polimorfismo: Existen dos tipos de heterocigosidad, la observada (Ho) y la esperada (He). La Ho es la frecuencia de individuos heterocigotos por locus, estableciéndose un promedio de esa frecuencia para todos los *loci*. La Ho va estar disminuida en poblaciones con apareamiento endogámico. La He se calcula a partir de las frecuencias génicas, como si todos los individuos en la población se cruzaran al azar. *Ayala* en 1982 considera que ésta refleja mejor la heterocigosidad de la población, ya que no depende del sistema de apareamiento de los individuos.

Se considera que un locus es polimórfico cuando el alelo más común tiene una frecuencia inferior a 0,95. Dado que no siempre se utiliza el mismo criterio de polimorfismo, una estimación mejor de la variación genética es la heterocigosidad o

proporción de individuos heterocigotos por *locus* ($\overline{H}$), así como la media de las heterocigosidades de todos los *loci,* (*Nei***,** 1972).

ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN: LOS ESTADÍSTICOS F Y LA CONSANGUINIDAD

Los estadísticos F son un conjunto de instrumentos definidos por *Wright* (1921, 1969) para conocer la estructura genética existente dentro y entre poblaciones así como del déficit de heterocigotos. Son utilizados para definir los estadísticos poblacionales a partir de muestras de la población, es decir, la desviaciación de las frecuencias genotípicas en una población subdividida.

Nei (1976) redefinió los estadísticos–F en función de la heterocigosidad observadas y esperadas en la población estudiada y señalo la utilidad en el análisis de la estructura genética y la diferenciación de una población subdividida. Definió los índices de fijación del modo siguiente:

$$\mathbf{F_{is} = 1 - Ho/Hs}$$
$$\mathbf{F_{it} = 1 - Ho/Ht}$$
$$\mathbf{F_{st} = 1 - Hs/Ht}$$

Se relacionan mediante la formula:

$$\mathbf{1-F_{it} = (1-F_{is})\ (1-F_{st})} \text{ donde:}$$

F_{it}: Índice de fijación de los individuos respecto al total de la población.
F_{is}: Índice de fijación de los individuos respecto a las subpoblaciones.
F_{st}: estima el grado de divergencia entre subpoblaciones.

Donde H_o es la frecuencia observada de heterocigotos y H_s y H_t representan la heterocigosidad esperada en equilibrio Hardy-Weinberg (diversidad genética) entre poblaciones y en la población total, respectivamente (*Nei*, 1973).

Weir y Cockerham (1984), basándose en los parámetros propuestos por *Cockerham* (1969, 1973) construyen formulaciones para las estimas de F_{st}, F_{it} y F_{is}. Según este método F_{is} y F_{it} miden, respectivamente el exceso o defecto promedio de heterocigotos en cada población y en el total considerado como conjunto. Estos estadísticos pueden tener un valor (+) ó (-) según exista exceso o defecto de heterocigotos.

F_{st} estima el grado de diferencia génetica entre poblaciones. Según *Weir* (1990). Su valor oscila entre 0 y 1, de forma que puede ser usado como medida de la distancia genética entre poblaciones. Para ello definen los siguientes parametros:

- **F:** correlación de genes dentro de los individuos (**coeficiente de consanguinidad**).
- **θ:** correlación de genes de diferentes individuos en la misma población (coeficiente de parentesco).
- **F:** correlación de genes dentro de los individuos dentro de las poblaciones.

Los parámetros están relacionados entre sí por la fórmula:

$$\mathbf{f= (F-\theta) / (1-\theta)}$$

y están relacionados con los estadísticos-F de Wright de la siguiente manera:

$$\mathbf{F = F_{it} \qquad \theta = F_{st} \qquad f = F_{is}}$$

Los tres parámetros dependen del tamaño poblacional y de su historia, pero no estan afectados por aspectos relacionados con el procedimiento de muestreo (nº de alelos por locus, nº de individuos por población ó nº de poblaciones muestradas).

Nagylaki (1998), cuestiona que F_{st} solo será una medida apropiada de divergencia entre poblaciones si la diversidad genética es pequeña. Así, si tenemos *n* subpoblaciones de igual tamaño que no tienen alelos comunes, la expresión a F_{st} se convierte en la formula:

$$Fst=\frac{(n-1)(1-Hs)}{n-(1-Hs)}$$

Excepto cuando la población esta plenamente dentro de la raza (Hs=0), F_{st} será siempre menor que 1 aunque las poblaciones sean completamente diferentes. F_{st} indica diferenciación completa entre líneas.

DISTANCIA E IDENTIDAD GENÉTICAS

Se acepta que, puesto que la selección actúa durante muchas generaciones, en la mayoría de las poblaciones los individuos muestran un fenotipo adaptado a su propio hábitat, dándose un proceso gradual de diferenciación y distanciamiento genético entre subpoblaciones.

La distancia genética entre poblaciones puede ser definida en términos estadísticos midiendo el número de variaciones alélicas de cada *locus* que se han acumulado entre dos

poblaciones que divergieron entre sí a partir de una población ancestral (*Dobzhansky*, 1976).

Para estimar con más exactitud la diferenciación genética entre dos poblaciones se utiliza el valor de *Identidad Genética* (I) obtenido a partir de la comparación de varios *loci* en ambas poblaciones. Este coeficiente entre dos poblaciones *A* y *B* en un *locus* dado *x* mide la probabilidad de que dos alelos, uno de cada población, sean idénticos, oscilando su valor de 0 (ningún alelo en común) a 1 (todos los alelos iguales). Según *Ayala y Kiger* (1984), el modelo toma en cuenta que no todas las sustituciones alélicas observadas son completas ya que un alelo puede haber sido reemplazado parcialmente por otro diferente, existiendo aún el alelo original con otra frecuencia.

A partir de este valor, se define la *Distancia Genética* entre dos poblaciones como el logaritmo neperiano, cambiado de signo, de **I** (*Nei,* 1972 y 1976). La distancia entre poblaciones genéticamente muy próximas es generalmente muy pequeña, normalmente inferior a 0,02; la distancia entre especies es generalmente mayor de 0,2 e inferior a 2 y la distancia entre subespecies intermedia. A efectos de confirmar la bondad del cálculo de este coeficiente, numerosos autores recomiendan el cálculo simultáneo de la distancia de *Rogers* (1972). Este coeficiente es una función entre la diferencia de frecuencias alélicas entre subpoblaciones de una población total. La *distancia de Rogers* es la media de las distancias individuales para cada *loci*. Este coeficiente se considera más adecuado que el de *Nei* (1972) para la separación de poblaciones muy relacionadas (*Hedrick*, 1975).

El cálculo de la distancia de *Nei* proporciona la mejor estimación de los niveles de divergencia evolutiva entre razas, cuando se construye el fenograma mediante el método UPGMA (método no ponderado de grupos usando promedios aritméticos) desarrollado por *Farris* (1972) y *Tateno* (1982.).

Estas comparaciones se pudieron realizar con los trabajos reportados por otros autores, y la tipificación sanguínea se realizaron en laboratorios reconocidos por el ISAG, incluyendo el nuestro (Laboratorio de Grupos Sanguíneos del Ministerio de Defensa) en Córdoba. Por lo tanto todos los resultados tienen validez internacional al intervenir cada laboratorio al test de comparación internacional que lleva a cabo dicha entidad con el fin de estandarizarlos.

LA HEREDABILIDAD EN CABALLOS

La heredabilidad la entendemos como el componente aditivo que un individuo es capaz de transmitir a su progenie. Para llevar a cabo un plan de Selección en cualquier raza de caballos, es fundamental el cálculo de sus parámetros genéticos. Es en este sentido donde cobra especial relevancia la heredabilidad, tal vez el parámetro genético de mayor importancia en la mejora genética de caracteres cuantitativos, ya que expresa en que medida el fenotipo de un animal depende de su genotipo, y por tanto condiciona tanto la estrategia de valoración, como la respuesta a la selección que se obtendrá (*Cardellino y Rovira,* 1987).

Por otro lado, determinadas razas equinas, como el caballo Losino, no tienen una utilidad bien definida, son empleadas como animales de paseo, en el turismo rural, para labores de campo e incluso algún evento deportivo como equitación juvenil. En estas razas se busca una serie de características de conformación y cualidades funcionales y de comportamiento como la valentía, la nobleza, la inteligencia, la capacidad de aprendizaje o la facilidad de manejo (*Valera*, 1997). Este hecho hace que los caracteres relacionados con la conformación, funcionalidad y temperamento tomen mayor repercusión económica que en otras razas (*Bruns et al.,* 1978 y *Koenen et al.,* 1995), y sea importante su inclusión dentro del esquemas de selección (*Schwark et al.,* 1988 y *Preisinger et al.,* 1991).

La heredabilidad es el parámetro más importante en mejora genética, como lo demuestran las utilidades a continuación citadas:

- *Valoración genética de los reproductores*; contribuye a determinar un valor de cría o valor aditivo del individuo con respecto a los demás.
- *Definición de estrategias de mejora a seguir*. Predice si la mejora genética por selección será eficaz y que método de selección es el más adecuado.
- *Predicción de la respuesta a la selección*. La heredabilidad nos determina, en función de la estrategia de mejora escogida y de la intensidad de selección, el progreso genético esperado en la población (respuesta genética).

La heredabilidad es un parámetro más complejo de lo que normalmente se cree, ya que su valor depende de numerosos e importantes factores como:

- ***Naturaleza del carácter.*** Este varia en su naturaleza y en su complejidad, pudiendo ser adaptativo y complejo bajando así la heredabilidad de ese carácter. En general se asume que cuanto más complejo sea el carácter menor será la estima de heredabilidad obtenida. Así mismo, aquellos caracteres adaptativos o reproductivos que han sufrido una selección natural durante muchas generaciones presentan bajas heredabilidades.

- ***Medio ambiente.*** Cuando más heterogéneo sea el medio ambiente (especialmente los factores no controlables ni mensurables) mayor será, para una misma varianza genética, la variación fenotípica, por lo que la estima de la h^2 será menor.
- ***Método de estimación.*** Cada procedimiento se basa en unos supuestos que si se cumplen pueden sesgar el valor estimado de heredabilidad. Cada método incluye un mayor o menor porcentaje de varianza genética no aditiva (dominancia, epistasia, etc.), haciendo que la estima oscile entre su sentido más amplio y sentido más estricto.
- ***Constitución genética de la población.*** La heredabilidad dependerá de las frecuencias alélicas de la población, y estas a su vez se ven afectadas por causas como son sistemas de cruzamiento (heterosis o consanguinidad), migración (introducción de genes) y de la posible selección a la que se haya sometido a la población (cuando menor haya sido la intensidad de selección, menor será la uniformidad genética y mayor la heredabilidad). *Gomez-Raya y Burnside* (1989), hacen un estudio sobre el efecto de repetir los ciclos de selección en la varianza genética, la heredabilidad y la respuesta al límite. El resultado del mismo, coincide con *Bulmer* (1971), afirmando que la varianza genética para caracteres cuantitativos decrece bajo la selección direccional. Después de unos pocos ciclos de selección, se produce un límite donde no hay reducción en la heredabilidad y por tanto en la respuesta a la selección.
- ***Diseño estadístico.*** Una vez elegido el método más adecuado a nuestros propósitos, dependiendo del diseño, la estima de la heredabilidad variará según la adecuación del modelo aplicado, al muestreo estadístico, tamaño muestral, etc.

La heredabilidad de los caracteres equinos (funcionales, morfológicos, zoométricos y reproductivos) están pocos estudiados en comparación con otras especies, al ser pocos los países que están aplicando en sus poblaciones equinas un programa de mejora supervisado por técnicos genetistas. Entre estos países se encuentra España, donde aún hoy no se lleva a cabo ningún plan general de Selección y Mejora genética equina.

Heredabilidad de los Caracteres Funcionales:

Son muy numerosos los estudios de heredabilidad para caracteres ligados a la aptitud funcional del caballo en sus diversas facetas de ve*loci*dad, trote y resistencia. Así son numerosas las citas bibliográficas donde se puede encontrar estimas de este parámetro para PSI y trotadores utilizando como variables el mejor tiempo, el tiempo medio, la medida de las ganancias, el ranking, el handicap, el nº de salidas, los porcentajes de primeros puestos, etc.

Así mismo, existen numerosos estudios que demuestran que los factores ambientales son muy importantes en los caracteres de rendimiento en el caballo, siendo sólo un 35% de la variación total que se observa en los rendimientos en pista controlada por factores genéticos.

La aptitud para la carrera (carácter cualitativo) es un carácter que se ha estimado computando las ganancias obtenidas anualmente por un caballo, consiguiendo de este modo transformar este carácter a cuantitativo. A su vez cada caballo se promedia con todos los caballos con registros de su misma raza. Según *Jeffcott et al. (*1982), los estudios de relación entre los ganadores de premios y los índices de ganancias de sus madres, indican que el carácter es altamente heredable.

En un estudio sobre el rendimiento de carrera del Pura Sangre en Corea (*Lee et al.,* 1995), se determinaron valores de heredabilidad bastantes elevados, oscilando entre 0,39 cuando se usaba como carácter la media de las ganancias totales, de 0,41 cuando se utilizaba el mejor tiempo y de 0,53 para el tiempo medio.

En otros estudios se determinaba la heredabilidad usando *un sistema de tasación* llamado "cifras de actuación", basado en la múltiple comparación de caballos entre sí, dieron una heredabilidad media de 0,55 para el rendimiento en carrera del Pura Sangre (*Van Bergen and Van Arendonk,* 1993).

Hasta hace unos años los parámetros genéticos para caracteres como el tiempo en carrera del PSI, habían sido estimado por métodos basados en medio-hermanos-paternos y/o en el método de la regresión padre-descendencia, (*Belloy,* 1993). Posteriormente se ha demostrado que el método de la Máxima Probabilidad restringida (REML), es el más adecuado para estimar los componentes de la varianza (*Oki et al*., 1995).

Los valores obtenidos por estos autores oscilaron entre 0,08 y 0,22 dependiendo de la distancia corrida y el tipo de suelo. Los valores de repetibilidad estaban entre 0,43-0,70 para hierba y 0,51-0,67 para tierra.

Chico (1994) realizó un análisis sobre el rendimiento en carrera del PSI en España se baso en el método Henderson III para determinar la heredabilidad y la repetibilidad de *la velocidad, las ganancias y el puesto de llegada en carrera*. El modelo incluía como efectos fijos el jokey, el sexo, el peso, la edad, la distancia, la pista y el año de carrera. La heredabilidad y la repetibilidad estimadas para la ve*loci*dad expresando valores cercanos a cero, y entre 0,07-0,17 y 0,19-0,26 para las ganancias y el puesto de llegada.

En los estudios para determinar la heredabilidad de los rendimientos de los trotadores, *Langlois* (1982) determinó unos valores medios de 0,20 a 0,30, encontrando pocas diferencias entre las variables derivadas de los beneficios y los tiempos cronometrados. *Ojala* (1987) calculó la heredabilidad de 13 caracteres de rendimiento en carrera en los Trotadores Finnish y Standarbred trotter. Estas estimas dependían del grupo de edad de los animales considerados (3,4 y 5 años) y del carácter medido (nº de salida en un año, porcentaje primeros puestos, raíz cuadrada de las ganancias, mejor tiempo en una vuelta, etc..), siendo en general las heredabilidades de bajas a moderadas (0,06-0,29). Semejantes resultados fueron obtenidos por Klemetsdal (1994) en el Trotador Noruego

(0,14-0,23).

En el caso del caballo "Cuarto de Milla", *Willhan y Wilson* (1991) llevaron a cabo un estudio para estimar los valores genéticos del rendimiento en carrera, obteniendo unas estimas de heredabilidad y la repetibilidad de 0,24 y 0,32 respectivamente utilizando un modelo animal con registros repetidos.

Heredabilidad del sentido vaquero:

El sentido vaquero, (se entiende la aptitud del caballo para servir en manejo del ganado), es un carácter que apenas ha sufrido ninguna investigación para determinar su heredabilidad (*Lasley*, 1987), si bien se considera que al ser un carácter muy complejo que está muy relacionado con caracteres del comportamiento, su valor debe ser relativamente bajo.

Heredabilidad de la conformación, movimiento y carácter:

La conformación es un carácter de gran importancia, tanto por si misma al determinar en gran medida el valor económico de un animal, como por ser la base de cualquier actividad funcional. Por lo tanto suele estar presente en cualquier plan de mejora del caballo. Por ejemplo en Holanda se viene utilizando un modelo BLUP-Padre para la conformación, aplomos y movimiento. De ahí deriva la importancia de la estima de los parámetros genéticos en este tipo de caracteres.

Por otro lado, determinadas razas equinas, como el PRE no tienen una utilidad bien definida, son empleados como animales de paseo, exhibición, rejoneo, para labores de campo e incluso en eventos deportivos como raid y concursos hípicos. Estas razas se busca una serie de características en la conformación y cualidades funcionales y de comportamiento como la valentía, la nobleza, la inteligencia, la capacidad de aprendizaje o la facilidad de manejo (*Valera*, 1997). Este hecho hace que los caracteres relacionados con la conformación tomen mayor repercusión económica que en otras razas (*Bruns et al*., 1978), y sea importante su inclusión del esquema de selección (*Schwark et al.,* 1998 y *Preisinger et al*., 1991).

Van Bergen y Van Arendonk (1993), determinaron la heredabilidad de 28 caracteres, muchos de los cuales eran de conformación en la población holandesa de Poneys de Shetland, obteniendo unos valores oscilantes entre 0,07 y 0,39. Estos mismos autores estimaron en la misma población heredabilidad para caracteres en movimiento, que sorprendentemente daban valores más elevados que las de los aplomos. Posteriormente *Koenen et al. (*1995), estudiaron los parámetros genéticos para 24 caracteres de conformación estimados linealmente y su relación con los rendimientos en

competición del caballo de Sangre Caliente holandés.

Así pues las palabras de *Wortley* (1908) *"...Es por medio de un estudio de la conformación cómo asignamos a un caballo el lugar y la finalidad particular a la que mejor se adapta como máquina viva, y cómo determinamos su capacidad de trabajo".* son tan verdaderas hoy como lo eran antes

Heredabilidad de los Caracteres Reproductivos:

La heredabilidad de la fertilidad en los caballos es baja, del orden del 5 %, por lo que intentar una selección para mejorar la fertilidad en yeguas seria poco efectiva, estando más indicado mejorar las condiciones ambientales (nutrición, manejo, profilaxis de enfermedades, etc.).

En el caso del PSI esta heredabilidad se estimo en sólo un 7,7%, achacándose generalmente la baja tasa reproductiva del Pura Sangre a la estacionalidad de la reproducción.

Heredabilidad de otros caracteres: Defectos y problemas articulares.

Existen diversos trabajos que estudian la heredabilidad de caracteres ligados a defectos o a la mayor o menor predisposición a problemas articulares. Así, *Grondalh y Dolvik* (1993), determinaron la heredabilidad para la osteocondrosis de la articulación tibiotarsiana y para los fragmentos de hueso en la porción plantar y palmar de las articulaciones metacarpiana y metatarsofalangiana. Las heredabilidades para estos problemas articulares, siguiendo un modelo no lineal, fueron de 0,52 y 0,21 respectivamente. Posteriormente *Dolvik y Klemetsdal* (1924) determinaron la heredabilidad de la artritis en el carpo del Trotador Noruego estimándola entre 0,25 a 0,67. Por último, *Koenen et al. (*1995), estimaron la heredabilidad de diversos defectos del caballo de Sangre Caliente Holandés.

MATERIAL Y MÉTODOS

material y métodos

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL ANIMAL

Para la realización del presente trabajo se han informatizado los datos zoométricos y genealógicos de las fichas correspondientes 185 animales incluidos en el Libro Genealógicos de la Raza.

El mayor efectivo (más del 90%) de la población actual de caballos de la raza Losina se encuentra distribuido principalmente en dos núcleos situados al norte de la provincia de Burgos, encontrándose algunos individuos en otras zonas tanto de la provincia y como del resto de España. Es importante conocer cómo transcurre la vida del Caballo Losino en el medio natural, ya que la mayoría de la población con la que contamos hoy se encuentra en estado silvestre y esto dificulta la toma de datos para los análisis tanto zoométricos como genéticos..

Los 2 núcleos principales de la raza Losina son (tabla 3)**:**

1. Núcleo de Pancorbo: Este núcleo esta constituido en la actualidad por un censo equino que oscila alrededor de los 124 ejemplares (67% de la población de caballos Losinos). Está encuadrado en la zona de las montañas de Pancorbo. La altura media de las zonas en los valles oscila entre 600 y 800 metros sobre el nivel del mar, para elevarse hasta los 1.450 metros en el pico Unión de la Sierra de Pancorbo. El clima es continental, lluviosos, destacando inviernos muy fríos y veranos templados. Las precipitaciones suelen ser de nieve en invierno, permaneciendo las zonas altas de montaña cubiertas por la nieve durante varias semanas. Debido a su situación geográfica los caballos tienen poco contacto con el mundo rural, al encontrase principalmente en zonas de alta montaña (imagen 1).

2. Núcleo de Quincoces de Yuso: El censo equino de este núcleo es de aproximadamente 61 ejemplares encuadrados en la zona del valle. La mayoría de los caballos de este núcleo están en contacto continuo con los ganaderos del valle. La altura media del terreno en los valles oscila entre 450 y 550 metros sobre el nivel del mar, para elevarse hasta los 1.207 metros en los picos de la Sierra de Bóveda. El clima es norteño y lluvioso, influido por las brumas del Cantábrico, manteniendo en perenne verdor las laderas de sus montañas y las praderas de los valles (imagen 2).

Tabla 3. Censo total de caballos Losino en los 2 núcleos (año 2000).

Núcleo	Pancorbo	Quincoces
Caballos adultos	75	40
Potros	49	21
Total	**124**	**61**

Imagen 1. Núcleo de Pancorbo

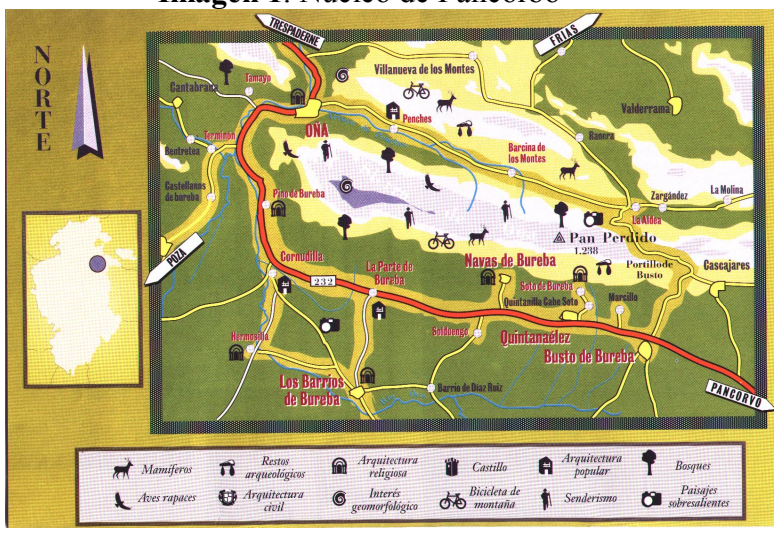
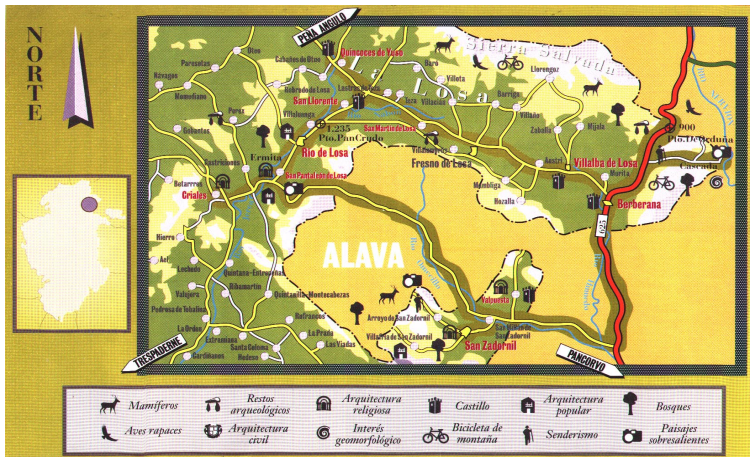


Imagen 2. Núcleo de Quincoces



MATERIAL ANIMAL EN EL ESTUDIO DE LAS VARIABLES ZOOMÉTRICAS

Han sido 75 el número de individuos medidos. Estos 75 individuos (32 machos y 45 hembras) corresponden principalmente a los 2 núcleos distintos de caballos Losinos localizados en la provincia de Burgos (tabla 4).

El número de animales medidos ha sido casi del 70% del total de la población adulta (110 animales) y que contaban con la suficiente doma para realizar la toma de las medidas zoométricas de manera correcta. El resto de esta población se encuentra en estado silvestre en la montaña o son muy jóvenes o bien se encuentran en el Centro de Cría estando en su mayor parte en estado cerril.

Tabla 4. Distribución del caballo Losino en función del núcleo, edad y sexo.

Intervalo de edades	Núcleo de Pancorbo		Núcleo de Quincoces	
	Machos	**Hembras**	**Machos**	**Hembras**
4 a 8 años	8	18	7	15
9 a 13 años	4	7	4	6
14 a 18 años	1	2	1	2
TOTAL	**13**	**27**	**12**	**23**

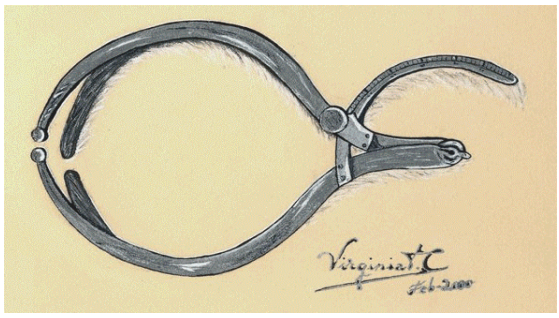
Debido al reducido efectivo animal y al difícil acceso que tenemos a estos animales, consideramos la edad de 4 años de edad como el límite mínimo para seleccionar los individuos a medir zoometricamente, según lo propuesto por otros autores que han realizado estudios de diferentes razas (*Magnusson*, 1985; *Magnusson and Thafvelin*, 1985; *Martelo*, 1992) y considerando que el esqueleto de un caballo puede crecer hasta los 5 años (*Castillo-Gigante*, 1976; *Monteiro*, 1983).

Para calcular la heredabilidad, se han informatizado por un lado los datos de las variables zoométricas de los 75 animales medidos y por otro sus genealogías completando el pedigrí hasta la última generación conocida dando una cifra total de 314 animales.

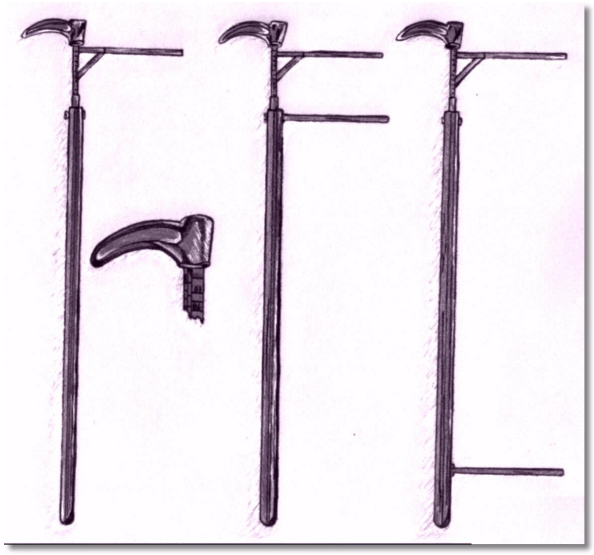
MATERIAL INSTRUMENTAL DE MEDIDA.

En el presente trabajo, la toma de datos referida a las variables cuantitativas se ha llevado a cabo con los siguientes instrumentos:

- ***Bastón zoométrico*:** Para la determinación de alturas, anchuras y longitud. Este bastón esta provisto en su interior de una varilla fija plegable que inicia las escalas, y otra móvil y por tanto desplazable, incluida dentro del primer cuerpo de tubo y cuya muesca de salida se encuentra en los 130 cm. En exterior, posee dos orificios rectangulares para la colocación de la varilla desplazable: uno superior y otro inferior.



- ***Compás de Broca*:** De 70 cm. de aforo y de 1 mm de precisión. Se emplea, lo mismo que el anterior bastón, en las medidas de anchura y longitudes regionales (cabeza, tronco, grupa, etc..). Lo integran dos ramas incurvadas, terminadas en forma de botón y articuladas por un tornillo que permite su fácil uso; una de las ramas lleva articulado un arco fijo graduado en centímetros de 1 a 60, que se desliza por una abertura adosada al otro arco, y que marca con un indicador la extensión en centímetros.



- ***Cinta métrica*:** Para la determinación de medidas de contorno (perímetros). Esta dividida según el sistema métrico decimal, por una de sus caras, y por la otra, una escala correspondiente al peso del animal.

Las mediciones de los animales se han realizado colocándoles sobre una superficie plana, asfaltada y perfectamente aplomados.

MATERIAL ANIMAL PARA EL ESTUDIO GENÉTICO DEL PEDIGRÍ

Para completar la genealogía, estudiar la consanguinidad (F), el Número Efectivo de la población (Ne) y en Índice de Conservación Genético (G.C.I) se ha creado una base de datos con la información suministrada por el Libro Genealógico de la Raza Losina. En esta base incluía los registros genealógicos de los 314 animales inscritos hasta el año 1999.

Como contamos con una población pequeña que se reproduce lentamente en el proceso de recuperación de la raza, vamos a determinar con la construcción del pedigrí los cruces deseados para cada hembra calculando el GCI de las potenciales crías si se cruzasen con cada semental, de esta manera comprobamos si podemos mantener el rango completo de alelos de la población fundadora.

Posteriormente se ha realizado una primera selección de los animales fundadores (machos y hembras), considerando como tales a aquellos ancestros de los cuales se desconocen sus antecesores. Por lo general serán animales nacidos con anterioridad del año 1986 que es cuando comienza el programa de recuperación de la raza (*Martínez,* 1999).

La selección de esta población "base" integrada por animales fundadores, tiene como finalidades conocer el número de sementales fundadores (por ser los que conservan en mayor medida el patrimonio genético al poseer la capacidad de producir un mayor número de descendientes) que en la actualidad continúan manteniendo algún nivel de influencia en la población del último intervalo generacional analizado. Otra finalidad es la evolución del número efectivo del grupo de ancestros fundadores en el pedigrí de los caballos que forman cada intervalo generacional (*Valera*, 1997).

MATERIAL ANIMAL PARA EL ESTUDIO DE MARCADORES GENÉTICOS

Para el análisis del Polimorfismo Bioquímico y del ADN se han analizado 87 muestras de caballos Losinos pertenecientes a los dos principales núcleos poblacionales de la raza, situado en la provincia de Burgos, con el fin de que la muestra fuera representativa de la raza, cuya composición se describe en la tabla 5.

Tabla 5. Estructura de la muestra de Caballos Losinos utilizados para el análisis de marcadores sanguíneos.

Núcleo	Nº de muestras	% sobre la población total (1)	hembras	machos
Pancorbo	56 (64%)	47%	53.57%	46.42%
Quincoces	31 (36%)	42%	67.74%	32.25%

(1) Porcentaje calculado sobre el total de caballo Losinos censados y vivos en el momento de la recogida de la muestra (N= 185)

Los animales a los que se les ha extraído sangre se encuentran inscritos en el Libro Genealógico de la Raza Losina en noviembre de 1998. El número de caballos estudiados representa 45,5 % de la población actual.

Los animales a los que se han realizado la extracción de sangre pertenecen a los núcleos de Pancorbo y Quincoces de Yuso.

Al ser animales que viven en estado silvestre en el monte, su recogida es muy laboriosa. Normalmente 2 ó 3 jinetes rodean la manada de caballos y la intentan conducir por el valle. La conducción de la manada se hace lenta y se necesita mucha destreza por parte de los jinetes, ya que como consecuencia del menor despiste, la manada intentará escaparse por cualquier sendero que no este protegido. Por este motivo el resto de personas que colabora en la recogida, se sitúan en puntos estratégicos como entradas de caminos, senderos, collados, zonas cerradas del bosque, para evitar que el grupo de caballos que va siendo guiados por los jinetes huya por estos lugares no controlados. Al final llegan a un cercado construido con troncos de madera donde serán cerrados con una empalizada de madera y acabarán capturados sin poder salir.

A continuación dos personas entran dentro del cercado de madera donde esta la manada y se les hacen pasar por una manga de conducción, quedando atrapados individualmente en un potro de sujeción. Una vez inmovilizado el animal, es sujetado por 3 personas, para la extracción de dos muestras se sangre para el posterior análisis.

Para la determinación de los alelos presentes en cada uno de los 20 marcadores genéticos que se han utilizado para delimitar el perfil genético de los individuos (Tabla 6-7), se recogieron dos muestras de sangre por animal. La extracción se realizó mediante punción de la vena yugular, en tubos de 10 ml, uno de ellos al vacío para la obtención de suero y otro con anticoagulante, tras su refrigeración a 4º C, evitando el cambio brusco de temperatura, fueron enviados por mensajería urgente al Laboratorio de Grupos Sanguíneos de Cría Caballar de Córdoba, donde fue realizado el análisis correspondiente a cada sistema.

Tabla 6. Sistemas de Polimorfismo Bioquímico analizados en las muestras estudiadas. Nomenclatura oficial reconocida por la ISAG.

Sistema	Símbolo del locus	Alelos Reconocidos
Glicoproteína A1B	A1B	F K S
Albúmina	ALB	A B I
Carbosilesterasa	ES	F G H I
Proteína unida a la Vitamina D	Gc	F S
Glucosa fosfato isomerasa	PHI	F I
Hemoglobina-α	Hba	A AII BI BII
6-fosfogluconato deshidrogenasa	PGD	F S
Fosfoglucomutasa	PGM	F S
Inhibidor de la Proteasa	Pi	G I L N P R S T V W Z
Transferrina	Tf	D F_2 H J O R

Tabla 7. Sistemas de microsatélites analizados en las muestras estudiadas. Nomenclatura oficial reconocida por la ISAG**.**

Microsatélite	Nº de alelos	Alelos Reconocidos
HMS2	10	J,K,M,N,O,R,T
HMS3	9	I,M,N,O,P,Q,R
HMS6	5	K,L,M,N,O,P,Q
HMS7	6	K,L,M,N,O,P
VHL20	9	I,K,L,M,N,O,P,Q,R
ASB2	7	I,K,L,N,O,P,Q,R
HTG4	6	K,L,M,N,O,P,Q
HTG6	4	G,I,O,P,R
HTG7	4	K,M,N,O
AHT4	9	I,K,O,N,J,P

RAZAS UTILIZADAS EN LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS MARCADORES GENÉTICOS

Asturcón (**AST):** Es un poney que se encuentra localizado en la Comunidad de Asturias (Norte de España). Es un caballo elipométrico, bien proporcionado y resistente. La alzada media a la cruz es de 125 cm. y su capa es completamente negra. Es un poney de origen Celta y fue introducido en España con la llegada de los pueblos célticos que venían de las rutas del Norte sobre los años 1600 – 1500 a. d. C.

