

# PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA (MODALIDAD: CONSERVACIÓN GENÉTICA) DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”



ASOCIACIÓN DE CRIADORES DE  
GANADO EQUINO JACA  
NAVARRA (JACANA)

**Dirección Técnica:**



Grupo de Investigación  
**MERAGEM**  
Dpto. Ciencias Agroforestales  
Universidad de Sevilla

Septiembre 2013



Realizado por:

EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN "**MERAGEM**" (PAIDI AGR-158) DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA CON LA COLABORACIÓN DE LA ASOCIACIÓN DE CRIADORES DE GANADO EQUINO JACA NAVARRA (**JACANA**) Y DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO GENÉTICO Y VETERINARIO (GRUPO MERAGEM) DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

Vº Bº

Fdo: Alberto Pérez de Muniaín Ortigosa  
SECRETARIO DE JACANA

Fdo: Mercedes Valera Córdoba  
DIRECTORA TÉCNICA DEL PROGRAMA DE MEJORA



## ÍNDICE

<b>DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA</b> -----	<b>3</b>
<b>ORIGEN Y ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b> -----	<b>3</b>
<b>DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CENSOS</b> -----	<b>4</b>
<b>CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE</b> -----	<b>6</b>
<b>JACANA Y SUS ACTUACIONES</b> -----	<b>6</b>
<b>PROGRAMA DE CONSERVACIÓN GENÉTICA DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”</b> -----	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN</b> -----	<b>8</b>
<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> -----	<b>9</b>
OBJETIVO 1: Determinación del censo y distribución geográfica de los efectivos de la raza. Análisis de la estructura poblacional, en cuanto a parámetros demográficos y reproductivos. Y determinación del flujo de genes dentro de la raza.-----	<b>9</b>
OBJETIVO 2: Caracterización morfológica y zoométrica de la raza, actualización del patrón racial y propuesta de una ficha de Calificación Morfológica Lineal.-----	<b>10</b>
OBJETIVO 3: Caracterización genética y análisis de la variabilidad genética mediante marcadores genéticos.-----	<b>11</b>
OBJETIVO 4: Análisis de la variabilidad poblacional a partir del estudio genealógico del pedigrí y de los parámetros demográficos.-----	<b>12</b>
OBJETIVO 5: Determinación del número efectivo censal y genético y de los principales factores que lo están condicionando.-----	<b>14</b>
OBJETIVO 6: Determinación del nivel de parentesco genealógico y molecular entre los reproductores.-----	<b>14</b>
OBJETIVO 7: Desarrollo de estrategias para minimizar el incremento de consanguinidad mediante la maximación del número efectivo de reproductores y mediante la determinación de los apareamientos de mínimo parentesco.-----	<b>15</b>
OBJETIVO 8: Diseño y creación de un banco de germoplasma que asegure la preservación de la raza a largo plazo y apoye al programa de conservación <i>in situ</i> .-----	<b>17</b>
OBJETIVO 9: Diseño de un plan de actuaciones para promocionar la raza dentro del entorno rural donde se desarrolla.-----	<b>18</b>
OBJETIVO 10: Organización de un núcleo de control productivo y caracterización productiva de la población y establecimiento de un programa de mejora genética de la raza.-----	<b>20</b>
<b>ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORA (MODALIDAD DE CONSERVACIÓN GENÉTICA)</b> -----	<b>22</b>
<b>DIAGRAMA DEL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”</b> -----	<b>23</b>
<b>DIRECCIÓN TÉCNICA Y COMISIÓN GESTORA DEL PROGRAMA DE MEJORA (MODALIDAD DE CONSERVACIÓN GENÉTICA) DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”</b> -----	<b>24</b>
<b>FUNCIONES DE LA COMISIÓN GESTORA DEL PROGRAMA DE MEJORA</b> -----	<b>24</b>
<b>REQUISITOS PARA LA ADSCRIPCIÓN AL PROGRAMA DE MEJORA (MODALIDAD DE CONSERVACIÓN GENÉTICA) DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”</b> -----	<b>26</b>



<b>ANEXOS</b> -----	<b>27</b>
<b>ANEXO 1. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y PIRÁMIDE DE EDADES DE HEMBRAS Y SEMENTALES DE LA RAZA JACA NAVARRA.</b> -----	<b>27</b>
<b>ANEXO 2. TAMAÑO MEDIO Y DISTRIBUCIÓN DEL CENSO EFECTIVO Y LAS GANADERÍAS POR ZONAS DE ANIMALES PERTENECIENTES A LA RAZA JACA NAVARRA.</b> -----	<b>27</b>
<b>ANEXO 3. RELACIÓN DE GANADERÍAS CRIADORAS DE CABALLOS DE RAZA “JACA NAVARRA”.</b> -----	<b>28</b>



## DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

Las distintas características sociales, culturales y ambientales en las que una región lleva a cabo sus actividades, determinan la aparición de razas de animales que se adaptan a esas necesidades y al medio. Sus características morfológicas y de temperamento la hacen estar muy bien adaptada a las zonas de montaña donde vive (noroeste de Navarra). No obstante, a pesar de ser una raza autóctona que disfrutaba de gran prestigio entre las zonas vecinas y transfronterizas, como animal de trabajo, debido a cambios sociales y a la escasa competitividad con otras razas de aptitud cárnica, se encuentra en grave peligro de extinción.

### Origen y antecedentes históricos

Es una raza autóctona caballar, llamada también Poney Navarro, Caballo Navarro, Caballo Vasco-Navarro, caballito de Andía, Jaca Pamplonesa, caballito de las Améscoas o caballito de la Barranca.

El origen de esta raza se encuentra hoy día sumido en un misterio de difícil esclarecimiento. Una teoría los retrotrae a las invasiones de la Península Ibérica por los Celtas y las posteriores de los pueblos bárbaros como los suevos, que introdujeron caballos de escaso tamaño que constituyen el origen de las Jacas Cantábricas y ponys del norte de la Península Ibérica (Ferrerías, 1935<sup>1</sup>). Por otro lado, Faelli (1932)<sup>2</sup> ya describía la existencia en Navarra de unos caballos de poca alzada (1,30 aproximadamente), robustos, ágiles, resistentes y sobrios. No obstante, en otras referencias, se mantiene la posibilidad de que estos caballos se asentasen en Navarra desde tiempos inmemoriales y que sean los descendientes directos de los caballos salvajes que cazaban los hombres de las cavernas y que tan magistralmente dibujaban en las paredes de las cuevas. Según Donézar (1952)<sup>3</sup> está última teoría es la más aceptable. Este autor se inclina a pensar que este caballo ha acompañado desde tiempos antiquísimos a los hombres de estas tierras navarras. Su explotación actual es tan rudimentaria que induce a pensar que su origen es muy antiguo y rayano con los primeros estratos de domesticidad sufridos por sus antecesores primitivos.

Lo que sí está aceptado, pese a su proximidad originaria y geográfica, es su independencia y diferencia con los caballos de Losa (Losino), los asturianos (Asturcón) y otros caballos cantábricos, así como con el caballo de Burguete, sin descartar por ello el origen próximo entre ellos.

La presencia de esta raza en Navarra durante siglos fue importante, sobre todo en el noroeste. A finales del siglo XIX y principios del XX comenzó la decadencia de la Jaca Navarra. A lo largo de esos siglos se fue desarrollando una mayor comunicación entre regiones y países, gracias a las nuevas tecnologías y medios de transporte. El comercio de ganado creció, y también los cruces entre razas. Esto, unido a la mayor exigencia de las labores agrícolas, a su mecanización y a la mejora en el aprovechamiento de pastos, con la formación de praderas artificiales, hizo que la Jaca

<sup>1</sup> Ferreras, G. 1935. El caballo de Losa. Ganadería Vasca. Volumen I. Ed. Excma. Diputación de Vizcaya. Vizcaya.

<sup>2</sup> Faelli, F. 1932. Razas Bovinas, Equinas, Porcinas, Ovinas y Caprinas. Ed. Revista Veterinaria de España. Barcelona.

<sup>3</sup> Donézar, J. 1952. Caballos Navarros. Junta Provincial de Fomento Pecuario de Navarra. Publicación patrocinada por la Excelentísima Diputación Foral de Navarra, Pamplona.



Navarra disminuyese el número de efectivos, a favor de razas más hipermétricas, como la raza Burguete (Pérez de Muniain, 1997<sup>4</sup>).

A finales del siglo XIX y principios del XX comenzó la decadencia de los ponys navarros, a lo que contribuyó la mecanización de la agricultura que exigía, para realizar las labores del campo, caballos de más porte, lo cual se lograba a partir de cruces absorbentes con caballos hipermétricos importados de otros países.

## Distribución geográfica y censos

Según Luna y Rota (1914)<sup>5</sup>, los principales centros de producción se hallan en los valles de Goñi, Olo, Lizarraga, Huarte-Araquil, y Echarri-Aranaz, entre otros. Faelli (1932)<sup>6</sup> diferencia dos tipos de caballos dentro de la Jaca Navarra. Uno de mayor tamaño que se cría en los valles del Roncal, Echalar, y Baztán, y otro más pequeño que se halla en la sierra Andía y Urbasa.

Más tarde, Donézar (1947)<sup>7</sup> señala que la explotaciones de Jaca Navarra se han circunscrito a una pequeña porción de terreno, cuyo centro resultan las sierras de Andía y Urbasa.