Caballo Pura Raza Española (**PRE**)**:** El lugar de origen es España, su distribución es mundial, especialmente en Europa y América del Sur. Su principal aptitud es la silla, siendo también un buen saltador. Su temperamento es dócil, equilibrado y enérgico. Su alzada a la cruz varía de 155 a 160 cm y su peso oscila entre los 600 a 700 kg. Las capas que suelen encontrarse son torda, castaña, baya, ruana y la negra. Su origen es muy discutido, hay quienes sostienen que procede del Berberisco y del árabe que llegaron a España con la invasión árabe, a través de su cruzamiento con caballos indígenas y en especial con poneys nativos. Otros autores como *Andrade* (1954) mantiene que el caballo del sur de la Península derivó de un caballo tan primitivo como el Przewalski o el Tarpán. Es un caballo que ha influido considerablemente en la formación de las razas americanas.

Caballo Bretón (**BRT**): El lugar de origen es la comarca francesa de Bretaña, su principal distribución es en Europa. Su aptitud es más destacada es como caballo de tiro pesado especialmente para trabajos agrícolas, siendo su temperamento enérgico y activo.

Su alzada se encuentra entre los 155 a 165 cm y con un peso comprendido entre los 700 a 900 kg. Sus orígenes, según algunos autores, se pueden remontar a una antigüedad de más de 4000 años, es decir en la época en que los arios emigraron de Asia hacia Europa y lo trajeron consigo. En cambio, según otros autores, el punto de arranque de esta raza debe situarse en los pequeños caballos que los guerreros celtas utilizaron para fortificarse en el macizo Armoricano antes de emprender la conquista de Gran Bretaña.

Hacknei Poney (**HP**): Gran Bretaña es su lugar de origen. Es un animal muy apto como caballo de tiro ligero y silla. Presenta la cualidad de ser un caballo veloz y buen saltador. Es un poney con una alzada de 124 a 144 cm y con un peso de aproximado de 350-400 Kg. Su origen se remonta a comienzos del siglo XIX y puede considerarse como definitivamente fijada la raza en 1880. A su formación han contribuido, además del Hackney, el Fell y el Poney Galés que han determinado su tamaño. El origen de la creación de esta raza fue la intención de obtener un poney adaptado para los trabajos de tiro ligero.

Caballo Percherón (**PER**): Su lugar de origen es Francia y su dispersión geográfica se extiende por Gran Bretaña, Estados Unidos, América del Sur, Australia y Japón. Las principales aptitudes son el tiro pesado y los trabajos agrícolas. Su temperamento es dócil, tranquilo aunque muy enérgico. Hay dos variedades: uno pequeño con una alzada de 150 a 165 cm y un peso de 600 a 800 Kg y la variedad grande de 165 a 180 cm y con un peso de 1000 Kg. La raza procede del distrito de Perche y desciende de un antiguo caballo autóctono que según Masón (1969) deriva del Equus Caballus Sequanus. Presenta algo de influencia de caballos orientales a partir del siglo VII a merced de caballos capturados a los sarracenos después de la batalla de Poitiers.

Pura Sangre Inglés (**PSI**): Su origen radica en Gran Bretaña, siendo su área de distribución todo el mundo. Sus principales aptitudes son la carrera a galope y la silla. Sus cualidades especiales son la ve*loci*dad y el fondo, siendo su temperamento nervioso y enérgico. Es un animal de líneas elegantes y formas armoniosas. Su alzada a la cruz varía entre 150 a 173 cm y su peso entre 350 a 450 kg. Los orígenes de la raza se remonta al s. XVIII del cruce de caballos de origen árabe y berberisco con caballos nativos de Gran Bretaña.

Shetland Poney (**SH**): Original de las islas de Gran Bretaña (Escocia, islas Orkney y Shetland), su distribución geográfica es mundial, su aptitud es como animal de silla y de tiro ligero. Es fuerte y resistente. Se trata de un pequeño poney de una alzada comprendida entre los 90 y 110 cm y con un peso que oscila entre 180 y 200 Kg. Sus historiadores remontan el origen de esta raza a la Edad del Bronce; en cambio otros autores opinan que desciende de caballos transportados por la Armada Invencible.

Caballo Criollo Uruguayo: (**CCU**)**:** Su principal aptitud es como caballo de silla. Es un animal resistente, veloz y dotado de fondo. Es de alzada variable (145 a 155 cm) y con un peso comprendido entre los 550 a 600 Kg. El origen de esta raza se remonta al caballo Andaluz introducido durante la época de la Conquista de América. Según *Kelly* (1999), la primera etapa de la creación de esta raza se caracterizó por la acción de la selección natural sobre el caballo Español, lo que le permitió adaptarse al medio.

Cuarto de Milla (**CM**): Esta raza se originó en el Este de los Estados Unidos durante los años 1700 y 1800. Los ancestros fueron los caballos comprados por colonos españoles y británicos. El Libro Genealógico de la raza fue abierto por primera vez en el año 1941 y actualmente sigue abierto a otros caballos de buen tipo y animales cruzados con PSI.

Paso Fino (**PF**)**:** Es una raza formada hace 500 años y desciende de los caballos Berberiscos y Andaluces. Se caracteriza por presentar un galope lateral característico de los equinos anteriores al año 1700.

Paso Peruano (**PP**)**:** El lugar de origen es Perú y su aptitud principal es como caballo de silla, siendo un animal resistente y laborioso. La alzada a la cruz esta comprendida entre 142 y 154 cm, su peso va de 450 a 550 Kg. El origen se remonta al año 1531, al ser introducido por los conquistadores Pizarro y Almagro proveniente de las Antillas. Es una raza formada hace 500 años y desciende de los caballos Berberiscos y Andaluces.

Caballo Chilote (**CHI**)**:** Son caballos pequeños, con una alzada alrededor de 120 cm. y con un peso aproximado de 250 Kg. Se encuentran en la Isla Grande y Archipiélago de Chiloe en el sur de Chile. En relación con este animal hay poca información. Es probable que su origen proceda de razas de la Península Ibérica que fueran introducidos por los españoles alrededor del 1817 (*Cothran,*1993). Se piensan que estos animales se usaron para trabajos de campo y posteriormente se conservaron como animal de compañía.

Caballo Árabe (**AR**): El lugar de origen es Arabia Saudí. Sus aptitudes son ideales para la silla y el tiro ligero rápido. Sus cualidades especiales son la ve*loci*dad y el fondo. Su temperamento es sobrio y muy nervioso. Es un caballo de tipo mesomorfo cuya alzada a la cruz oscila entre 145 y 155 cm. Su peso varía entre 380 y 450 Kg. Es una de las razas más antiguas. Su origen se remonta a 3.000 años a. d. C., como lo demuestran los descubrimientos arqueológicos realizados en el desierto de Arabia. El árabe representa la máxima expresión caballar de la belleza que se concreta a través de la armonía y elegancia de las formas. Este caballo se ha utilizado en el pasado para crear o mejorar otras razas en cualquier punto de la Tierra, y especialmente al Pura Sangre Inglés.

Caballo Berberisco (BER): Su origen es del Norte de África (Egipto, Argelia, Marruecos, Túnez y Libia). Su aptitud principal es la silla, siendo sus cualidades especiales la ve*loci*dad y la resistencia. Su temperamento es dócil y valeroso. Es un caballo de tipo mesomorfo, cuya altura a nivel de cruz oscila entre 145 a 155 cm. El color de la capa puede variar entre bayo, bayo oscuro, morcillo, alazán y gris.

Los orígenes del caballo Berberisco se confunden con los de los pueblos del norte de África (Beréberes) que siempre lo criaron con esmero. Según las hipótesis más probables su introducción en Europa tuvo lugar en el siglo VIII con motivo de la invasión de los árabes. A partir del Berberisco se ha originado en España el caballo el de Pura Raza Española (PRE), y también fue el que contribuyó 1000 años más tarde a la aparición del Pura Sangre Ingles.

En la tabla 8 se ha esquematizado las distintas razas utilizadas para establecer las relaciones filogenéticas con la raza Losina, así como las referencias bibliográficas.

Tabla 8. Razas equinas utilizadas para realizar las relaciones filogenéticas con el caballo Losino, marcadores genéticos utilizados, número de animales y referencias bibliográficas.

Razas Españolas	***MG***	***Nº Animales***	***Referencias bibliográficas***
Asturcón (AST)	PB y MS	34 y 50	*Vega-Pla et al., 1998*
Pura Raza Española (PRE)	PB y MS	100 y 100	*Valera,* 1997; *Vega-Pla; Rodríguez,* 1998
Raza europeas			
Bretón (BRT)	PB	77	*Nozawa et al.,* 1972 y 1995
Hackney poney (HP)	PB	13	*Nozawa et al.*, 1972 y 1995
Percherón (PER)	PB	71	*Nozawa et al.*, 1972 y 1995
Pura Sangre Ingles (PSI)	PB	100	*Bowling y Clark, 1985; Williams, 1991*
Shetland poney (SH)	PB	32	*Nozawa et al.,* 1972 y 1995
Welsh poney (WL)	PB	22	*Nozawa et al.,* 1972 y 1995
Raza Américanas			
Criollo Uruguayo (CU)	PB y MS	182	*Kelly*, 1999
Paso Fino (PF)	PB	108	*Bowling y Clark, 1985; Williams, 1991*
Paso Peruano (PP)	PB	100	*Bowling y Clark, 1985; Williams, 1991*
Pony Chilote (CHI)	PB	58	*Cothran et al.,* 1993
Otras razas			
Árabe (AR)	PB	100	*Bowling y Clark, 1985; Williams, 1991*
Berberisco (BE)	PB	168	*Ouragh et al*., 1994

MG: *Marcador genético analizado.* ***PB****: Polimorfismo Bioquímico.* ***MS****: Microsatélites.*

METODOLOGÍA

MEDIDAS ZOOMÉTRICAS

Las medidas zoométricas realizadas han sido las siguientes:

- **Alzada a la cruz**.- Determina la altura del animal. Se toma con el bastón zoométrico. Los puntos de referencia son la parte más alta de la cruz y el suelo, tras el talón de miembro correspondiente.
- **Alzada al dorso**.- Es la distancia que existe desde la zona media de la región del dorso hasta el suelo. Se trata, de una perpendicular imaginaria que sería tangente al perímetro máximo del vientre. Se toma con bastón zoométrico.
- **Alzada a la grupa**.- Es la distancia comprendida entre el suelo hasta el punto de unión de la región de los lomos con la grupa. Se toma con bastón zoométrico.
- **Alzada al nacimiento de la cola**.- Distancia que existe desde el suelo al maslo o base de la cola. Se toma con bastón zoométrico.
- **Diámetro longitudinal**.- Distancia que va desde la punta del encuentro y la punta de la nalga. Se toma con bastón.
- **Diámetro dorso-esternal**.- Distancia que existe entre el punto de mayor declive de la cruz y el esternón, en el plano que se sitúa detrás del codo. Se toma con bastón zoométrico.
- **Diámetro bicostal**- Es la distancia comprendida entre ambos planos costales, tomando como referencia el plano vertical situado detrás del codo. Se toma con bastón zoométrico.
- **Longitud de la grupa.**- Es la distancia que existe entre la punta del anca (tuberosidad ilíaca externa) y la punta de la nalga. Se mide con bastón zoométrico.
- **Anchura de la grupa**.- Es la distancia interilíaca. Se mide con bastón zoométrico.
- **Perímetro torácico**.- Es la medida del contorno del tórax. Se mide con cinta métrica rodeando totalmente el tórax, desde la parte más declive de la cruz, planos costales, región de la cinchera, hasta llegar, nuevamente, al punto de origen.
- **Perímetro de la rodilla**.- Es la longitud del circulo recto que se forma alrededor del carpo, por su parte más ancha. Se mide con cinta métrica.
- **Perímetro de la caña**.- Es la longitud del circulo recto que se forma en el tercio superior de la caña (inmediatamente por debajo del carpo). Se mide con cinta métrica.
- **Perímetro de la cuartilla**.- Es la longitud del circulo que forma la cuartilla en su parte más ancha. Se mide con cinta métrica.
- **Perímetro del casco**.- Es la longitud del círculo que forma el casco en la parte superior de la tapa. Se mide con cinta métrica.

- **Índice corporal** (**IC**)**:** Es la relación que existente entre el diámetro longitudinal (DL) y el perímetro recto del pecho (C)**: IC = DL X 100 / C**
- **Índice torácico:** Es la relación que existente entre la anchura y la altura de la caja torácica: ***IT = diámetro bicostal x 100 / diámetro dorsoesternal***

MEDIDAS DE LA CABEZA

Para obtener las 6 medidas de interés zootécnico se recurre al protocolo de trabajo propuesto por *Von Den Driesch* (1976).

Las medidas tomadas con el Compás de Broca han ido las siguientes:

- **Longitud del Cráneo**: Longitud del neurocráneo, desde la parte más caudal de la cresta de la nuca, hasta el punto más craneal de la sutura frontonasal.
- **Longitud Cefalica:** Longitud total de la cabeza, desde la parte más caudal de la cresta de la nuca hasta el cuerpo del incisivo.
- **Longitud Facial:** Longitud del Viscerocráneo, desde el punto más craneal de la sutura frontonasal hasta el punto más craneal del incisivo,
- **Anchura de la cabeza:** Anchura máxima de la cabeza, entre las dos partes más salientes de la apófisis cigomáticas del hueso frontal.
- **Anchura Facial:** Anchura máxima entra las dos crestas maxilares

La clasificación racial más completa, y que en la actualidad sigue manteniendo su vigencia, se los debemos a *Baron* (1888), el cual agrupa a los animales según una amplia gama de características que van desde lo puramente morfológico hasta el psicológico. Su estudio sobres las variaciones morfológicas constituye lo que él llama *trígamo signaleptico*, que se refería a las distintas modalidades de perfil, peso y proporciones.

Respecto al *perfil*, propone tres tipos básicos con las subdivisiones que expresamos a continuación:

- Cóncavilineos: ultracóncavos, cóncavos y subcóncavos.
- Rectilíneos: rectos.
- Convexilineos: subconvexo, convexo y ultraconvexo.

En lo referente a las variaciones de *peso*, la clasificación baroniana se basa en la combinación optima entre la superficie y la masa. La subdivisión de los tres tipos de pesos es la siguiente:

- Elipométricos: ultraelipométrico, elipométrico y subelipométrico.
- Eumétricos: eumétricos.
- Hipermétricos: ultrahipermétricos, hipermétricos y subhipermétricos.

Por último, las proporciones, basadas en la relación existente entre las medidas de *longitud* y las *anchuras*, siendo la subdivisión de los tres tipos de proporciones la siguiente:

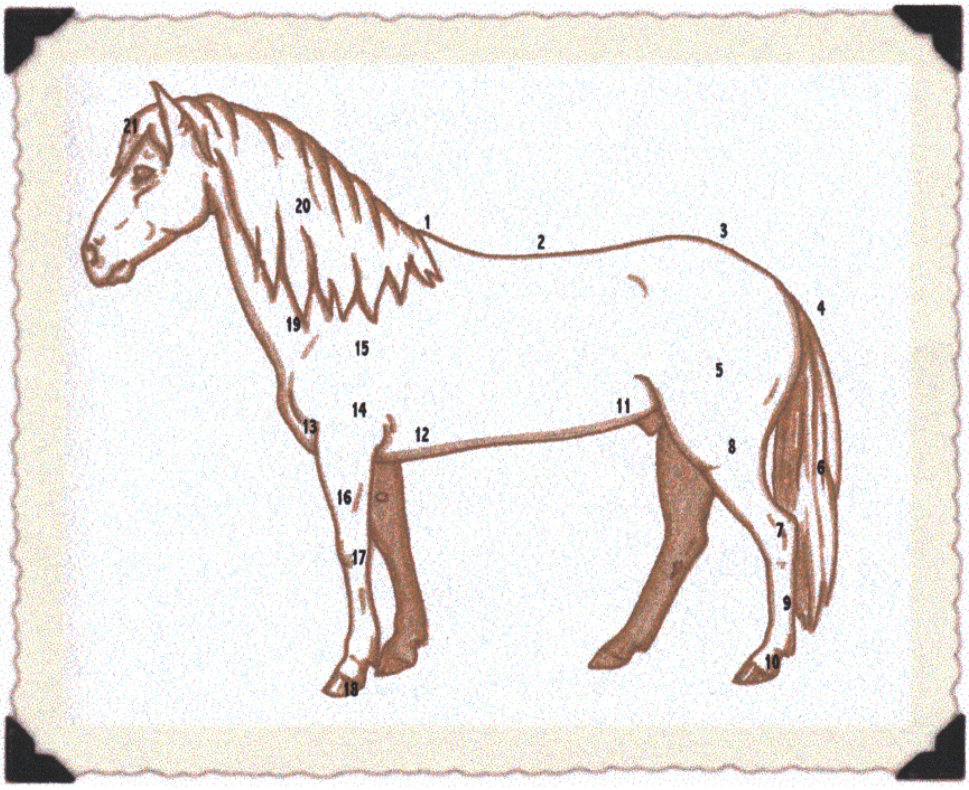
- Brevilíneos: ultrabrevilíneos, brevilíneos y subbrevilíneos.
- Mesolíneo: mesolíneo.
- Longilíneo: sublongilíneo, longilíneo y ultralongilíneo.

El programa estadístico *Statistica for Window v. 5.0* ha servido para realizar los cálculos estadísticos de las diferentes medidas zoométricas (medias, máximos, mínimos, desviaciones, típicas, errores, etc.), así como las distintas representaciones gráficas. Así mismo nos ha permitido realizar la matriz de correlaciones fenotipicas entre las distintas medidas zoométricas. Por último se ha realizado un análisis entre los dos núcleo, determinando la distancia de Mahalenovis.

El valor de la heredabilidad y de las correlaciones genéticas para las estimas se han calculado con metodología REML, utilizando el BLUP modelo "animal" mediante el programa MTDFREML v.2.0 (*Boldman et al.,* 1995) y el programa VCE4 v.1.1 (*Groeneveld***,** 1998). Esta metodología estadistico-genética presenta grandes ventajas sobre otras utilizadas en el pasado, ya que permite utilizar toda la información disponible al incluir la matriz de parentesco, así como corregir o tener en cuenta la consanguinidad, los apareamientos dirigidos y la selección realizada. Todo esto ha hecho que actualmente sea el método de referencia en cualquier cálculo de parámetros genéticos en todo el mundo. Para ello se han informatizado 17 variables zoométricas tomadas de cada animal de un total de 75 animales, todos ellos adultos.

REGIONES CORPORALES

1. Oreja
2. Nuca
3. Frente
4. Cresta facial
5. Boca y belfos
6. Ollares
7. Carrillada
8. Cara



1. Cruz
2. Dorso
3. Grupa
4. Nacimiento de la cola
5. Muslo
6. Cola
7. Corvejón
8. Pierna
9. Caña
10. Cuartilla

11. Vientre
12. Esternón
13. Pecho
14. Brazo
15. Espalda
16. Antebrazo
17. Rodilla
18. Casco
19. Cuello
20. Crines
21. Tupe

ESTUDIO GENÉTICO DEL PEDIGRÍ

Se ha estimado el nivel de acabado del árbol genealógico ("*completeness index*") de todos los caballos analizados, a través del índice de completez o integridad (*Mc Cluer et al.,* 1983):

$$\mathbf{ICd}=\frac{4*ICdepat*ICdmat}{ICdpat+ICdmat}$$

en el que d = profundidad de la genealogía; $IC_{d\ pat(o\ mat)} = (1/2)\sum_{i=1}^{d} a_i$ donde:

$$a_i = \frac{\text{número de antepasados presentes en la generación } \boldsymbol{i} \text{ de la línea paterna o materna}}{\text{número total de antepasados en la generación } \boldsymbol{i}}$$

El valor de a_i representa de este modo la proporción de antepasados conocidos en la generación i.

Para el calculo del coeficiente de consanguinidad (F), se han utilizado diversos programas de ordenador que explotan el algoritmo de Wrigth (*Wrigth***,** 1922) que fue modificado posteriormente por *Lush* (1940) con la introducción del factor de corrección (1 + FA).

$$Fx = \frac{1}{2}\sum\left(1/2\right)^{n}(1+F_A)$$

Donde "Fx", es el coeficiente de consanguinidad para el individuo x.
"S" es el sumatorio de todas las vías independientes de herencia que unen al padre y a la madre de x.
"n" es el número de generaciones entre individuos en una línea por la cual los parientes están relacionados.
" F_A" es el coeficiente de consanguinidad del ancestro común para cada vía, también conocido como consanguinidad arrastrada.

Las estimadas del tamaño efectivo de la población (Ne) se obtuvieron siguiendo las fórmulas de Latter-Hill (*Latter*, 1959 **y** *Hill*, 1972 y 1979) viene representado por la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{Ne} = \frac{1}{16\,FL}\left[2 + \sigma^2(X_{mm}) + 2\left(M/F\right)\sigma(Xmm\ ,\ Xmf\ ) + \left(M/F\right)^2\sigma^2(X_{mf})\right]$$
$$+ \frac{1}{16\,FL}\left[2 + \left(F/M\right)^2\sigma^2(X_{fm}) + 2\left(F/M\right)\sigma(X_{fm}, X_{ff}) + \sigma^2(X_{ff})\right]$$

Donde M y F representan el número de machos y de hembras en edad reproductiva por año; L es el intervalo medio entre generaciones, expresado en años y Xij es el tiempo de vida de la progenie de sexo "j" del padre de sexo "y".

Esta ecuación tiene en cuenta la distribución observada del tamaño de progenie. Sin embargo, si asumimos que todos los individuos tienen la misma posibilidad, durante una unidad de tiempo dada, de contribuir a la siguiente generación, la distribución del tamaño de la progenie se aproxima a una distribución de Poisson (*Kimura and Crow*, 1963) quedando la ecuación de *Ne* como (*Wrigth,* 1931):

$$Ne = (4MLFL) / (ML + FL)$$

El incremento de consanguinidad por generación puede aproximarse a *1/(2Ne).*

Para calcular la influencia media de cada uno de estos sementales emblemáticos en el pedigrí individual de los animales registrados en el Stud-Book, se ha elaborado un programa informático basado en la formula:

$$I = \sum Pi \qquad \text{Siendo} \qquad Pi = \sum\left(\frac{1}{2}\right)^n$$

Donde "Pi" representa la proporción del semental emblemático en el pedigrí de un determinado animal "y". Siendo "n" el número de generaciones entre el ancestro emblemático y el "i".

Por último se ha realizado un programa informático que ha permitido la formación de una base de datos en donde se recoge el G.C.I (*Genetic Conservation Index*) es decir el número efectivo de ancestros fundadores que integran cada pedigrí. El valor de G.C.I se obtiene siguiendo la metodología de *Alderson* (1992), donde:

$$G.C.I = 1/\sum Pi^2$$

Siendo "Pi" la proporción de genes del fundador "i" en el pedigrí de un determinado animal.

ESTUDIO DE LOS MARCADORES GENÉTICOS

ESTIMACIÓN DE LAS FRECUENCIAS ALÉLICAS

Para los sistemas de Polimorfismo bioquímico se ha recurrido al recuento directo, al no reconocerse alelos nulos. En el caso de codominancia por "recuento de genes", mediante la formula:

$$q_i = 2H_{ii} + \sum H_{ij} / 2N$$

Siendo H_{ii} el número de homocigotos para el alelo i, H_{ij} el número de heterocigotos para ese alelo y N el número total de individuos muestreados.

Se ha utilizado el programa informático TFPGA (Tool for population genetic analyses), v. 1.3 de *Miller* (1997).

Según *Vega-Pla* (1996) los resultados obtenidos del análisis del polimorfismo de microsatélites pueden ser tratados igual que los otros *loci* polimórficos cualesquiera con herencia mendeliana codominante. Esto nos permite hacer análisis de poblaciones obteniendo a través de la variabilidad de los *loci* las distancias, identidades genéticas y análisis de parentesco de los distintos *loci*.

El error típico de las frecuencias génicas se estimó mediante la expresión (*Doolittle,* 1987):

$$P^{\pm}\left[p(1-p)/N\right]^{1/2}$$

donde N es el número de animales.

CÁLCULO DE LA HETEROCIGOSIDAD, IDENTIDAD Y DISTANCIAS GENÉTICAS

Para calcular la heterocigosidad, identidad y distancias genéticas de Nei y Rogers entre las distintas razas, se utilizó un programa informático "A program for estimating genetic variability within and between populations", desarrollado por *Dowling y Moore* (1984).

El calculo la heterocigosidad, la identidad y las distancias genéticas de Nei y Rogers entre las subpoblaciones de caballos Losinos, con sus correspondientes errores típicos, se realizó con la utilización del programa informático TFPGA (Tool for population genetic analyses), versión 1.3 por *Miller* (1997).

Para el calculo de la heterocigosidad o proporción de individuos heterocigotos por *locus* ($\overline{H}$), hemos utilizado la expresión (*Nei,* 1972):

$$\overline{H} = 1 - \sum_{i=1}^{n} p_i^2$$

donde p_i es la frecuencia del alelo i y n el número de alelos detectados.

La identidad genética (I_x) entre las dos poblaciones para un *locus* dado *x* se ha medido mediante la metodología propuesta por *Nei* (1972, 1975):

$$I_x = \frac{\sum a_i b_i}{\sqrt{\sum a_i^2 \sum b_i^2}}$$

donde a_i y b_i son las frecuencias del alelo i en las poblaciones A y B.

La distancia de Nei (*D*) entre dos poblaciones viene dada como el logaritmo neperiano de *I*, cambiado de signo:

$$D = - \ln I$$

Así mismo para comparar la bondad del cálculo de la identidad y distancia genética de Nei, se ha seguido la metodología propuesta por *Rogers* (1972) para el cálculo del coeficiente de similaridad (*S*) entre dos poblaciones A y B:

$$S = 1 - \left[\sum_{i=1}^{m} (P_{ia} - P_{ib})^2 \right]^{1/2}$$

donde m es el número de alelos del locus, P_{ia} y P_{ib} son las frecuencias del alelo en cada subpoblación.

El coeficiente de Similitud es la media de los S individuales para cada *loci*, y la distancia de Rogers:

$$D_R = 1 - S$$

CALCULO DE LOS ESTADÍSTICOS F y DE LA CONSANGUINIDAD

Para el cálculo de los estadísticos F de Wright se ha utilizado dos programas informáticos: el FSTAT la v. 1.2. de *Goudet* (1995) y el TFPGA (Tool for population genetic analyses), la v. 1.3 de *Miller* (1997).

Weir y Cockerham (1984), basándose en los parámetros propuestos por *Cockerham* (1969, 1973) construyen formulaciones para las estimas de Fst, Fit y Fis. Para ello definen los siguientes parámetros:

- **F** correlación de genes dentro de los individuos (***coeficiente de consanguinidad***).
  - F positivo indica un déficit de heterocigoticos y lo puede causar: la consanguinidad, los apareamientos clasificados y la subdivisión en poblaciones (efecto Wahlund), es decir, que el número que los integrantes de una población ha estado reducido durante algún tiempo.
  - F negativo indica un exceso de heterocigotos y puede estar producido por frecuencias diferentes entre machos o hembras (efecto Robertson) o por la migración.
- **θ** correlación de genes de diferentes individuos en la misma población (coeficiente de parentesco).
- **f** correlación de genes dentro de los individuos dentro de las poblaciones.

Los parámetros están relacionados entre sí por la fórmula:

$$f= (F-\theta) / (1-\theta)$$

y están relacionados con los estadísticos-F de Wright, de la siguiente manera:

$$F = Fit \qquad \theta = Fst \qquad f = Fis$$

Los tres parámetros dependen del tamaño poblacional y de su historia, pero no estan afectados por aspectos relacionados con el procedimiento del muestreo (nº de alelos por locus, nº de individuos por población ó nº de poblaciones muestradas).

El modelo considera a un número, r, de poblaciones del mismo tamaño que han descendido separadamente de una única población ancestral en equilibrio H-W y en equilibrio de ligamento. Las poblaciones han sido mantenidas bajo las mismas condiciones de modo que las muestras varían debido al muestreo genético entre generaciones y al muestreo estadístico de los individuos en observación.

Siguiendo la aproximación de ***Cockerham*** (1969, 1973), el análisis de la varianza de las frecuencias génicas del alelo A tiene las siguientes componentes:

- a: entre poblaciones
- b: entre individuos dentro de las poblaciones.
- c: entre gametos dentro de individuos.

Siendo:

$$1 - F = \frac{c}{a+b+c} \qquad \theta = \frac{a}{a+b+c} \qquad 1 - f = \frac{c}{b+c}$$

Los estadísticos a, b y c s son obtenidos mediante un análisis ponderado de la varianza (***Cockerham***, 1973).

NÚMERO EFECTIVO DE ALELOS (Nea) Y DIVERGENCIA GENOTÍPICA (Div. G.)

El *número efectivo de alelos* es una medida del número de variantes genéticas que contribuyen a la heterocigosis en un locus. Toma como consideración tanto el número de alelos como su frecuencia.

Para cada locus, el número efectivo de alelos se calculó como el recíproco de la suma de cuadrados de las frecuencias alélicas. Se puede expresar a través de la formula dada por *Kimura y Crow* en 1964:

$$Nea = 1 / \sum_{i=1}^{n} q_i^2$$

En forma similar la *diversidad genotípica* es una medida calculada a partir del número de genotipos observados en un locus y fue calculada como la inversa de la suma de los cuadrados de las frecuencias fenotípicas de cada locus.

$$Div.G = 1 / \sum_{iy=1}^{n} q_{iy}^2$$

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 1

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 9

ORIGEN DEL CABALLO EN ESPAÑA 11
REFERENCIAS HISTÓRICAS DEL CABALLO LOSINO 13
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CENSO 16
MEDIO ECOLÓGICO 20
Ecosistema del valle de losa *20*
Forma de vida del caballo losino en el medio natural *22*
Relaciones de dominancia *23*
Comunicación entre los caballos *24*
CARACTERES MORFOLÓGICOS, FANERÓPTICOS, DEFECTOS ELIMINATORIOS Y DIFERENCIAS CON OTRAS RAZAS. 29
Caracteres morfológicos *29*
Caracteres fanerópticos *31*
Defectos eliminatorios *31*
Diferencias morfologicas entre razas del norte de españa *32*
CARACTERES REPRODUCTIVOS Y DE FUNCIONALIDAD 34
Caracteres reproductivos *34*
Caracteres funcionales *34*
VARIABILIDAD GENÉTICA DENTRO DEL MARCO DE LA CONSERVACIÓN 36
Estrategias conservacionistas *38*
Índice de conservación genético *40*
La endocría en el caballo *42*
Tamaño efectivo de la población *44*
Marcadores genéticos *45*
LA HEREDABILIDAD EN CABALLOS 53
Heredabilidad de los caracteres funcionales: *54*
Heredabilidad del sentido vaquero: *56*
Heredabilidad de la conformación, movimiento y carácter: *56*
Heredabilidad de los caracteres reproductivos: *57*
Heredabilidad de otros caracteres: defectos y problemas articulares *57*

MATERIAL Y MÉTODOS 58

MATERIAL ANIMAL 60
Material animal en el estudio de las variables zoométricas *62*
Material instrumental de medida *62*
Material animal para el estudio genético del pedigrí *63*
Material animal para el estudio de marcadores genéticos *64*
Razas utilizadas en la comparación de los resultados de los marcadores genéticos *66*
METODOLOGÍA 70
Medidas zoométricas *70*
Medidas de la cabeza *71*
Estudio genético del pedigrí *74*
Estudio de los marcadores genéticos *76*

RESULTADOS

RESULTADOS

RESULTADOS

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS MEDIDAS ZOOMÉTRICAS

Los resultados del estudio estadístico descriptivo de las medidas zoométricas referidas a variables cuantitativas se ofrecen en las tablas 9-14. Las citadas tablas nos muestran el valor de dichas medidas de los 2 núcleos estudiados y expresados en centímetros. El coeficiente de variación viene expresado en porcentaje.

En las figuras 1 a 7 se ha representado el histograma de frecuencias y las gráficas de caja y patillas de las medidas zoométricas.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos de las medidas zoométricas de las alzadas estudiadas en las muestras de los núcleos de Pancorbo y Quincoces.

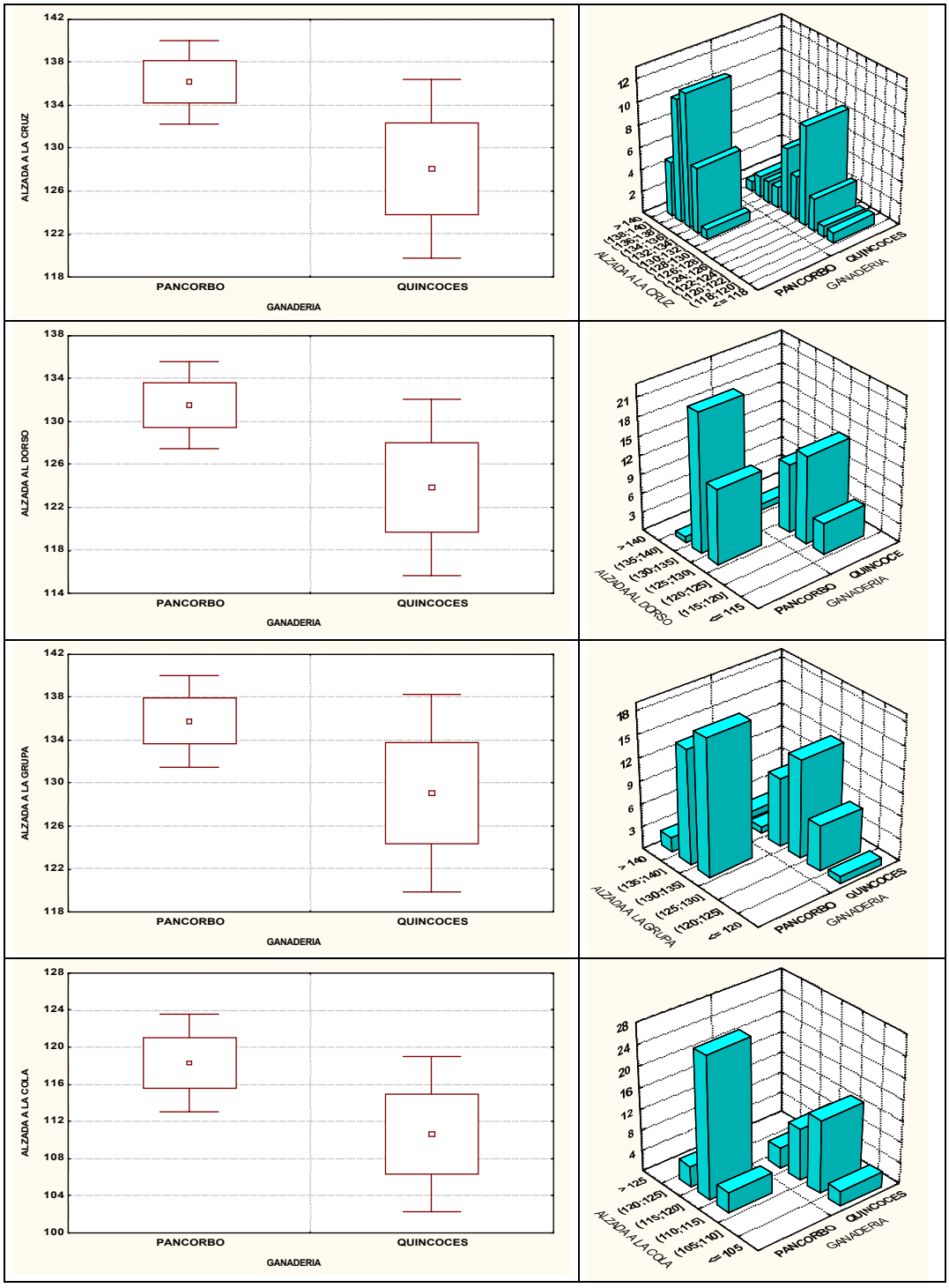
	PANCORBO		QUINCOCES		
VARIABLES	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Prueba-t**
ALZADA A LA CRUZ	136,12 ±0,335	1,470	128,09 ±0,762	3,125	***
ALZADA AL DORSO	131,48 ±0,346	1,526	123,88 ±0,751	3,252	***
ALZADA A GRUPA	135,74 ±0,367	1,481	129,04 ±0,843	3,875	***
ALZADA A LA COLA	118,27 ±0,456	2,542	110,69 ±0,767	3,636	***

*$p<0,05$ **$p<0,01$ ***$p<0,001$

En la tabla 9 vemos cómo en el núcleo de Pancorbo el mayor coeficiente de variación resulto ser la alzada la cola y en Quincoces la alzada a la grupa. Los coeficientes de variación en general son bajos, correspondiendo el más bajo a la alzada a la cruz en ambos núcleos. Los medias del grupo de las alzadas son mayores en Pancorbo, destacando la alzada a la cruz y alzada a la cola que se diferencia en 8 cm. De los resultados obtenidos en la prueba t vemos que todos los valores de las variables de las alzadas son significativas al 99,9%.

Los histogramas de las frecuencias y las gráficas de caja y patillas de las medidas zoométricas correspondientes a las variables de las alzadas de los 2 núcleos se representan en la figura 1. En el núcleo de Pancorbo, aproximadamente el 80% de los individuos para la *alzada a la cruz* y la *alzada a la grupa* se encuentran en el intervalo 133-138 cm; la proporción es mayor para *alzada al dorso* siendo del 94,3% para el rango 128-134 cm, y por último en la *alzada a la cola* el 82,8% de los animales se encuentran en el intervalo de 114-120 cm.

Figura 1: Diagrama de caja y patilla e histogramas de frecuencias de las alzadas.



Las alzadas correspondientes al *dorso, grupa y la cruz*, se encuentran en un intervalo de 120-130 cm. para el 72% de la población de Quincoces, mientras que la *alzada a la cola* la mayor parte de los individuos se sitúa en un rango definido entre 106-114 cm.

Observamos en la gráfica de caja y patillas como la desviación típica para las alzadas es considerablemente menor para la población de Pancorbo.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las medidas zoométricas de la grupa estudiadas en las muestras de los núcleos de Pancorbo y Quincoces

	PANCORBO		QUINCOCES		
VARIABLES	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Prueba-t**
LONGITUD GRUPA	46,71 ±0,463	6,521	44,46 ±0,471	6,818	**
ANCHURA GRUPA	47,11 ±0,501	6,382	45,46 ±0,496	6,666	*

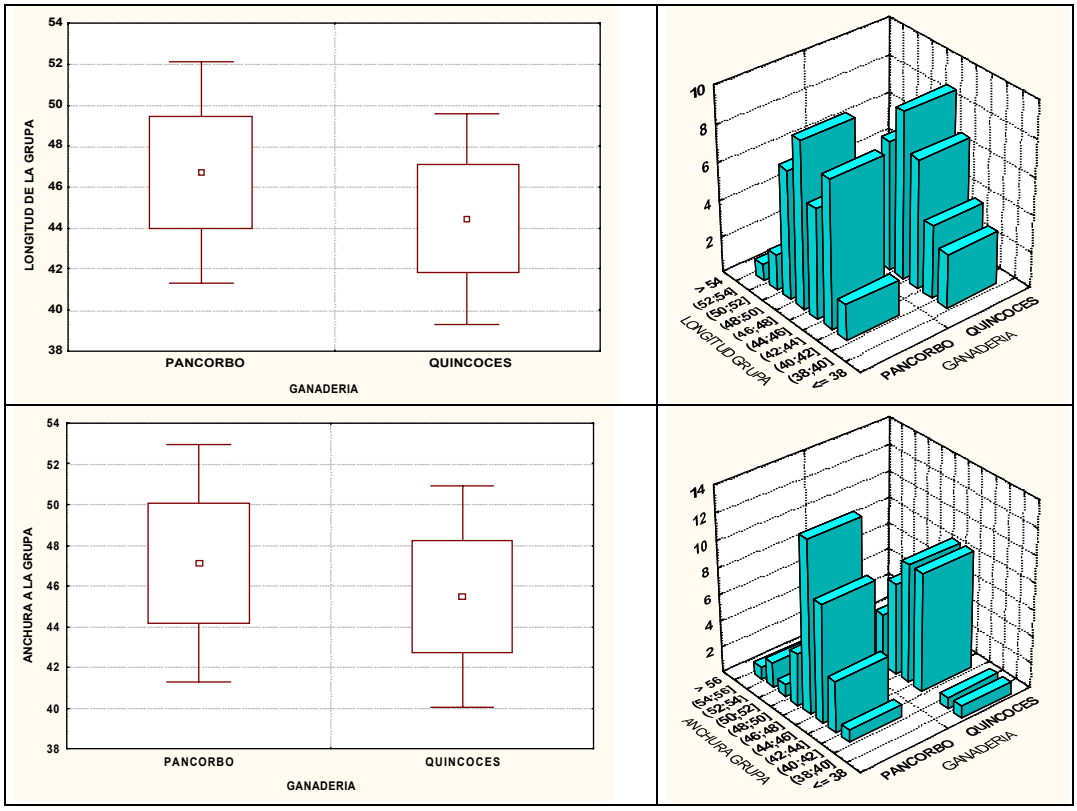
**p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001*

En la tabla 10 observamos que prácticamente no hay grandes diferencias entre los coeficientes de variación de ambos núcleos. Sin embargo, han sido significativas al 99 y 95% respectivamente las medias de la *longitud de la grupa* y *anchura de la grupa* entre los dos núcleos. También podemos observar como las medidas de la *grupa* (*longitud* y *anchur*a) poseen errores estándar de la media similares en ambas poblaciones.

En sus histogramas de frecuencias (figura 2) podemos comprobar que alrededor del 85% de los 2 núcleos se encuadran entre los 42 y 48 cm de *longitud de grupa*. Para la *anchura de grupa* respectivamente un 74,3% y 64,5% de la población de Pancorbo y Quincoces se encuentra en un rango de 44-50 cm. destacando que existen dos animales en el núcleo de Quincoces que se salen de la normalidad.

Así mismo, y a través de la gráficas de caja y patilla, vemos que las medidas de la grupa de ambos núcleos poseen un rango para la desviación típica similares.

Figura 2. Diagrama de caja-patilla e histogramas de frecuencias de medidas de la grupa.



En la tabla 11 observamos que prácticamente no hay grandes diferencias entre las medias de la variables ni tampoco en los coeficientes de variación de ambos núcleos para el índice corporal y torácico.

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de las medidas zoométricas de los índices estudiadas en las muestras de los núcleos de Pancorbo y Quincoces

	PANCORBO		QUINCOCES		
VARIABLES	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Prueba-t**
ÍNDICE CORPORAL	91,16 ±0,461	3,296	90,32 ±0,602	3,333	n.s
ÍNDICE TORÁCICO	58,40 ±0,782	8,620	56,93 ±1,016	8,928	n.s

p<0,05 **p<0,0 1*p<0,001 n.s.: no significativo*

De los distintos índices representados en la figura 3 podemos observar como aproximadamente el 84% de las dos poblaciones poseen un *índice torácico* con valores comprendidos entre 50 y 65, sin embargo, para el *índice corporal* la distribución de frecuencias posee un intervalo más pequeño así para el núcleo de Pancorbo el 91,2% de la

población se encuadran en los valores de 88-94 y para el núcleo de Quincoces el 74,1% de la población en el rango 86-94 cm. observamos que el rango de desviaciones típicas de ambos núcleos es muy similar (ligeramente mayor en Quincoces) para los índices corporal y torácico.

Figura 3. Diagrama de caja patilla e histogramas de frecuencias de los índices corporal y torácico

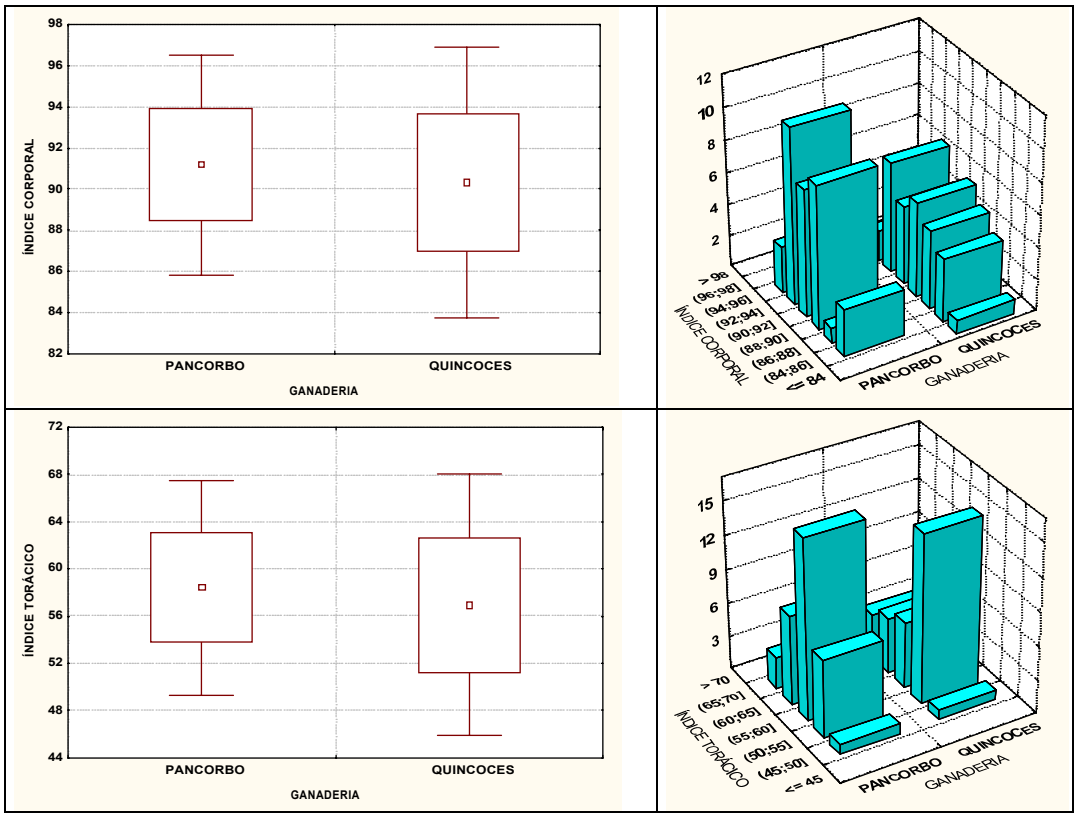


Tabla 12. Estadísticos descriptivos de las medidas zoométricas de los diámetros estudiados en las muestras de los núcleos de Pancorbo y Quincoces.

	PANCORBO		QUINCOCES		
VARIABLES	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Prueba-t**
DM. LONGITUDINAL	149,79 + 0,875	3,355	137,09 ±1,045	4,379	***
DM. DORSOESTERNAL	60,14 ±0,482	5,007	58,15 ±0,529	5,172	**
DM. BICOSTAL	35,35 ±0,508	8,571	33,22 ±0,596	9,090	**

**p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001*

De los valores obtenidos para los diámetros y representados en la tabla 12 observamos que prácticamente no hay grandes diferencias entre en los coeficientes de variación de ambos núcleos, presentando los valores más elevados los correspondientes al *diámetro bicostal*. El valor de la media de la variable *diámetro longitudinal* es 12 cm superior la población de Pancorbo con respecto a la de Quincoces. La prueba-t es significativa al 99,9% para el diámetro longitudinal y al 99% para resto de diámetros.

Observamos que de los distintos diámetros representados en la figura 4, el 80%-85% de los animales de Pancorbo se encuentran en los siguientes intervalos: 145-160 cm para el *diámetro longitudinal,* 56-64 cm para el *diámetro dorsoesternal* y 32-40 cm para el *diámetro bicostal.* Para el núcleo de Quincoces para el *diámetro dorsoesternal,* hay un 67,7% de la población se encuentra en el intervalo de 56 a 64 cm, para el *diámetro bicostal* el 54,8% de la población oscila entre 32-40 cm y para el diámetro longitudinal el 74,2% de los animales se encuadran en el rango de 130-145 cm.

También para el rango de desviación típica observado en la gráfica de cajas y patillas de la figura 4 vemos que existen pocas diferencias entre ambos núcleos.

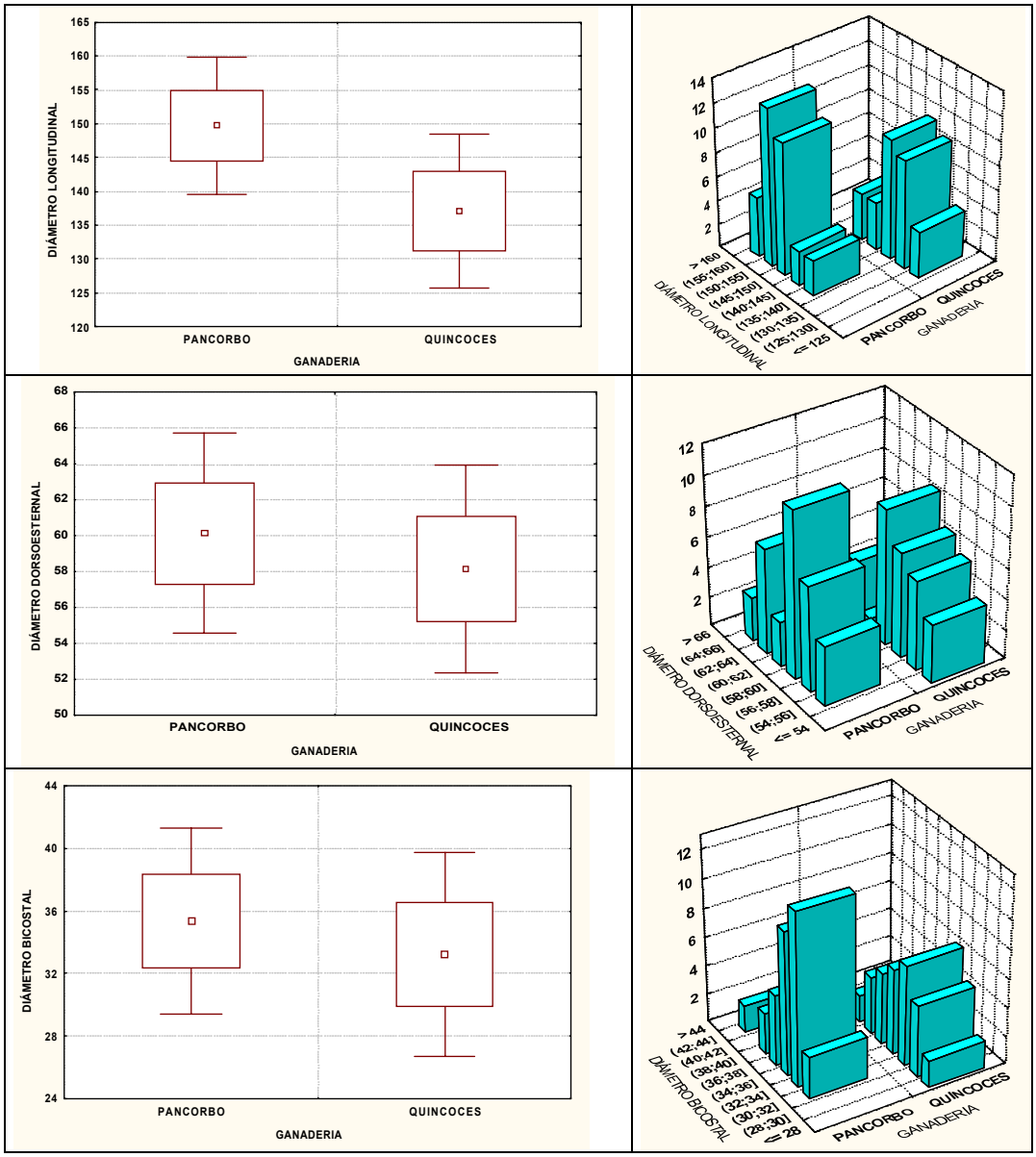
Los estadísticos descriptivos para los perímetros (torácico, caña y cuartilla) (tabla 13) ponen de manifiesto mediante la prueba-t que existen diferencias significativas al 99% para las medias entre los dos núcleos poblacionales, destacando la diferencia de 12 cm. para el perímetro torácico. El mayor coeficiente de variación lo presenta el perímetro de la cuartilla del núcleo de Quincoces (11,76) y el menor el perímetro torácico del núcleo de Pancorbo (2,47)

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de las medidas zoométricas de los perímetros estudiados en las muestras de los núcleos de Pancorbo y Quincoces.

	PANCORBO		**QUINCOCES**		
VARIABLES	**Media + s.e.**	**C.V.**	**Media + s.e.**	**C.V.**	**Prueba-t**
PERIM. TORÁCICO	162,93 +0,73	2,469	150,21 ±1,235	4,635	***
PERIM. CAÑA	18,95 ±0,193	5,555	17,06 ±0,261	5,882	***
PERIM. CUARTILLA	19,68 ±0,184	5,263	17,01 ±0,282	11,76	***

**p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001*

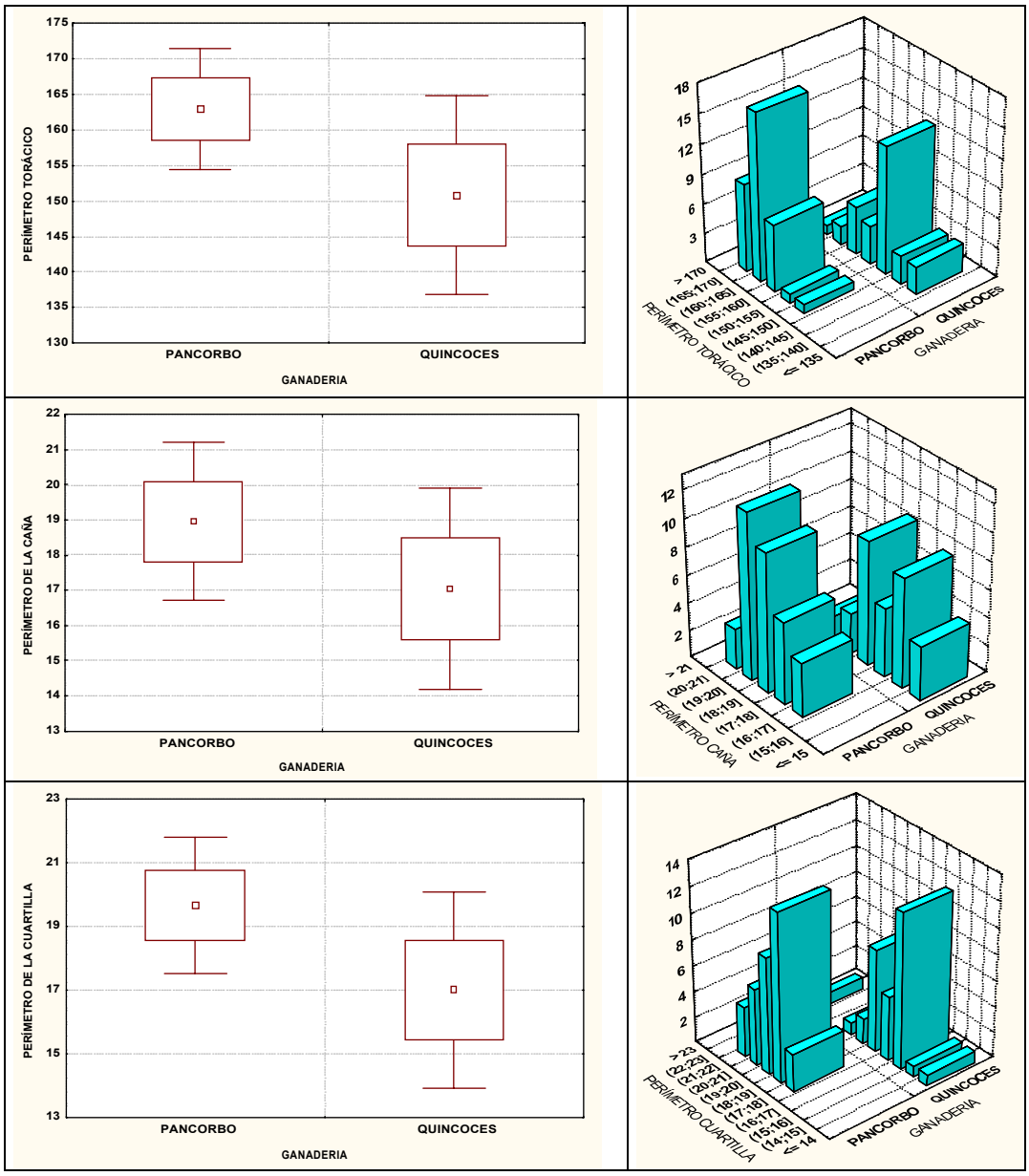
Figura 4. Diagrama de caja y patilla e histogramas de frecuencias de los diámetros



A través del histograma de frecuencias (figura 5), observamos que para el *perímetro torácico* el 94,3% de los caballos de Pancorbo se encuentran en el intervalo comprendido 155-170 cm., mientras que para el núcleo de Quincoces el 71,2% de los animales se encuentra en el intervalo 145-160 cm., para el *perímetro de la caña* prácticamente el 63% de los caballos se sitúan en el intervalo de 18-20 cm, coincidiendo este porcentaje con el de Quincoces pero para el intervalo de 15-18 cm. En el núcleo de

Quincoces hay dos caballos que las medidas del *perímetro de la cuartilla* están fuera de la normalidad.

Figura 5. Diagrama de caja y patilla e histogramas de frecuencias de las medidas de los perímetros



También en el caso de los perímetros, el rango de las desviaciones típicas con respecto a la media de cada uno de los grupos, representados en la figura 5, ponen de manifiesto el mayor rango para el núcleo poblacional de Quincoces.

La variable longitud craneal es la que presenta el coeficiente de variación más elevados en ambos núcleos (próximos a 10). Los estadísticos descriptivos para las medidas zoométricas faciales y craneales (tabla 14) reflejan, al igual que ocurría con las anteriores variables analizadas, un mayor volumen y proporción para los caballos pertenecientes al núcleo de Pancorbo, resultando significativa la prueba t de comparación de medias entre los 2 núcleos poblacionales para la longitud facial y cefálica (al 99,9%), la anchura facial (99,9%) y craneal (95%)

Tabla 14. Estadísticos descriptivos de las medidas zoométricas de la cabeza estudiados en las muestras de los núcleos de Pancorbo y Quincoces.

	PANCORBO		**QUINCOCES**		
VARIABLES	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Media ± s.e.**	**C.V.**	**Prueba-t**
LONGITUD FACIAL	36,85 ±0.319	5,555	31,61 ±0,444	6,451	***
LONGITUD CEFALICA	57,62 ±0,400	3,508	53,16 ±0,618	5,660	***
LONGITUD CRANEAL	20,78 ±0,364	10,02	20,90 ±0,365	9,523	n.s.
ANCHURA CRANEAL	21,11 ±0,211	4,761	20,34 ±0,272	5,001	*
ANCHURA CARA	18,20 ±0,191	5,555	16,98 +0,180	5,882	***

*p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001 *n.s.: no significativo*

Cuando analizamos los histogramas de frecuencias de las medidas de la cabeza (figura 6 y 7), observamos cómo en la *longitud cefálica* el 88,5% de los individuos de Pancorbo se sitúan en un intervalo entre 54 a 62 cm. Para la *longitud facial* alrededor el 82,3 % de los animales del mismo núcleo se encuentran en el intervalo 34-39 cm. Por el contrario para el núcleo de Quincoces este rango representa solo el 16% de la población. Respecto a las *anchuras de la cara* el 77% de los animales de ambos núcleos se encuentran en el mismo intervalo (16-19 cm.).

Las gráficas de caja y patilla para el grupo de medidas de la cabeza (figura 6 y 7) ponen de manifiesto las diferencias existentes en ambos núcleos para todas las medidas con la excepción de la longitud del cráneo. Así mismo, y a diferencia de lo que a sucedido con otras variables zoométricas anteriormente analizadas, los rangos de la desviación típica para las distintas medidas son similares en ambos núcleos, siendo solo ligeramente menor para la longitud facial y cefálica del núcleo de Pancorbo.

Figura 6. Diagrama de caja y patilla e histogramas de frecuencias de las medidas de longitud de la cabeza

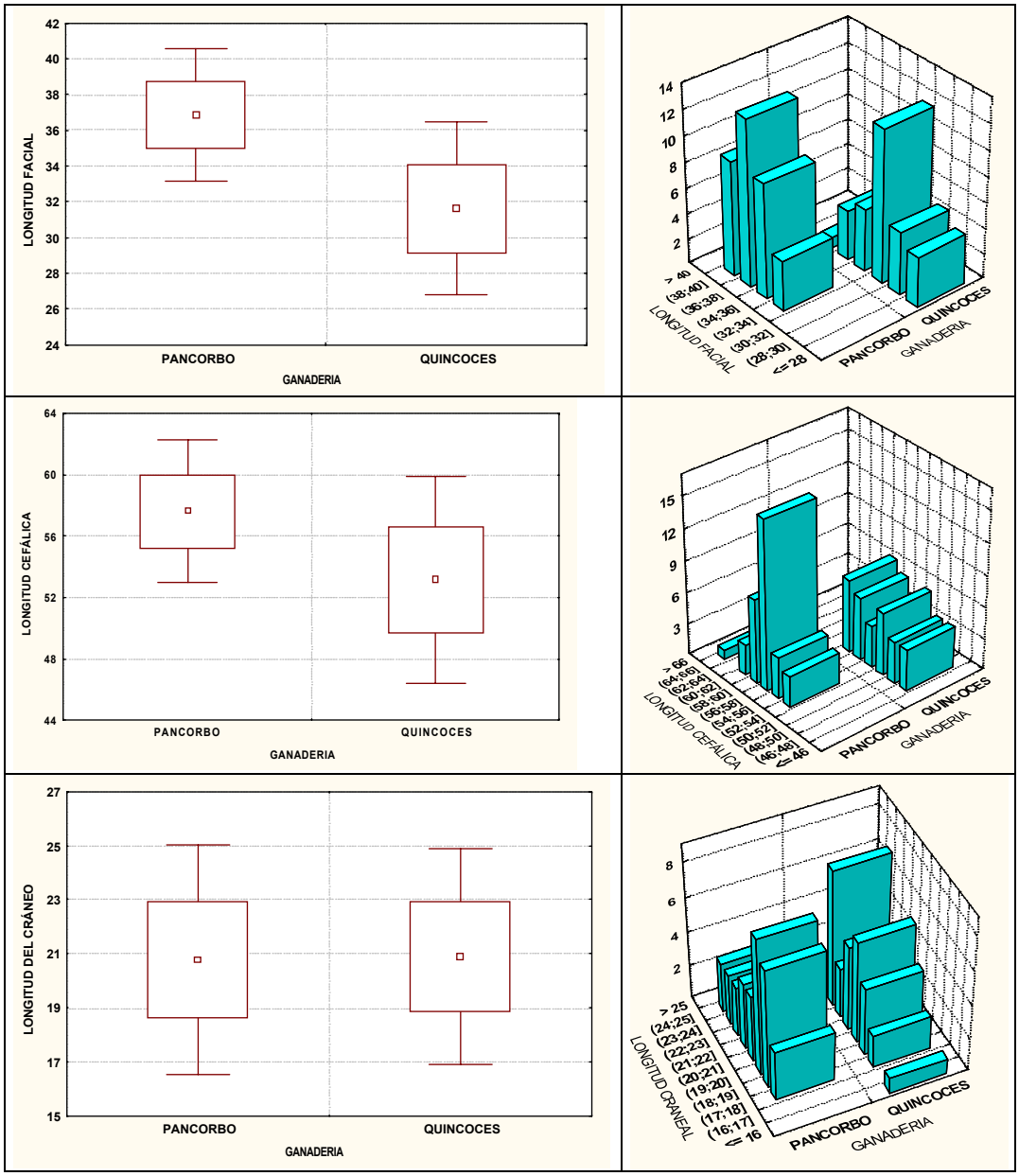
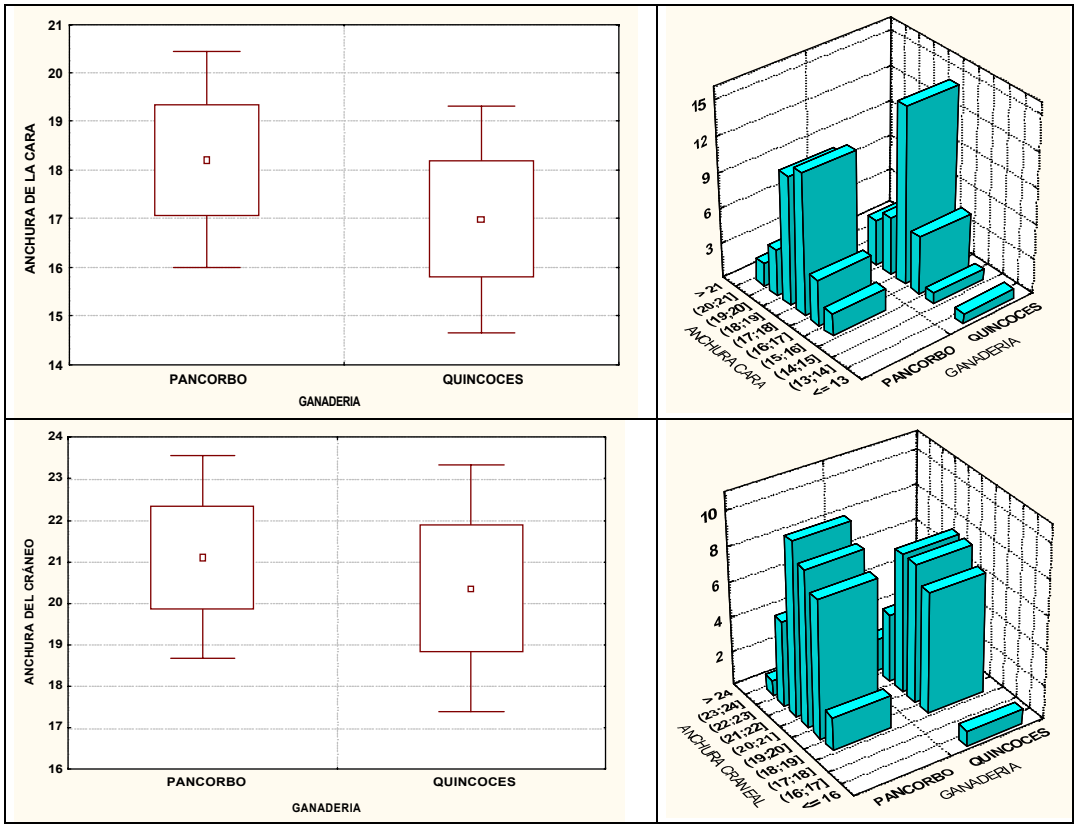


Figura 7. Diagrama de caja y patilla e histogramas de frecuencias de las medidas de las anchuras de la cabeza

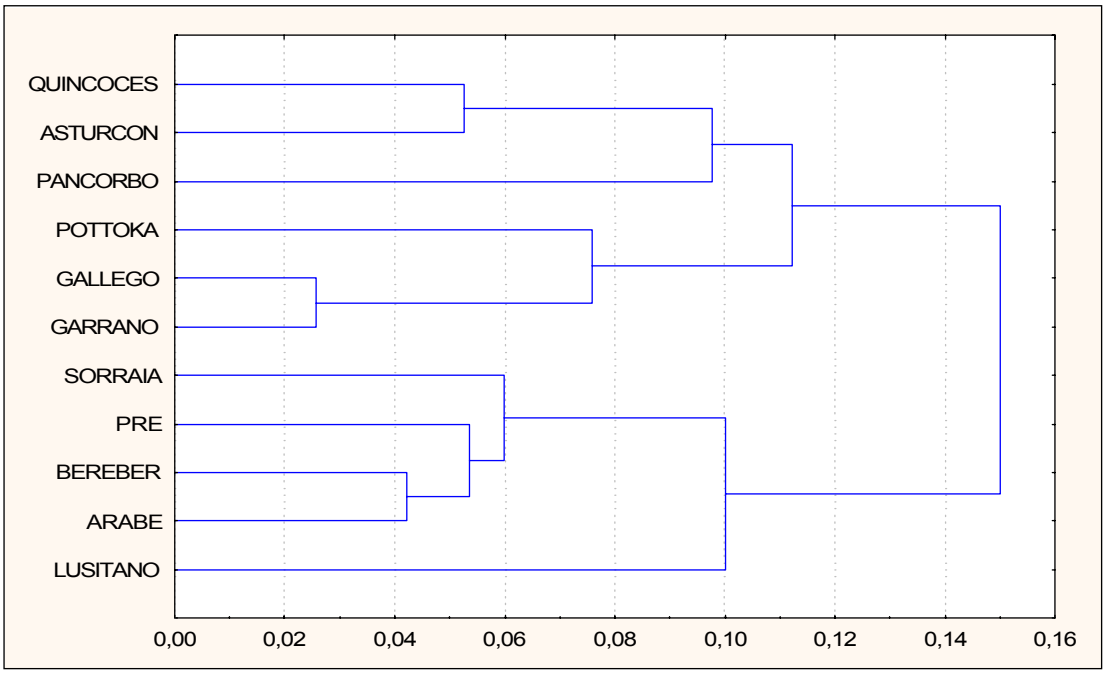


Para la tabla 15 se ha realizado el análisis discriminante entre los dos núcleos poblacionales, poniéndose de manifiesto las diferencias patentes que existen entre ambas subrazas para el conjunto de las 17 medidas zoométricas, ya que con un 100% de seguridad el análisis discriminante coloca cada animal en el grupo al que pertenece, esta diferencia entre los dos núcleos queda de manifiesto por la distancia de Mahalanobis encontrada (27,1).