Actualmente, la Jaca Navarra comparte su hábitat con el ganado vacuno pirenaico. Desde principios del siglo XX este caballo quedó restringido a las localidades de las estribaciones de las Sierras de Urbasa y Andía, donde abundaban las pequeñas explotaciones agrarias y era utilizado como animal de tiro, carga y medio de transporte. Hoy en día se encuentra reducida a pequeños enclaves o municipios, que se ubican en las faldas de las Sierras de Urbasa, Andía y Aralar, además de otros núcleos alejados de su enclave natural (Aranguren, zonas próximas a Izalzu y Goizueta). Así mismo, se mantiene desde 1982 un núcleo de conservación y referencia de Jaca Navarra en la finca de Sabaiza gestionada por el INTIA S.A. (Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias), cuyos antecedentes provienen de los años 30 cuando, en previsión de un descenso paulatino de la raza, se resguardó un pequeño rebaño. Concretamente, en 1937 se creó a tal fin la Yeguada Provincial en Urbasa, donde se adquirieron un lote de 14 yeguas y 1 semental. Este lote de ganado permaneció en aquel recinto hasta 1980, año en el que se decidió aumentar el censo y trasladar los animales a una zona más idónea (finca del Patrimonio Forestal de Sabaiza) desde el punto de vista de su explotación en régimen ambiental durante todo el año (Pérez de Muniain, 1997<sup>8</sup>).

Entre las labores iniciales llevadas a cabo por el ITG, antes de plantear la fundación de la Asociación de Criadores de la Raza Equina Jaca Navarra (JACANA), se procedió al estudio de la situación censal de la raza. De este modo en 1995, el ITG registró un

---

<sup>4</sup> Pérez de Muniain, A. 1997. "La Jaca Navarra: hacia la recuperación de una raza autóctona". Navarra Agraria. Mayo-Junio: 41-43.

<sup>5</sup> Luna, P. y Rota, T. 1914. Estudio Zootécnico de la ganadería de varias regiones españolas. Asociación de Ganaderos del Reino. Madrid. Imprenta Alemana-Fuencarral, 137.

<sup>6</sup> Faelli, F. 1932. Razas Bovinas, Equinas, Porcinas, Ovinas y Caprinas. Ed. Revista Veterinaria de España. Barcelona.

<sup>7</sup> Donézar Sarasíbar, J. 1947. Caballos Navarros. I Congreso Veterinario de Zootecnia. Madrid. Sociedad Veterinaria de Zootecnia.

<sup>8</sup> Pérez de Muniain, A. 1997. "La Jaca Navarra: hacia la recuperación de una raza autóctona". Navarra Agraria. Mayo-Junio: 41-43.



total de 250 hembras, presentes en un total de 16 explotaciones y tan sólo 11 de ellas poseían su propio semental.

Ya iniciadas las actividades de JACANA, se pudo recoger un censo de 350 ejemplares (20 machos y 330 hembras) distribuidas en 21 explotaciones, de las que únicamente 17 contaban con un semental (Pérez de Muniain y Villanueva, 2000<sup>9</sup>).

En el año 2001 (FAO, 2001), la población de Jaca Navarra cuenta con 251 hembras y 27 machos, clasificando la situación de la raza como estable aunque en peligro de riesgo. Este mismo año, se registraron en el Libro Genealógico un total de 237 hembras y 17 machos inscritos en el registro fundacional, al mismo tiempo que para 2003, el número de animales identificados en el registro de nacimientos era de 153 animales, de los que 135 y 18 correspondían a hembras y machos respectivamente.

En la actualidad, se pueden distinguir dos zonas de influencia: en el noroeste de Navarra (Sierras de Urbasa, Andía y Aralar) y un núcleo de referencia mantenido por el Gobierno de Navarra a través del Instituto Técnico de Gestión ganadera (ITGg) en la finca de Sabaiza. Aunque de menor importancia y alejados de su enclave natural, cabría destacar los núcleos situados en el Valle de Aranguren, Mendigorriá, zonas próximas a Izalzu y Goizueta.

Actualmente se han registrado un total de 35 explotaciones, todas ellas integradas en la Asociación de Criadores de la raza (JACANA), siendo partícipes en las labores de recuperación y conservación de la raza que cuenta con un censo actualizado de 1.343 ejemplares inscritos en alguno de los registros del Libro Genealógico (1.015 vivos), entre los que aparecen 225 machos (116 vivos) y 1.118 hembras (899 vivas). En el ANEXO 1 se recoge la situación censal y la estructura actual de la población de Jaca Navarra.

Teniendo en cuenta los animales en edad reproductiva (mayores a 2 años de edad), se establece un ratio de hembras por semental de 14,4. Este valor de la relación entre ambos sexos, no es excesivamente elevado, no obstante, teniendo en cuenta que se trata de una raza verdaderamente en peligro de extinción, el escaso número de sementales utilizados podría condicionar la cría consanguínea de los mismos, con la consiguiente pérdida de diversidad genética y el aumento de enfermedades que aparecen al favorecer la expresión de caracteres recesivos.

En el **ANEXO 2** se presenta el número de explotaciones y efectivos pertenecientes a cada uno de los núcleos geográficos de cría establecidos, así como el tamaño medio de las explotaciones. Y en el **ANEXO 3** se da un listado de todas las ganaderías que a fecha de enero de 2012 poseen caballos de raza Jaca Navarra.

Es de especial interés reseñar la importancia del núcleo de referencia y conservación de Jaca Navarra, situado en la Finca de Sabaiza. La función actual de este rebaño es el mantenimiento en pureza de la raza y, en la medida de lo posible, la difusión de la misma. La finca de Sabaiza es propiedad de Gobierno de Navarra y está gestionada por el Departamento de Medio Ambiente.

En Sabaiza se ubica un rebaño de unas 246 cabezas de Jaca Navarra. El objetivo de este núcleo consiste en el mantenimiento y conservación de la raza, para asegurar el

---

<sup>9</sup> Pérez de Muniain, A. y Villanueva, M. 2000. La raza Burguete: patrimonio genético y cultural a conservar. Navarra Agraria, 121: 44-48.



patrimonio genético, cultural, social y productivo que representa, sin olvidar su labor ambiental debido a la simbiosis que muestra con su entorno.

### **Características productivas y relación con el medio ambiente**

El sistema de explotación de esta raza tiene lugar en régimen extensivo; los rebaños hacen su vida durante todo el año en el exterior, bien en sierras, montes comunales o praderas, entre otros, recibiendo algo de forraje o pienso en épocas de duros inviernos. Sólo se recogen para realizar el destete de potros o aplicar alguna medida sanitaria de uso común, como pueden ser las desparasitaciones internas o externas.

A mediados de primavera el ganadero sube las yeguas a la sierra o al monte y a veces, de común acuerdo, juntas con la manada del Concejo. En el invierno la manada pasta en los terrenos circundantes de la población, aprovechando las hierbas del término concejil. El medio natural que rodea a estos animales es muy duro debido a las condiciones meteorológicas, tal como niebla, lluvia, nieve, hielo, frío, etc. que hace que la Jaca Navarra viva en un ambiente puramente natural. La alimentación de estos animales pasa por un par o tres meses de alimentación regular y nueve o diez meses de escasez de recursos, debido tanto al agostamiento de los pastos al final de verano como a las duras condiciones del invierno, del final de otoño y de principios de primavera. La cubrición y el parto tienen lugar en el monte, al aire libre. Los potros son destetados al bajar de los pastos de montaña, en octubre-noviembre.

### **JACANA y sus actuaciones**

La Jaca Navarra está incluida en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Real Decreto 2129/2008) como raza equina autóctona en peligro de extinción y en el Catálogo de Razas de Ganado Autóctono de Navarra como raza equina en peligro de extinción (Orden Foral de 26 de Mayo de 2003, publicado en el Boletín Oficial de Navarra), y su Patrón Racial y Libro Genealógico queda establecido por la Orden Foral de 11 de Julio de 2001, estando la llevanza del Libro Genealógico en manos de la Asociación de Criadores de Raza equina Jaca Navarra (JACANA), cuyo reconocimiento tuvo lugar el 8 de febrero de 1999, impulsada por el ITG Ganadero. No obstante, anteriormente a la fundación de esta Asociación, el organismo SELGANA (Selección Navarra Ganadera, S.A.) y, posteriormente, el ITG Ganadero desarrollan actividades dentro de la raza, como es el censado e inventario, identificación, aplicación del programa de recuperación y tramitación de ayudas. Los objetivos de la Asociación (JACANA) son:

1. Velar por la pureza y selección de la raza Jaca Navarra, promoviendo su expansión.
2. Interesar la creación del Libro Genealógico y de control de rendimientos y colaborar en su posterior gestión y desarrollo.
3. Desarrollar los medios conducentes a una elevación del nivel de productividad y de la rentabilidad de las explotaciones asociadas.
4. Ostentar la representación de los asociados en sus relaciones con la Administración, con toda clase de entidades y organizaciones.
5. Representar a sus asociados en cuantas gestiones se relacionan con los fines de la Asociación.





6. Defender los legítimos intereses profesionales de los asociados.
7. Canalizar la venta de ejemplares selectos.
8. Patrocinar una constante labor informativa y de formación profesional de sus asociados.
9. Publicar anualmente un catálogo de ganaderías asociadas.