Tabla 15. Análisis discriminativo y distancia de Mahalanobis realizado entre los núcleos de Pancorbo y Quincoces.

Núcleo	Porcentaje correcto	Pancorbo	Quincoces	Distancia de Mahalanobis
Pancorbo	100,00	40	0	
Quincoces	100,00	0	35	**27,0987**
Total	100,00	40	35	

Imagen 3. Fenograma obtenido por el método UPGMA a partir de la matriz de distancias taxonómicas medias entre los dos núcleos de caballo Losino y 9 razas equinas.



Pottoka (*Pascual e Intxausti*, 1998), Asturcón (*Álvarez y Álvarez*, 1987), Gallego (*Sánchez et al*., 1996), Garrano, Sorraia, Lusitano, Bereber y Árabe (*Oom*, 1992), PRE (*Molina et al*., 1999)

Con el objeto de comparar las diferencias morfológicas encontradas en las diferentes poblaciones equinas de la Península Ibérica estudiadas (imagen 3) se presentó el fenograma obtenido a partir de la matriz de las distancias taxonómicas de 8 caracteres morfológicos, obtenidas a partir de recopilaciones bibliográficas.

El promedio de la distancia morfológica entre estas razas indica la existencia de dos grandes cluster, un primer cluster que engloba al grupo de poneys ibéricos que morfológicamente son muy semejantes, destacando la gran proximidad fenotípica entre el núcleo de caballos Losinos de la población de Quincoces y el caballo Asturcón y entre el caballo Gallego y el Garrano Portugués. El segundo cluster agrupa a caballos de mayor alzada, destacando la proximidad morfológica que presentan el caballo Árabe y el Bereber.

HEREDABILIDAD

En la tabla 15 se ha expuesto los resultados de la estima de la heredabilidad (h^2), y de las correlaciones genéticas y fenotípicas para el conjunto de las 17 variables zoométricas analizadas sobre una muestra de 75 caballos pertenecientes tanto al núcleo de Pancorbo (40 animales) como de Quincoces (35 animales).

Para el conjunto de las medidas zoométricas analizadas, observamos que las h^2 para el grupo de las *alzadas* (a la cruz = 0,532, dorso = 0,678 y a la grupa=0,938) y los *diámetros* (bicostal = 0,732 y longitudinal = 0,550) son los que han alcanzado valores superiores. Por el contrario la heredabilidad más baja es para el *perímetro de la caña* (0,364) y *anchura de la cara* (0,322).

De las 136 correlaciones fenotípicas obtenidas entre las 17 variables zoométricas, 16 son no significativas y 120 significativas, de las cuales se pueden agrupar como observamos:

Correlaciones genotípicas (r)	**Nº de correlaciones significativas**
0,2-0,4	31
0,4-0,6	48
0,6-0,8	30
>0,8	11
TOTAL	**120**

Las correlaciones fenotípicas más significativas (valor de r comprendido entre 0,80 y 0,95) se producen entre las variables: *alzada a la cruz* y *alzada al dorso* (r=0,954), *alzada a la cruz* y *alzada a la grupa* (r=0,958), *alzada a la cruz* y *alzada a la cola* (r=0,874), *alzada a la cruz* y *perímetro torácico* (r=0,869), *alzada al dorso* y *perímetro torácico* (r=0,860), *alzada al dorso* y *alzada a la grupa* (r=0,920), *alzada al dorso* y *diámetro longitudinal* (r=0,804), *alzada al dorso* y *alzada a la cola* (r=0,829), *alzada a la grupa* y *alzada a la cola* (r=0,830), *alzada a la grupa* y *perímetro torácico* (r=864) y por último *anchura de la cara* y *anchura del cráneo* (r=0,800).

Las correlaciones fenotípicas menos significativas (valor de r comprendido entre 0,2 y 0,4) se producen principalmente entre las variables de la *longitud* y *anchura del cráneo* con el grupo de las alzadas.

De las 136 correlaciones genéticas, sólo se ha conseguido convergencia con 44, siendo las más significativas (valor de r comprendido entre 0,70-0,95) las siguientes variables: *longitud cefálica y anchura de la cara* (r=968), *alzada a la cruz-alzada al*

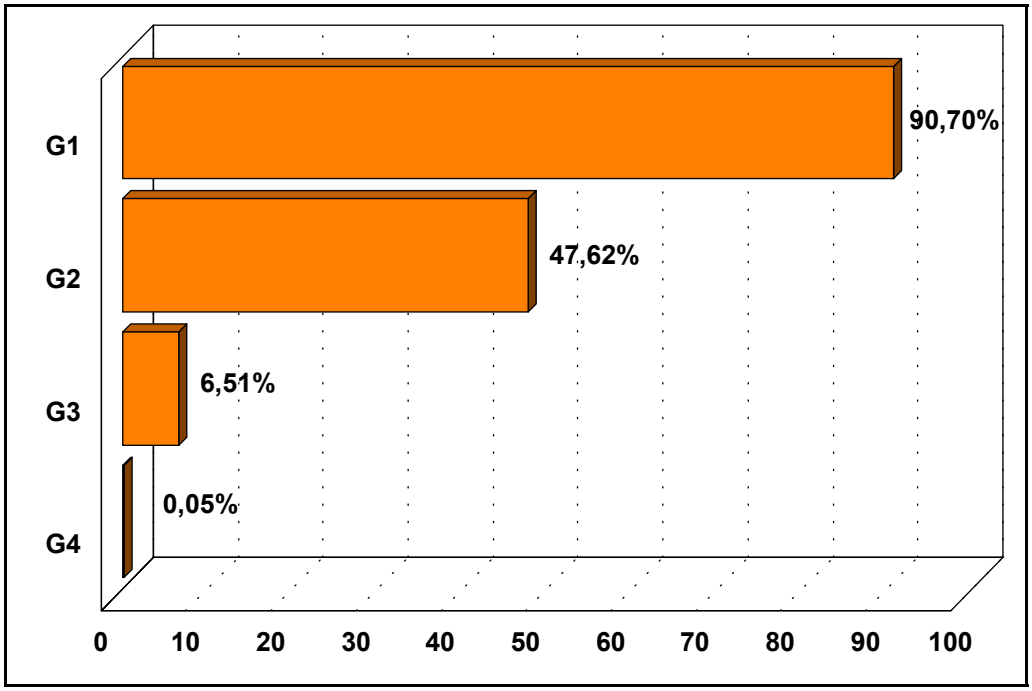
dorso (r=0,944), *diámetro dorsoesternal y perímetro de la caña* (r=0,904), *alzada a la cruz y perímetro de la caña* (r=0,831), *diámetro bicostal y perímetro torácico* (r=0,819), el *perímetro de la cuartilla y anchura de la cara* (r=0,762), *perímetro de la cuartilla y anchura del cráneo* (r=0,754).

METER TABLA 15 DE CORRELACIONES

ESTUDIO GENÉTICO Del pedigrí de la raza equina losina

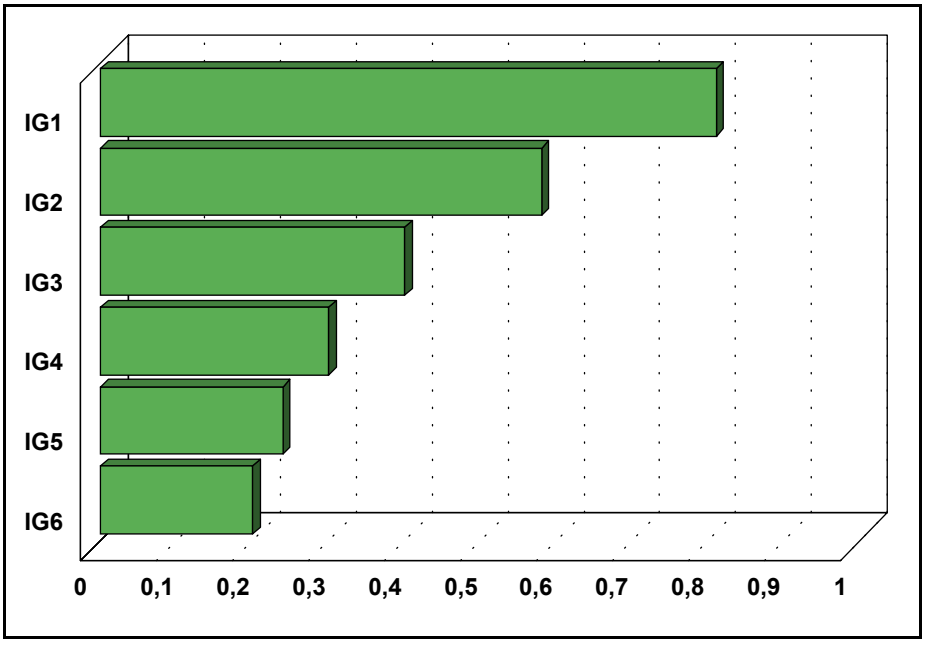
Antes de comenzar el estudio genético de la población de caballos de raza Losina, se ha realizado el estudio del grado de completez e integridad de los pedigríes de los animales que integran la población desde el momento que se comenzó la recuperación de la raza.

Figura 8. Porcentaje de ancestros conocidos en cada periodo generacional.



En la figura 8 y 9 se ha representado respectivamente el porcentaje de antecesores conocidos en cada periodo generacional así como el índice de integridad o completez de Mc Cluer. Observamos como se incrementa el porcentaje de ancestros conocidos en cada período generacional, aumentando alrededor de un 50% por generación. Destacar que para la 3ª generación el porcentaje de antecesores es del 6,51 % frente al 90,70% del 1º periodo generacional. Del mismo modo el índice de integridad va incrementándose por generación, pero de forma menos brusca, con incrementos inferiores al 25% para los índices de completez de las cuatro últimas generaciones.

Figura 9. Índice de integridad de Mc. Cluer para cada generación.



En la tabla 16 se ha representado el número de ancestros fundadores para cada una de las 5 generaciones existentes desde el momento de iniciarse la recuperación de la raza Losina. Se observa que de un total de 314 animales censados, el 22,93% corresponde a animales fundadores, en una proporción de 1,27% sementales y 21,66% yeguas. También se puede ver como se ha seguido una entrada secuencial de animales fundadores, produciéndose un incremento mayor, en cuanto a yeguas fundadoras, a partir de la 3º generación.

Tabla 16. Número de fundadores por generación en la población de caballos Losinos.

G	Nº Animales	Machos	Hembras	Nº Fundadores	Machos	Hembras	% Fundadores
1	2	1	1	2	1	1	100
2	9	2	7	8	1	7	91,7
3	25	2	23	17	1	16	71,4
4	67	3	64	28	1	27	63,2
5	211	96	115	17	0	17	8,1
TOTAL 314		**104**	**210**	**72**	**4**	**68**	**22,93**

Analizando el número de ancestros fundadores en función del número de veces que aparecen en el conjunto de pedigríes y su nivel de influencia (tabla 17) observamos que es el semental "Blaqui" el fundador que más apariciones tiene en el conjunto de

pedigríes (4,41% de influencia medio en el total de la población), seguido de "Moro" y las yeguas "Mora" y "Guareña", con porcentajes medios de influencia del 3,77%, 2,28% y 3,17% respectivamente. Se observa que cuando se calcula el nivel medio de influencia de los ancestros respecto a su población consanguínea, el valor sufre un descenso conforme mayor es el número de apariciones del ancestro en pedigrí, así a partir de "Guareña" (tabla 17) el porcentaje medio de influencia en el grupo de descendientes consanguíneos es siempre inferior al 9%.

Tabla 17. Número y nivel de influencia por pedigrí de los ancestros fundadores

Nº de Apariciones en el Conjunto de Pedigríes	Nº de Animales Fundadores	% Medio de Influencia	% Medio Influencia en Animales con esos Fundadores en pedigrí
1-5	35	0,21%	22,59%
6-10	10	0,68%	18,96%
11-15	4	0,97%	16,67%
24	1 ("Numancia")	3,05%	25,00%
80	1 ("Guareña")	3,17%	7,81 %
90	1 ("Mora")	2,28%	5,00 %
91	1 ("Moro")	3,77%	8,15 %
114	1 ("Blaqui")	4,41%	7,62 %

El cálculo del índice de conservación genético (G.C.I.) de los 72 fundadores (tabla 18), nos permite el análisis del grado de conservación del material genético de la población Losina, obteniendo un valor medio del G.C.I. del 2,024, valor que contrasta con el número promedio de fundadores por pedigrí que se encuentra próximo a 17, es decir un 65% de la población base o fundadora.

Tabla 18. Índice de Conservación Genético (GCI) en la población de caballos Losinos.

ANCESTROS FUNDADORES	ANIMALES NO FUNDADORES	G.C.I.	Nº MEDIO DE FUNDADORES
72	242	2,024	16,88

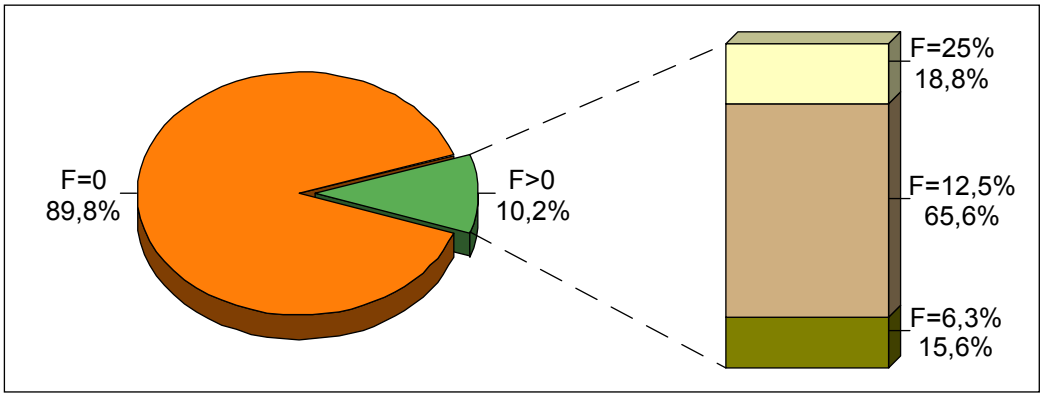
En los diagramas 1 y 2 se hace una representación de la evolución seguida en las estructuras poblacional tanto del núcleo de Pancorbo como en el de Quincoces, pudiéndose apreciar la entrada secuencial de los animales fundadores así como los animales más emblemáticos de la raza.

DIAGRAMA 1

DIAGRAMA 2

Para el análisis del nivel de consanguinidad se ha reconstruido el pedigrí de cada uno de los animales hasta la última generación conocida (animales fundadores), siendo un total de 314 animales con una consanguinidad media del 1,41%. No obstante sólo el 10,2% de la población es consanguínea con una F_{media} del 13,88%. Estos 32 animales consanguíneos se distribuyen en función de la tasa de endogamia según muestra la figura 10.

Figura 10. Coeficiente de consanguinidad en la raza Losina



Cuando se analiza el nivel de endogamia en función del sexo y del estado (vivo/reproductor) (tabla 19) observamos como en todos los casos el mayor número de animales consanguíneos posee una F_{media} del 12,5%. Otra de las situaciones que hay que resaltar es que de los 103 animales censados en el núcleo de Quincoces sólo ha habido un único animal consanguíneo con estado de no reproductor. Esta circunstancia refleja que la consanguinidad media de la raza Losina viene dada por los 31 animales consanguíneos del núcleo de Pancorbo (F_{media}=13,52%), siendo la F_{media} del 1,97% para el conjunto de reproductores del este mismo núcleo (95 reproductores).

Tabla 19. Coeficiente de consanguinidad en función del sexo y del estado (vivo/reproductor).

	F=0	**F=6,3%**	**F=12,5%**	**F=25%**
Población Total (F_{media}=1,8%)	282	5	21	6
Machos (F_{media}=2,11%)	76	3	12	1
Hembras (F_{media}=1,25%)	206	2	9	5
Animales Vivos (F_{media}=1,40%)	257	4	18	6
Reproductores (F_{media}=1,29%)	133	2	6	4

El coeficiente de parentesco de los posibles 17444 cruces entre la población de animales vivos de ambos sexos (89 sementales x 196 yeguas) pertenecientes tanto al núcleo de Pancorbo como al de Quincoces (tabla 20) nos da una F_{media} del 6,20%. De estos posibles cruces un 66,2% no serían endogámicos. Del grupo de cruces consanguíneos (5889) el mayor porcentaje (59,60%) poseerían una F_{media} comprendida entre el 12,5% y el 25%.

Tabla 20. Coeficiente de parentesco de los posibles cruces entre la población de reproductores.

17444 CRUCES (F_{media}=6,2%)	**COEFICIENTE DE PARENTESCO**							
	0%	**1,56%**	**3,125%**	**6,25%**	**12,25%**	**25%**	**50%**	**75%**
Nº Cruces	11555	10	228	1055	1778	1732	1059	27
% Cruces	(66,2%)	(0,1%)	(1,3%)	(6,0%)	(10,2%)	(9,9%)	(6,1%)	(0,2%)

El número efectivo (Ne) de reproductores Losinos por periodo generacional (tabla 21) ha sido muy pequeño en los primeros periodos generacionales debido principalmente al bajo número de sementales reproductores. Por el contrario vemos que los incrementos de la consanguinidad si son muy considerables, al encontrarse vinculada con el número efectivo de forma inversamente proporcional. No obstante la consanguinidad calculada a partir de Ne es más del doble a la obtenida siguiendo la metodología propuesta por Wright (a partir del pedigrí).

TABLA 21. Número efectivo y consanguinidad por intervalo generacional.

	G1+G2	**G3**	**G4**	**G5**
Mr	3	2	3	96
Hr	8	23	64	115
Ne	8,73	7,36	11,46	209,29
ΔF_{Ne}	0,0573	0,0679	0,0436	0,0024
$\sum F_{Ne}$	0,0573	0,1216	0,1652	0,1676
CONSANGUINIDAD DE WRIGHT ESPERADA=0,620				

Mr = nº de machos reproductores; Hr = nº de Hembras reproductoras; Ne = Nº efectivo de la población; ΔF_{Ne} = incremento de la consanguinidad calculado a partir del Ne; $\sum F_{Ne}$ = Consanguinidad acumulada.

Los niveles de endogamia de la población de caballos Losinos viene motivada por el reducido grupo de sementales (15 animales), siendo 4 de ellos los más emblemáticos dentro de la raza, así pues en la tabla 22 se ha representado la influencia de cada uno de los sementales emblemáticos utilizados en la recuperación de esta raza. Ha sido

"Gayango" el que ha alcanzado el mayor porcentaje de influencia (Pi medio = 19,29%). No obstante es el semental "Blaqui" utilizado en el 1º periodo generacional el que posee mayor proyección con 44 bisnietos. Los 4 sementales aportan el 65,93% de la variabilidad de la población.

Tabla 22. Nº de hijos, nietos y bisnietos y porcentaje medio de influencia de cada uno de los sementales que han actuado como reproductores en la población total y en el conjunto de animales de los que son ancestros (% influencia real).

SEMENTAL	Nº HIJOS	Nº NIETOS	Nº BISNIETOS	% INFLUENCIA TOTAL	% INFLUENCIA REAL
MORO	9	88	14	12,88%	27,88%
BLAQUI	17	72	44	14,72%	25,44%
BETÚN	61	44	0	19,04%	42,13%
GAYANGO	61	44	1	19,29%	50,00%
% MEDIO DE INFLUENCIA DE LOS 4 SEMENTALES=65,02%					

ANÁLISIS DE LOS MARCADORES GENÉTICOS

ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN DE LA RAZA LOSINA

En la tabla 23 se presentan las frecuencias de los fenotipos observados en los 10 sistemas de Polimorfismo bioquímico de la muestra de caballos Losinos pertenecientes a los núcleos de Pancorbo, Quincoces y al total de la muestra.

El número de fenotipos observados totales fue de 66, correspondiendo la mayor proporción a la subpoblación de Pancorbo (77,27%) frente a la de Quincoces (74,24%).

Los sistemas que presentan el mayor porcentaje de heterocigosis son, tanto para el núcleo de Pancorbo como para el de Quincoces, el sistema Tf (64,3% y 75,1%) y el Pi (75,2 % y 74,3%). Destaca dentro del núcleo de Quincoces los sistemas Gc y PHI por ser los que presentan un porcentaje de homocigosis superior al 90% (96,9 % y 93,8% respectivamente).

Los fenotipos ausentes en la subpoblación de Pancorbo son en el sistema Tf: *DH y DF1*; en el sistema A1B: *FS y SS;* en sistema Es: *IM* y por último en el sistema Pi: *IW, LK, LP, LW, KS, UN, PP, PR, RS, RW*.

En la subpoblación de Quincoces los fenotipos ausentes son en el sistema Tf: *OO*, en el sistema Es: *FL, GM, IR*; en el sistema A1B: *FK*, en el sistema Hb: *B2B2*, en el sistema Pi: *GL, GK, GS, IL, II, IS, LN, LR* y por último nos llama la atención la ausencia en el sistema PGD del fenotipo *SS* frente a la elevada frecuencia con que aparece en la subpoblación de Pancorbo.

Las frecuencias alélicas para los anteriores sistemas analizados son presentadas en la tabla 24. Si comparamos las frecuencias de los núcleos de Pancorbo y Quincoces vemos que son muy iguales con la excepción de los alelos Gc *S* y PHI *S*. Otra de las diferencias es la mayor variabilidad encontrada en el sistema Es de Pancorbo (*L* y *R* no están presentes en la muestra de Quincoces) y en el sistema Pi de Quincoces (*W,P,F,U* y *L2* no están presentes en la muestra de Pancorbo).

Los alelos que han mostrado una frecuencia de presentación superior al 80% son para la muestra de Pancorbo: A1B *K* y PGM *S* y para la muestra de Quincoces: PGD *F*, Gc *F*, PGM *S*, PHI *I* y Hb *B1*.

Observamos como el error típico ha sido muy bajo teniendo en cuenta el tamaño de la población.

METER TABLA Nº 23 M.G.

Meter tabla 24 MG

En la tabla 25 se recogen las frecuencias de los fenotipos observados en los 10 sistemas de microsatélites de la muestra de caballos Losinos pertenecientes a los núcleos de Pancorbo y Quincoces, así como en el conjunto de la muestra.

De los 10 sistemas de microsatélites analizados, las que presentan un mayor grado de heterocigosis son los sistemas VLH20 con el 83,3% y 80,9% y el sistema AHT4 con el 85,6% y 97,1% respectivamente para el núcleo de Pancorbo y Quincoces.

El número de fenotipos observados totales fue de 153, correspondiendo mayor proporción a la subpoblación de Pancorbo (74,2%) frente al de Quincoces (72,3%), al igual que se presenta en los fenotipos de los sistemas de Polimorfismo bioquímico.

Los fenotipos ausentes en la subpoblación de Pancorbo son en el sistema AHT4: *IJ, JK, JN, JO, NP*; en el sistema ASB2: *KK, IK, IM, NN, NQ, OQ, PP;* en el sistema HMS2*: MM, MR, NN;* en el sistema HMS3: *MQ, MR, OO, OP, QQ, QR, PQ;* en el sistema HMS6: *LN, KK*; en el sistema HMS7: *KK, NP*; en el sistema HTG4: *MQ;* en el sistema HTG6: *OR, OP* y por último el sistema VLH20 con la ausencia de los fenotipos: *LL, LN, LO, MN, MO, MQ, MR, OO, OQ*. Los fenotipos ausentes en la subpoblación de Quincoces son en el sistema AHT4: *HI, II, KN, KK, OO*; en el sistema ASB2: *IQ, PQ, QR,* en el sistema HMS2*: JO, KK, KM, KN, KT, OT;* en el sistema HMS3: *II;* en el sistema HMS6: *LP, NP, OO*; en el sistema HMS7: *KL, MO, OP, MM*; en el sistema HTG4: *KN, KO, KP, LN, LP, NO,* en el sistema HTG6: *IJ, IO* y por último el sistema VLH20 con la ausencia de los fenotipos: *II, IK, IN, IO, IP, IQ, IR, LP, PP, PR, QR;* en el sistema HTG7: *MN, KK, KM, NN*.

Las frecuencias alélicas estimadas en las dos muestras de caballos Losinos para los 10 sistemas de microsatélites analizados (tabla 26) muestra una variabilidad semejante entre ambos núcleos.

En el sistema AHT4 de ambos núcleos los alelos con mayor frecuencia son *I, K, O.* No presentándose en la muestra de Pancorbo los alelos *J y P*. En el sistema ASB2 los 3 alelos que aparecen con mayor frecuencia en Pancorbo son *M, Q, K*, entre los 3 suman una frecuencia del (79%), mientras que en Quincoces son los alelos *Q, K, N* (64,5%), no estando presente en este núcleo los alelos *L y R*. El sistema HMS2 presentó en común con los dos núcleos los alelos más frecuentes (*J, M, N y T),* destacando la ausencia del alelo *R* en Pancorbo y los alelos *O* y *K* de Quincoces. En los sistema HMS3 y HMS6 del núcleo de Pancorbo destaca la elevada frecuencia de los alelos *P* (71,4% y 65,2%) y la ausencia del alelo *Q,* apareciendo este alelo en la población de Quincoces con una frecuencia del (21% y 9,7% respectivamente). Las frecuencias alélicas de los 2 microsatélites HMS7 y HTG4 son similares en ambas poblaciones, destacando la ausencia del alelo *Q* en el núcleo de Pancorbo. Del sistema HTG6 de ambas poblaciones destaca la presencia de 3 alelos con una frecuencia conjunta superior al 90% (*O, P* y *J),* por el contrario se

encuentra ausente el alelo *R* en el núcleo de Pancorbo y del alelo *I* en Quincoces. Destacar del microsatélite HTG7 la alta frecuencia con que aparece el alelo *O* (47,3%) en Pancorbo y el alelo *N* (69,4%) en Quincoces. El resto de alelos, para este sistema, presentan frecuencias similares. Por último, del sistema VHL20 destaca la elevada frecuencia con que aparece el alelo *I* en el núcleo de Pancorbo (41,1%) frente al de Quincoces (4,8%).

En la tabla 27 se presenta la heterocigosidad observada (Ho) y la esperada (He) para cada uno de los sistemas de Polimorfismo bioquímico y microsatélites analizados. También se presenta el número efectivo de alelos (Nea) y la diversidad genotípica (Dg) de ambas poblaciones.

Para el conjunto de los sistemas analizados la *heterocigosidad media esperada* de las dos poblaciones fue prácticamente similar, alrededor del 55%, siendo la *heterocigosidad media observada* del 57,5% en la población de Pancorbo y del 56,2% en la población de Quincoces. El promedio de la diversidad genotípica de ambas poblaciones (6,25) resulto ser similar al obtenido en la población de Quincoces (6,63) y casi el doble del de Pancorbo (3,50). Destacando que los sistemas ASB2 y HMS6 fueron los que mayor diversidad presentaron.

Cuando se compara ambos núcleos, para el conjunto de los 20 sistemas, se observa que las mayores diferencias en cuanto a las He y Ho se da en los sistemas Gc y PHI. Coinciden, sin embargo, en los sistemas más heterocigóticos, el AHT4, ASB2 y el VLH20.

El número efectivo de alelos del núcleo de Quincoces es superior al de Pancorbo en 0,467 puntos. Esto viene dado por el mayor número de alelos presente en este núcleo respecto a Pancorbo motivados principalmente por el sistema polimórfico Pi y el microsatélite HMS3.

METER TABLA 25 MG

METER TABLA 26 DE MG

Meter tabla 27

En la tabla 28 se presentan los valores medios obtenidos de los estadísticos-F de Wright sobre las dos poblaciones de caballo Losino. Se observa que los valores parciales alcanzados por los estadísticos-F presentan un alto grado de homogeneidad, a excepción de Fis y Fit del sistema HMS6, sin embargo, el grado de diferenciación de las frecuencias génicas (Fst) mostrado por este sistema es semejante al resto de los marcadores.

Así mismo, el valor del estadístico F resultado del análisis realizado sobre el total de *loci*s nos da un valor positivo de 0,025. En el caso del estadístico θ entre los núcleos en estudio es igual a 0,054 y por último el valor del estadístico *f* presenta un valor el ligeramente negativo -0,31.

También comprobamos que la población esta en equilibrio génico Hardy-Weinberg en cada uno de los sistemas a excepción del sistema ASB2.

En la tabla 29 se presenta la distancia e identidad genética de Nei y Rogers (1972 y 1978) entre los 2 núcleos de Pancorbo y Quincoces para los 20 sistemas de marcadores. Se puede observar como la distancia de Nei es ligeramente inferior a de Rogers (0,1697). La diferencia de los dos valores se atribuyen a las diferentes metodologías empleadas para su cálculo, pudiendose considerar los valores obtenidos como equivalentes.

Tabla 29. Distancia e Identidad entre los núcleos de Pancorbo y Quincoces.

	Nei (1972)	**Nei (1978)**	**Rogers (1972)**	**Rogers (1978)**
Distancia	0,0886	0.0731	0,1697	0,1960
Identidad	0.9153	0.9295		

METER TABLA 28MG.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA RAZA LOSINA CON LOS OBTENIDOS EN OTRAS RAZAS EQUINAS.

En la tabla 30 se presentan las frecuencias génicas del Polimorfismo bioquímico del caballo Losino (LOS) y de 7 razas equinas con las que se va a establecer posteriormente las distancias genéticas: Árabe (AR), Asturcón (AST), Berberisco (BE), Criollo Uruguayo (CU), Cuarto de Milla (CM), Paso Peruano (PP) y Pura Raza Española (PRE).

En el sistema A1B el alelo con mayor frecuencia para el conjunto de las razas es el *K* (0,799) seguido del *S* (0,155). El alelo *F* solo aparece en el Losino, PRE y Cuarto de Milla con una frecuencia muy baja, encontrándose ausente en el resto de razas. En el sistema Al se observo una distribución de las frecuencias alélicas bastante similar a la mayoría de las razas, siendo más frecuente el alelo *A* en las razas de la Península Ibérica. De los 7 alelos que nos encontramos en el sistema Es, 3 alelos son los más frecuentes en casi todas las razas en el siguiente orden decreciente: *I, G, F*. Es de destacar que en la raza Losina aparecen 2 alelos *L* y *R* (en muy baja frecuencia) que no están presentes en las otras razas y a su vez no aparecen los alelos *H* y *S*. Los sistema Gc, Hb, PGM y PGD son muy poco polimórficos. El alelo más frecuente del sistema Gc en todas las razas es el *F*, en el Hb el *B1* (excepto en el CM), en PGM es el *S* y por último en el sistema PGD el más frecuente es el *F*. El sistema Pi es el más polimórfico de todos los sistemas analizados. Los alelos más frecuentes que aparecen y coinciden prácticamente en todas las razas han sido el *L* y el *S*. Por último, el sistema Tf es también uno de los más polimórficos. Los alelos más frecuentes son el *F2+F3* para las razas Losina, Árabe y Berberisco principalmente, mientras el alelo *D* es el que predomina en las razas Asturcón, PRE y el Criollo Uruguayo. El alelo *J* solo esta presente en el PRE y en el Criollo Uruguayo.

En la tabla 31 se presentan las frecuencias génicas de 8 microsatélites del caballo Losino junto con otras 4 razas con las que se establecerá, posteriormente las distancias genéticas: Asturcón, Pura Raza Español, Criollo Uruguayo y Pura Sangre Inglés.

El microsatélite ASB2 es el más polimórfico de todos, con 11 alelos, siendo los de mayor frecuencia, en casi todas las razas el *K, M y Q*, mientras que el alelo *P* solo aparece en las razas Losina y PRE. El sistema HMS2 presenta 9 alelos, siendo los 3 más frecuentes el *J, M* y *T*. En la raza Losina no aparecen los alelos *L* y *Q* y sin embargo presenta el alelo *K* que solo lo comparte con el criollo Uruguayo y el PSI. El valor de las frecuencias alélicas del microsatélite HMS3 es similar en la mayoría de las razas, los alelos más frecuentes son el *I, M* y *P*. Así mismo, el HMS7 aparecen 3 alelos bastantes frecuentes: *L, N* y *O*. Destaca en el sistema HMS6 la presencia del alelo *Q* solo en la raza Losina, siendo los alelos más frecuentes en todas las razas el *P, L* y *O*. Para el microsatélite HTG4, el caballo Losino es el más polimórfico de todos. Al igual que en el

HMS6, también en el Losino aparece el alelo *Q* ausente en el resto de razas, siendo los alelos más frecuentes para todas las razas el *K* y el *M*. En el sistema HTG6 los alelos con mayor frecuencia son el *J* y *O*. Por último, en el microsatélite HTG7 los alelos *O* y *N* aparecen con una frecuencias alta en la población de caballos Losinos (76%), mientras en el resto de razas los alelos más frecuentes son *O* y *K*.

METER TABLA Nº 30 DE M.G.

METER TABLA Nº 31 DE MG

COMPARACIÓN INTERRACIAL Y CLASIFICACIÓN FILOGENÉTICA

Las razas utilizadas para la comparación fueron seleccionadas de acuerdo a nuestros objetivos y el número de marcadores genéticos utilizados dependió de los publicados en otros trabajos de investigación. Se han realizado 4 grupos:

1. Comparación de 2 razas españolas (Pura Sangre Española y Asturcón) y las 2 subrazas de caballo Losino con 10 marcadores de Polimorfismo bioquímico (tabla 32 y figura 11).
2. Comparación de 3 razas españolas (Losino, Pura Sangre Española y Asturcón), 1 raza americana (Caballo Uruguayo) y una raza europea (Pura Sangre Inglés) a partir del análisis de 17 marcadores genéticos (9 *loci*s de Polimorfismo bioquímico y 8 microsatélites), (tabla 33 y figura 12).
3. Comparación de 3 razas españolas (Losino, Pura Sangre Española y Asturcón), 4 razas americanas (Criollo Uruguayo, Paso Fino, Cuarto de Milla, Paso Peruano), 1 raza europea (Pura Sangre Inglés) y el caballo Árabe y Berberisco. A partir del análisis de 8 *loci* de Polimorfismo bioquímico (tabla 34 y figura 13).
4. Comparación de 2 razas españolas (Pura Sangre Española y Asturcón), los 2 núcleos de caballo Losino (Quincoces y Pancorbo), 3 razas poneys europeas (Welsh Poney, Shetland Poney, Hackney Poney), 1 raza de Poney chileno (Chilote) y 2 razas de caballos pesados europeos (Bretón y Percherón), a partir del análisis de 9 *loci*s de Polimorfismo bioquímico (tabla 35 y figura 14).

En la tabla 32 se presenta el Índice de Heterocigosidad medio (IHm) esperado, la distancia yla identidad, calculadas por las metodologías de Nei y de Rogers entre 2 razas españolas (Pura Raza Española y Asturcón) y las 2 subpoblaciones de caballo Losino.

Los índices de heterocigosidad media observados corresponden por orden creciente, al núcleo de Pancorbo (0,428) seguido, casi por el mismo valor, del núcleo de Quincoces (0,365), Asturcón (0,362) y por último el PRE (0,343).

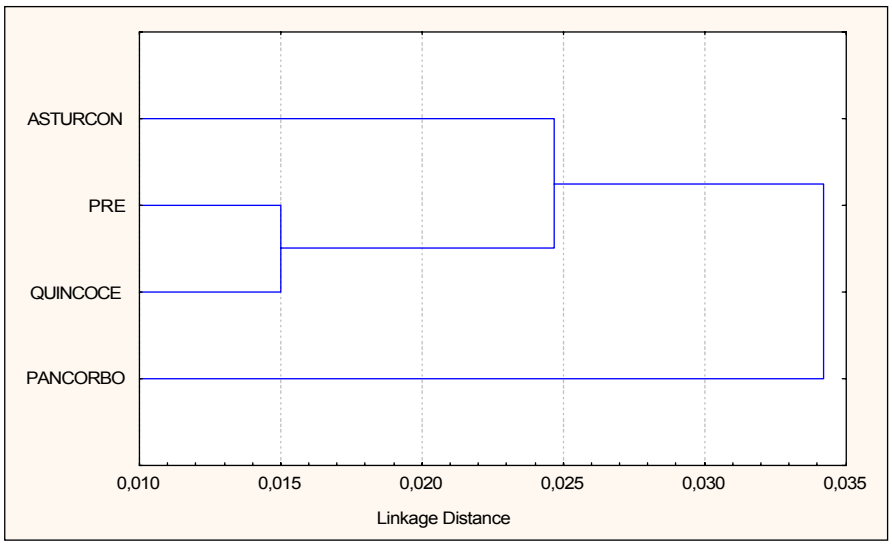
Respecto a las distancias genéticas, el núcleo de Pancorbo se encuentra más próximo al de Quincoces (0,0201), seguido del Asturcón (0,0404) y PRE (0,0422). Contrariamente, este orden varía con respecto al núcleo de Quincoces, siendo la distancia más corta con el PRE (0,0150) y con el Asturcón (0,0258). La identidad genética también varía respecto a ambas núcleos, así la mayor similitud de Quincoces es con el PRE (0,9856) y a continuación con el de Pancorbo (0,9801) seguido del Asturcón (0,9744). En la misma tabla se puede observar que el orden de los resultados obtenidos por el método Rogers son similares a los de Nei.

En la figura 11 se representa los resultados de la tabla 27 en forma de fenograma.

Tabla 32. Índice de Heterocigosidad medio esperado con la desviación estándar (en diagonal y negrita), distancia genética (en la parte inferior de la diagonal) e identidad (parte superior de la diagonal) por las metodologías de Nei y de Rogers a partir del análisis de 10 *loci*s de Polimorfismo bioquímico del suero (A1B, Al, Es, PGD, PGM, PHI, Gc, Pi, Tf y Hb) entre los núcleos de caballos Losinos y 2 razas equinas.

		ASTURCÓN	PRE	PANCORBO	QUINCOCES
Nei (1972)	ASTURCÓN	**0.362 ± 0.079**	0.9766	0.9603	0.9744
	PRE	0.0236	**0.343 ± 0.079**	0.9586	0.9851
	PANCORBO	0.0404	0.0422	**0.428 ± 0.043**	0.9801
	QUINCOCES	0.0258	0.0150	0.0201	**0.365 ± 0.075**
Rogers (1972)	ASTURCÓN	**0.362 ± 0.079**	0.8837	0.8651	0.8895
	PRE	0.1162	**0.343 ± 0.079**	0.8503	0.9171
	PANCORBO	0.1348	0.1496	**0.428 ± 0.043**	0.8894
	QUINCOCES	0.1104	0.0823	0.1105	**0.365 ± 0.075**

Figura 11. Fenograma de las distancias de Nei entre los dos núcleos de caballo Losino (Pancorbo y Quincoces) y las razas equinas Asturcón y Pura Raza Española (PRE).



En la Tabla 33 se presentan los índice de Heterocigosidad medio esperado, la distancia e identidad de Nei y de Rogers entre 5 razas equinas (3 españolas, 1 americana y 1 europea)

Es el caballo Criollo Uruguayo (0,551) el que presenta el mayor índice de heterocigosidad media, seguido de la raza de Losina (0,530). El Asturcón (0,515) y el PRE (0,514) presentan valores próximos, siendo el de menor heterocigosidad el Pura Sangre Inglés (0,463).

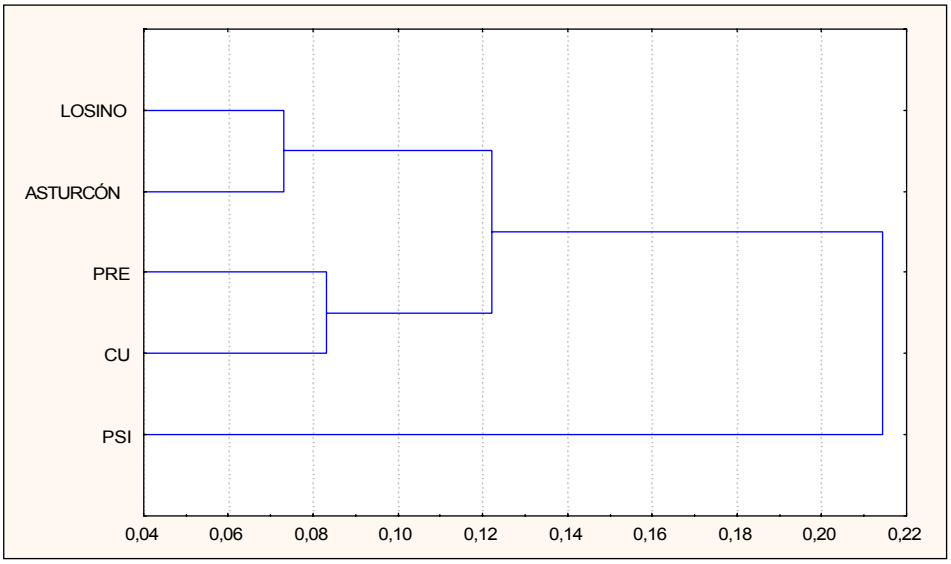
Observamos con lógica que las distancias genéticas más cortas con el Losino son las razas de la Península Ibérica en el orden: Asturcón (0,0739) y PRE (0,1078). Respecto a las otras 2 razas, es con el Criollo Uruguayo con el más se aproxima genéticamente (0,1335), siendo con el Pura Sangre Inglés el más distante (0,2506).

En la figura 12 se representan los resultados de la tabla 28 en forma de fenograma.

Tabla 33. Índice de Heterocigosidad medio esperado con la desviación estándar (en diagonal y negrita), distancia genética (en la parte inferior de la diagonal) e identidad (parte superior de la diagonal) por la metodología de Nei y de Rogers a partir del análisis de 9 *loci*s de Polimorfismo bioquímico (A1B, Al, Es, PGD, PGM, Gc, Pi, Tf, Hb) y 8 microsatélites (ASB2, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, HTG4, HTG6, HTG7) entre los núcleos de caballos Losinos y 3 razas equinas (P.R.E., CU y P.S.I.).

		LOSINO	ASTURCÓN	PRE	CU	PSI
Nei (1972)	**LOSINO**	**0,530 ± 0,04**	0,9287	0,8977	0,8750	0,7782
	ASTURCÓN	0,0739	**0,515 ± 0,06**	0,8882	0,8765	0,7591
	PRE	0,1078	0,1185	**0,514± 0,06**	0,9201	0,8502
	CCU	0,1335	0,1317	0,0831	**0,551 ± 0,06**	0,8436
	PSC	0,2506	0,2755	0,1622	0,1699	**0,463 ± 0,07**
Rogers (1972)	**LOSINO**	**0,530 ± 0,04**	0,8343	0,8024	0,7979	0,7060
	ASTURCÓN	0,1656	**0,514 ± 0,06**	0,7971	0,7860	0,6884
	PRE	0,1975	0,2028	**0,514± 0,06**	0,8375	0,7637
	CCU	0,2020	0,2139	0,1624	**0,550 ± 0,06**	0,7568
	PSC	0,2939	0,3115	0,2362	0,2431	**0,463 ± 0,07**

Figura 12. Fenograma de las distancias de Nei entre 3 razas equinas españolas (Losino, Asturcón y PRE con dos 2 razas equinas extranjeras (PSI y CU).



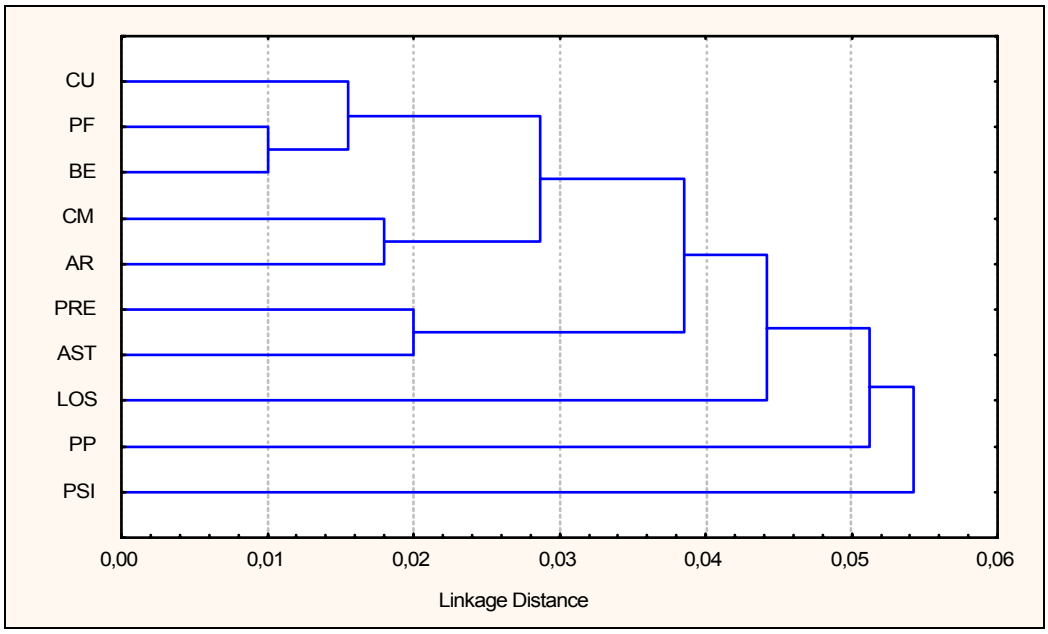
En la tabla 34 se presenta el Índice de Heterocigosidad medio esperado, la distancia y la identidad de Nei y de Rogers para 10 razas con 8 *loci*s analizado (A1B, Al, Es, PGD, PGM, Gc, Pi y Tf).

Se observa que el mayor valor de la heterocigosidad media esperada corresponde al Paso Peruano (0,448) seguida de la raza Losina (0,434). El que menor valor de heterocigosidad media presenta es el Pura Sangre Inglés (0,281), mientras que el resto de las razas presentan valores similares.

En orden decreciente las razas más próximas, según los sistemas analizados, al caballo Losino son: Paso Fino (0,0372), Cuarto de Milla (0,0402), Árabe (0,0411), PRE (0,0444), Criollo Uruguayo (0,0467), Berberisco (0,0480), Asturcón (0,0534), Paso Peruano (0,0732) y Pura Sangre Inglés (0,0866). El rango de valores obtenidos por el método de *Rogers* son similares.

En la figura 13 se representa en forma de fenograma los resultados de la tabla 29.

Figura 13. Fenograma de las distancias de Nei entre distintas razas equinas españolas (Losino, Pura Sangre Española, y Asturcón); americanas (Criollo Uruguayo, Paso Fino, Cuarto de Milla, Paso Peruano), europea (Pura Sangre Inglés) y el caballo Árabe y Berberisco.



METER TABLA Nº 34 DE MG

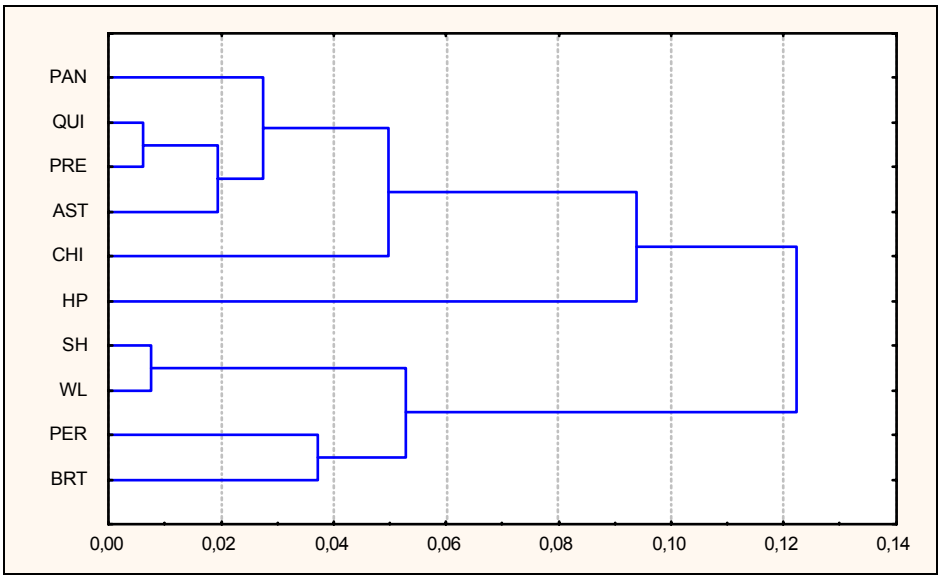
En la tabla 35 se presentan el Índice de Heterocigosidad medio esperado, la distancia y la identidad de Nei y Rogers para 8 razas (de ellas 5 son poneys) y las 2 subpoblaciones de la raza Losina (Pancorbo y Quincoces) para 9 *loci*s de Polimorfismo bioquímico (A1B, Al, Es, PGD, PGM, PHI, Gc, Tf y Hb).

Se observa que el mayor valor de la heterocigosidad media esperada corresponde a Pancorbo (0,400), seguida de las razas Shetland Poney (0,372) y Chilote (0,368). Así mismo, el que menor valor presenta es la raza Bretona (0,254). El resto de las razas presentan valores similares.

Las distancias genéticas obtenidas en orden de aproximación con referencia al núcleo de Pancorbo son: Quincoces (0,0185), PRE (0,0315), Asturcón (0,0326), Hackney Poney (0,0695), Bretón (0,0747), Chilote (0,0758), Welsh Poney (0,0844), Shetland Poney (0,0937) y Percherón (0,1361). Este orden cambia con respecto a la subpoblación de Quincoces, donde nos llama mucho la atención que PRE sea el que esta próximo (0,0061), seguido del Asturcón y núcleo de Pancorbo con el mismo valor (0,0185). Las distancias obtenidas por la metodología de Rogers son semejantes a las de Nei.

En la figura 14 se representa en forma de fenograma los resultados de la tabla 30.

Figura 14. Fenograma de las distancias de Nei entre distintas razas equinas españolas (Pura Sangre Española y Asturcón); los 2 núcleos de caballos Losinos (Pancorbo y Quincoces); poney americano (Chilote); poneys europeos (Welsh Poney, Shetland Poney, Hackney Poney), y caballos pesados europeos (Bretón y Percherón).



METER TABLA 35 M.G

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN ZOOMÉTRICA DEL CABALLO LOSINO

Para discutir los resultados obtenidos del análisis de las diferentes medidas zoométricas tomadas en los 2 núcleos de caballos Losinos con los resultados dados por diferentes autores en las razas Equinas Autóctonas de la Península Ibérica (Asturcón, Poney Gallego, Pottoka y Garrano Portugués), hemos creído conveniente hacer subdivisiones en función del tipo de medida tomada:

ALZADAS

El actual caballo Losino del núcleo de Pancorbo es un animal con una alzada mayor que la del grupo de caballos de la misma raza analizados por *Ferreras* (1935) y las obtenidas en el núcleo de Quincoces, tanto para la *alzada a la cruz, dorso, grupa* y *cola* (tabla 9). Si comparamos las cuatro alzadas observamos que el mayor incremento se produce para la alzada al dorso, así pues se puede afirmar que el actual grupo de Losinos del núcleo de Pancorbo son animales de mayor alzada y con un menor ensillamiento.

Por otro lado si comparamos las alzadas de la población actual de Losinos con la obtenida para las distintas razas poneis autóctonas, observamos que en todos los casos el núcleo de Pancorbo posee alzadas superiores y similares a otras razas equinas europeas como el caballo de Merens (*CNCE and UNIC*, 1994), el caballo griego Wester Peloponese (*Alexandridis*, 1995) y que el Garrano Portugues (*Oom*, 1992).

Cabe destacar dentro de estas variables, que son las que han presentado un menor coeficiente de variación, por lo que se puede decir que es un carácter bastante fijado o con poca variabilidad dentro de la raza.

GRUPA

La grupa es casi cuadrada a tenor de los valores obtenidos, aunque quizás sea ésta una de las regiones que posea mayor variabilidad en los 2 núcleos y al mismo tiempo presente mayores diferencias con respecto a otras razas equinas.

Si comparamos con los caballos de *Ferreras* (1935), observamos que el actual caballo Losino es más ancho de grupa. Si la comparación la realizamos con otras razas equinas del norte de la Península Iberica, los resultados varian en función de la raza y el autor. Así hay grupos de autores que han trabajado en la raza Pottoka (*Ferreras,* 1933; *Maduregui et al.*, 1997 y *Pascual e Intxausti,* 1998) y nuestra población presenta mayores

tamaños con respecto al grupo de Pottokas de *Pascual e Intxausti* (1998)**,** alrededor de unos 7 cm. a favor de la población de Losinos. La *longitud de la grupa* sí se encuadra dentro de los valores obtenidos en las cuatro poblaciones del Poney Gallego (**S***ánchez et al.,* 1996) y del Garrano Portugues (*Oom*, 1992).

ÍNDICES

El caballo Losino en función del *índice corporal* puede ser clasificado según *Aparicio* (1960) como un animal de proporciones longuilíneas. No obstante las pocas referencias bibliográficas encontradas con respecto a estas variables hace que sólo podamos compararlo con las cuatro poblaciones de Poneis Gallegos estudiadas por *Sánchez et al. (*1996). El *índice corporal* del Losino guarda bastante similitud con el P. Gallego de la región central de Galicia, sin embargo el *índice torácico* del Losino es menor que el de los P. Gallegos de las cuatro regiones gallegas.

DIáMETROS

De los tres *diámetros* analizados (*longitudinal, dorsoesternal* y *bicostal*) quizás sea el *diámetro longitudinal* el más estudiado en las diferente razas. Según nuestros resultados el núcleo de Pancorbo posee un *diámetro longitudinal* mayor que el obtenido por *Ferreras* (1933) misma raza o que el Garrano Portugués (*Oom*, 1992) y con los de *Sánchez et al. (*1996) para el P. Gallego. Sin embargo es ostensiblemente mayor que los reflejados para en el núcleo de Quincoces, el Poney Vasco o Pottoka (*Ferreras***,** 1933**;** *Maguregui et al.,* 1992 y *Pascual e Intxausti***,** 1998) y el Poney Asturcón (*Álvarez y Álvarez***,** 1987). Con esto se puede concluir que en el núcleo de Pancorbo nos encontramos animales más alargados que el resto de las raza poneyes del norte de España.

Para el *diámetro dorsoesternal* se puede emplear lo que se ha discutido para el diámetro longitudinal, aunque con la particularidad que en este caso las diferencias no son tan marcadas (tabla 12).

Al contrario de lo que sucede con los otros diámetros, el *diámetro bicostal* en los dos núcleos es alrededor de 3 cm. menor que el del Asturcón (*Álvarez y Álvarez***,** 1987), 7 cm inferior al Garrano Portugués (*Oom*, 1992) y casi 13 cm. menor que el Pottoka (*Pascual e Intxausti***,** 1998). Así pues el caballo Losino se aleja de la constitución redondeada propia de los poneis, aproximándose más a la constitución de los caballos de silla, de costillares más aplanados.

CABEZA

Son las medidas tomadas en la cabeza las que presentan una mayor variabilidad. Sólo la *longitud cefálica* y *anchura de la cara* son las medidas que han sido tomadas en las distintas razas equinas con la que estamos realizando la comparación en este trabajo. Para la *longitud cefálica* sólo la población de Pottokas, analizada por *Pascual e Intxausti* (1998), presenta unas medidas próximas al núcleo de Pancorbo, mientras que el núcleo de Quincoces presenta unas medidas próximas al Poney Gallego (*Sánchez et al.,* 1996).

Las medida de la *anchura de la cara* del núcleo de Pancorbo coincide prácticamente con las obtenidas con el caballo Sorraia y el Garrano Portugues (*Oom*, 1992), sin embrago para el núcleo de Quincoces su media es menor y próxima a la obtenida en el caballo Pottoka (*Pascual e Intxausti*, 1998).

En general y comparando con las proporciones tomadas en otras razas, podemos afirmar que el núcleo de Pancorbo de la raza Losina posee la cabeza más grande de todas las razas comparadas, aunque existe distintas tendencias en función de la línea genética de procedencia.

PERÍMETROS

De los 3 perímetros analizados en nuestro estudio son el *perímetro torácico* y el *perímetro de la caña* los más estudiados por los distintos autores. En nuestra población el *perímetro torácico* posee una variabilidad media, probablemente debida al dimorfismo sexual existente en la raza. El contrario el *perímetro de la caña y cuartilla* del núcleo de Quincoces posee un alto coeficiente de variación, el cuál no puede atribuirse en su totalidad a la diferencia entre sexos, si no también a las distintas líneas genéticas que se han utilizado para la recuperación de la raza.

La media del *perímetro torácico* del núcleo de Pancorbo actual está próximo a los 162 cm, siendo algo superior a los obtenidos en los trabajos de Ferreras (1933) para la misma raza. Si lo comparamos con los de la razas Pottoka (*Ferreras,* 1933 y *Pascual e Intxausti*, 1998), Asturcón (*Álvarez y Álvarez*, 1987), Garrano Portugués (*Oom*,1992) y con el núcleo de caballo Losino de Quincoces vemos que existen notables diferencia a favor del núcleo de Pancorbo, sin embargo posee valores muy próximos a los obtenidos en las distintas poblaciones del Poney Gallego (Sánchez *et al.,* 1996).

Aparicio (1960), describe unas tablas de conversión de peso conforme a los perímetros torácicos, de acuerdo con esto el caballo Losino corresponde a un animal

próximo a los 300 Kg. Según el trígamo sinaleptico de Barón, se le puede encuadrar como un animal elipométrico.

La población actual de caballos Losinos del núcleo de Pancorbo son los animales que poseen las extremidades más "fuertes" dado su gran *perímetro de la caña,* superior entre 2 y 4 cm. y superior al resto de las poblaciones ponyes de la Península Ibérica, siendo las medias de la población de Quincoces próximas a las obtenidas por Ferreras en 1933.

De los resultados obtenidos de la comparación morfológica (figura 8) de diferentes razas equinas, se presentó el fenograma obtenido a partir de la matriz de las distancias taxonómicas de 8 caracteres morfológicos, se ve que el grupo de ponyes de la Península Ibérica se localizan en las regiones septentrionales de España y Portugal, tal vez sea debido a que estas razas han sufrido pocas introgresiones génicas de raza foráneas durante su formación y posterior evolución y mejora, lo cual redundaría en un mayor grado de parecido fenotípico, destacando como hemos visto la mayor proximidad morfológica entre el núcleo de Losinos de Quincoces y el caballo Asturcón y coincidiendo con *Jordana et al. (*1999) entre las poblaciones del poney Gallego y Garrano Portugués.

En cuanto a las razas que conforman el cluster de caballos de mayor alzada (figura 8), que en este caso podríamos denominarlos como caballos de silla coincide con el obtenido por *Oom* (1992), la aportación génica de otras razas foráneas ha sido manifiesta, hipótesis apoyada por los documentos bibliográficos históricos, así por ejemplo en la formación del caballo Andaluz y del caballo Lusitano, han influido razas tales cómo el Berberisco, Árabe y poblaciones germánicas (*Sotillo et al*., 1985). Así mismo, la elevada intensidad de selección para diferentes caracteres tanto morfológicos como funcionales, podrían haber influido en el incremento de la variabilidad fenotípica entre las razas de los dos grupos, presentando mayor parecido morfológico las diferentes poblaciones de los ponyes de la Península Ibérica, ya que no han sido afectada de forma tan intensa por la selección artificial de los caracteres estudiados. Esta hipótesis puede ser contrastada por los resultados obtenidos en esta misma tesis sobre las distancias genéticas a través de marcadores genéticos, donde coinciden en general las aproximaciones genéticas como las fenotípicas en varias razas.

HEREDABILIDAD

En este trabajo hemos estimado por primera vez la heredabilidad de las principales medidas zoómetricas obtenidas en una muestra de caballo Losino. La importancia del estudio de la heredabilidad es por que tal vez sea el parámetro genético de mayor importancia en mejora genética de caracteres cuantitativos, ya que nos expresa en que medida el fenotipo de un animal depende de su genotipo, y por tanto condiciona tanto la estrategia de valoración, como la respuesta a la selección que se obtiene.

Si analizamos los resultados obtenidos observamos unas heredabilidades de una magnitud muy amplia, siendo las más bajas para los valores de perímetros (0,39) y anchuras (0,37), medio para las longitudes (0,43) y así mismo alta para las alzadas (0,63) y diámetros (0,59).

La heredabilidad de los caracteres equinos están poco estudiados en comparación con otras especies, hecho mucho más patente para caracteres no funcionales, como es el caso de las medidas zoométricas. No obstante, se ha encontrado en la bibliografía consultada unos trabajos similares realizados en otras razas de caballos de como sería el caso de las siguientes razas:

De las 17 medidas zoométricas estudiadas es la *alzada a la cruz* el carácter más estudiado por los distintos autores. El valor obtenido en nuestra población (0,532) es similar a los hallados en otras razas como el Pura Sangre Española (0,59) (*Molina et al.*, 1999), Poney Brasileño (0,52) (*Costa et al.*, 1998) y Bavarian Heavy Horse (0,55) (*Butler,* 1987). No obstante existen muchas oscilaciones en esta medida, encontrándonos en la bibliografía valores superiores al 78% como en el caso del Poney Shetland (0,89) (*Van Bergen and Van Arendonk*, 1993) y del Trotador Filandes (0,781) (*Saastamoinen et al.,* 1998) y valores inferiores al 37% como hallamos en el caballo Maremmano (0,369) (*Silvestrelli et al.*, 1989).

Con relación a los perímetros, la h^2 para el *perímetro torácico* de la raza Losina (0,41) es similar al obtenido por *Molina et al. (*1999) en el P.R.E.. Sin embargo la h^2 del perímetro de la caña es algo menor en la población de Losino (0,36) que en otras razas como la Bavarian Heavy Horse (0,55) (*Butler,* 1987), el Trotador Filandes (0,781) (*Saastamoinen et al.,* 1998) o el caballo Maremmano (0,369) (*Silvestrelli et al.*, 1989), siendo similar a la obtenida en la población P.R.E. estudiado por *Molina et al. (*1999).

La heredabilidad de la variable *longitud de la grupa* en los poneys tiene un valor medio-bajo, siendo similar el valor del caballo Losino (0,381) al obtenido en el Poney

Brasileño (0,336) por *Costa et al. (*1998) y algo superior al obtenido en el Shetland Poney (0,210) por *Van Bergen y Van Arendonk*, (1993).

Respecto al grado de heredabilidad en los diámetros, vemos que es el *diámetro bicostal* el que presenta mayor valor como podemos observar en el caballo Losino (0,732), al igual que ocurre con el caballo Marenmano (0,901) (*Silvestrelli et al.*, 1989). Por otro lado la heredabilidad del *diámetro longitudinal* presenta un valor medio que oscila entre 0,550 del caballo Losino y 0,690 del PRE (*Molina et al.*, 1999).

Entre las causas que podrían explicar en parte la frecuente sobrestimación de las estimas de heredabilidad en caballos, podríamos citar:

- Homogamia. Los caballos Losinos se encuentra en estado de libertad en la montaña esto puede dar lugar a apareamientos entre animales semejantes. Esta semejanza puede ser fenotípica ó genética. Estos cruces homogámicos determinan en sus descendientes un mayor parecido al que se podrían esperar teóricamente, obteniendo un valor de heredabilidad sobrestimado.

- Consanguinidad. Al ser una raza que comienza a recuperarse mediante un programa de selección y mejora, el uso intensivo de determinados sementales para recuperar la raza, determina un aumento de la endocría y un mayor parecido entre los animales y la consecuente sobrestimación de la heredabilidad.

- Correlación genotipo-ambiente. En el caballo parece clara la correlación entre valor genético y medio ambiente. A mejor reproductor con el fenotipo más característico de la raza, mejores condiciones de cría, y por tanto mayor parecido entre los animales, con la consecuente sobrestimación de la heredabilidad.

En resumen las heredabilidades obtenidas para el conjunto de medidas zoométricas son de una magnitud amplia, al oscilar entre 0,322 y 0,938, con una heredabilidad media total próxima al 0,5 que aún suponiendo la existencia de una ligera estimación, estos valores nos indican que sería factible una mejora genética para estos caracteres.

CORRELACIONES

Por otro lado hay que destacar otras correlaciones fenotípicas con unos valores también destacables como son las alzadas con los perímetros de los miembros, estas variables están altamente correlacionadas entre si ($p<0,001$), esto denota que un aumento significativo de la estructura del soporte de los animales hace que aumente el tamaño de los mismos.

De las 136 correlaciones genéticas obtenidas entre las 17 medidas zoométricas analizadas, sólo 47 de ellas han arrojado valores que pueden considerarse fiables al poseer un rango de error aceptable.

Dentro del grupo de las alzadas, cabe señalar que las más altas correlaciones se han obtenido entre la cruz y el dorso (0,94) y la cruz y la cola (0,95), estos valores son similares a los encontrados en el P.R.E. por *Molina et al.* (1999). Así mismo con el grupo de los diámetros, en especial el diámetro dorsoesternal, cabe destacar las elevadas correlaciones existentes con las alzadas. Con ello se pone de manifiesto la proporcionalidad en cuanto al volumen del caballo Losino, máxima si tenemos también en cuenta la alta correlación encontrada entre la alzada a la cruz y el perímetro torácico y de la caña.

Tanto para el grupo de medidas de la grupa (anchura y longitud) como de la cabeza no se han encontrado correlaciones significativas con otros grupos. Sólo destacar la alta correlación existente entre anchura y longitud de la grupa (0,91) y las correlaciones medias-bajas entre las medidas de la cabeza con las alzadas.

Por último, y con relación a los diámetros, apuntar la alta correlación genética encontrada entre el diámetro dorsoesternal con el bicostal (0,90) y el dorsoesternal con el perímetro de la caña.

Todas estas correlaciones nos pone de manifiesto que la posible selección de animales de mayor formato solo precisaría seleccionar para medidas como la alzada a la cruz, al guardar altas correlaciones genéticas con las principales medidas lo cual indica proporcionalidad de los individuos tanto a nivel del tronco como de las extremidades. Esta proporcionalidad también ha sido encontrada por autores como *Costa et al. (*1998) y *Molina et al. (*1999) en el Poney Brasileño y el P.R.E. respectivamente. Para la búsqueda de un animal equilibrado hay que tener en cuenta dentro del programa de selección las medidas referentes a la cabeza y la grupa dada las bajas correlaciones encontradas.

Con las correlaciones fenotípicas obtenidas entre las distintas variables se hace más patente el hecho de buscar, por parte de los criadores, animales "bellos", donde se prima una proporcionalidad zoométrica entre alzadas, longitud y capacidad torácica. Así mismo y dada la importancia de la conformación del caballo Losino en el sistema de cría en libertad, se ha encontrado correlaciones medias-altas entre el perímetro de la caña con otras medidas zoométricas que implican un mayor volumen corporal. Este hecho es de suma importancia a la hora de realizar un proceso de selección y mejora de la raza dentro del sistema de producción sostenible mantenido en el entorno rural, donde se debe de intertar mantener el equilibrio entre belleza, resistencia y fortaleza del caballo Losino.

ESTUDIO DEL PEDIGRÍ DE LA POBLACIÓN DE CABALLOS DE RAZA LOSINA

El análisis del grado de integridad del pedigrí (figuras 8 y 9) de cada uno de los caballos Losinos que integran la población de estudio, nos permite determinar el nivel de "ajuste" de todos los cálculos genéticos que requieren el uso de los árboles genealógicos (coeficiente de consanguinidad, índice de conservación genético, influencia de sementales, etc.) (*Valera*, 1997).

Al ser una raza que acaba de dar los primeros pasos dentro del proceso de recuperación, aún sólo tenemos 4 generaciones conocidas. Observamos cómo el grado de completez de cada una de las generaciones va sufriendo un paulatino descenso conforme nos acercamos a la población base o fundadora (G5). La enorme diferencia existente entre los animales pertenecientes al último periodo generacional (G1) con respecto a los del periodo anterior (G2), es debido a que la introducción de animales fundadores (de los cuales se desconoce su ascendencia) ha sido paulatina, habiendo nuevas incorporaciones en cada uno de los periodos generacionales.

En la tabla 16 se corrobora esta hipótesis ya que vemos la intervención paulatina de animales fundadores (yeguas en su mayor proporción) en cada uno de los periodos generaciones, siendo en la cuarta generación donde ha intervenido la mayor proporción de fundadores con un 45,15% del total. Este hecho es debido a que ha sido en este periodo generacional donde se ha unido el núcleo de Quincoces al programa de recuperación de la Raza Losina. No obstante el Índice de Completez nos proporciona unos datos que se ajustan más al tipo de información que utiliza los programas de cálculos de parámetros genéticos basados en el examen genealógico. Al tratarse de una media armónica, se va acumulando la información disponible de cada una de las generaciones. Así pues, se prevé que para la generación parental de la población base o fundadora el índice de completez es del 30%.

El hecho de haber transcurrido tan poco espacio de tiempo desde el momento de comenzar, en el Centro de Pancorbo, la recuperación de la Raza del Caballo Losino hace que de los 314 animales que han sido censados hasta el momento del estudio, un 22,9% sean animales pertenecientes a la población base o fundadora (tabla 18). Así mismo, observamos el elevado número medio de fundadores por pedigrí (16,88) que representa aproximadamente el 24% de la población base. Esta cifra se puede considerar muy elevada si comparamos con los resultado obtenidos por otras razas equinas como el Caballo Cartujano, el Pura Raza Español, el Pura Sangre Inglés, el Trotador Francés, el Pura Raza Árabe, el caballo Anglo-Árabe, el Silla-Francés y el Przewalski *(Mc Cluer et al.,* 1986*; Lacy,* 1989*; Moureaux et al.,* 1996*; Valera,* 1997 *y Valera et al.,* 1998a).

Destacar así mismo, que aunque el número efectivo de fundadores (G.C.I.) parezca que arroja un valor pequeño (2,03), esto no es así, debido a dos hechos:

- Al ser una población base o fundadora tan reducida (72 animales), hay que tener en cuenta que el G.C.I. siempre va a ser igual o menor que 72, representando en nuestro caso el 2,8 % de la población base.