## PROGRAMA DE CONSERVACIÓN GENÉTICA DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”

Según el estado censal de la raza es preciso establecer un plan de conservación que tenga como objetivo global el mantenimiento de la variabilidad existente pero sin olvidar la promoción y mejora de la raza para hacerla competitiva en las circunstancias de mercado actuales en el ámbito de una conservación activa de la misma.

Para ello, tal y como manifiesta la Unión Europea al incentivar la PAC (Política Agraria Común) al ganadero de razas locales que mantienen animales en su sistema productivo tradicional, son preferibles los métodos de conservación *in situ* (cualquier iniciativa que favorezca la promoción y mantenimiento de la raza en su propio ambiente, evitando la pérdida de variabilidad), frente a los métodos *ex situ* (especialmente los métodos *in vitro* de mantenimiento del germoplasma). No obstante, si bien estos últimos son prioritarios cuando la situación de la población y las perspectivas a corto plazo sean muy negativas, como recoge la FAO en los últimos años, es deseable iniciarlos cuando aún la población está en una situación de variabilidad genética suficiente, siendo además un apoyo muy importante para los métodos *in situ* para frenar en lo posible la pérdida de variabilidad derivada del pequeño censo de estas poblaciones en situación de peligro.

El **seguimiento del Programa de Conservación** se realizará por parte de la **Comisión Técnica** cuyos miembros se indica en un apartado posterior de este Programa de Mejora. :

### OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN

El objetivo principal de este Programa de Conservación es establecer las bases que permitan el desarrollo de un plan de preservación y recuperación como elemento indispensable en el ambiente rural en las que se desenvuelve la Jaca Navarra, especialmente un sistema de apareamientos que permita mantener la variabilidad, incrementando el censo de reproductores a la vez que se obtiene el máximo de productos. Se trataría por lo tanto de la **CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RAZA EQUINA JACA NAVARRA, EL DESARROLLO DE MODELOS QUE PERMITAN EVITAR LA PERDIDA DE DIVERSIDAD GENÉTICA Y DE VARIBILIDAD COMO ESTRATEGIA CONSERVACIONISTA DE FUTURO Y LA PROMOCIÓN DE LA RAZA.** Para ello se deben abordar una serie de objetivos específicos:

- **OBJETIVO 1:** Determinación del censo y distribución geográfica de los efectivos de la raza. Análisis de la estructura poblacional, en cuanto a parámetros demográficos y reproductivos. Y determinación del flujo de genes dentro de la raza.
- **OBJETIVO 2:** Caracterización morfológica y zoométrica de la raza, actualización del patrón racial y propuesta de una ficha de Calificación Morfológica Lineal.
- **OBJETIVO 3:** Caracterización genética y análisis de la variabilidad genética mediante marcadores genéticos.



- **OBJETIVO 4:** Análisis de la variabilidad poblacional a partir del estudio genealógico del pedigrí y de los parámetros demográficos.
- **OBJETIVO 5:** Determinación del número efectivo censal y genético y de los principales factores que lo están condicionando.
- **OBJETIVO 6:** Determinación del nivel de parentesco genealógico y molecular entre los reproductores.
- **OBJETIVO 7:** Desarrollo de estrategias para minimizar el incremento de consanguinidad mediante la maximación del número efectivo de reproductores y mediante la determinación de los apareamientos de mínimo parentesco.
- **OBJETIVO 8:** Diseño y creación de un banco de germoplasma que asegure la preservación de la raza a largo plazo y apoye al programa de conservación *in situ*.
- **OBJETIVO 9:** Diseño de un plan de actuaciones para promocionar la raza dentro del entorno rural donde se desarrolla.
- **OBJETIVO 10:** Organización de un núcleo de control productivo y caracterización productiva de la población (actuaciones *in situ* y *ex situ*) y establecimiento de un programa de mejora genética de la raza.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

**OBJETIVO 1: Determinación del censo y distribución geográfica de los efectivos de la raza. Análisis de la estructura poblacional, en cuanto a parámetros demográficos y reproductivos. Y determinación del flujo de genes dentro de la raza.**

Aunque el programa de conservación se realizará sobre la población de animales inscritos en la correspondiente Asociación de Criadores de la raza, es fundamental conocer el censo real de animales que pueden ser adscritos e incorporados a este programa. Así como paso previo a la realización de los diferentes objetivos propuestos en este Programa de Conservación es necesario determinar y verificar las diferentes explotaciones declaradas como poseedoras de un animal de la raza Jaca Navarra, siguiendo el protocolo de la FAO para la conservación de las poblaciones en peligro de extinción (FAO, 1999<sup>10</sup>). Este protocolo describe en una primera fase, la importancia de realizar una descripción general de la población a fin de recopilar una serie de información preliminar y de interés general que nos permita afrontar:

---

<sup>10</sup> FAO. 1999. Secondary guidelines for development of National farm animal genetic resources. Management Plans. Measurement of Domestic Animal Diversity (MODAD): Working group Report. FAO. Roma.



1. La localización geográfica de todos los animales,
2. La verificación de un posible encuadre racial en una primera aproximación basándonos en su faneróptica (adecuación al estándar racial) y antecedentes genealógicos existentes,
3. El estudio de su evolución censal, situación actual y perspectivas de futuro.

Las demás propuestas descritas en el protocolo de la FAO, encaminadas a la caracterización racial, productiva y propuestas de conservación "in-situ" y "ex-situ", serán abordadas y desarrolladas en profundidad, en el resto de objetivos de este Programa.

## **OBJETIVO 2: Caracterización morfológica y zoométrica de la raza, actualización del patrón racial y propuesta de una ficha de Calificación Morfológica Lineal.**

Se han seleccionado un total de 22 variables morfológicas que serán estudiadas directamente sobre el animal en campo con el fin de conocer el nivel de variabilidad inicial existente en la población, y poder definir de forma clara y precisa los límites, tanto superior como inferior, de las variables que se incorporen a una posible ficha de Calificación Morfológica Lineal.

Para la selección de estas variables, se han tomado como referencia trabajos realizados por diversos investigadores en otras especies de producción cárnica (Van Steenbergen, 1989<sup>11</sup>; A.N.A.B.I.C., 1994<sup>12</sup>) y en animales de la especie equina (Henk et al., 1993<sup>13</sup>; Mawdsley et al., 1996<sup>14</sup>; Miserani et al., 2002<sup>15</sup>), estando todas ellas relacionadas, tanto con la caracterización racial, como con el posterior rendimiento cárnico en el matadero, ya que permiten definir las características corporales del animal que posteriormente favorecen un mayor rendimiento a la canal.

Las variables morfológicas propuestas son: Alzada a la cruz (ALC), alzada a la mitad del dorso (AMD), alzada a la porción anterior de la grupa (AGA), alzada a la porción posterior de la grupa (AGP), alzada al nacimiento de la cola (ANC), altura al hueso subesternal (AHS), altura al corvejón (ACO), anchura de pecho entre encuentros (AP), anchura de pecho por fuera (APF), diámetro dorso-esternal (DD), diámetro bicostal (BD), diámetro longitudinal (DL), longitud del dorso (LDO), longitud del lomo (LLO), anchura del dorso (ADO), anchura del lomo (ALO), longitud de la grupa (LGR), anchura de la grupa en la porción anterior (ANGA), anchura de la grupa en la porción posterior (ANGP), anchura entre trocánteres (AGT), perímetro torácico (PT) y perímetro de la caña anterior (PCA). Para la recogida de la información en campo se

---

<sup>11</sup> Van Steenbergen, E. J. 1989. " Description and Evaluation of a Linear Scoring System for Exterior Traits in Pigs " 23: 163-181.

<sup>12</sup> A.N.A.B.I.C. 1994. Morphological valuation linear scoring system: general overview and regulations to fill in the scoring card. European Meeting for the Presentation of the Linear Scoring Systems on Beef Cattle Breeds. Paris.

<sup>13</sup> Henk, M.; Van Bergen, J.M.; Van Arendonk, A.M., 1993. Genetic Parameters for linear type traits in Shetland Ponies. *Livestock Production Science*, 36 (1993):273-284.

<sup>14</sup> Mawdsley, A., Kelly, E.P.; Smith, F.H and Brophy, P.O .1996. "Linear assessment of the Thoroughbred horse: an approach to conformation evaluation." 28(6): 461-467.

<sup>15</sup> Miserani, M.G.; McManus, C.; Santos, S.A.; da Silva, J.A.; Mariante, A.S.; Gomes Pinto de Abreu, U., 2002. Avaliação dos fatores que influem nas medidas lineares do cavalo pantaniero. *Rev. Bras. Zootec.* Vol. 31 suppl.0. Enero/ febrero 2002.



utilizarán las referencias y metodología de Von Den Driesch (1976)<sup>16</sup> y Aparicio et al. (1986)<sup>17</sup>.

A partir de estas medidas zoométricas se podrán estimar los índices corporales que nos permitan definir la conformación carnífera de la raza. Los índices propuestos son (Aparicio, 1960<sup>18</sup>; Cantalapiedra, 2003<sup>19</sup>): índice de proporcionalidad relativa del tórax (IPRT), índice corporal (IC), índice de proporcionalidad (IP), índice torácico (IT), índice dactilo-torácico (IDT), índice dactilo-costal (IDC), índice de espesor de la caña (IECN), índice pelviano (IPV), índice pelviano longitudinal (IPL) e índice pelviano transversal (IPT).

### **OBJETIVO 3: Caracterización genética y análisis de la variabilidad genética mediante marcadores genéticos.**

La importancia que, desde el punto de vista de la producción animal, han tenido 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 conservación y mejora de las razas. En la actualidad, el gran desarrollo de las técnicas moleculares de análisis del polimorfismo del ADN está permitiendo la detección rápida y fiable de la variabilidad genética entre animales, razas y especies. En el caso de razas con registros genealógicos aún poco profundos, como es el caso de la Jaca Navarra, es especialmente útil a la hora de establecer los apareamientos de mínimo parentesco (a través de la estimación del parentesco molecular). Finalmente el establecimiento de un perfil genético permitirá contar con una herramienta de apoyo para la discriminación del nivel de pureza de los animales problema (animales sin antecedentes genealógicos claros o/y con una morfología sospechosa de cruzamiento con otras razas).

Hoy día los microsatélites se consideran los marcadores más efectivos para los estudios de variabilidad genética, así como en el control de filiación además de para otras muchas otras aplicaciones que son debidas a las propiedades que presentan (Jarne and Lagoda, 1996).

El control de paternidad, a partir de un panel de 17 microsatélites, serán realizado por el Laboratorio de NASERTIC (Navarra de Servicios y Tecnologías S.A.). Con ello se podrá confirmar los registros genealógicos. Y el Laboratorio de Diagnóstico Genético y Veterinario del grupo MERAGEM realizará el genotipado para los genes MC1R (Receptor I de la melanocortina), ASIP (*Agouti signaling protein*) y MATP (*Membrane Associated Transporten Protein*).

A partir de las secuencias génicas se abordará el análisis de la estructura poblacional de la Raza. Para lo cual se calculará:

---

<sup>16</sup> Von Den Driesch, A., 1976. A guide Genetic Applied to Livestok Production, Madrid. vol. 2 37-46.

<sup>17</sup> Aparicio, J.B.; del Castillo, J.; Herrera, M., 1986. Características estructurales del caballo español tipo andaluz. Publicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ed. Artes Gráficas Clavileño. Madrid.

<sup>18</sup> Aparicio, G., 1960. Zootécnia Especial. 4ª Edición. Ed. Imprenta Moderna. Córdoba.

<sup>19</sup> Cantalapiedra, J.J., 2003. Caracterización Genética, etnológica y productiva de la Raza Bovina Rubia Gallega. Aplicación al programa de Mejora Genética. Tesis de Licenciatura. Universidad de Santiago de Compostela.



1. El nivel de variabilidad genética a partir del análisis del ADN nuclear:
  - La diversidad alélica (número de alelos existentes en esa población para cada locus).
  - La heterocigosidad observada (proporción de individuos heterocigotos).
  - La heterocigosidad esperada (bajo equilibrio Hardy-Weinberg).
2. El análisis de la estructura poblacional:
  - Estadísticos F de Wrigth
3. El flujo genético entre posibles subpoblaciones en la Raza
  - Número de migrantes

Finalmente se determina la posible presencia de cuellos de botella en la variabilidad genética en los últimos años y la posible diferenciación de las subpoblaciones debido a la deriva genética (debido al pequeño tamaño de estas subpoblaciones).

#### **OBJETIVO 4: Análisis de la variabilidad poblacional a partir del estudio genealógico del pedigrí y de los parámetros demográficos.**

El análisis genealógico nos proporciona información muy importante sobre la estructura de la población, el flujo genético, los niveles de parentesco entre los reproductores, la evolución de la consanguinidad o la gestión de apareamientos que se está llevando a cabo en la raza. Los parámetros que serán calculados son:

- **Intervalo Generacional (IG):** definido como la edad media de los padres al nacimiento de los descendientes que van a ser utilizados como reproductores (James, 1977<sup>20</sup>).
- **Profundidad/calidad del pedigrí:** calculada como la proporción de ancestros conocidos en cada generación conocida (MacCluer et al., 1983<sup>21</sup>).
- **Número de generaciones equivalentes (ge)** para cada individuo, definido como la suma de  $(\frac{1}{2})^n$  donde n es el número de generaciones que separan el individuo de cada ancestro conocido (Boichard et al., 1997<sup>22</sup>).
- **Número de fundadores:** Antecesores con padre y madre desconocidos (Lacy, 1989).
- **Número de ancestros** (Boichard *et al.*, 1997): individuos que tiene influencia en la población por aportar una parte de la variabilidad genética encontrada en la misma.
- **Número efectivo de fundadores ( $f_e$ )** (Lacy, 1989<sup>23</sup>), se define como el número de fundadores que, si contribuyeran de forma uniforme, producirían la misma variabilidad genética existente en la población en estudio.

<sup>20</sup> James, J.W. 1977. A note on selection differentials and generation length when generation overlap. Anim. Prod. 24:109-112.

<sup>21</sup> MacCluer, J.; Boyce, B.; Buke, L.; Weitzkamp, D.; Pfenning A.; Parsons, C. 1983. Inbreeding and pedigree structure in Standardbred horses. J. Heredity 74: 394-399.

<sup>22</sup> Boichard, D.; Maignel, L. ; Verrier, E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. Genet. Sel. Evol., 29, 5-23.



- **Número efectivo de ancestros** ( $f_a$ ) (Boichard *et al.*, 1997), es el número mínimo de ancestros, no necesariamente fundadores, que explicarían la variabilidad genética presente en la población en el momento del estudio.
- **Coefficiente de consanguinidad** (F), definido como la probabilidad de que un individuo presente dos genes idénticos por descendencia (Malécot, 1948<sup>24</sup>).
- **Coefficiente de relación media** (AR), es la probabilidad que un alelo elegido al azar en toda la población pertenezca a un individuo dado (Gutiérrez *et al.*, 2003<sup>25</sup>).

Todos estos análisis se realizarán con el programa ENDOG, v4.5. (Gutiérrez y Goyache, 2005<sup>26</sup>).

Además, se realizará un análisis de flujo de genes entre ganaderías y una clasificación de las mismas. Existen diferentes tipos de ganaderías según su estrategia de cría. Así, siguiendo la metodología de Vasallo *et al.* (1996)<sup>27</sup>, podemos clasificarlas del siguiente modo:

- Ganaderías Núcleo (N): Son aquellas en las que el criador utiliza únicamente sus propios sementales en la cría, no usa los sementales de otras ganaderías aunque sí venden reproductores.
- Ganaderías Multiplicadoras (M): En ellas el criador además de utilizar sementales de otras ganaderías pone a la venta los suyos propios.
- Ganaderías Comerciales (C): Estas ganaderías utilizan únicamente sementales externos. Se abastece de la genética de otras ganaderías sin ofrecer sus productos a los demás.

De la misma forma la información genealógica (complementada con la información recogida directamente del ganadero mediante formularios de recogida de información pertinente) permitirá determinar parámetros demográficos de gran importancia para la toma de decisiones en el ámbito de un programa de conservación:

- o Pirámide de edades por estrato o categoría de pureza,
- o Tasa de reposición y desvieje, edad media de los reproductores
- o Relación N° de machos/N° de hembras
- o Tasas de reposición
- o Parámetros reproductivos (edad al primer parto, edad de desvieje, vida media productiva, ...).

---

<sup>23</sup> Lacy, R.C. 1989. Managing genetic diversity in captive populations of animals. In Restoration of Endangered Species (ed. M.L. Bowles & C.J. Whelan), pp. 63-89. Cambridge University Press.

<sup>24</sup> Malécot, G. 1948. Les Mathématiques de l'Hérédité. Masson et Cie, Paris.

<sup>25</sup> Gutiérrez, J.P., Altarriba, J., Díaz, C., Quintanilla, R., Cañón, J., Piedrafita, J. (2003) Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. Genet. Sel. Evol., 35, 43-64.

<sup>26</sup> Gutiérrez, J.P., Goyache, F. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. J. Anim. Breed. Genet., 122, 357-360

<sup>27</sup> Vassallo JM, Díaz C, García-Medina JR, 1986. A note on the population structure of the Avileña breed of cattle in Spain, Livest. Prod. Sci. 15: 285-288.