- Al haber transcurrido tan pocas generaciones desde el comienzo de la recuperación y al haber participado un reducido de machos fundadores el G.C.I. no puede arrojar un valor elevado. No obstante sí permite prever, junto con los datos obtenidos del nivel de consanguinidad y de la influencia de los sementales, que en la actualidad se han formado dos subpoblaciones dentro de la Raza, en función de la línea paterna de origen, poseyendo ambos fundadores un número de apariciones totales en el pedigrí aproximado (114 veces "Blaqui" y 91 veces "Moro"). Siendo el semental "Moro" junto a la yegua "Mora" (introducidos ambos en la primera generación) los fundadores con mayor porcentaje medio de influencia tanto para la población total como para los animales que guardan parentesco con ellos (tabla 17).

El doble hecho de haber transcurrido un corto periodo de tiempo desde el comienzo de la recuperación de la raza, junto con la entrada secuencial de animales fundadores en cada intervalo generacional, ha motivado que la consanguinidad media de la población de caballos Losinos sea baja (F_{media} = 1,4%) si la comparamos con otras razas equinas con un bajo número de efectivo ganadero ya sean porque están en peligro de extinción o en vías de recuperación. Cabe citar entre otros los trabajos de *Oom et al.* (1991) en la raza Sorraia con una F_{media}=31,50% (para 9 niveles generacionales), *Buisman y Weeres* (1982) para el caballo Przewalskii con una F_{media}=22,9% y Valera *et al. (*1998b) para el Cartujano (F_{media}*=11,70%*). O de otras razas equinas con mayor efectivo poblacional como el P.R.E., (F_{media}=5,05%) (*Valera*, 1997), la población italiana de caballos Haflinger (F_{media}=6,59%) (*Gandini et al.,* 1992), la raza Clydesdale (F_{media}=6,5%) (*Calder*, 1927), el Pura Sangre Árabe explotado en España (F_{media}=5%) (Valera *et al.,* 1996a y 1996b), el Standardbred (F_{media} comprendidas entre el 7% y el 12%) (*Mac Cluer et al.,* 1983*; Cothran et al.,* 1984 y *Cunningham,* 1991) y la raza Lusitana F_{media}=9,03% (*Oom,* 1992). Sin embargo autores como S*teele* (1944) para las razas Thoroughbred, Standardbre y American Saddle, *Fletcher* (1945 y 1946) para las razas Quarter Horse, King Kanch y Tennessee y *Olech* (1984) para la raza polaca Hucul., han obtenido una F_{media} similar a la obtenida en el caballo Losino, con unos límites comprendidos entre el 1,4% para el Thoroughbred con el análisis de 5 generaciones y el 2,8% para razas Tennessee y American Saddle analizando 5 generaciones.

Además de la baja tasa de consanguinidad media en la población de caballos Losinos, también es bajo el porcentaje de animales consanguíneos (10,2% de la población total con una F_{media}=13,88%, siendo sólo 27 los animales que poseen una consanguinidad peligrosa, superior al 12% (*Cardellino y Rovira***,** 1987).

No obstante, aunque en la actualidad podemos decir que la población se encuentra muy controlada en cuanto al nivel de endogamia, ya que hasta el momento se está intentando buscar la máxima variabilidad genética, incorporando incluso nuevos animales fundadores que reúnen las características de la raza Losina, hay que tener un especial cuidado en dirigir los acoplamientos para la próxima generación, donde se prevé una tasa media de consanguinidad del 6,2% (tabla 20) en el caso hipotético de que cada semental tuviera un descendiente con cada una de las yeguas. No obstante el uso de cruces rotativos (*Valera et al.,* 1998) puede permitir seguir manteniendo la máxima variabilidad genética dentro de unos niveles de F inferiores al 12,5%.

Aparece la consanguinidad bajo el supuesto de apareamientos al azar porque en una población finita la probabilidad de cruces entre animales emparentados no es cero. No obstante en poblaciones con apareamientos no totalmente aleatorios, sino con cruces entre individuos genéticamente emparentados, la consanguinidad ocurre más a menudo que lo esperado por el azar. Así con el objetivo de analizar el grado en que son dirigidos los acoplamientos dentro del panorama ecuestre de la Raza Losina, se ha comparado por un lado la evolución seguida por la consanguinidad teórica ($\sum F$) a partir del número efectivo de reproductores y por otro lado la consanguinidad calculada siguiendo la metodología de Wright (F_w) (*Molina et al.,* 1995 *y Satué,* 1996).

En nuestro estudio la diferencia esperadas, para la próxima generación, entre la consanguinidad calculada a partir del Número Efectivo y a partir de Wright, es más del doble a favor de F_{Ne} (tabla 21), propio de razas en vías de recuperación que presentan un número efectivo de reproductores muy bajo o de otras razas donde se utilizan un reducido grupo de sementales selectos de elevado valor económico, como es el caso de la Estirpe Cartujana del caballo de P.R.E. (*Valera*, 1997).

Así pues, se puede afirmar que uno de los motivos por el que se espera que se incremente los niveles de endogamia para la próxima generación, así como que exista una marcada diferencia entre el tipo de metodología utilizada para el cálculo de la consanguinidad, ha sido el reducido número de sementales utilizados desde el inicio de la recuperación de esta Raza. El grupo de los cuatro sementales más emblemáticos representa un nivel de influencia para la población total superior al 65%, y de forma particular los sementales "Betún" y "Gayango" mantienen en la actualidad un nivel de influencia medio próximo al 20%, o el semental "Blaqui" que está emparentado con 133 caballos Losinos, lo que representa el 42,3% de la población total (tabla 22).

En resumen, las diferencias entre la consanguinidad observada y esperada por la ecuación de *Ne* indica que, al menos que se comprueben los supuestos de *Ne* (selección aleatoria y panmixia), la predicción de la consanguinidad debe de tomarse con mucha precaución. No obstante cuando se ha considerado, como es nuestro caso, sólo los animales que contribuyen a la progenie de la próxima generación se puede reducir las muy probables sobrestimaciones de *Ne* y en consecuencia de consanguinidad teórica o esperada.

VARIABILIDAD GENÉTICA POR MARCADORES GENÉTICOS

Está ampliamente reconocido el aporte fundamental de los marcadores genéticos en el análisis de la estructura genética de las poblaciones equinas, ya que la variabilidad inter intrapoblacional calculada a partir del Polimorfismo bioquímico del suero y del DNA son un fiel reflejo de la historia de las poblaciones (*Guerin et Meriaux*, 1986).

En este sentido, el estudio de la variabilidad de las poblaciones a través de la heterocigosidad obtenida del Polimorfismo bioquímico del suero y del DNA es un instrumento importante en la caracterización racial (*Rodero et al.*, 1980)

DIVERGENCIA ENTRE LOS NÚCLEOS DE PANCORBO Y QUINCOCES DE LA POBLACIÓN DE CABALLO LOSINO

Con el fin de poder caracterizar y establecer una relación entre las 2 subpoblaciones que aportaron los individuos a la muestra se calcularon las frecuencias de 20 sistemas de marcadores genéticos (10 sistemas de Polimorfismo bioquímico y 10 microsatélites de DNA).

En cuanto a la variabilidad genética, ésta se estimó a partir de la Heterocigosidad media esperada y observada para los 20 marcadores genéticos (*tabla 27*), siendo en ambas poblaciones muy parecida. Estos resultados concuerdan con la historia de las subpoblaciones en estudio ya que hace 15 años comenzó el plan de recuperación de la raza con muy pocos ejemplares pasando por un cuello de botella, es decir, el número de sus integrantes ha estado reducido durante algún tiempo. Así mismo, uno de los sementales emblemáticos que más ha influido en el comienzo de la recuperación de la raza (Blaqui) ha dejado bastante descendencia en ambas subpoblaciones.

Si comparamos nuestros valores de la He (*tabla 27*) con los obtenidos por *Checa et al. (*1998) con las razas Asturcón (0,788) y Pottoka (0,839) (principales razas de poneys de España, junto al poney Gallego) a partir del análisis de 10 microsatélites y con los obtenidos por *Cañon et al. (*2000) a partir del análisis de 13 microsatélites en 7 razas equinas españolas, vemos que la población con menor heterocigosidad es la que corresponde al núcleo de Pancorbo (0,679), siendo la que menor valor presenta tanto en Heterocigosidad, Nea y Nma. El resto de poblaciones no existen diferencias apreciables entre estos valores.

Las diferencias existentes entre el núcleo de Pancorbo y las razas Asturcón y Pottoka son debidas principalmente al hecho de que hay alelos en los locus de microsatélites que sólo están presentes en unas poblaciones y no en otras, demostrando

una diferenciación entre razas (*Checa et al.,* 1998). Así tenemos como ejemplo los 2 alelos *Q* de los sistema HTG4 y HMS6 que solamente están presentes en la raza Losina al igual que los alelos *L* y *R* del sistema Es.

Para determinar la relación entre ambas subpoblaciones Losinas y su divergencia se cálculo la Distancia Genética (DG) de Nei y Rogers y su Identidad Genética (IG) en el análisis de los 20 marcadores genéticos utilizados. La distancia que existe entre las dos subpoblaciones es mayor de lo que podíamos pensar al tratarse de dos núcleos pertenecientes a la misma raza y es la correspondiente, según la escala de *Nei* (1972) a la distancia que existe entre subespecies.

Este resultado se ve apoyado por el hecho de que en este último siglo las dos subpoblaciones han estado sometidas a distintos manejo. Los caballos de las zonas de los valles como es el caso del núcleo de Quincoces, fue sin duda sobre el que se llevó a cabo, con mayor intensidad, el programa de cruzamientos con sementales de otras razas. Según *Arán* (1959) y *Aparicio* (1960) sobre las yeguas Losinas han actuado sementales Árabes, Postier Bretón, Españoles, etc. De esta manera, cabe suponer que los caballos que se encontraban en las zonas altas de montaña como el núcleo de Pancorbo, al estar más aislados, llegaron a constituir una población más pura, en la que cualquier intromisión de sangre extraña tendía a ser eliminada por efecto de la fuerte selección natural a que están sometidos este núcleo, esto habría permitido conservar las características de la raza Losina hasta nuestros días.

Para conocer la estructura genética existente entre las dos subpoblaciones, se calcularon los F-estadísticos de *Wright* (1969) usando el método de *Weir y Cockerman* (1984) el cual incorpora el tamaño de la muestra y el número de poblaciones (*tabla 28*). Así mismo pudimos comprobar que solamente el sistema PGM se aleja significativamente del equilibrio Hardy-Weinberg ($p \leq 0,05$).

Los valores obtenidos fueron positivos para Fit (0,025) y Fst (0,054), siendo Fis negativo (-0,031) indicando este un ligero exceso de heterocigotos como consecuencia del sistema de recuperación de la raza llevada a cabo por el criador De Juana (*De Juana*, 1995) a partir de 3 machos y 30 hembras que fueron encontradas de forma aislada y distribuidos por todo el norte de la provincia de Burgos, teniendo en común un fenotipo coincidente con el patrón racial descrito en la bibliografía. Así mismo, el tipo de cruzamiento aleatorio entre los animales, al ser una raza cuya explotación es en estado semisalvaje (*Martínez et al.*, 1999) contribuye al incremento de heterocigotos.

El valor de Fst (0,054) nos índica la existencia de diversidad genética entre los núcleos comparados. Este valor coincide con el obtenido por *Checa et al. (*1998) en el estudio realizado sobre la variabilidad genética de las poblaciones de Pottoka y Asturcón y prácticamente similar al obtenido por *Cañon et al. (*2000) para las razas Asturcón y

Pottoka (0,056), núcleo Losino de Pancorbo y Jaca Navarra (0,057) y entre el núcleo Losino de Pancorbo y el Pottoka (0,060). Al mismo tiempo nos estima el grado de divergencia que existe entre las dos subpoblaciones como consecuencia de la deriva genética, indicando que únicamente el 5,4% de la variabilidad genética existente es debida a diferencias entre poblaciones y que el 94,6% restante se debe a diferencias entre individuos. Podría explicarse desde el punto de vista teórico, por procesos selectivos, pero la existencia de selección natural es difícil de demostrar en el conjunto de la población. Según *De Juana* (1996) parece lógico pensar que desde muy antiguo hayan existido caballos de "monte" y caballos "de casa", al menos en las comarcas más montañosas de la geografía castellana, con diferencias fenotípicas importantes. Estas diferencias entre individuos obedecerían no solo al cuidado y la alimentación, sino probablemente también a la selección individual ejercida por los ganaderos en busca de animales de proporciones cada vez mayores *Arán (1959)*.

El valor de F_{it} que nos da la aproximación del nivel de endogamia de la población es del 2,5%, nivel que podemos considerar bajo principalmente si consideramos que estamos ante una raza en peligro de extinción. No obstante este dato es ligeramente superior al obtenido por *Valera et al. (*2000) en esta raza utilizando para su cálculo la metodología de *Wright* (1922) en el estudio del pedigree.

COMPARACIÓN ENTRE RAZAS Y CLASIFICACIÓN FILOGENÉTICA.

La comparación del caballo Losino se realizó, mediante la distancia genética de Nei y Rogers, con aquellas razas equinas relacionadas tanto geográficamente como históricamente de los que se disponía de información sobre marcadores genéticos. Se han realizado diferentes agrupaciones de razas de acuerdo a los marcadores que han sido encontrados en la bibliografía consultada con el fin de poder calcular las distancias e identidades genéticas y así poder confeccionar los correspondientes dendogramas.

El tipo de recuperación llevada a cabo en la raza Losina, donde se incorporan al programa de conservación todos los animales de la provincia de Burgos que se ajustaban al patrón racial descrito por De Juana (1986), explicaría el alto valor de heterocigosidad media (0,568) hallado en la muestra (*tabla 27*), sobre todo si comparamos con los resultados del análisis de *17 marcadores genéticos* de las siguientes razas: Asturcón con una *He* de 0,364 (*Vega-Pla* 1996), con el PRE con 0,402 (*Valera* 1997) y con los caballos portugueses Garrano y Sorraia con una *He* de 0,400 y 0,375 respectivamente (*Oom,* 1994 y 1996).

Así mismo, el análisis realizado con 10 marcadores genéticos del Polimorfismo bioquímico, refleja que sigue siendo la población de la raza Losina en este caso la subpoblación de Pancorbo la que presenta mayor heterocigosidad (0,427) (*tabla 27*).

Cuando realizamos el análisis de la distancia genética a partir de 10 *loci*s de Polimorfismo bioquímico (tabla 32 y figura 10) entre los dos núcleos de caballos Losinos (Pancorbo y Quincoces) con dos de las razas autóctonas más importantes de España (P.R.E. y Asturcón), observamos que filogenéticamente el núcleo de Pancorbo esta más cerca del núcleo de Quincoces (0,0201), mientras que con el PRE y el Asturcón presentan una distancia parecida (0,0422 y 0,0405 respectivamente). Contrariamente a lo esperado, el núcleo de Quincoces esta más cercano al PRE (0,0150). Esto queda también reflejado cuando se analizaron 9 razas equinas (tabla 30) a partir de 9 *loci*s de Polimorfismo bioquímico, expresando del mismo modo una menor distancia entre el núcleo de Pancorbo y la población del P.R.E. (0,0061). En este caso, esta proximidad genética del núcleo de Quincoces con respecto al PRE puede deberse a que el sistema Pi no ha sido analizado y es uno de los más polimórficos de todos los estudiados.

No obstante estos resultados, se ven apoyados por el hecho de que el Estado Español durante años vino destinando, en las paradas militares de la zona del Valle de Losa caballos de distintas razas (PRE, Árabes y Postier-Breton) con el objetivo de obtener de los cruces con Losino excelentes hembras que serían destinadas más tarde a la producción de híbridos (*Sainz,* 1933). También *Sánchez-Belda* (1999) confirma el uso de sementales P.R.E. como mejorantes de las razas del norte de España con el objetivo de aumentar el tamaño de los animales para obtener mayores aptitudes para las monturas ó bestias de arrastre mientras en la zona de alta montaña (núcleo de Pancorbo) los caballos Losinos asilvestrados pasaron desapercibidos para las estadísticas oficiales, permaneciendo aislados genéticamente y llegando a constituir genéricamente una población con mayor individualidad racial.

Para poder realizar una comparación de la variabilidad genética de la raza Losina con otras razas equinas, se calculo el Índice de Heterocigosidad medio esperado (IHm) de las razas, las distancias así como identidades genéticas entre ellas:

Mediante el análisis de 8 sistemas de marcadores genéticos de Polimorfismo bioquímico (con la excepción de los sistemas Hb y PHI) se han comparado con 11 razas (4 americanas, 4 españolas, caballo Berberisco, el Árabe y el Pura Sangre Inglés (*tabla 34*). En este análisis el valor del IHm del Losino (0,434) se mantiene próximo al obtenido en el análisis anterior (0,428). Este índice presenta un rango que va desde un mínimo para el Pura Sangre Inglés (0,281) a un máximo para el Paso Peruano (0,448), con un promedio para las 10 razas de 0,379, encontrándose la población de caballos Losinos por encima de este valor medio. El IHm en orden decreciente para las diferentes razas fue: Paso Peruano, Losino, Paso Fino, Cuarto de Milla, Berberisco, Criollo Uruguayo, PRE, Árabe, Asturcón y PSI. Estos valores son similares a los obtenidos por otros autores como *Bowling y Clark* (1995) y *Kelly* (1997).

Respecto a las distancias e identidades genéticas (de *Nei y Rogers*) obtenidas mediante el análisis de estos 8 sistemas, nos llama la atención que la raza Losina en lugar de aproximarse más a las razas españolas, la mayor identidad genética la tienen con 2 razas américanas, el Paso Fino y el Cuarto de Milla.

Este resultado puede ser explicado por el hecho de que durante el reinado de los Reyes Católicos, en la Reconquista, se crea un ejercito regular que organizaban su caballería en dos grupos, la constituida por los *Hombres de Armas* con caballos castellanos y un segundo grupo de caballos ligeros como eran los andaluces (*Abad*, 1997), además los reinos que integraban los dominios de los Reyes Católicos contribuyeron con 79.000 caballos a la guerra de Granada, de los que la mitad eran castellanos y la otra mitad andaluces, muchos de estos caballos quedaron en estas tierras. Con Carlos I apareció el mosquete, arma de fuego que a 300 pasos podía con su proyectil perforar las armaduras de los *Hombres de Armas*, lo que hizo que éstos, con sus caballos castellanos fueran desapareciendo del ejercito imperial continental. El caballo castellano se reservó en este tiempo para las tropas que se enviaban a la conquista de América, pudiendo influir genéticamente en sus poblaciones equinas. También *Cabrera* (1945) cita que los primeros caballos que entran en Centroamérica en 1509, por Alonso de Ojeda y Diego de Nicuesa, provenían de Santo Domingo y también de España, según la capitulación para esta empresa, fechada en Burgos el 9 de Junio de 1508, se autorizaba a sacar cuarenta caballos "*destos reynos de Castilla*". Según *De Juana* (1997), el norte de Burgos siempre ha sido una zona productora y exportadora de caballos.

Respecto a la identidad genética mantenida con el caballo Árabe (0,0411) (fig. 13), podría explicarse por las dos Paradas Publicas Oficiales de sementales de raza Árabe establecidas por el Estado durante muchos años en el Valle de Losa. Según *Sainz* (1933) entre los caballos de raza Árabe, enviados por el Estado, destaca uno llamado "Ala", que actuó durante varios años dejando excelentes cruces con hembras de raza Losina.

El análisis de 9 sistemas de marcadores genéticos de Polimorfismo bioquímico de 8 razas (3 razas de poneys europeos, 2 razas europeas de tiro pesado, el Poney Chileno, 2 razas españolas y las dos subpoblaciones de Losino) (*tabla 35*) pone de manifiesto que la subpoblación de Pancorbo es la que presenta de nuevo el mayor valor de IHm, siendo en orden decreciente el de las razas Shetland Poney, Chilote, Hackney Poney, Asturcón, Quincoces, Percherón, Welsh Poney y por último el Bretón. El promedio del IHm para el conjunto de razas es de 0,328. El valor obtenido en el caballo Chilote coincide prácticamente con el obtenido por *Cothran* (1993) con el estudio de 10 *loci*s de Polimorfismo bioquímico (0,383). Así mismo, el valor de IHm se aproxima bastante a los obtenidos por *Nozawa* (1998) paras las razas Bretón (0,242), Percherón (0,363) y Shetland Poney (0,393). Al igual que sucedía en el anterior caso, el núcleo de Pancorbo se encuentra genéticamente más próximo al núcleo de Quincoces (0,0185), pero esto no es

bilateral ya que el núcleo de Quincoces está más próximo al PRE con una similitud genética de 0,9939.

En el anterior análisis hemos querido determinar las distancias genéticas entre los poneys del norte de Europa, sobre la hipótesis de varios autores como *Nobis* (1979) y *Skorowski* (1974) que sostienen que el origen de las poblaciones de razas equinas del norte de España (donde también incluyen al caballo Losino) en las migraciones de diferentes pueblos del Norte como por ejemplo los Celtas, que trajeron aquí sus caballos ya domesticados o bien por el cruzamiento entre subespecies salvajes que más tarde serían domesticadas en nuestro suelo, o sea, un *origen polifilético*. Los resultados nos reflejan que existe una distancia genética significativa entre la raza Losina y este grupo de poneys. De igual manera que se ha comentado con anterioridad con la raza Árabe, el estado español utilizó sementales Bretones en las paradas de sementales de la zona del Valle de Losa con el fin de conseguir animales más grandes y fuertes (*Ferreras*, 1935). Sin embargo el análisis de la distancia genética entre el Losino y el Bretón es considerablemente alejada, lo cual nos indica que la influencia que pudieran mantener los sementales Bretones se ha ido absorbiendo a lo largo de los años. Este resultado se ve apoyado por *Sanchez-Belda* (1999) que cita que de los cruzamientos facultativos que se realizaron con razas extranjeras, sus repercusiones en la etnozootécnia caballar española tuvo mayores ecos bibliográficos que consecuencias ganaderas.

Por último hemos querido ver la posible influencia de las razas Españolas, entre ellas el Losino, en la formación del caballo Chilote nativo de la isla de Chiloe (Chile). Este es un caballo pequeño (alrededor de 120 cm) del que existe poca información histórica pero que según *Cothran et al. (*1993) fue introducido probablemente en la isla por los españoles. Reafirmando esta hipótesis vemos que tanto el núcleo de Quincoces (0,9634) como el P.R.E. (0,9621) son los que mayor grado de similitud presentan.

Después de todos los anteriores estudios y comparaciones intra e interaciales, podemos afirmar que nos encontramos con dos subrazas bien diferenciadas dentro de la misma raza Losina. Ya *Arán* en 1959 describió cómo a través de la población de caballo Losino que viven en las zonas de montaña y que permanecen en libertad, debido a las duras condiciones climáticas en invierno, además de la escasa vegetación arbórea o arbustiva y a la acción de depredadores como los lobos (*De Juana*, 1996), se forja una raza a través de los años briosa y resistente. De esta manera, cabe suponer, que estos caballos "de montaña", llegaron a constituir una población con una individualidad racial, genéricamente más pura, en la que cualquier intromisión de genes de otras razas tendería a ser eliminados por efecto de una fuerte selección natural a la que se encontraron sometidos estos animales, lo que habría permitido conservar los caracteres propios de la raza Losina hasta nuestros días.

Asimismo, la subpoblación de Quincoces se ha mantenido en mejores circunstancias, estos animales han vivido en las zonas del valle cercanas a los poblados, donde la temperatura es más suave y la alimentación abundante. Los días fríos de los inviernos lo pasan estabulados y con suplemento alimenticio. Así mismo autores como *Sainz* (1933), *Bañuelos* (1951) y *Arán* (1959) coinciden que es en las zonas rurales donde estos caballos estuvieron influidos por otras razas a través de las paradas de sementales del Estado (localizadas en estas zonas rurales del Valle de Losa) como sementales Árabes, Postier Bretón y P.R.E. principalmente, con el fin de mejorar las ganaderías, produciendo una verdadera disgregación de los genes de la raza. Los testimonios de *Aparicio* (1960) y *Lión* (1970) también nos confirman la perdida de las características raciales propias, absorbidas por esa heterogeneidad de etnológias diferentes.

Resumiendo, parece lógico pensar, por tanto, en que desde muy antiguo haya existido caballos Losinos "de zona de montaña" y caballos "de zona rural", en las comarcas más montañosas de la geografía castellana, con diferencias fenotípicas significativas. Éstas obedecerían no solo al cuidado y alimentación, sino muy probablemente a los cruzamientos con otras razas efectuadas por los propios ganaderos, labradores, hortelanos y otros industriales rurales en busca de animales más aptos para sus respectivos servicios. Volviendo ahora a la cuestión planteada en la revisión bibliográfica sobre las 3 hipótesis del origen de la raza Losina (descendiente del caballo Árabe o bien introducido por emigraciones de pueblos del Norte de Europa como los Celtas o bien que sea un caballo indígena)y basándonos en los resultados obtenidos en este estudio genético, podemos estar de acuerdo con la hipótesis de *Castejón* (1953) en la que el caballo Losino es uno de los tres tipos caballares indígenas de la Península Ibérica, diferenciándose de las razas Cantábricas y las del sur de la península. Descendiente de especies que han poblado la Península Ibérica desde los tiempos del Terciario y Cuaternario (Hipparion Gracile). Esta hipótesis se ve también apoyada por los estudios realizados por *Cervera et al* (1998) codirectores de los yacimientos del Pleistoceno de Atapuerca (Burgos) en los cuales los restos de equidos aparecen en las excavaciones abarcando todas las épocas sin solución de continuidad desde hace 800.000 años hasta nuestros días. Por todo esto, la raza de caballo Losino tendría un origen depurado en una subespecie salvaje que habito las montañas de Burgos.

CONSERVACIÓN DE LA RAZA EQUINA LOSINA

La situación actual de esta raza queda reflejado en el censo de la Junta de Castilla y León (1999) en 185 animales. La FAO (1997), para tomar las decisiones que tienden a la conservación de los recursos genéticos animales, hace la siguiente clasificación de la raza según su estado:

- Desaparecida.
- Crítica: Si el número total de yeguas reproductoras es inferior a 100 ó el número de machos reproductores es inferior ó igual a 5.
- En peligro: Si el número total de yeguas reproductoras está comprendido entre 100 y 1000 ó el número de machos reproductores es inferior ó igual a 20 pero superior a 5.
- No en peligro: Si el número total de hembras y machos reproductores es superior a 1000 respectivamente.

De acuerdo con esta clasificación se puede considerar al caballo Losino como una raza que se encuentra en situación de peligro. Se hace que sea necesario tomar medidas complementarias sobre las ya existentes que aseguren su conservación y colaboración con la expansión de la raza.

Desde el punto de vista de la conservación de esta raza, habría que hacer las siguientes observaciones, que se comprende con las cuestiones que se plantea por parte de la FAO, en las encuestas que se realizan para el banco de datos.

1. Origen de la población: Ya se ha indicado en la revisión bibliográfica las dudas existentes sobre el origen de la raza en cuestión. Por ello, no enfrentamos a una raza que por su origen merece la pena, un estudio, caracterización y conservación. Esta tesis ha pretendido, entre otras cuestiones, aportar información que clarifique este sistema.

2. Por otra parte, la raza se ha presentado diferenciada en 2 poblaciones, localizadas en núcleos diferentes y de caracterización bien diferenciada, lo que al mismo tiempo ha dado lugar a sistemas de cría también distintos. Cualquier medida que se tome para la conservación y mejora hay que tener en cuenta este hecho.

3. La raza Losina posee el Libro Genealógico desde 1998. Ello implica la existencia de una asociación de criadores que viene funcionando desde 1987 con el nombre de Asociación Nacional de Criadores de Caballo Losino.

4. Cómo se ha indicado la raza Losina esta reconocida en el catalogo de razas autóctonas del MAPA en el grupo de razas españolas en peligro de extinción con protección especial.

5. También los datos de esta población esta recogidos en el DAD-IS o Banco de Datos de la FAO, como paso previo a su reconocimiento.

6. Gracias al trabajo realizado en esta tesis, hoy en día se conoce la variabilidad genética de la raza, obtenida a partir del estudio de los marcadores genéticos, y especificando las diferencias de tipo genético que puede existir entre las 2 subpoblaciones de la raza con vista a la necesidad de conservarla como un bloque total ó para mantener las dos subpoblaciones separadas, así como el conocimiento de la variabilidad de partida con que se puede contar para la conservación.

De acuerdo con todo lo expresado se puede definir los distintos criterios para la conservación que se presentan en esta raza:

1. Grado de peligro.

Si bien es cierto, que por los datos del censo que se han expuesto, hoy en día la raza ha pasado del estado crítico a raza en peligro y que también se esta tomando medidas para su mantenimiento, también es verdad que si no se produce una continuidad en las acciones, su situación puede cambiar a peor, pensando que, como se ha indicado en la década de los ochenta la población llego a contar solamente con 30 individuos. Por todo ello, el criterio central aboga a favor de medidas de intervención de la raza.

2. Adaptación al medio ambiente.

Las características especiales del estado de cría de esta raza, cuya mayoría se encuentra en estado silvestre, agrupado en bandas o manadas. Este estado y el régimen normal que se da en la raza la hace especialmente atractiva para su conservación.

3. Caracteres de la importancia económica.

La posibilidad de explotación económica de la raza, aún dentro de la modestia son claras y sus potencialidades también.

4. Valor cultural y histórico:

Por lo indicado se desprende, que la raza Losina posee un pasado histórico que le hace merecedora de su conservación. En la historia de España jugo un papel importante

especialmente en la época de la Reconquista de los Reinos de España y posteriormente en la Conquista de América.

5. Especificidad genética de la raza.

El estudio realizado por medio de los marcadores genéticos ha puesto en evidencia las relaciones de la raza con otras próximas geográficamente ó históricamente, tanto españolas como extranjeras, siendo de destacar el parecido genético que tiene con razas americanas, lo que puede indicar el posible origen de éstas.

ACTUACIONES A SEGUIR PARA LA CONSERVACIÓN DE LA RAZA

La recuperación, conservación y mejora del Caballo Losino es una responsabilidad de la administración. Los responsables de la Zootecnia, en la provincia de Burgos, como de la Junta de Castilla y León tienen que tener presente que la raza del Caballo Losino es la única raza autóctona de caballos (reconocida a nivel internacional) de la provincia y la única que Castilla y León poseen. Todos tenemos la obligación de evitar la desaparición de este patrimonio genético, que a través de los siglos ha llegado hasta nosotros y por desconocimiento y poco afán en mejorar y promocionar nuestro ganado, a favor de las importaciones e introducción de animales seleccionados de otros lugares, ha llevado casi a la extinción de nuestra raza y cuando una raza desaparece también lo hace esa cultura étnica de la zona (*Sánchez,* 1998).

Pensamos que el Caballo Losino no tiene que quedar como botón de muestra en los zoos o en algún museo disecado para que nuestros descendientes puedan ver como era el verdadero y famoso Caballo Castellano. Y aunque su función como animal de ayuda en las labores de campo haya terminado, en la década de los noventa, comienza a cuajar una nueva idea sobre el uso de este tipo de razas, convirtiéndose su aptitud en animal de servicio y compañía.

Los pasos a seguir para la recuperación de la raza pueden ser resumidos en cinco puntos:

1. Proteger urgentemente la población existente.
2. Crear un centro de reproducción y mejora de la raza.
3. Subvencionar su producción.
4. Elaboración de un plan de promoción de la raza.
5. Dar a conocer su utilidad como caballo recreativo.

1. Protección urgente la población existente.

Es de primera necesidad, recuperar todos los ejemplares de Caballo Losino "puros" que aún quedan diseminados por las comarcas circundantes del Valle de Losa, para obtener una mayor variabilidad genética, necesaria en las sucesivas generaciones.

El número de caballos Losinos actualmente es muy bajo. Desde los años sesenta la reproducción ha sido prácticamente nula, siendo verdaderamente difícil localizar individuos nuevos y de buena calidad genética.

2. Creación de un centro de investigación, cría y mejora.

El Centro de investigación para la cría y mejora de la raza se ubicará en la provincia de Burgos y deberá ser dirigido por expertos Veterinarios en Genética y Zootécnia, con la financiación de la Administración Pública, como esta ocurriendo con otras razas equinas autóctonas en las Comunidades de Navarra con la Jaca Navarra, en el Principado de Asturias mediante su Consejería de Agricultura con el caballo Asturcón, en el País Vasco con su raza de caballo Pottoka y en Galicia con el Poney Gallego.

El Gobierno de la Junta de Castilla y León, mediante su Consejería de Agricultura y la Excma. Diputación de Burgos, tienen el deber y obligación con el pueblo burgalés y castellano de poseer su propia yeguada de Caballos Losinos. Un plan de conservación y mejora de la raza de Caballos Losinos, es necesario para llevar a cabo un trabajo ordenado y científico que favorezca el desarrollo de todos los caracteres más interesante de nuestro caballo. Esta claro que la disponibilidad financiera de la que dispone dichos organismos no puede compararse con los de los criadores privados.

3. Subvencionar su producción.

Las subvenciones estimulan a los ganaderos a la producción de caballo, máxime si se le oferta el control y saneamiento del ganado, así como si se le facilita su venta mediante la publicación de un catalogo anual de los productos obtenidos. Para conseguir estas subvenciones, es necesario someter al ganado a una serie de requisitos (hemotipado, calificación morfofuncional por una comisión de experto) antes de ser inscrito en el Libro de Registro de la Raza. También es importante que tenga la opción de venta de sus productos a la Asociación de Criaderos del Caballo Losino.

4. Programa de promoción de la raza del Caballo Losino:

Es también interesante, la promoción de ferias locales y regionales para dar a conocer esta raza, que a pesar de haber sido muy conocida y apreciada en tiempos pasados, en la actualidad está casi olvida y es desconocida para muchos.

Se debe crear un concurso anual sobre la raza de Caballo Losina, donde se premien a los mejores individuos, consiguiendo así la revalorización de las ganaderías, la estimulación y la motivación del propio ganadero.

5. Dar a conocer su utilidad como animal recreativo.

Entre sus aptitudes se puede enumerar las siguientes:

- El Caballo Losino muestra una gran aptitud para la silla y es especialmente apto para la equitación juvenil. Una vez domado su conducta se vuelve dócil, cariñosa, noble e inteligente, carácter difícil de encontrar en otras razas.

- Posibilidad de usar el Caballo Losino como atractivo turístico de nuestra región y provincia en el denominado "turismo rural", especialmente en los pueblos donde se cría. Al tener la pisada firme y segura, incluso en los terrenos más abruptos, lo hace muy apto para marchas "campo a través" y por los terrenos montañosos de las sierras de Burgalesas.

- Puede ser utilizado en las labores agrícolas del campo y del monte. Esto aportará una serie de beneficios en el mantenimiento de la explotación, dando unos ingresos importantes, suplementarios que ayudarían al buen funcionamiento de las explotaciones ganaderas.