**OBJETIVO 5: Determinación del número efectivo censal y genético y de los principales factores que lo están condicionando.**

A partir de la información censal se puede estimar el denominado Número Efectivo, uno de los parámetros más importantes en el ámbito de la conservación de razas ya que va a definir el incremento de consanguinidad esperado en las próximas generaciones (y por tanto la pérdida de variabilidad). No obstante, la formulación clásica asume unos supuestos que con mucha probabilidad no se cumplen en esta raza (número diferente de reproductores de cada sexo, apareamientos diferenciales, diferencias en la fertilidad etc.), por lo que se calculará siguiendo cuatro metodologías diferentes:

1. Utilizando la varianza del tamaño familiar (Hill, 1979<sup>28</sup>).
2.  $N_e$ , obtenido mediante el incremento de consanguinidad ( $\Delta F$ ). El incremento de consanguinidad entre dos generaciones ( $F_t - F_{t-1}$ ) se halla usando el coeficiente de regresión ( $b$ ) sobre el año de nacimiento del grupo de individuos tomados en consideración (población de referencia). Una vez estimada la consanguinidad media de la población de referencia, se podrá estimar posteriormente el tamaño efectivo.
3. A partir del incremento de consanguinidad individual (Gutiérrez et al., 2008<sup>29</sup>). El primer paso es obtener el incremento de consanguinidad individual ( $\Delta F_i$ ) (Maignel et al., 1996<sup>30</sup>). Posteriormente se halla el incremento de consanguinidad medio ( $\overline{\Delta F}$ ) de la población de referencia en estudio y finalmente obtenemos el tamaño efectivo. Esta forma de obtener el tamaño efectivo depende de la política de apareamientos reflejada en la genealogía de cada individuo de la subpoblación de referencia y permite acompañar el valor estimado de un error estándar.
4. Por último se realizará el cálculo de este parámetro a partir de la información molecular mediante la metodología de desequilibrio de ligamiento (Hill, 1981<sup>31</sup>; Waples, 1991<sup>32</sup>)

**OBJETIVO 6: Determinación del nivel de parentesco genealógico y molecular entre los reproductores.**

La forma más eficiente de frenar la pérdida de variabilidad es establecer un plan de apareamientos adecuado. Pero para ello es necesario estimar el parentesco entre los posibles reproductores (responsable de la consanguinidad de las crías). El coeficiente de parentesco puede obtenerse fácilmente si se dispone de información genealógica fiable. En razas donde no existe información genealógica o la información de la que se dispone es poco profunda y poco fiable, se han desarrollado métodos indirectos para

---

<sup>28</sup> Hill, W.G. 1979. A note on effective population size with overlapping generations. *Genetics*, 92, 317-322

<sup>29</sup> Gutiérrez, J.P., Cervantes, I., Molina, A., Valera, M., Goyache, F. 2008. Individual increase in inbreeding allows estimating effective sizes from pedigrees. *Genetics Selection Evolution*, 40: 359-378.

<sup>30</sup> Maignel, L., Boichard, D., Verrier, E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. *Interbull Bulletin*, 14, 49-54.

<sup>31</sup> Hill, W.G. 1979. A note on effective population size with overlapping generations. *Genetics*, 92, 317-322.

<sup>32</sup> Waples, R. S. 1991. Genetic methods for estimating the effective size of Cetacean populations. Report of the International Whaling Commission Special Issue. 13. 279-300.





estimar el grado de parentesco entre los individuos (Ritland, 2000<sup>33</sup>), siendo el más destacado el parentesco molecular basado en marcadores genéticos neutros como los microsatélites (Lynch y Ritland, 1999<sup>34</sup>).

Dentro de estos existen dos tipos, los que determinan la probabilidad de que exista un determinado grado de parentesco entre dos individuos (pe. padre-hijo, hermanos etc.) (Thomas y Hill, 2000<sup>35</sup>) y los que estiman el grado de parentesco como una variable cuantitativa (Milligan, 2003) definida en términos de probabilidad de identidad por descendencia.

En nuestro caso utilizaremos el estimador "R" (total relatedness estimate) definido por Wang (2002)<sup>36</sup> a partir de los estimadores Phi y Delta (Lynch y Ritland, 1999), que es bastante estable frente a variaciones en el número de alelos por locus y a variaciones en la distribución de frecuencias de estos, además de ser independiente del tamaño poblacional y de las relaciones de parentesco previas, y de disminuir consistentemente las varianzas de muestreo con el incremento del número de loci.

**OBJETIVO 7: Desarrollo de estrategias para minimizar el incremento de consanguinidad mediante la maximización del número efectivo de reproductores y mediante la determinación de los apareamientos de mínimo parentesco.**

En este objetivo se establecerán las herramientas necesarias para asegurar el mantenimiento de la variabilidad genética de la Raza, utilizando los parámetros calculados en los objetivos anteriores.

**1. Maximización del tamaño efectivo de la población.**

Cuando la predicción de  $N_e$  tiene en cuenta múltiples generaciones, la maximización de  $N_e$  se vuelve equivalente a la maximización de la diversidad genética. Para maximizar el tamaño efectivo de población y asegurar que tantos animales como sea posible contribuyan con descendientes a la siguiente generación, y así garantizar que el incremento de la consanguinidad por generación sea mínimo. Se establecerán las siguientes estrategias de actuación:

- a) Incrementar el número efectivo para disminuir el desequilibrio entre machos y hembras, aumentando el número de los primeros.
- b) Estandarizar el tamaño de familia, minimizando su varianza ( $\sigma^2k$ ). Se establecerá un esquema de apareamientos que permita el uso de todos los ancestros fundadores de la raza de forma que cada uno obtenga una descendencia que represente la contribución genética de ese ancestro a la población actual.

<sup>33</sup> Ritland, K. 2000. Marker inferred relatedness as a tool for detecting heritability in nature. *Mol. Ecol.* 9: 1195-1204.

<sup>34</sup> Lynch, M. and K. Ritland, 1999. Estimation of pairwise relatedness with molecular markers. *Genetics* 152:1753-1766.

<sup>35</sup> Thomas, S.C.; Hill, W.G. 2000. Estimating quantitative genetic parameters using sibships reconstructed from marker data. *Genetics*, 155: 1961-1972.

<sup>36</sup> Wang, J. 2002. An estimator for pairwise relatedness using molecular markers. *Genetics*, 160: 1203-1215.



- c) Disminuir el incremento de consanguinidad a la siguiente generación. Recordando que la consanguinidad de los hijos es el parentesco de los padres, es fácil comprender que la estrategia de minimizar el parentesco también sea efectiva en el control de la consanguinidad. Este método de cría mantiene niveles máximos de diversidad alélica debido a su tendencia a igualar las frecuencias de todos los alelos de un locus.

## **2. Minimización del coeficiente de parentesco medio**

Además de la actuación sobre el tamaño efectivo de la población se propondrán estrategias que busquen el mínimo grado de parentesco medio en cada generación, maximizando el número de genomas equivalentes, es decir minimizando la varianza de la contribución de todas las generaciones anteriores a la actual.

La idea es que el parentesco entre dos individuos es una medida de la proporción de información genética que comparten (Ballou y Lacy, 1995<sup>37</sup>). Por ello la información que lleva un grupo de parientes cercanos es redundante y la mayor cantidad de variabilidad genética la observaríamos en poblaciones donde el parentesco promedio fuera mínimo. Así, se ha podido demostrar que la mejor estrategia en programas de conservación es determinar las contribuciones de cada parental a la siguiente generación minimizando el parentesco promedio global ponderado por dichas contribuciones (Frankham et al., 2002<sup>38</sup>). De esta manera, los individuos muy relacionados con el resto de la población estarán penalizados, mientras que aquellos individuos poco relacionados serán favorecidos dejando más descendientes. Esta formulación permite incluir cualquier tipo de restricción de tipo fisiológico o de manejo y, por tanto, puede aplicarse en situaciones no regulares que los métodos anteriores no podían abordar, como es el caso de la inclusión de los animales portadores de genes no deseables (Ej. un determinado color de la capa).

Así pues se determina el número de hijos a generar de cada padre potencial y/o el esquema de apareamientos óptimos para que se mantenga la máxima variabilidad genética y los mínimos niveles de consanguinidad. La optimización incluirá las restricciones propias de las poblaciones estudiadas, incluida la posibilidad de intercambiar o no individuos entre ganaderías/subpoblaciones dentro de la raza. Para ello, se utilizarán los métodos de la minimización del parentesco promedio (Fernández et al., 2003<sup>39</sup>).

Así mismo, debido a que la medida de la diversidad genética más utilizada es la heterocigosidad esperada en la población (diversidad génica), se buscarán las estrategias óptimas para maximizar el parámetro junto con el desarrollo de estrategias para el manejo de la diversidad alélica. Los procedimientos de manejo son:

---

<sup>37</sup> Ballou, J.D.; Lacy, R.C. 1995. Identifying genetically important individuals for management of genetic variation in pedigreed populations. In: Population Management for Survival and Recovery: 76-111 (J. D. Ballou, M. Gilpin, T.J. Foose, Eds.). Columbia University Press, New York.

<sup>38</sup> Frankham, R.; Ballou, J.D.; Briscoe, D.A. 2002. Introduction to conservation genetics. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

<sup>39</sup> Fernández, J.; Toro, M.A.; Caballero, A. 2003. Robustez de los métodos de control de la consanguinidad en poblaciones de censo reducido ante situaciones prácticas. Jornadas de Producción Animal. AIDA 2003.



- *Pedigree de mínimo parentesco.*
- *Diversidad alélica en padres.* Según esta estrategia se seleccionan los padres con el objetivo de generar una descendencia con la más alta diversidad alélica.
- *Diversidad alélica esperada de los padres.* Mediante una función se determinará el número de alelos que no serán transmitidos a la descendencia.
- *Diversidad génica de padres.* Se calculará la heterocigosidad esperada para los loci marcados en la descendencia mediante la frecuencia alélica de los padres.
- *Diversidad alélica en la descendencia.* Consiste en generar un número igual de descendientes por padres. Las parejas serán asignadas al azar pudiendo después cruzarse con otros. El grupo de descendencia seleccionado será el que tenga la mayor diversidad alélica para los loci marcados.
- *Diversidad génica de la descendencia.* Esta estrategia es similar a la anterior excepto que el criterio de selección es la heterocigosidad esperada y calculada con las frecuencias de la descendencia seleccionada con los loci marcados.
- También se podrá utilizar un pedigree con un grado mínimo de parentesco como una estrategia basada en la información genética de los descendientes.

**OBJETIVO 8: Diseño y creación de un banco de germoplasma que asegure la preservación de la raza a largo plazo y apoye al programa de conservación *in situ*.**

Dentro de las estrategias de conservación englobadas bajo la denominación de “conservación *ex situ*” (mantenimiento fuera del hábitat natural de la población) una herramienta muy potente es la de los bancos de recursos zoogenéticos o bancos de germoplasma. Un banco de germoplasma se define como el lugar establecido para la conservación de embriones, tejidos o células reproductivas de plantas o animales. Es decir, es el almacén de material genético de determinadas especies, subespecies, ecotipos o razas, que es realizado con fines de conservación y posible uso futuro mediante programas de reproducción asistida.

La aplicación más inmediata es la de utilizarlo como “copia de seguridad” con vistas a que el material recogido permita la reconstitución por pérdida de la población original. Otros objetivos típicos son el de reorientar la evolución de una población cuando la selección (natural o artificial) haya hecho divergir sus características de las deseadas, o servir de complemento a la población viva incrementando el número de reproductores disponibles y, por tanto, el censo efectivo. Para cualquiera de estos objetivos el criterio fundamental es el de la maximización de la diversidad genética mantenida en el banco, siendo una muestra representativa de toda la variabilidad que se observa en la población.

Si existen datos genealógicos o las relaciones entre individuos pueden ser inferidas a través de la información molecular se puede realizar un control más preciso de la diversidad mantenida realizando una recolección diferencial entre los posibles donantes, de manera que las contribuciones de cada donante sean proporcionales al



parentesco entre ellos. De esa manera se debe recoger muchas muestras de un individuo poco emparentado con los demás, porque debe llevar información genética específica, mientras que de un individuo muy emparentado se deberán coger pocos o ninguna muestra porque su información es redundante con la que apartan el resto de animales.

En ocasiones la población que se maneja presenta alguna característica controlada genéticamente que es preciso mantener. En estas situaciones la elección de donantes para el banco de genes se podría realizar en base a los fenotipos de los individuos o su valor mejorante estimado, pero evitando la reducción drástica de la diversidad genética general que se produciría si se cogen pocos donantes. Cuando se conoce el gen (o genes) específico(s) que controla(n) el carácter, se puede plantear realizar la selección de donantes basándose en que posean un alelo, genotipo o haplotipo característico. Es el caso del color de la capa en esta Raza, que determina la inclusión o no de los ejemplares en el Libro Genealógico. La idea general es mantener en el banco una frecuencia determinada de cada uno de las variantes encontradas en la naturaleza para ese locus (o conjunto de loci). Fernández et al. (2006)<sup>40</sup> propusieron que la contribución al banco de cada candidato se decidiese mediante la minimización de un índice cuadrático equivalente a la diferencia (elevada al cuadrado) entre las frecuencias deseadas y las que realmente se mantienen en el banco bajo ese esquema. Independientemente del criterio para el locus de interés, el banco debería maximizar la diversidad genética mantenida en loci no ligados al mismo, especialmente en poblaciones amenazadas. Se hace, pues, necesario incluir en la función objetivo un término relacionado con la diversidad genética.

#### **OBJETIVO 9: Diseño de un plan de actuaciones para promocionar la raza dentro del entorno rural donde se desarrolla.**

Será preciso diseñar un plan de actuaciones que tenga en cuenta tanto la conservación *in situ* como la conservación *ex situ*.

##### **1. CONSERVACIÓN IN SITU**

La conservación *in situ*, como método de conservación activa, incluye todas aquellas acciones que garanticen el mantenimiento, promoción y mejora de la raza explotada en su ambiente característico: **1. Proteger urgentemente la población existente**

El número de animales pertenecientes a la raza Jaca Navarra actualmente es muy bajo, siendo prácticamente imposible localizar nuevos individuos de cierta calidad genética. Es por tanto fundamental evitar que se vendan para carne animales puros. Así, desde el punto de vista del número de animales que están actuando como reproductores y del ratio semental/yegua, habría que proponer acciones para maximizar el tamaño efectivo de la población y asegurar que tantos animales como sea posible contribuyan con descendientes a la siguiente generación, y así garantizar que el incremento de la consanguinidad por generación sea mínimo. Las acciones propuestas son:

---

<sup>40</sup> Fernández J, Roughsedge T, Woolliams JA, Villanueva B. 2006. Optimization of the sampling strategy for establishing a gene bank: storing PrP alleles following a scrapie eradication plan as a case study. *Animal Science* 82: 813-821



- a) Incrementar el número efectivo disminuyendo el desequilibrio entre machos y hembras.
- b) Estandarizar el tamaño de familia, minimizando su varianza.

## **2. Desarrollo de estrategias para la utilización de estos recursos genéticos frenando la erosión genética:**

- 1 Desarrollo de un sistema de cría que mantenga al máximo la variabilidad genética de la población fundadora, evitando cuellos de botella y la consanguinidad, siendo recomendable para ello el diseño de un sistema de apareamientos dirigidos. La optimización incluirá las restricciones propias del sistema de cría de la Jaca Navarra, incluida la posibilidad de intercambiar o no individuos entre ganaderías dentro de la raza.

## **3. Establecimiento de programas para la promoción.**

El declive de la raza Jaca Navarra, se ha producido tanto por una falta de competitividad de sus productos como por la desaparición del sistema productivo y del medio ecológico que lo sustentaba. Por lo tanto, cualquier estrategia que determine un valor añadido de la producción va a contribuir a la detención e inversión de la tendencia actual al incrementar el número de efectivos, favoreciendo el flujo genético y controlando la pérdida de variabilidad, a la vez que incrementaría el número de ganaderos lo que permitiría el asociacionismo, la disminución de costes y la revalorización de sus productos y utilidades. Entre las posibles medidas de promoción que permitirían este cambio de tendencia podemos destacar:

- 1 Mejora de las infraestructuras y de la asistencia técnica
- 2 Potenciación del Centro de Recuperación de INTIA S.A.
- 3 Difusión de las características de sus aptitudes, mediante el desarrollo de programas de promoción de las razas a través de ferias, concursos, programas en medios de comunicación, demostraciones, etc.
- 4 Actividades de formación para los ganaderos y técnicos de la Asociación de Criadores.
- 5 Elaboración de metodologías de trabajo para el control de los apareamientos, la recogida de información, el control de rendimientos, etc.
- 6 Optimización del sistema productivo.

Las anteriores medidas propuestas para la promoción de las razas equinas de aptitud cárnica deben complementarse con acciones encaminadas a la preservación, tal y como recomienda la FAO en la Acción Concentrada BIOC4-CT96-0197: La creación de un banco de germoplasma, y la potenciación del núcleo de INTIA S.A. como “ecoparque” y como núcleo de control productivo de la Raza.

## **2. CONSERVACIÓN EX SITU**

La conservación *ex situ* es un componente necesario de toda política de conservación de la diversidad biológica, especialmente cuando las presiones sobre el medio natural son muy elevadas y no es posible garantizar la conservación en sus hábitats naturales de las especies más amenazadas o de distribución reducida, así como de



determinadas variedades agrícolas o razas ganaderas que también se encuentran en peligro de desaparición.

1. **Potenciación del Núcleo de INTIA S.A. como granja-parque y como núcleo de control productivo de la Raza.**
2. **Creación de un Banco de Germoplasma (Crioconservación)**

**OBJETIVO 10: Organización de un núcleo de control productivo y caracterización productiva de la población y establecimiento de un programa de mejora genética de la raza.**

En poblaciones ganaderas es habitual que se tenga también como objetivo el mejorar la expresión de algún carácter de interés económico. Es decir la población estará sometida a un programa de selección para dichos caracteres. Así razas locales pueden aumentar las probabilidades de supervivencia si consiguen asociarse a la expresión de un determinado carácter. En cuanto la Raza salga de la situación de amenaza severa debe empezar a implementar un programa de mejora genética para garantizar su sostenibilidad y poder mantenerse a lo largo del tiempo.

En la raza Jaca Navarra existen una serie de características morfológicas y productivas que vienen siendo seleccionadas de manera más o menos explícita. No obstante, cualquier acción que se tome para obtener una respuesta más rápida (por ejemplo, aumentar la intensidad de selección seleccionando un menor número de reproductores o usar información de parientes para obtener estimas más precisas) lleva asociado una pérdida mayor de variabilidad y un aumento más rápido de la consanguinidad. Es por ello que es fundamental el control de la variabilidad genética de la población.

Existe una amplia teoría sobre metodología para equilibrar las dos tendencias, respuesta y variabilidad, en una población de mejora. Actualmente hay consenso de que la mejor estrategia consiste en la optimización de una función en la que se tiene en cuenta a la vez (con signos opuestos) la respuesta esperada y el aumento en consanguinidad a través del parentesco global (método de **Optimal Contributions**, Meuwissen 1997<sup>41</sup>). Se puede de esa manera fijar una tasa de consanguinidad máxima que estamos dispuestos a aceptar y el método determina las contribuciones que maximizan la ganancia genética para el carácter cumpliendo la restricción.

Para ello se determinaron las contribuciones óptimas a la siguiente generación de los caballos candidatos usando un programa escrito en FORTRAN que utiliza un algoritmo de "*simulated annealing*" para encontrar la solución que maximizase la respuesta a la selección esperada (media ponderada del valor mejorante de los seleccionados) para diferentes restricciones en la máxima tasa de consanguinidad aceptada.