- En la actualidad ha aparecido un nuevo uso para estas razas autóctonas, en la conservación de los bosques dada su capacidad como animales ramoneadores, posibilitando la eliminación de rozas y otros materiales orgánicos combustibles.

La misión de la Excma. Diputación de Burgos, de la Consejería de Agricultura de la Junta de Castilla y León, y de la Asociación de Criadores del Caballo Losino es adquirir los mejores ejemplares para evitar su perdida, sin antes haber dejado una descendencia importante, para así conservar e iniciar el proceso de Mejora de la Raza.

Resumiendo diremos que la recuperación y mejora de la Raza ha de ser el objetivo final para conseguir establecer la homogeneización de los caracteres del Caballo Losino y la conservación de este importante patrimonio genético.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. El caballo Losino actual es un animal elipométrico, de proporciones longilíneas, de cabeza alargada y ancha, tronco aplanado, grupa cuadrada y extremidades voluminosas. Estas características contribuyen a la definición de su estándar racial.

2. A pesar de que la tasa de consanguinidad media de la población es baja, se infiere que si no se emplea un tipo de cruzamiento rotativo tanto en machos como en hembras, la consanguinidad media puede verse incrementada de forma alarmante en las próximas generaciones.

3. El que el grupo de sementales con mayor repercusión tenga su origen principalmente en cuatro líneas genéticas, unido al hecho del bajo ICG, nos permite concluir que se puede perder en próximas generaciones más del 50% de las líneas originarias de la población base o fundadora.

4. El bajo Índice de Conservación Genético puede explicarse por el reducido número de animales fundadores, la entrada secuencial de hembras fundadoras en cada uno de los periodos generaciones y las pocas generaciones que se han sucedido desde el inicio de la recuperación de la raza.

5. Las diferencias morfológicas entre ambos núcleos se debe a las nuevas tendencias o "modas" dentro del panorama ecuestre, donde se busca un animal de mayor alzada y envergadura (mayor perímetro torácico, alzada a la cruz y diámetro longitudinal) para su utilización dentro del turismo rural de la zona y en las competiciones deportivas. Estas tendencia se está viendo reflejada con más fuerza dentro del núcleo de Pancorbo, al llevar esta población varias generaciones incorporadas en el programa de conservación de la raza, a deferencia del núcleo de Quincoces cuya incorporación ha sido reciente.

6. Desde el punto de vista de la selección, se concluye que las medidas zoométricas de las alzadas y del perímetro torácico son las que por presentar una mayor heredabilidad nos permiten una selección directa para esos caracteres, pudiéndose obtener un rápido progreso genético.

7. El análisis de los marcadores genéticos, mediante el cálculo de las frecuencias alélicas y de la heterocigosidad media, ha puesto de manifiesto una mayor variabilidad genética del núcleo de caballo Losino de Pancorbo con relación al resto de razas equinas con las que se ha comparado.

8. La comparación entre las dos poblaciones de caballos Losino mediante marcadores genéticos permite establecer un valor de distancia genética superior al que cabría esperar partiendo de la hipótesis inicial del origen filogenético. Esta distancia estimada puede venir a señalar el aislamiento geográfico y reproductivo en el que se han encontrado ambas poblaciones durante muchos años, así como los distintos cruzamientos con otras razas que han sufrido ambos núcleos a lo largo de su historia.

9. De las tres hipótesis del origen de la raza Losina (que sea descendiente del caballo Árabe, que se haya introducido por emigraciones de pueblos del Norte de Europa como los Celtas, o por último que sea un caballo indígena) y basándonos en los resultados obtenidos con el empleo de los marcadores genéticos y apoyándonos en los estudios realizados por diferentes autores en los yacimientos de Atapuerca, podemos afirmar que el caballo Losino es uno de los tres tipos caballares indígenas de la Península Ibérica diferenciándose de las razas Cantábricas y las del sur de la península, poseyendo un origen depurado en una subespecie salvaje que habitó en las montañas de Burgos en los tiempos el Terciario y Cuaternario.

10. Se confirma la influencia histórica que la raza equina Losina ha mantenido en la formación de las razas americanas, a través de la proximidad filogenética encontrada tras el análisis de los marcadores genéticos (polimorfismo bioquímico del suero y DNA) y de las frecuencias de las medidas zoométricas.

11. Del estudio realizado, se concluye que la conservación de la raza Losina se justifica por cumplirse en ella la mayor parte de los criterios que, a nivel internacional, se considera a tener en cuenta como prioritarios para el mantenimiento de una raza.

12. Una vez que se exponen las diferentes medidas a adoptar para la conservación de la raza Losina, se propone como más urgente la recuperación de todos los caballos puros que han estado diseminados en el Norte de la provincia de Burgos, así como la creación de un Centro de investigación, cría y mejora de la raza.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. (1977). Historia del Caballo Castellano. Boletín informativo del Consejo Oficial de los Colegios Veterinarios de Castilla y León. *Ed. Federación de Colegios Veterinarios de Castilla y León*. León. Nº 6, p. 22-25.

Adametz, L. (1943). Zootécnia General. *Ed. Labor*. Barcelona.

Aguilar, P. (1984). Grupos sanguíneos en el caballo español. *Tesis doctoral.* Universidad de Córdoba.

Aguilar, P. y Rodríguez Gallardo P. (1989). Marcadores genéticos en el caballo. II. Grupos Sanguíneos (G.S.) *Medicina Militar* 45: 165-168.

Alderson, G.L. (1990). Preface. In: Genetic Conservation of Domestic Livestock. *Ed. L. Alderson and I. Bodó. CAB International,* Wallingford, 73-84.

Alderson, L. (1981). The conservation of animal genetic resources in the UK. In: *Animal Genetic Resources Conservation and Management. Anim. Prod. and Health Paper No.* 24. F.A.O. Rome. 53-76.

Alderson, L. (1992). A system to Maximize the Maintenance of Genetic Variability in Small Populations. In: Genetic Conservation of Domestic Livestock. Volume 2 . *Ed. L. Alderson and Y. Bodó .CAB International.*

Alexandridis, C. (1995). The Pineia Horse. *FAO. Animal Genetic Resources Information* 16:77-82.

Alonso De Herrera. (1513). Agricultura General.. *Ed. Antonio de Sancha*. Madrid.

Álvarez, A. y Álvarez J. (1987). El Poney Asturcón. *Ed. Mercantil-Asturiana S.A.* Oviedo.

Alves Da Costa, D. (1905). Raças Cavallares da Peninsula e Marcas a Ferro. *Ed. Belenense*. Lisboa (Portugal).

Amos, B., Schlotterer and Tautz, D. (1993): Social structure of pilot whales revealed by analytical DNA profiling. *Science*, 260: 670-672.

Anonimo (1922). Memorias del Concurso Nacional de Ganados, Avicultura, Maquinaria e Industrias Derivadas. *Ed. Asociación General de Ganaderos*. Madrid.

Anonimo (1980). Estudio sociagrario de la provincia de Burgos. *Ed.Caja de ahorros municipal de Burgos*. p. 204-207

Aparicio, G. (1960). Zootécnia Especial 4.ª *Ed. Imp. Moderna*, Córdoba.

Aparicio, J. (1982). Algunas Puntualizaciones sobre el Origen e Historia del Caballo. *Revista El Caballo Español de la Asociación Nacional de Criadores de Caballo Español*, nº 32. Pág.10-18.

Aparicio, J.B., Castillo, J. y Herrera, M. (1986). Características Estructurales del Caballo Español. Tipo Andaluz.. *Ed. Consejo Superior Investigaciones Científicas*. Madrid.

Arán. S. (1959). Caballos, mulos y asnos. *Equinotecnia*. Biblioteca Pecuaria. Madrid.

Arceniaga, A. (1935). La Ganaderia Vasca. Volumen I. *Ed. Excma Diputación de Vizcaya*. Vizcaya.

Ayala, F.J. (1982). Population and Evolutionary genetics. A primer. *Cumnings Publishing Company*, Menlo Park, California.

Ayala, F.J. and Kiger J.K.,(1984). Modern genetics, *2nd Ed. Benjamin Cumings,* San Francisco. California**.**

Baher, A. (1968). Le polymorphisme biochemique des transferines chez le cheval. Quelques aspectes zootechniques, biochimiques et inmunologiques. *These Doct. Vét.* Faculté de Medicine Vétérinaire. Université de Berne. Berne.

Bañuelos, J. (1951). La Ganadería en el Valle de Mena. II Congreso Internacional Veterinario de Zootécnia. *Comunicaciones Científicas*, Tomo III, 436-441.

Baron, M. (1888). Méthodes de reprodution en zootecnhie. *Editions Didot*, Paris.

Belloy, E. (1993). The importance of standardising the evaluation of conformation in the horse. *Equine vet. J*. 28 (6) 429-430.

Bernstein, F. (1925). Zusammen-fassende Betrachtungen über die erblichen Blutsstrukturer des Menschen *Zeitschrift für induktive Abstammungsund Vererbungslehre* 37: 237.

Bodó, I. (1990). The maintance of Hungarian breed of farm animal theatened by extinction. In: *Genetic Conservation of Domestic Lives-tock. Ed. L. Alderson and Y. Bodó CAB Internacional* Wallingford 73-84.

Bodó, Y. (1991). The maintenance of Hungarian breeds of farm animl threatened by extintion. In: L. Aldrson Genetic Conservation of Domestic Livestock. *Ed. CAB International Wallingford.*

Bodó, Y.; Buvanendran, J. and Hodges, J. (1984). Manual for Training Courses on the animal genetics resources Conservation and Management FAO; UNEP; Univ. 68; 2nd vol. nº 264.

Boldman, K., Kriese, L., Van Vleck L., Van Tassell, C.P. and Kachman, S. (1995). A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Italica.

Bowling, A. (1974). A new transferrin phenotype in horses. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet*. 5: 25.

Bowling, A. and Clark R.S.(1985). Blood group and protein polymorphism gene frequencies for seven breeds of horse in the United States. *Animal Blood*. Groups and biochemical Genetics 16, 93-108.

Bowling, A. (1997). Validation de microsatellites markers for routine horse parentage testing. *Animal Genetics* 28, 247-252.

Buchenauer, D. (1992). EAAP Animal Genetic Data Bank, Hannover. Proceeding of a CEC Workshop and Training Course, December 7-9 at the Institute of Animal Breeding and Genetics, School of Veterinary Science, Hannover, Germany.

Buisman, A. and Van Weeren, R. (1982). Breeding and management of *Przewalskii horses* in captivity. pp 77-160. In Bouman, J.; Bouman, Y. and Groeneveld, A. (eds.), *Breeding Przewalskii horses in captivity for release into the wild.* Publ. Foundation for the Preservation and Protection of the Przewalskii Horse. Rotterdam. 243 pp.

Bulmer, M.G. (1990): *The American Naturalits* 195,201-111

Braend, M. (1967). Genetic variation of horse haemoglobin. *Hereditas* 58: 385-390.

Braend, M. and Stormont, C. (1964). Studies on hemoglobin and transferrin types of horses. *Nord. Vet. Med.* 16: 31-37.

Bruns, E., Bierbaum, M., Frese, D. and Haring, H.J. (1978). Die Entwicklung von Selektions-kriterien für die Reitpferdezucht. IV. Schätzung relativer ökonomischer Gewichte anhand von Auktionsergebnissen. *Züchtungskunde, 50:93-100*.

Cabannes, R. et Serain, C. (1955). Etude électrophorétic des hemo-globins des mamiferes domestiques d´Algérie. *C.R. Soc. Bio.* 149: 1193-1197.

Cabrera, A. (1945). Caballos de América: Los caballos de centroamérica. *Ed. Sudamerica*. Buenos Aires. P 129-141

Calder, A. (1927). *Roy. Soc. Edinburgh. Proc*. 47:118-140.

Campo, J. and Orozco, F. (1982). Conservation and genetical study of chicken breeds. *Proc. 2nd. World Congress on genetics Applied to Livestock Prod.* Madrid.

Cañon, J., Checa, M.L., Carleos, G., Vega-Pla, J.L., Vallejo, M. and Dunner, S. (2000). The genetic estructure of Spanish Celtic horse breeds inferred from microsatellite data**.** *Animal Genetics***,** 31, 39-48.

Cardellino, R y Rovira, J. (1987). Mejoramiento Genético Animal. *Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur.* Montevideo (Uruguay).

Casas, N. (1843). Tratado de la Cría del Caballo, Mula y Asno. Principios Generales de Equitación. Parte II . *Ed. R.Calleja*. Madrid.

Castejon, R. (1953). Razas Primitivas Caballares de la Península Ibérica. Sindicato Nacional de Ganadería. *Arch. Zootécnia* 25: 3-10. Córdoba.

Castillo, J. (1975). Raíces de la Raza Caballar Andaluza Española. *Revista de Ganadería,* 387: 427-432.

Castillo, J. (1976). Contribución a la tipificación morfológica en la raza caballar andaluza-española. *Ganaderia*, 396 (año 34): 283-295.

Castillo, J. (1979). Estudio del Caballlo Español, su Origen y Evolución. Zootécnia. Vol. 28. *Ed. Garsi*, Madrid.

Cavali-Sforza, L.L. (1971). The Genetics of Populations. *Ed. W H. Freeman and company*. San Francisco (EEUU).

Cervera, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez, J.M. and Carbonell, **E. (1998).** Atapuerca, un millón de años de historia. Edit. Complutense.Pilot Ediciones. Madrid.

Checa, M.L., Martín, J.P, Gutierrez, J.P. and Dunner, S., (1996). Population structure analysis in Asturcon poney breed based on microsatellite markers and herbook information. *Animal genetics*, 27: (suppl 2) 32.

Checa, M.L., Martín, J.P, Vallejo, M., Vega-Pla, J.L. and Dunner, S., (1998). A note on the characterization of a small celtic poney breed and its relative position when compared to other equine populations. *J. Anim. Breed Genet*. 115: 137-163.

Checa, M.L., Vega-Pla. J.L., García-Atance, M., Vallejo, M. and Dunner, S. (1998). Distribución de la variabilidad genética en población de poneys españoles: resultados preliminares. *Arch. Zootecnia*, 47: 169-174. Córdoba.

Chico, M.D. (1994). Genetic analysis of thorougbreed racing performance in Spain. *Source Journal nº43.*

CNCE and UNIC (1994). Le Cheval de Merens. . *FAO. Animal Genetic Resources Information* 13:73-82.

Cockerham, C.C. (1969). Variance of gene frequencies. *Evolution* 23: 72-84.

Cockerham, C.C. (1973). Analysis of gene frequencies. *Genetics* 74:679-700.

Cothran, E.; Maccluer, L.; Weitkamp; Pfenning D. and Boyce, A. (1984). Inbreeding and reproductive performance in Standardbred horses. *J. of Hered.* 75: 220-224.

Cothran, G. et al (1993). Análisis genético del caballo Chilote de la isla de Chiloe- Chile. *Archivos de veterinaria*. Fac. vet. univ. austral de Chile. vol.xxv. nº 2, 137-145.

Costa, M.D., Bergmann, J. A., Pereira, C.S., Fonseca C.G. and Rezende, A.S. (1998). Estimation of genetic parameters for conformation traits in the Brasileira Pony Breed .Proceeding World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Armidale, Australia.

Crawford, R. (1981). Organitational aspects of animal conservation research-management methods applicable to poultry. *Anim. Prod. Health Papaer*. No. 24 FAO.Rome. 335-348.

Crowell-Daris, S. (1988). Comportamiento, Clínica Veterinaria. *Ed. Intervet*. Zaragoza.

Cuadrado, E. (1968). Corrientes Comerciales de los Pueblos Ibéricos. Estudios de Economía Antigua de la Península Ibérica. *Ed. Vecens*, Barcelona.

Cunninghan, E. (1991). Genética del Caballo Pura Sangre. *Investigación y Ciencia*. 178: 60-67.

De Andrés, D. (1985). Pura Raza Española de Caballos. Comparación con otras razas mediante sus polimorfismos bioquímicos. *Tesis doctoral.* Universidad de Córdoba.

De Andrés, D. and Kaminski, M. (1987). The inheritance of transferrin J in Andalusian horse breed. *An. Genetics* 1: 51-52.

De Juana, F. (1996). Pasado, Presente y Futuro del Caballo Losino. Revista Medio Ambiente, nº 6 : 4-8 . *Ed. Junta de Castilla y León*, Consejería de Medio Ambiente. Valladolid.

De Juana, R. (1995). "Una raza que lucha por subsistir...." *ASAJA.* Revista Campo Regional nº 7 : 13-16. Valladolid.

Diffloth, P. (1927). Razas caballares. *Ed. Salvat*, S.A. Barcelona.

Dobzhansky, T. (1976). Organic and molecular aspects of species formation. *Molecular evolution. 95-105 Sinauer Associates, Inc Sunderland, Mass*

Dohy, J. (1989). Az Állattenyes genetikai alapjai. *Ed. Mezogazdasági-Kiadó*, 303 Budapest.

Dobzhansky, T. (1976). Organic and molecular aspects of species formation. *Molecular evolution. 95-105 Sinauer Associates, Inc Sunderland, Mass*.

Dolvik, N. *and* Klemetsdal, G. (1994). Arthritis in the carpal joints of norwegian Trotter Heretability, effects of inbreeding and conformation. *Livestock Production Science*. Nº 39.

Doolittle, D. (1987). Population Genetics. Basic Principles. *Advanced Series in Agricultural Sciencies Nº 16. Ed. Springer-Verlag.* Germany.

Dowling T.E. and Moore W.S. (1984). A program for estimating genetic variability within and between populations. *Journal of Heredity*. 75:416

Dunner, S., Checa, M.L., Martín, J.P, Gutierrez, J.P., (1998). Inference of genetic diversity studbook information of an endangered celtic pony population. *Genetics, Selection and Evolution*. 30: 397-405.

Dowling, T. and Moore, W. (1984). A Program for estimating genetic variability with and between population. *J. Hered*. 75:416.

Eisenmann,V. (1980). Les Chevaux (Equus sensu lato).Fossiles et actuels: Crânes et dents juagles supérieures. *CNRS*. Paris, Francia.

Ellegren, H., Johansson, M., Sandberg K. and Anderson L. (1992). Cloning of highly polymorphic microsatellite in the horse. *Animal Genétics*. 23, 133-142.

Estonba, A. (1994). Estructura genética y control de genealogías en las razas ovinas Latxa y Carranzana. *Tesis Doctoral*. Univ. del País Vasco. Fac. de Ciencias**.**

Falconer, D. (1960). Introducción a la Genética Cuántica. 3ª edición. *Ed. Logman*. London Univ. Press. Cambridge.

Falconer, D. (1990). Introducción a la genética cuantitativa. 3ª edición, pp 81-86.

Farris, J.S. (1972). Estimating philogenetic trees from distances matrices. *Am. Nat*. 106, 645-668

Ferreras, G. (1935). El caballo de Losa. Ganadería Vasca Volumen I. *Ed. Excma Diputación de Vizcaya*.Vizcaya.

Fisher, R. (1918). The correlation between relatives on the supposition of mendelian inheretance. *Trans. Roy. Roc. Edinburgh.* 52: 399-433.

Fisher, R. (1964). Statistical methods for research worker. 10th de. London. Oliver an boyd.

Fletcher, J. (1945). A genetic analysis of the American Quarter Horse. *J. of Hered*. 36: 346-352.

Fletcher, J. (1946). A study of the first fifty years of Tennesse Walking Horse breeding. *J. of Hered.* 37: 369-373.

Gahne, B. (1966). Studies on the inheritance of electrophoretic forms of transferrins, albumins, pre-albumins and plasma esterases of horses. *Genetics* 53: 681-694.

Gandini, G.; Bagnato, A.; Miglior, F. and Pagnacco, G. (1992). Inbreeding in the Italian Haflinger horse. *J. Anim. Breed. Genet*. 109:433-443.

García, E. (1923). Resumén de Zootécnia especial del caballo. Recopilación de estudios de cría caballar. Jerez de la Frontera.

García, J. (1980). Asturcón. El caballo de los Astures. *Ed. Caja de ahorros de Asturias*. Oviedo.

Guérin, G. et Meriaux, J. (1986). La distribution des marqueurs sanguins dans les races equines. Analyse sur un echantillon de Pur-Sang, Trotteur Francais et Selle Francais. *Proc. 12ème Journee d´etude. CEREOPA, 12 mars 1986. France.*

Guérin, G. et Bertaud, M (1994). Characterization of seven new horse microsatellites HMS1, HMS2, HMS3, HMS5, HMS6, HMS7 and HMS8. *Animal Genetic* 25, 62.

Gill, J. and Harland, M. (1992). Maximal maintance of Genetic Variation in Small Populations. *Genetics Conservation of Domestic Livestock. De. L. Alderson. CAB Internacional.*

Gomez, M. (1959). El caballo Andaluz. *Ed. Tip. Artística*, Cordoba.

Gomez-Raya, L. y Burnside, E. (1989). The effect of repeated cycles of selection on genetic variance, heretability, and response. *Theor. Appl. Genet*. (1990).

Goudet, J. (1995). Fstat v- 1.2 : a computer program to calculate F-statistics. *Journal of Heredity*. Vol. 86, nº 2

Groeneveld, E. (1998). VCE4 v.1.1. Institute of animal Husbandry and Animal Behaviour Mariensee. *Federal Agricultural Research Center (FAL).* D31535 Neustadt. Höltystrasse 11. Germany.

Grondahl, A. y Dolvik, N. (1993). Heretability estimations of osteochondrosis in the tibiotarsal joint and of bony fragments in the palmar/plantar portion of the metacapo and metatarsophalangeal joints of horse. *Am. Vet. Med. Assoc.*

Guérin, G. et Meriaux, J. (1986). La distribution des marqueurs sanguins dans les races equines. Analyse sur un echantillon de Pur-Sang, Trotteur Francais et Selle Francais. *Proc. 12ème Journee d´etude. CEREOPA, 12 mars 1986. France.*

Hardwick, R. (1992). Introductory remarks of a workshop on data collection, conservation and use of farm animal genetic resources. Proceedings of a CEC Workshop and Training Course, Decembrer 7-9 at the Institute of Animal Breeding and Genetics, School of Veterinary Science, Hannover, Germany.

Hedrick, P.W. (1975). Genetic similarity and distance: comments and comparisons. *Evolution* 29:362-366.

Hill, W. (1972). Effective size of population with overlapping generations. *Theor. Popul Biol.* 3: 278-289.

Hill, W. (1979). A note on effective population size with overlapping generations.*Genetic* 92: 317-322.

Inoue, M. and Takemata, O. (1993). Japanese macaque microsatellite PCR primers for paternity testing. *Primates*, 34: 37-45.

Janini, R. (1924). Selección de Estudios de Cría Caballar. *Ed. Vives-Mora*. Valencia.

Jeffcott, L., Rossdale, P., Freestone, L., Frank, C. and Tower-Clark, P. (1982). An assessment of wastage in Thouroughbred racing from concepcion to 4 year of age. *Equine vet. J*. 14, 185-198.

Jewell, P. (1971). The case for the preservation of domestic livestock. *Vet. Rec.* 89, 524-527.

Jimenez, M. (1992). EL caballo en Andalucía. Orígenes e Historia, cría y doma. *Ed. Agrotécnicas*. Madrid.

Jordana, J. y Parés, P.M. (1999). Relaciones genéticas entre razas ibéricas de caballos utilizando caracteres morfológicos. (prototipo raciales). *Animal Genetic Resources Information*, FAO 26, 75-94.

Juneja, A.; Gahne, B. and Sandberg, K. (1978). Genetic polimorphism of the vitamin D binding protein and another post-albumin protein in horse serum. *Anim. Blood. Grps. Biochem. Genet Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.* 9: 29-36.

Kaminski, M.; Buoquet, Y.; Van de Weghe, A. et Podliachouk, L. (1974). Ontogenèse des marqueurs génétiques sanguins chez le cheval. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 6:195-210.

Kimura, M. and Crow, J. (1963). The measurement of population number.*Evolution.* 17: 279-288.

Kimura, M. and Crows, J.F. (1964). The nember of alleles that can be maintained in a finite population. *Genetics* 49, 725-738.

Kaminski, M. et De Andrés Cara, F., (1984). Répartition des variants alléliques au locus A1B (préalbumine) chez quelques races de chevaux. *Revue Méd. Vét.* 135: 611-620

Kelly. L, (1999). Análisis de marcadores genéticos en caballos criollos del Uruguay. Comparación con otras razas. *Tesis Doctoral*. Montevideo. Uruguay.

Kidd, K.; Stone, W.; Crimella, C.; Carenzi, C.; Casati, M. and Rognonit, G (1980). Immuno-genetic and population genetic analyses of Iberian cattle. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet*. 11: 21-38.

Kimura, M. and Crows, J.F. (1964). The nember of alleles that can be maintained in a finite population. *Genetics* 49, 725-738.

Klemetsdal, G. **(1994):** Application of standardized, accumulated transformed earning in breeding of Norwegian trotters. *Livestock Production*. Edinburgh.

Koenen, E.P., Van Veldhuizen, A.E. and Brascamp, E.W. (1995). Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science, nº 43.*

Koreth, J. O´Leary J.J. and O´D Mc Gee, J., (1996). Microsatellites and Pcr genomics analysis. *Journal of Pathology* 178. 239-248.

Lacy, R.C. (1987). Los of genetic diversity from managed populations: interacting effect of drift, mutation, inmigration, selection and subdivision population. *Conserv. Bioloy* 1: 143-157.

Lacy, R.C. (1989). Analysis of Founder Representation in Pedigrees: Founder Equivalents and Founder Genome Equivalents. *Zoo Biology* 8:111-123.

Land, R.B. (1986). Genetic resources requeriments under favourable production marketing systems: priorities and organisation. *In: 3 Wordl congress on Genetivs Applied to Livestock Production*, Vol. XII, Univ. of Nebrasca, Lincoln (USA). 486-491.

Landsteiner, K. and Miller, C. (1924). On individual differences of the blood of chickens and ducks. *Proc. Soc. Exp. Bio. (New York).* 22: 100-102.

Langlois, B. (1982). L´heretabilité des performances chez le Trotteur. I.N.R.A., *Station de Genétique quantitative et appliqueé Centre de Recherche zootechniques*, 78350m Jouy-en-Josas.

Lasley, J. (1987). Genética Equina. *Edit. Hemisferio Sur*.

Lasley, J. (1991). Genética del Mejoramiento del Ganado. *Ed. Unión Tipográfica Hispano América.* Mexico.

Latter, B. (1959). Gentic sampling in a random mating control population of constant size and sex ratio. Australian J. *of Biol. Sci*. 40: 500-505.

Lee, K.J. Park, K., Kang, M., Kim, D. and Moon, Y. (1995). Estimations of genetic parameters of racing performance of thoroughbreed horse. *Korean J. Anim. Sci*.

Legates, J. and Warwick, J. (1992). Cría y mejora del ganado. *Ed. Mcgraw-Hill*. Mexico.

Li, C. and Horvitz, D. (1953). Some methods of estimating the inbreeding coefficient. *Am. J. Human. Genet*. 5: 107-117.

Lion, R. (1970). La cría caballar en Santander. *Ed. Instituto Cultural de Cantabria*. Diputación Provincial de Santander. Santander.

Liitt, M, and Luty J.A. (1989). A hypervariable microsatellite revealed by in vitron amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene. *American Journal of Human Genetic* .44, 397-401

Lush, J. (1940). Intransire correlations or regressions of offspring on dam as a method of estimating heritability of characteristics. *Proc. Amer. Soc. Animal Prod*. 1940: 293-301.

Lush, J. (1945). Animales Breeding Plans. 3rd Ed. Iowa State College Press, Ames, Iowa, 433 pp.

Llamas, J. (1985). Caballo Español, Caballo de Reyes. *Ed. Talleres del servicio geográfico del ejercito*. Madrid.

Madariaga, B. (1963). Estudio zootécnico de las pinturas Rupestres de la región Cantabrica. *Ed. Zephyrus*. Santander.

Magnusson, **L.E. (1985).** Studies on the conformation and related traits of standardbred Trotter in Sweeden. Ph. D. Thesis, *Swedish University of agricultura Sciencies*, Skara, Sweden, 165 pp.

Maguregui, B.; Albizua, J.J. y Gomez, M. (1992). Estudio de las características zoométricas y fanerópticas del poney vasco. *Revista Feria Internacional Ganadera Quinto Centenario.* Sección Equino. Zafra, Badajoz.

Magnusson L.E. and Thafvelin, B. (1985). Studies om the conformation and related traits of standardbred trotter in Sweedwn. The varations in conformation of the standardbred trotter. Pp 1 (II)- 36 (II) in Magnusson, L.E. (eds). Thesis, *Swedish University of agricultura Sciencies*, Skara, Sweden, 165 pp

Maijala, K. (1974). Conservation of animal breeds in general. *Proc. 1st Wordl Congress on Genetics Applied to Livestck Production,* Madrid. Vol 2: 37-46.

Maijala, K. (1982). Conservation of animal breeds in general. *Proc. Ints. Wordl Congress on Genetic Applied to Livestok Production,* Madrid. vol. 2 37-46.

Maijala, K., Cherekaev, A.V., Devillard, J.M., Reklewski, Z., Rognoni, G., Simosn., D.L. and Stane, D.E. (1984). Conservation of animal genetics resources in Europa. Final report of an E.A.A.P. working party. *Livestock Productin Science* 11:3-22 .

Maijala, K. (1987). Posible role of animal gene resources in production, natural environment conservation, human pleasure and recreation. In: Hodges J ed. *Animal genetics resources. Strategies for improved use and conservation*. FAO animal Production and Heald, Paper 66, Rome, 205-215.

Maluquer, J. (1967). La España de la Edad de Hierro. *Ed. Inst. Esp. Antropol. Aplic*. Madrid.

Marklund, S., Ellegren, H., Eriksson, S. and Andersson, l. (1994). Parentage testing and linkage analysis in the horse using a set of highly polymorphic microsatellites. *Animal Genetic* 25, 19-23.

Marques De Negron, J. (1931). Recopilación de Estudios de Cría caballar. Madrid.

Martelo, M.J. (1992). O cavalo de desporto em Portugal. Apresentaçao e análise de regimes alimentares praticados. II Aspectos biométricos e ponderais avaliados em animais adultos. Relatório de estágio do Curso de Engenheiro Agrónomo, *Universidad Técnica de Lisboa*, Lisboa, 204 pp.

Martín, J.P, Checa, M.L., Cañon, J., Vega-Pla, J.L. and Dunner, S. (1996). Genetic variability and paternity testing in the Asturcón poney breed based on microsatellite markers. *Animal Genetics* 27: (suppl 2) 34-35

Martínez, J.; Valera, M. and Molina, A. (1996). El Caballo Losino. *Animal Genetic Resources Information*, *FAO* 19:17-29.

Martínez, J. (1998). La raza autóctona del caballo Losino: caracterización morfométrica y genética.. *Tesina de Licenciatura*. Departamento de Genética. Univ. de Córdoba.

Martínez, J.; Valera, y Molina, A. (1999). El Caballo Losino: estudio morfológico de la raza. Boletín de la Sociedad española para los Recursos Genéticos Animales, SERGA. *El Arca.* Nº 3, volumen 1. 34-46.

Martínez, J.; Yanes, J.E. y Alonso de la Varga, M.(1999). Razas Equinas en Castilla y León. *Ed. Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León.*Valladolid.

Mason, I. (1969). World Dictionary of Livestock Breeds Tipes and Varieties. *Ed. Comnonwealth Agricultural Bureaux*. Edinburg, Scotland.

Matos, C. et Bettencourt, C. (1994). Preservaçâo da variabilidade genética em pequenas populaçôes de animais domésticos. Revista Portuguesa de Zootecnia. 1: 49-58.

McCluer, J.; Boyce, A.; Dyke, B.; Weitkamp, L.; Pfenning, W. and Parsons, J. (1983). Inbreeding and Pedigree Structure in Standardbred Horses. *J. Hered.* 74:394-399.

McCluer, J.; Vanderberg, J.; Read, B. and Ryder, O. (1986). *Zoo Biology* 5:147-160.

Miller, M.P. (1998). TFPGA (Tools for Population Genetic Analyses). A Windown program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data. V.1.3. *Dep. of Biological Sciences Northen Arizona University*. Box 5640. Flagsteff, Az. 86011-5640

Molina, A. Franganillo, A. y Valera, M. (1995). Análisis de los niveles de Consanguinidad en la Raza Retinta. *Arch. Zoot*. 44: 257-265.

Molina, A., Valera, M., Dos Santos, M. and Franganillo, A. (1999). Genteic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Livestock Production Science* 60. 295-303

Monteiro, J. (1983): O cavalo lusitano. Contributo para o seu estudo. Boletin Pecuário, año XLIX: 3-205

Morsch, G. and Leibenguth, J. (1993). DNA fingerprinting of the deer, capreolus capreolus.L. *Comp. Biochem Phys*. 104B: 229-233.

Moureaux, S.; Verrier, E.; Ricard, A. and Mériaux, J. (1996). Genetic variability within French race and riding horse breeds form genealogical data and blood marker polymorphisms. *Genet. Sel. Evol.* 28:83-102.

Nagylaki, T. (1998). Fixation indices in subdivided populations. *Genetics* 148: 1325-1332.

Nei, M. (1972). Genetic distance between populations. *American Naturalist*. 106: 283-292.

Nei, M. (1975). Molecular population genetics and evolution. *North-Holland Publishing Company,* Amsterdam

Nei, M. (1976). Mathematical models of speciation and genetic distance. *Populations Genetic and Ecology*. 723-765. *Academic Press,* New York.

Neiman-Sϕrensen A. (1956). Blood groups and breed structure as exemplified by three Danish breeds. *Acta Agric. Scand*. 6:115-137.

Nobis, D. (1974). Origen, domesticación y prehistoria del caballo doméstico. *Noticias Medico-Veterinaria BAYER* Nº 3 215-230. R. Federal Alemana.

Nozawa, K., Shotake,T., Ito,S. and Kawamoto, Y.(1998): Philogenetic Telationships among Japanese Native and Alien Horse Estimed by Protein Polymorphisms. *Journal of Equine Science*.Vol 9, nº 2.53-69.

Ojala, M. (1987). Heritabilities of annually summarized race records in trotter. *Journal Animal. Sci*, 64: 117-125.

Ojeda, R y Vélez, J. (1995). Animales, carros y transporte tradicional en lahistoria de Miranda de Ebro. *Ed Instituto Municipal de Historia, Fundación Municipal de Cultura.* Miranda de Ebro. p. 44-47.

Oki, H., Sasaki, Y. and Willhan, R.L. (1995). Genetic parameter estimates for racing time by restricted maximun likelihood in the thoroughbred horse of Japan. *J. Anim. Breed. Genet. 112.*

Oldenbroek, J.K. (1999). Genebanks and the conservation of farm animal genetic resources. *Institute for animal Science and Health*. P.O. Box 65. 8200 AB Lelystad. Netherlans.

Olech, W. (1984). Poject of the breeding system of gene pool conservation for Hucul horse in Poland. *Genetica Polonica.* 25 (2): 181-186.