En el caso de la raza Jaca Navarra, se puede incluir el valor genético para caracteres relacionados con la conformación, utilizando el sistema de Calificación Morfológica Lineal descrito en el objetivo 2, el crecimiento (puesta a punto de un sistema de pesadas en distintos momentos productivos como nacimiento, destete, entrada en cebadero y entrada en matadero) e incluso la calidad de la canal o la carne.

---

<sup>41</sup> Meuwissen, T.H.E. 1997. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding. Journal of Animal Science, v.75 p.934-940,



## PROGRAMA DE MEJORA DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”

GRUPO DE INVESTIGACIÓN *MERAGEM* (PAI AGR-158)



En una primera fase proponemos incluir únicamente caracteres relacionados con la conformación para posteriormente sustituirla por la valoración morfológica de la aptitud carnífera a partir de caracteres morfológicos lineales. En una segunda fase se deberían incorporar objetivos relacionados con el crecimiento de los potros. Dada la situación de la raza se propone un núcleo de control productivo muy simplificado, en el que se controlé al menos el peso al destete de los potros, y los caracteres fertilidad, prolificidad y carácter maternal (supervivencia de las crías) en las madres.

Finalmente se podrían abordar otros caracteres relacionados con la calidad de la canal y de la carne (siempre que exista la posibilidad de organizar el control productivo de forma eficiente y barata).



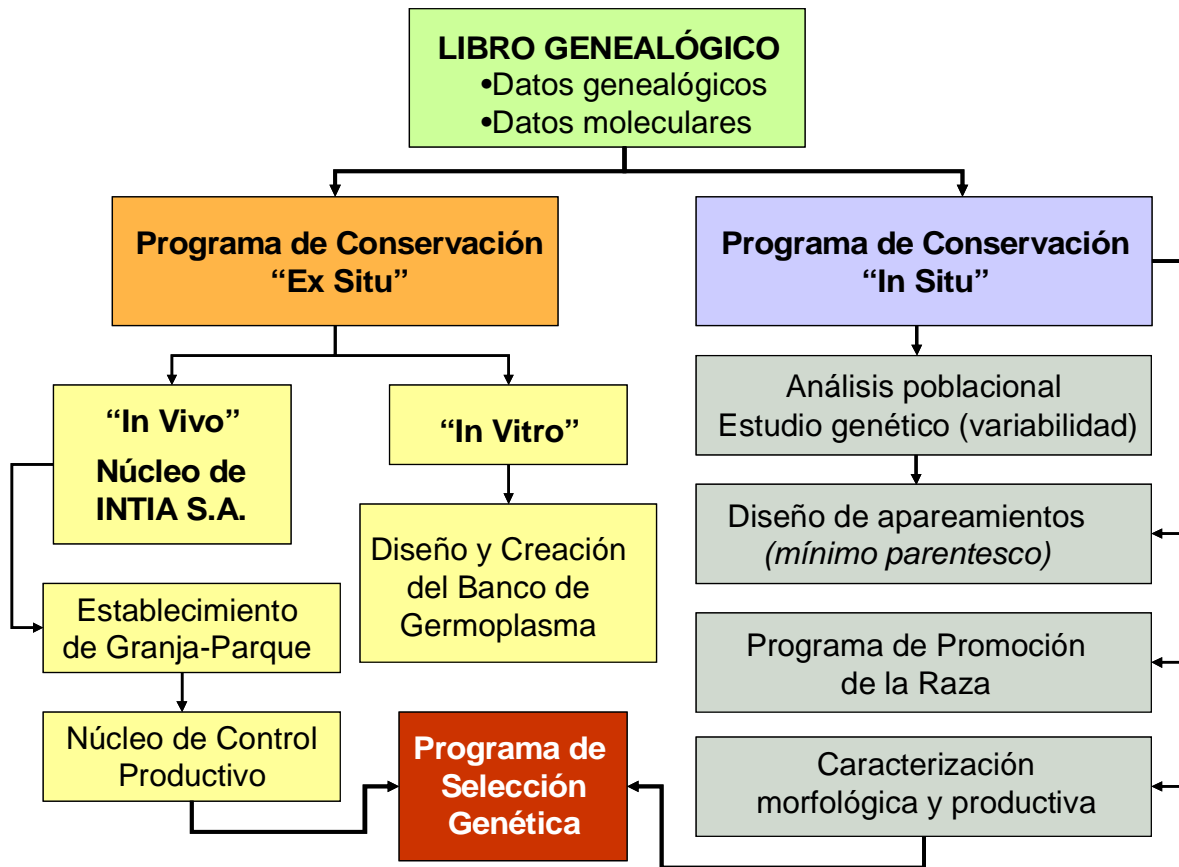
## ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORA (MODALIDAD DE CONSERVACIÓN GENÉTICA)

Según los objetivos propuestos en el Programa de Mejora se presenta la propuesta organizativa del programa reseñando **las 10 fases** según temporización:

- 1) Caracterización del nivel de riesgo real de la población a nivel censal y de los condicionantes a esta situación (estructura de la población y parámetros demográficos).
- 2) Caracterizar el nivel de variabilidad genética de la Raza a partir de los análisis genealógicos y moleculares.
- 3) Caracterizar morfológicamente a la población, estableciendo un sistema de Calificación Morfológica Lineal en el que se establezcan una serie índices conformacionales de nos permitan definir la calidad carnicera de la raza.
- 4) Establecer las medidas necesarias para incrementar en lo posible el número efectivo de la población (de tipo sanitario, organizativo, favorecer el incremento del intercambio de reproductores etc.).
- 5) Evaluar la situación genética de cada explotación y determinar las recomendaciones para frenar el incremento de consanguinidad o las actuaciones en caso necesario (programa de intercambio de machos o uso de inseminación artificial).
- 6) Realizar una selección de los reproductores y de los apareamientos de mínimo parentesco para cada explotación a partir de la información genealógica, molecular y productiva (conformación carnicera y peso al destete).
- 7) Realizar una selección de los reproductores machos que retengan la máxima variabilidad a la vez que permitan una mejora genética de los criterios de selección de la raza. Estos serán propuestos como donantes de semen con la doble finalidad de apoyar la conservación *in situ* (inseminación artificial) a la vez que constituirían los fundadores del banco de germoplasma de la raza, asegurando su preservación a largo plazo.
- 8) Paralelamente se debe establecer un programa de difusión de la raza y búsqueda de algún valor añadido de su cría en relación con las otras razas equinas de producción cárnica las que compita y que permita incrementar el número de ganaderos y las actividades en común que estos realicen.
- 9) Convertir el Centro localizado en Sabaiza de INTIA como granja-parque y como centro de testaje, que actuará como núcleo conector a partir de la cesión de machos de referencia y la fecundación de sus yeguas a partir se sementales candidatos de las explotaciones ganaderas de la Raza.
- 10) Si la recuperación censal y genética lo permite se podría establecer un programa de mejora genética clásico.



## DIAGRAMA DEL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE LA RAZA EQUINA "JACA NAVARRA"





## **DIRECCIÓN TÉCNICA Y COMISIÓN GESTORA DEL PROGRAMA DE MEJORA (MODALIDAD DE CONSERVACIÓN GENÉTICA) DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”**

La Dirección Técnica del Programa de Mejora (Conservación) de la Raza Equina “Jaca Navarra” recae sobre el personal del grupo de Investigación Meragem (Grupo AGR-158 del Plan Andaluz del Investigación, Desarrollo e Innovación de la Junta de Andalucía) formado por personal del Departamento de Ciencias Agroforestales de la ETSIA de la Universidad de Sevilla y de los Departamentos de Genética y de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, siendo la Directora Técnica del Programa la Dra. M<sup>a</sup> Mercedes Valera Córdoba, Profesora Titular de la Universidad de Sevilla.

Para el seguimiento de este programa se establecerá una Comisión Gestora formada por:

- § El Presidente de JACANA (Asociación de Criadores de Ganado Equino Jaca Navarra).
- § El Secretario de JACANA que actuará como Secretario de la Comisión.
- § La Directora Técnica del Programa de Mejora, perteneciente al grupo de investigación MERAGEM.
- § Un representante del Laboratorio NASERTIC (Navarra de Servicios y Tecnologías S.A.) responsable de los análisis genéticos para el control de paternidad.
- § Un técnico especialistas de JACANA
- § Dos ganaderos adscritos al Programa de Mejora (conservación)
- § Un representante de INTIA S.A.
- § Un representante de la Comunidad Foral de Navarra, y en su caso el Inspector del Libro Genealógico de la Raza.

### **FUNCIONES DE LA COMISIÓN GESTORA DEL PROGRAMA DE MEJORA**

Las funciones de la Comisión Gestora del Programa de Mejora de la Raza Equina “Jaca Navarra” se pueden concretar en 8 apartados:

- Seguimiento técnico del Programa de Mejora de la Raza.
- Aprobación de modificaciones técnicas al Programa de Mejora propuestas por la Dirección Técnica.
- Aprobación de propuestas para modificación de la normativa que regula el Libro Genealógico y de otras propuestas o informes que puedan afectar a la raza desde un punto de vista genético.



- Resolución de problemas técnicos y económicos que se presenten durante el desarrollo del Programa de Mejora.
- Seguimiento del programa de difusión de los resultados obtenidos en el Programa de Mejora de la Raza.
- Aceptar la propuesta de los candidatos a conservar semen en el banco de germoplasma de la Raza.
- Aceptar la propuesta de apareamientos dirigidos, propuesta para maximizar el nivel de variabilidad genética en la finca de Sabaiza gestionada por el INTIA S.A. (Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias).
- Determinar el momento óptimo, con el asesoramiento de la Dirección Técnica del Programa de Mejora, para abordar el futuro esquema de selección de la raza, una vez que el número efectivo de reproductores haya alcanzado un nivel que asegure el mantenimiento de la variabilidad en la población.



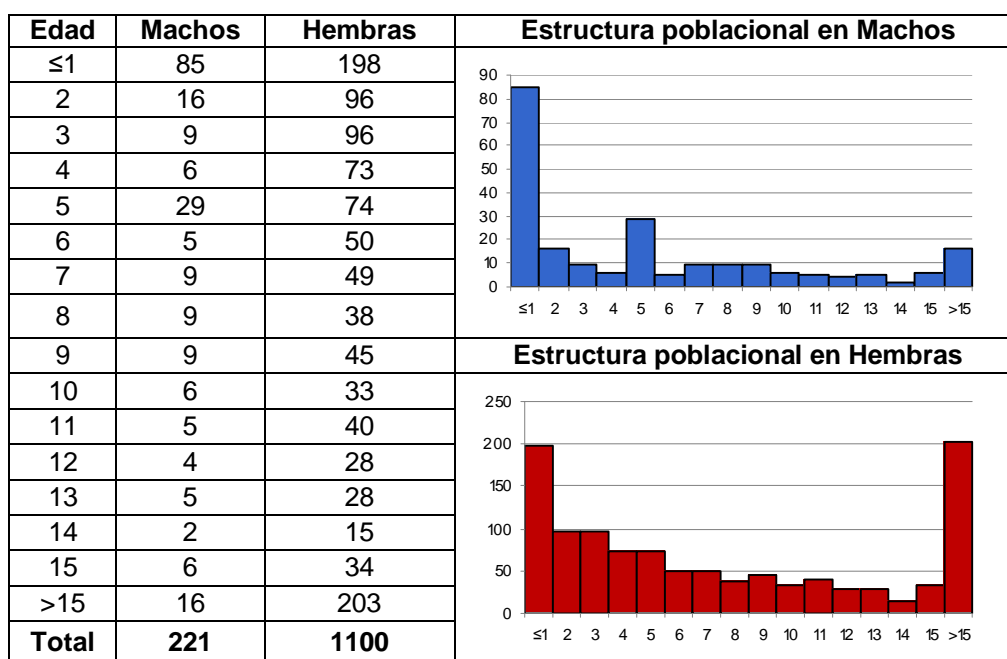
## REQUISITOS PARA LA ADSCRIPCIÓN AL PROGRAMA DE MEJORA (MODALIDAD DE CONSERVACIÓN GENÉTICA) DE LA RAZA EQUINA “JACA NAVARRA”

La Asociación de Criadores de Ganado Equino Jaca Navarra será la responsable del Programa de Mejora (Conservación) de la Raza. Todos los ganaderos asociados a JACANA podrán acogerse de forma voluntaria a participar en dicho Programa, en cuyo caso se compromete a aceptar las siguientes premisas:

1. Participación comprometida y activa en las diferentes acciones del programa.
2. Control de la genealogía por el método más adecuado y efectivo en cada caso.
3. Correcta identificación de estos animales mediante .microchips.
4. Haber realizado el programa de control sanitario oficial de las enfermedades incluidas en la parte A del anexo II y el programa de vigilancia epizootiológica oficial de las enfermedades incluidas en la parte B del anexo II (Real Decreto 804/2011, de 10 de junio). El programa de control se realizará de acuerdo a lo establecido en las partes I y II del anexo III.
5. Inscripción de sus animales en los registros del Libro genealógico.
6. Cría en pureza de la población (o en su caso diferenciación clara de la población con cría en pureza y en cruzamiento).
7. Adoptar las medidas que se propongan desde la Comisión Técnica para contribuir a la lucha contra la consanguinidad en su propia ganadería o en el conjunto de la Raza para mantener la variabilidad genética (montas dirigidas, cesión de machos, fertilización de una proporción de sus hembras, etc.).
8. Permitir la recogida de semen de los machos que la Dirección del Programa de Mejora haya elegido según los requerimientos descritos en el Objetivo 8 del presente Programa, para establecer el Banco de Germoplasma de la Raza.
9. En la fase del Programa de Mejora que se instaure un Esquema de Selección, permitirán la realización, por parte de los técnicos de JACANA, de los controles de rendimientos a sus animales y permitirán el establecimiento de las medidas necesarias para la conexión genética de su ganadería (cesión de machos, introducción de machos conectores de otras explotaciones, inseminación etc.). En este caso, la Comisión Técnica del Programa de Mejora propondrá a cada ganadero un panel de machos, de contrastada garantía genética, sanitaria y genealógica, pudiendo escoger el ganadero el animal en cuestión que servirá para conectar su ganadería y poder realizar la posterior valoración genética.
10. Cuando se realicen valoraciones genéticas permitir la cesión de material genético de sus animales que hayan obtenido la categoría de “Mejorantes” para la mejora del resto de la población.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Estructura de la población y pirámide de edades de hembras y sementales de la raza Jaca Navarra.



### ANEXO 2. Tamaño medio y distribución del censo efectivo y las ganaderías por zonas de animales pertenecientes a la raza Jaca Navarra.

ZONA	NÚMERO DE GANADERÍAS	CENSO TOTAL	MEDIA DE GANADERÍA
R-S (zona 1)	4	55	13,75
A-UL-BAZ (zona 4)	7	164	23,42
BAS-LA-LEI (zona 5)	5	31	6,2
BAR-IR (zona 6)	2	33	16,5
ES-P (zona 7)	11	417	37,90
OTRAS (zona 8)	6	315	52,5
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>1.015</b>	<b>29</b>

**Zona 1:** Pueblos de Usun, Izalzu, San Vicente e Irurozqui.  
**Zona 4:** Pueblos de Arizkun, Beintza Labaien, Bera, Arantza, Goizueta y Leitza  
**Zona 5:** Alli, Arrarats, Azkarate, Azpirotz, Baraibar, Beruete, Betelu, Beuntza, Eraso, Eratsun, Gaintza, Gorriti, Itsaso, Jauntsarats, Latasa, Leitza, Lekumberri, Orokieta, Oskoz, Uhitzi y Yaben.  
**Zona 6:** Pamplona  
**Zona 7:** Salinas de Oro, Ilundain, Eulate, Esquiroz, Iturgoyen, Burlada y Osacar  
**Zona 8:** Arguedas, Leoz y Mendigorria

### ANEXO 3. Relación de ganaderías criadoras de caballos de raza "JACA NAVARRA".

PROPIETARIO	MACHO	HEMBRAS	TOTAL
ARGANDOÑA AZANZA, ANGEL M <sup>a</sup>	2	44	46
CUNCHILLOS ASTIBIA, MARIANA	4	18	22
EQUISOAIN GORRIZ, JESUS	1	3	4
ERASUN LARRECHEA, JULIAN	2	18	20
ERRANDONEA GOICOECHEA,	3	10	13
FUNDACION ILUNDAIN HARIZBERRI	2	6	8
GIRONES ASIAIN GREGORIO Y PEDRO	6	20	26
GUINDANO GARCIA, MANUEL	0	4	4
HARO VIDAURRE SIMONA	3	20	23
HUARTE HUARTE, JOSE JAVIER	0	7	7
INTIA S.A.	28	218	246
IPARRAGUIRRE SALABERRI, JUAN M <sup>a</sup>	2	17	19
IRIARTE BAÑEZ, JESUS	1	11	12
IZCO AYESA JULIAN ANGEL	1	1	2
JIMENEZ MURO, MIKEL	1	15	16
MARTINEZ, PEREZ, IGNACIO MANUEL	0	1	1
MURGINDUETA GANADERA S.C.A.	1	30	31
ORIA ARMENDARIZ, JOSE ANTONIO	14	111	125
OTAMENDI EZKURDIA, FRANCISCO	0	2	2
PARQUE DE LA NATURALEZA DE	1	4	5
PASCUAL JUANTO, ENRIQUE	3	6	9
PEREZ DE OBANOS GOÑI, VICENTE	1	10	11
PUNCEL ARANDIGOIEN, JULEN	1	6	7
SAGASTIBELZA CESTAU, MARIA	1	20	21
SALDIAS ERASUN, MIGUEL	4	82	86
SALDIAS MUTUBERRIA IRUNE	1	5	6
SALDIAS MUTUBERRIA, AINHOA	1	4	5
SALDIAS MUTUBERRIA, TOMÁS	1	10	11
SC ALDAZ MACAYA E Y BERASAIN	3	15	18
UITZI PERURENA, FRANCISCO	1	2	3
URABAYEN ARGANDOÑA, ANGEL M <sup>a</sup>	15	82	97
URABAYEN ARGANDOÑA LUIS M <sup>a</sup>	5	50	55
URRUTIA BAYLOCQ-TILH, JAVIER	1	4	5
URTASUN URDANIZ, MIKEL	6	30	36
YABAR URZAINKI, ASIER	1	12	13
<b>TOTALES</b>	<b>117</b>	<b>898</b>	<b>1015</b>