Oom, M. (1992). O Cavalo Lusitano. Uma Raça em Recupeaçao. *Tesis Doctoral*. Universidad de Lisboa.

Oom, M.; Costa Ferreira, J. and Cothran, E. (1991). Inbreeding reproductive sucecess and genetic variation in the Sorraia horse of Portugal. *Animal Genetics*. 22 (Suppl. 1): 22-23.

Oom, M. and Cothran, E. (1994). The genetics variation of an endangered breed ; the sorraia horse. *Animal Genetics* 25 (supp. 2), 15.

Oom, M. and Cothran, E. (1996). Preliminary study of genetic variation of feral poney from portugal: the Garrano. *Animal Genetics* 27 (suppl. 2), 35.

Orozco, F. (1985). Algunas ideas sobre el concepto de razas en animales domesticos *Comunicaciones I.N.I.A.* Serie producción animal nº 10.

Ortega, J. (1974). Transformación de un Espacio Natural. Las montañas de Burgos. *Ed Univ. de Valladolid*. . p. 383-385

Ouragh, L., Mériaux, J.C. and Braun J.P. (1994), Genetics blood markers in Arabian, Barb and Arab-Barb Horse in Morocco. *Animal Genetics* 25: 45-47.

Pares, I.; Casanova, P.; Reguant, J, y Pares Y Casanova, R. (1994). Algunas medidas e índices clásicos en cráneos de caballos de raza Bretona Ceretana. *A.Y.M.A.* nº 34: 47-50.

Pascual, I. e Intxausti, J.I. (1998). La raza poney vasco Pottoka en Bizkaia: Estudios zoométricos y fanerópticos. *Sustrai* 48:40-43

Pearson, K. (1904). On a generalized theory of alternative inheritance with special reference to Mendel´s laws: *Phil. Trans. Roy. Sov. 203: 53-86.*

Pirchner, F. (1968). Populacio genetika az Allateny´esztésben. *Mezogazdasgi. kiado.* Budapest.

Plinio (s.I). Corpus Hipiatricorum Graecocorum. II, CXXIII, III.

Podliachouk, L. (1975). Les antigènes de Groupes Sanguins des Equidés et leur Transmission Héréditaire. *Thèse Doct. És-Sci.* Université de Paris.

Preisinger, R., Wilkens, J., Kalm, E. (1991). Estimation of genetic parameters and breeding values for conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications. *Livest. Prod. Sci., 29:77-86.*

Prieto, M. (1878). La ganaderia en el Valle de Losa. Recopilación Agrícola y Ganadera de la provicia de Burgos. Diputación provincial.

Ricardeau, G. et Flamant, Y. (1976). Mainters de la variablité genetique et conservatin des races ovines francaises. Moneo-grafía, p.p. 67-87.

Ridgeway, W. (1903). The origin of the thoronghbreed horse. *Ed*. Philos. Soc., 111:141.Cambridge.

Robertson, A. **(1965).** The interpretation of gentypic ratios in domestic animal populations. *Anim. Prod*. 7: 319-324

Rodero, E. ; Delgado, J. ; Rodero, A. y Camacho, E. (1994). Conservación de Razas Andaluzas en Peligro de Extinción. Monografía 11/94 . *Ed. Consejería de Agricultura y Pesca.* Junta de Andalucia.

Rodero, A.; Garzón, R. y Llanes, D., (1980). Análisis de la Variabilidad en Poblaciones Ovinas Españolas. A*rch. Zootec*. 29: 51-62.

Rodero, E. De la Haba, M.R. , Rodero.,A. (1997). Genetics study of Andalusia´s ovine and caprine breeds. *Journal Anima lBreed Genet*. 114, 143-161

Rodríguez-Gallardo, P.P. y Aguilar, P. (1989). Marcadores genéticos (M.G.) en el caballo: III. Aplica-ciones. *Medicina Militar*. 45: 502-508.

Rodríguez-Gallardo, P.P. (1992). Estudio comparativo preliminar del caballo Pura Raza Español (P.R.E.) con otras razas mediante el, polimorfismo sanguíneo. Medicina Militar 48, 78-83.

Rogers, J. (1972). Measures of genetic similarity and genetic distance. *Studies in Genetics VII. University of Texas* 7213: 145-153.

Rognoni, G, (1981). Defence of animal genetic resources. FAO / UNEP. *Technical Consultation.* Rome: Manuscript 7, p.

Saastamoinen, M., Suontama, M., Ojala, M. (1998). Heritability of conformation traits and their relationships to racing performance in the Finnhorse Trotter. Proc. 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Armidale. Australia.

Sainz, M. (1933). El caballo de raza Losina. *La Nueva Zootécnia*, nº 22.

Sainz de Baranda, J. (1947). El Valle de Losa, notas para su historia. Boletín de la Institución de Fernan González. *Ed. Excma Diputación de Burgos*. año XXVI; nº 99, p 387-393.

Sainz de Baranda, J. (1950). El Valle de Losa, notas de su ganadería. Boletín de la Institución de Fernan González. *Ed. Excma Diputación de Burgos*. año XXVI; nº 99, p 387-393.

San Valero, J. (1954). El Neolítico Europeo y sus Raices. *Cuaderno de Historia Primitiva* (1-2): 20-60.

Sánchez-Belda, A. (1999). Las otras razas caballares autóctonas de España. Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto. *FEOGA.* nº 16, año VII. p. 46-51

Sánchez, L.; Iglesias, A. y Fernandez, A. (1996). Caballo Gallego de Monte. *FAO Animal Production and Mealth* 19: 51-63.

Sánchez, L. (1998). La conservación de los recursos genéticos de las razas en vías de extinción en España. *Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto* (FEAGAS). Nº 14, año VI, julio/diciembre. 14-22.

Sandberg, K. (1973). The D blood group system of the horse. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet*. 4: 79-82.

Sandberg, K. (1973). The D blood group system of the horse. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet*. 4: 79-82.

Sandberg, K. (1974). Blood typing of horses: Current status and application to identification problems. *Proc. 1st World Con-gress Genet. Appl. Liv. Prod.* Madrid 253-265.

Sandberg, K and Bengtsson, S. (1972). Polymorphism of haemoglobin and 6-phospho-gluconate deshydrogena-se in horse erythrocytes. *Proc. XIIth Eur. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Polymorph.,* Budapest, 1970, pp. 527-531.

Santos, A. (1940). Caballos, Mulos, Asnos. Equinotécnia. *Ed. Yagues*. Madrid.

Satué, K. (1996). Estudio de la poblaciones de caballos de Españoles y Árabes de la Yeguada Militar del Estado Español. *Tesina de Master de Equinotécnia.*

Schwark, H., Petzold. P., Nörenberg, I. (1988). Untersuchungen zur Auswahl von Selektionskriterien bei der Weiterentwicklung der Pferdezucht der DDR. *Arch. Tierz., Berlin, 31:279-289.*

Silvestrelli, M., Cristofalo, C., Pieramati, C., Miraglia, N. and Capua, Y. (1989). Preliminary selection results and breeding programme of the Maremmano horse: Main Italian breed used for saddle horse production. *40th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Dublin*.

Simon, D. (1991). Ausschuss der Deutschen Gesellschath für Züchtungskunde zur Erhaltung Genetischer Nutztieren. *Züchtung-skunde* 426-430.

Simon, L. (1984). Conservation of animal Genetic Resources. A. Review. *Livest. Prod Sci.* 11: 23-36.

Skorkowski, J. (1974). Kon W. Czaste y Przestrzei. *Ins. Zootech*. Warsawa.

Smithies, O. (1955). Zone Electrophoresis in Starch Cells group variations in the serum proteins of normal human adults. *Biochem. J.* 61: 625-641.

Smith, C. (1984). Estimated costs of genetic conservation in farm animal, FAO *Animal Production and Health Paper* 41 (1): 21-30.

Sotillo, J. y Serrano, V. (1985). Producción animal. Etnología Zootécnia.Tomos I y II. *Ed. Artes Gráficas* Flores. Madrid.

Sponenberg, P. (1992). The colonial spanish horse in the USA: Histiry and current status.*Arch. Zootec.,*41 (154): 337.

Sprenger, K.U. Schwark, H.J. and bergfeld, U. (1993). Estimation of breeding values of riding horse on the basis of competion records. *Zuchtungskunde*. Vol 65.

Stalling, R.L. et al (1991). Evolution and distribution of (GT)n repetitive sequences in human genomes. *Genomics*, 10. 807-815.

Stormont, C. and Suzuki, Y. (1964). Genetic systems of blood groups in horses. *Genetics* 50: 915-929.

Steele, D. (1944). A genetic analysis of recent thoroughbreds, stan-dardbreds, and American saddle horses. *Bull. Kentucky Agric. Exp. Stn*. No. 462, 27 pp.

Takezaki, N. and Nei., M (1996). Genetic Distances and Reconstruction of Phylogenetic Trees Froom Microsatellite DNA. *Genetics*, 144: 389-399.

Tateno, Y. (1982). Molecular evolution, protein polymorphism and the neutral theory. *Japan Scientific Societies Press*, Tokio. Spring-Verlag, Berlin.

Trommershause-Smith, A. and Suzuky, Y. **(1978).** A new allele in the prealbumin system of horse serum markers. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet*. 9:97-104

Undy-Yule, G. (1906). On the theory of inheritance of quantitative compound character on the basis Mendel´s law. A preliminary note. *Report of third International Conference on Genetic,*140-142.

Valera, M.; Molina, A. y Rodero, A. (1995). Mejora Genética del Caballo. En Al Andalus y el caballo. *Ed. Sierrra Nevada 95. El Legado Andalusí Lunwer Editores*. Granada.

Valera, M. y Molina, A. (1995). Estudio de la Influencia de Sementales Fundadores en la Yeguada Cartujana del Hierro del Bocado. Primer Premio de Inves-tigación Veterinaria *Jornadas Militares*. Madrid.

Valera, M. y Molina, A. (1996). Análisis del Nivel de Influencia Cartujana en la Población del Caballo de Pura Raza Española. *Monografía del Colegio de Veterinarios de Cádiz y Ceuta,* (En prensa).

Valera, M.; Vega-Pla, J.; Rodriguez-Gallardo, P. y Molina, A. (1996). Biochemical polymorphisms and blood groups systems from the Cartujana strain of Pure Spanish Breed horses (Andalusian horses). *XXVth International Conference on Animal Genetic.*

Valera, M.; Molina, A. Y Satué, K. (1996a). Influencia del nivel de consanguinidad en la población ganadera del caballo de P.S.á (Pura Sangre Árabe) en España. VI Congresso de Zootécnia. Nov. 1996. Evora.

Valera, M.; Molina, A. y Satué, K. (1996b). Estudio comparativo de la evolución del nivel de endogamia en las poblaciones de caballos de P.S.á. (Pura Sangre Árabe) y P.R.E. (Pura Raza Español) en la Yeguada Militar del Estado Español. VI Congresso de Zootécnia. Nov. 1996. Evora.

Valera, M. (1997). Mejora Genética del Caballo de P.R.E. de Estirpe Cartujana. *Tesis Europea*. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.

Valera, M.; Molina, A. y Rodero, A. (1998a). Índice de Conservación Genético en la Estirpe Cartujana del Pura Raza Español. A*rch. Zootec. (In press)*.

Valera, M.; Molina, A. y Rodero, A. (1998b). La endocría en la Estirpe Cartujana del Pura Raza Español. A*rch. Zootec. (In press)*.

Valera, M.; Martínez, J. y Molina, A. (2000). Estudio de la variabilidad genética de la raza equina el caballo Losino**.** A*rch. Zootec. (En prensa)*.

Van Bergen, H., Van Arendonk, J.(1993). Genetic parameters for linear type traits in Shetland Ponies. *Lives. Prod. Sci. 36: 273-284*

Van Haeringen, H. Bowling A.T., Stott, M.L., Lenstrat, J.A.(1994). A highly polymorphic horse microsatellite locus:VHL20. *Animal Genetics* 27, 215.

Varios (1987). Morfotipo del Caballo Losino. Asociación Española de Ciriadores de Caballo Losino. Burgos.

Varios. (1992). La Cría Caballar en España. *Ed. Darley, S.A.*. Barcelona.

Vega-Pla, J.L. (1993). Grupos sanguíneos del Caballo de Pura Raza Española. Comparación con otras razas y su aplicación al control de filiación. *Tesina de Licenciatura. Dep. de Genética.* Universidad de Córdoba.

Vega-Pla, J.L., Garrido, JJ., Dorado, G., de Andrés-Cara, D. (1996) Three new polymorphic equine microsatellite: HLM2, HLM3, HML5. *Animal Genetics*. 27: 215

Vega-Pla, J.L: (1996). Polimorfismo de ADN equino. Obtención de marcadores moleculares y su aplicación al control de filiación. *Tesis Doctoral. Dep. de Genética.* Universidad de Córdoba.

Vega-Pla, J.L., Molina, A., Valera,M., Rodriguez-Gallardo, P.(1997). El poney Asturcón**.** *Animal Genetic Resources Information*, *FAO*

Vega-Pla, J.L y Rodriguez, P.P(1998). Investigación biológica de la paternidad en caballos con secuencias microsatélites de ADN. *Ed. Medicina Militar*.

Vega-Pla, J.L. (1999). Las técnicas de ADN aplicadas a la identificación, control de paternidad equina y futuros planes de selección de reproductores.. Comunicación personal.

Von Butler, I. (1987). Genetic parameters for conformation traits in the Bavarian Heavy horse "Süddeutsches Kaltblut". *Proc. 38th annual meeting EAAP. Lisbon Vol2:1350-1351.*

Von Den Driesch, A. (1976). A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum* Vull. 1. Harvard.

Weber, J.L. and May P.E. (1989) Abundant class of human DNA polymorphism which can be typed using the polymerase chain reaction. *American Journal of Human Genetics*. 44, 338-396.

Weinberg, S. (1910). Weitere Beitrage zur Theorie der Vererbung. *Archuv. für Rassen und Gesellshabilogie.* 7: 35-49, 169-173.

Weir, B.S. and Cockerham C.C.(1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38. 1358-1370.

Weir, B.S.(1990). Genetic Data Analysis. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.

Willham, R. and Wilson, D. (1991). Genetic prediction of racing performance in quarter horses. *Journal Anim. Sci*. Nº 69**.**

Wortley, J. (1908). The horse in Health and Disease. *Gresham*, London. Pp 27-28.

Wright, S. (1921). Systems of mating. *Genetics*, 6 111-178.

Wright, S. (1922). Coefficients of inbreeding and relationship. *Amer. Nat*. 56: 330-338.

Wrigth, S. (1931). Evolution Mendelian Populations. *Genetics*. 16: 107-111.

Wright, S. (1969). Evolution and the genetics of populations. Vol 2. *The theory of gene frequencies*. University of Chicago Press.

RESÚMENES

RESUMEN

El caballo Losino, poney sp. Losino según Masón, recibe su denominación del área original de cría, el Valle de Losa, en el Norte de la provincia de Burgos (España). Es la única raza caballar autóctona de Castilla y León y se encuentra relacionada geográficamente e históricamente con otras razas autóctonas derivadas del tronco Cantabro-Pirenaico: el Garrano Portugués, el Faco Gallego, el caballo Asturcón, el caballo Navarro, el Pottoka Vasco y el caballo de Merens.

Tuvo mucha importancia el caballo Losino en la historia, así durante la Edad Media ocupo un lugar importante en la Reconquista donde condujo a la unión de los reinos de España y posteriormente participo en la Conquista de América. La raza Losina mantuvo sus efectivos hasta los años 50 pero posteriormente su censo descendió hasta llegar en 1986 a los límites más críticos de su historia (alrededor de 30 ejemplares). En este año, en vista de la alarmante situación, se inició un proyecto de recuperación de la raza, creándose en Pancorbo (Burgos) el primer Centro de Cría y Selección del caballo Losino. El Estado consciente de la importancia de recuperar las numerosas razas autóctonas, crea la concesión de una serie de ayudas destinadas a fomentar la cría y recuperación de esta raza (Real Decreto del 10 de Abril de 1995) y la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León crea el Libro Genealógico de la Raza Equina Losina (Orden de 30 de Octubre 1998).

El objetivo de este trabajo ha sido caracterizar a la población actual de caballos Losinos con el objetivo de permitirnos con mayor conocimiento la variabilidad genética de la raza a la hora de establecer un programa de conservación racial.

Para la caracterización etnológica de la raza se tomo medidas zoométricas a una muestra de 75 caballos Losinos con la suficiente doma para las necesidades requeridas y correspondientes principalmente a los 2 núcleos de caballos Losinos (Pancorbo y Quincoces) localizados ambas en la provincia de Burgos. El análisis de la medidas zoométricas nos ha puesto de manifiesto que nos encontramos con un animal con proporciones mayores que el grupo de poneis del Norte de la Península Ibérica para caracteres como las alzadas, diámetro longitudinal y perímetro de la caña y por el contrario posee el menor diámetros bicostal, variando pues la constitución pequeña y redondeada propia de los poneis, asemejándose a la constitución morfoestructural de los caballos de silla.

La heredabilidad de las medidas zoométricas varía entre 0,36 para el perímetro de la caña a 0,94 para la alzada a la grupa. Las mayores correlaciones genéticas se producen entre el grupo de alzadas y entre las alzadas y otras medidas relacionadas con el volumen

y longitud corporal, poniéndose de manifiesto la tendencia a la proporcionalidad de la raza.

Para la caracterización genética a través del pedigree se han informatizado los datos genealógicos de cada uno de los animales incluidos en el Libro Genealógicos de la Raza. La consanguinidad media de la población de caballos Losinos fue de 1,4% y el número efectivo de fundadores (G.C.I.) arroja un valor de 2,03. Al ser una raza que acaba de dar los primeros pasos dentro del proceso de recuperación, aún sólo tenemos 4 generaciones conocidas, se observa que el grado de completez de cada una de las generaciones va sufriendo un paulatino descenso conforme nos acercamos a la población base o fundadora.

A la caracterización genética ha contribuido el estudio de los marcadores genéticos (Polimorfismo bioquímico del suero y de microsatélites del DNA). Para determinar la variabilidad genética intrapoblacional entre los 2 núcleos de la raza Losina (Pancorbo y Quincoces) se estimó el Índice de Heterocigosidad medio esperado, el cual presento un valor medio para ambas núcleos de 0,412 para los 10 *loci*s de Polimorfismo bioquímico, y de 0,733 para los 10 microsatélites, siendo el índice de fijación de Wright de 0,025, este resultado permite afirmar que el caballo Losino tiene una variabilidad genética media-alta producto por una parte a por el tipo de recuperación llevada a cabo en el núcleo de Pancorbo donde se incorporaron al programa de conservación todos los animales de la provincia de Burgos que se ajustaban al patrón racial descrito y por otro lado al cruce que durante años se vino realizando en el núcleo de Quincoces con caballos de distintas razas (PRE, Árabes y Postier-Bretón). La importancia o contribución del caballo Losino en la Conquista y Colonización de América queda reflejada por su proximidad genética con razas como el Paso Fino, Cuarto de Milla o el Caballo Chilote.

A través de los distintos estudios de caracterización se confirman las diferencias raciales entre los dos núcleos que coinciden con zonas geográficas, existiendo los caballos Losinos “de zona de montaña” (Pancorbo) y caballos “de zona rural” (Quincoces), en las comarcas más montañosas de la geografía castellana, con diferencias fenotipicas y genotípicas significativas. Por todo esto, la raza de caballo Losino del núcleo de Pancorbo tendría un origen depurado en una subespecie salvaje que habito las montañas de Burgos y podría ser uno de los tres tipos caballares indígenas de la Península Ibérica, diferenciándose de las razas Cantábricas y las del sur de la Península, mientrás que el núcleo de Quincoces se encuentra más emparentado con las razas equinas del Norte de España.

SUMMARY

The Losino horse, (Pony sp.), Losino by Mason, has the name from the area where is bred, the Losa valley, in the north of Burgos (Spain). It is the only original horse from the region of Castilla Leon and is historically and geographically related to other original breeds from the Cantabrian-Pyrinean branch: "Garrano Portugués", Faco Gallego, Asturcón, Navarro Horse, Pottoca Vasco and the Merens Horse.

The Losino horse was very important in the history, during the Middle Ages had an important participation in the Reconquest of Spain and later in the colonization of America. The Losino breed kept its population for years until 1950 but later suffered a drop to 86 heads leaving only 30 horses left. In this year due to the difficult situation, a new project to recover the Losino breed started in Pancorbo (Burgos), the first Center of development for the Losino horse. The government recognized the importance of this situation, started a number of actions to improve the Losino situation (decree-law, April 1995) and similar action was taken by the local government by starting the first Stud Book for the Losino horse (October 1998).

The objective of this study is to assess the current situation of the Losino breed and the development of the different needs to put in place the right program for the conservation of the breed.

For the ethnologic characterization of the Losino breed we took zoometric samples from a population of 75 horses out of two different nuclei (Pancorbo and Quincoces) both located in the province of Burgos. The Analysis of the zoometric measurements shows the we are facing a bigger animal than similar ponies from the north of the Iberian Peninsula, like in height, diameter, etc, with special similarity to normal riding horses.

The inherited zoometric measures are from 0.36 for the shaft's perimeter to 0.94 for the croup height. The mayor genetic correlations are related to the body length, height and volume, showing tendency in the breed's proportion.

For the genetic characterization of the breed, we have computerized all data from each of the animals included in the book. The GCI has a value of 2.03 and the blood correlation is 1.4 %. Since this breed is giving the first steps in their recovery, we only have 4 known generations, but we observed that the degree of completeness is suffering a decrease when we get closer to the beginning.

The genetic markers studies have contributed to the genetic characterization (Biochemist Polymorphism and DNA microsatellites). To calculate the genetic

intrapopulation variability between two different breed nuclei of the Losino horse (Pancorbo and Quincoces), we estimated the average Heterocigosity index, with a value of 0.412 for both nuclei of the 10 Loci of biochemical polymorphism, and 0.733 for the 10 microsatellites, with a Wright index of 0.025. With this result we can confirm that the Losino Horse has a medium-high genetic variability. This has been achieved due to the effort made in the Pancorbo area by the conservation program which was adjusted to the breed's standard already described and also because of the croosbreeding with PRE, Arabic and Postier-Breton horses. The contribution of the Losino horse in the colonization of America is reflected in the proximity with other breeds like the Paso Fino, Quarter mile or the Chilote horse.

After more deep studies, we have found that there are two different nuclei in the same geographic zone, one is from the "high areas" (Pancorbo) and the other from the Rural areas (Quincoces) in the region of Castilla with genotypical and phenotypical differences. With all this information the Losino horse from the Pancorbo area has arised from a wild habitat in the mountains of Burgos and it could be one of the most ancient horses from the Spanish peninsula, differentiating from the Cantabric breeds and the breeds from the south of Spain. The Quincoces nuclei is more related to the horse breeds of the North of Spain.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Losino-Pferd, Pony sp. Losino gemäß Masón, bekommt seinen Namen aus dem ursprünglichen Zuchtgebiet, dem Losa-Tal im Norden der Provinz Burgos (Spanien). Sie ist die einzige autochthone Pferderasse von Castilla y León und geographisch und historisch mit anderen autochthonen Rassen verwandt, die vom kantabrisch-pyrenäischen Stamm abstammen: das portugiesische Garrano, das galizische Faco, das Asturcón, das Navarro-Pferd, das baskische Pottoka und das Merens-Pferd.

Das Losino-Pferd hat eine grosse Bedeutung in der Geschichte gehabt: Im Mittelalter nahm es einen wichtigen Platz bei der Reconquista ein, wo es zur Vereinigung der spanischen Königreiche führte. Später nahm es an der Eroberung Amerikas teil. Die Anzahl von Exemplaren dieser Pferderasse hielt sich bis zu den 50 Jahren. Danach jedoch sank allmählich ihre Zahl, so dass im Jahr 1986 der kritischste Stand seiner Geschichte erreicht wurde (ungefähr 30 Stück). Angesichts der alarmierenden Situation wurde dieses Jahr ein Projekt zur Wiedergewinnung der Rasse eingesetzt; so wurde in Pancorbo (Burgos) das erste Zentrum für Zuchtwahl des Losino Pferdes gegründet. Der Staat, der sich der Bedeutung der Wiedergewinnung der vielen autochthonen Rassen bewußt ist, führte die Gewährung einer Reihe von Zuschüssen für die Förderung und Wiedergewinnung dieser Rasse ein (Königliche Gesetzesverordnung vom 10. April 1995). Das Ministerium für Landwirtschaft und Viehzucht Castilla y Leóns gründete seinerseits das genealogische Buch der Losino-Pferderasse (Anordnung vom 30. Oktober 1998).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die jetzige Bevölkerung der Losino-Pferde zu charakterisieren, um durch ein Programm für die Erhaltung der Rasse zu einer größeren Kenntnis und genetischen Vielfältigkeit der Rasse gelangen zu können.

Für die ethnologische Charakterisierung der Rasse wurden 75 entsprechend den Anforderungen gezähmte Pferde zoometrisch gemessen, die hauptsächlich den beiden Zentren der Losino-Pferden entsprachen: Pancorbo und Quincoces, beide in der Provinz Burgos. Die Analyse der zoometrischen Messungen hat ergeben, dass bei Merkmalen wie Faustmaß, Längendurchmesser und Röhrenknochenperimeter seine Ausmasse grösser sind als die der Pony-Gruppe im Norden der iberischen Halbinsel. Es besitzt aber den kleinsten Zweiflankendurchmesser, so dass es vom kleinen und rundlichen Körperbau der Ponys abweicht und der morphostrukturellen Konstitution des Reitpferdes ähnelt.

Die Erblichkeit der zoometrischen Masse variiert zwischen 0,36 für das Röhrenknochenperimeter bis 0,94 für das Faustmaß. Die grössten genetischen Verwandschaften bestehen bei dem Faustmaß und zwischen Faustmaß und anderen

Massen hinsichtlich Volumen und Körperlänge. So ergibt sich die Tendenz zur Proportionalität der Rasse.

Für die genetische Charakterisierung durch den Pedigree sind die genealogischen Daten jeder der im genealogischen Buch der Rasse eingeführten Tiere informatisiert worden. Die durchschnittliche Blutsverwandschaft der Losino-Pferde war von 1,4% und die effektive Gründeranzahl (G.C.I.) beträgt 2,03. Da bei dieser Rasse erst die ersten Schritte zum Wiedergewinnungsprozess gemacht worden sind, kennen wir lediglich vier Generationen. Je näher wir dem Grundbestand kommen, desto mehr reduziert sich der Vollständigkeitsgrad jeder Generation.

Zur genetischen Charakterisierung hat das Studium der genetischen Kennzeichen beigetragen (biochemische Polymorphie des Serums und der Mikrosatelliten des ADN). Um die genetische Vielfältigkeit zwischen den beiden Zentren der Losino-Rasse (Pancorbo und Quincoces) zu bestimmen, wurde der erwartete durchschnittliche Heterozygotie-Index geschätzt. Dieser zeigte einen Durchschnittswert für beide Zentren von 0,412 für die zehn biochemische Polymorphien und von 0,733 für die zehn Mikrosatelliten, so dass der Wrightsche Index 0,025 beträgt. Angesichts dieses Ergebnisses kann behauptet werden, dass das Losino-Pferd eine mittlere-grosse genetische Vielfältigkeit besitzt. Das ist auf folgendes zurückzuführen: Einerseits auf die Art der Wiedergewinnung, die in Pancorbo durchgeführt wurde (Aufnahme ins Erhaltungsprogramm aller Tiere der Provinz Burgos, die zum beschriebenen Rassenmuster passten), und andererseits auf die jahrelang in Quinconces betriebene Kreuzung mit Pferden verschiedener Rassen (PRE, Arabisch, Postier-Breton). Die Bedeutung bzw. der Beitrag des Losino-Pferdes bei der Eroberung und Kolonialisierung Amerikas kann durch die genetische Verwandtschaft mit anderen Rassen wie der Paso Fino, Cuarto de Milla oder das Chilote-Pferd bewiesen werden.

Mit den verschiedenen Charakterisierungsstudien werden die Rassenunterschiede zwischen beiden Zentren bestätigt, die mit geographischen Bereichen zusammenfallen: So gibt es Losino-Pferde "vom bergigen Gebiet" (Pancorbo) und die "vom ländlichen Gebiet" (Quincoces) in den bergigsten Bereichen Kastiliens mit wichtigen phänotypischen und genotypischen Unterschieden. Aus all diesen Gründen hätte das Losino-Pferd von Pancorbo einen bereinigten Ursprung in einer wilden Unterart, die die Berge von Burgos bewohnte und eine der drei einheimischen Pferdearten der iberischen Halbinsel sein könnte aber in Abgrenzung von den kantabrischen und den südspanischen Rassen. Das Zentrum von Quincoces ist hingegen verwandter mit den Pferderassen Nordspaniens.

RESUMO

O cavalo Losino, Pony sp. Losino segundo Masón, recebe a sua denominação da área original de criação, o Vale de Losa, no Norte da província de Burgos (Espanha). É a única raça cavalar autóctone de Castela e Leão, e encontra-se relacionado geograficamente e historicamente com outras raças autóctones derivadas do tronco Cantabro-Pirenaico: o Garrano Português, o Faco Galego, o cavalo Asturcão, o cavalo Navarro, o Pottoka Vasco, o cavalo de Merens.

Por diversas razões, o desconhecimento que se tem do cavalo castelhano não tem justificação. Durante a Idade Média ocupou um lugar importante na Reconquista que conduziu à união dos reinos de Espanha e posteriormente participou na Conquista da América. A raça Losina manteve os seus efectivos até aos anos 50 mas posteriormente a sua população desceu até chegar em 1986 aos limites mais críticos da sua história (cerca de 30 exemplares). Neste ano, à vista da situação alarmante, iniciou-se um projecto de recuperação da raça, criando-se em Pancorbo (Burgos) o primeiro Centro de Cria e Selecção do Cavalo Losino. O Estado, consciente da importância da recuperação das numerosas raças autóctones, cria a concessão de uma série de ajudas destinadas a fomentar a criação e recuperação desta raça (Real Decreto de 10 de Abril de 1995) e o Concelho de Agricultura e Ganadaria da Junta de Castela e Leão cria o Livro Genealógico da Raça Equina Losina (Ordem de 30 de Outubro de 1998).

Para a caracterização etnológica da raça tomaram-se medidas zoométricas a uma amostra de 75 cavalos Losinos que se encontram suficientemente domados para os requisitos necessários, e correspondentes principalmente aos 2 núcleos de cavalos Losinos (Pancorbo e Quincoces) localizados na província de Burgos. Com os valores obtidos após a toma das medidas zoométricas realizaram-se os cálculos estatísticos que permitem caracterizar a população. Comparando as alturas do núcleo de Pancorbo com as distintas raças póneis autóctones, observamos que em todos os casos ele possui alturas superiores. Segundo o *índice corporal* corresponde a um animal de proporções longilíneas. No entanto segundo o *diâmetro longitudinal* corresponderia a animais mais alargados que as restantes raças póneis do norte de Espanha e o *diâmetro bicostal* dos dois núcleos é mais estreito, variando notavelmente da constituição arredondada própria dos póneis, aproximando-se mais dos cavalos de sela, de arcadas costais mais aplanadas. A raça Losina possui a *cabeça* grande, ainda que existam distintas tendências em função da linha genética de procedência. Com respeito ao seu peso, próximo dos 300 kg, pode enquadrar-se como um animal elipométrico, e alem disso possuem as extremidades mais "fortes" dado o seu elevado *perímetro da canela*, superior entre 2 e 4 cm ao resto das populações póneis da Península Ibérica.

Também se calcularam a heritabilidade dos caracteres, as correlações genéticas e fenotípicas. Dos resultados obtidos observamos heritabilidades de magnitude muito variável, sendo baixa para os valores de perímetros e alturas, médio para os comprimentos e no entanto elevada para as alturas e diâmetro. Das 136 correlações obtidas entre as 17

medidas zoométricas, salienta-se que os valores mais elevados obtiveram-se entre medidas de alturas com medidas de comprimento ou capacidade torácica (0,869 entre altura ao garrote - perímetro torácico; 0,804 entre altura ao dorso – diâmetro longitudinal; e 0,864 entre altura à garupa – perímetro torácico).

Para a caracterização genética através do pedigree informatizaram-se os dados zoométricos e genealógicos das fichas correspondentes a cada um dos animais incluídos no Livro Genealógico da Raça. Determinou-se o número efectivo de cada período de geração. A consanguinidade média da população de Losinos foi ($F_{média}$ = 1,4%) e o número efectivo de fundadores (G.C.I.) é um valor pequeno (2,03). Ao ser uma raça que acaba de dar os primeiros passos dentro de um processo de recuperação, apenas temos ainda três gerações conhecidas, e observa-se que o grau de completamento de cada uma das gerações vai sofrendo uma paulatina descida à medida que nos aproximamos da população base, ou fundadora (G4).

Levou-se a cabo um estudo genético utilizando para o efeito marcadores genéticos (Polimorfismo Bioquímico do soro e de micro-satélites do DNA). Para determinar a variabilidade genética intra - populacional entre os dois núcleos da raça Losina (Pancorbo e Quincoces) estimou-se o Índice de Heterozigosidade médio esperado, o qual apresentou um valor médio para ambos os núcleos de 0,412 para os 10 *loci* de Polimorfismo Bioquímico, e de 0,733 para os 10 micro – satélites, todos os sistemas se encontravam em equilíbrio genético, com excepção do micro – satélite ASB2, que apresentou um desvio significativo, e do Índice de fixação de Wright (F=0,025); pode concluir-se que o cavalo Losino tem uma variabilidade genética de média a alta, produzida, por um lado, pelo tipo de recuperação levada a cabo no núcleo de Pancorbo onde se incorporaram ao programa de conservação todos os animais da Província de Burgos que se ajustavam ao padrão racial descrito, e, por outro lado, pelo cruzamento que durante anos se realizou no núcleo de Quincoces com cavalos de diferentes raças (PRE, Árabe e Postier-Breton). Também se estabeleceu a sua relação genética com outras raças equinas, a comparação do cavalo Losino realizou-se, mediante a distância genética de Nei e Rogers, com as raças equinas relacionadas, tanto geograficamente como históricamente, das quais se dispunha de informação sobre marcadores genéticos (espanholas, europeias e americanas), sendo com duas raças americanas que mais mantém uma identificação genética, o Paso Fino e o Quarto de Milha.

Resumindo, parece lógico pensar, portanto, que desde há muito existem cavalos Losinos "de zona de montanha" e cavalos "de zona rural", nas comarcas mais montanhosas da geografia castelhana, com diferenças fenotípicas e genotípicas significativas. Por tudo isto, a raça do cavalo Losino do núcleo de Pancorbo teria uma origem depurada de uma subespécie selvagem que habitou as montanhas de Burgos e podia ser um dois três tipos cavalares indígenas da Península Ibérica, diferenciando-se das raças Cantábricas e das do Sul da Península, enquanto que o núcleo de Quincoces se encontra mais aparentado com os equinos do Norte de Espanha.