



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



CARACTERIZACIÓN GENEALÓGICA Y GENÓMICA DE LA RAZA BOVINA BETIZU
GENEALOGICAL AND GENOMIC CHARACTERIZATION OF THE BETIZU BOVINE BREED

Autor

Asier Alvite Arregui

Directores

Juan Altarriba Farrán

Luís Varona Aguado

Facultad de Veterinaria

Universidad de Zaragoza

19 / 06 / 2020

Indice

1. Resumen.....	3
2. Introducción	5
3. Objetivos	7
4. Materiales y métodos.....	8
4.1. Información histórica y situación actual.....	8
4.2. Análisis de la funcionalidad y comportamiento de la Betizu.	8
4.3. Estudio genealógico y genómico	10
5. Resultados y Discusión	12
5.1. Estudio bibliográfico del origen y la situación actual de la Betizu	12
5.1.1. Origen de la Betizu	12
5.1.2. Situación actual	13
5.2. Funcionalidad de la Betizu	16
5.2.1. Caracterización morfológica y de comportamiento.....	16
5.2.2. Las Betizus, Casta Navarra y Larrabehi.....	18
5.2.3. Posibilidades productivas y su función ecosistémica.....	21
5.3. Análisis genealógico y genómico de la raza Betizu.....	23
5.3.1. Consanguinidad y ROH.	26
5.3.2. Estructura de la población.....	27
5.3.3. Parentesco entre los individuos.	29
6. Conclusiones.....	32
7. Valoración Personal	34
8. Bibliografía.....	36
9. Anexos	41

1. Resumen

Este trabajo de fin de grado ha tratado de contribuir al conocimiento sobre la raza bovina autóctona, muy rústica y en peligro de extinción del País Vasco denominada *Betizu*. La búsqueda de bibliografía existente relacionada con el tema, ha permitido recopilar y actualizar la información acerca del origen, situación actual y demás aspectos relacionados con la raza para tener una mejor aproximación a la misma. Además, se han detectado algunos vacíos como la comparativa genética entre la *Betizu* y Casta Navarra y la existencia de un grupo funcional y morfológicamente diferenciado del resto, denominado históricamente *Larrabehi*. Por otro lado, se ha investigado su funcionalidad mediante análisis de campo con visitas, estancias e intervenciones en el manejo de campo en las ganaderías donde perviven, así como con entrevistas a sus propietarios y a conocedores de esta raza. Así, hemos podido determinar tanto el papel que juega en el mantenimiento del medio ambiente y su biodiversidad, limpiando los montes para evitar incendios, como el complemento que supone para la economía de los caseríos. Por último, se ha realizado un análisis genético de una muestra representativa de individuos que fue genotipada con el chip Axiom™ Bovine Genotyping v3. El objetivo de este análisis fue detectar posibles subpoblaciones dentro del rebaño, así como estudiar el grado de consanguinidad presente en la población. Teniendo en cuenta que es una raza en peligro de extinción, la consanguinidad no resultó excesivamente alta, obteniendo una media del 13,4%. Se detectaron tres subpoblaciones diferentes que coincidían con las principales poblaciones de *Betizus* que han repoblado la cabaña ganadera actual. El parentesco se ha podido determinar mediante el cálculo de la matriz de relaciones genómicas y se ha comprobado la capacidad de la información molecular para desvelar parentescos que genealógicamente eran desconocidos. Los resultados de este análisis ofrecieron información relevante para la toma de decisiones en el programa de conservación de la raza, ya que puede permitir un diseño de apareamientos que evite la aparición de la depresión endogámica.

Summary

This end-of-degree work has sought to contribute to knowledge about the native, very rustic and endangered breed of cattle in the Basque Country called Betizu. The search of existing bibliography related to the subject, has allowed to compile and to update the information about the origin, current situation and other aspects related to the race to have a better approach to it. In addition, some gaps have been detected such as the genetic comparison between Betizu and Casta Navarra and the existence of a group that is functionally and morphologically different from the rest, historically called Larrabehi. On the other hand, its functionality has been investigated by means of field analysis with visits, stays and interventions in the field management in the cattle farms where they survive, as well as with interviews to their owners and to experts of this breed. Thus, we have been able to determine both the role it plays in the maintenance of the environment and its biodiversity, cleaning up the mountains to avoid fires, and the complement it represents for the economy of the farmhouses. Finally, a genetic analysis has been carried out on a representative sample of individuals that was genotyped with the chip Axiom™ Bovine Genotyping v3. The aim of this analysis was to detect possible subpopulations within the herd, as well as to study the degree of consanguinity present in the population. Considering that it is an endangered breed, inbreeding was not excessively high, obtaining an average of 13.4%. Three different subpopulations were detected that coincided with the main Betizus populations that have repopulated the current cattle population. The kinship was determined by calculating the matrix of genomic relations and the capacity of the molecular information to reveal kinships that were genealogically unknown was verified. The results of this analysis provided relevant information for decision making in the conservation program of the breed, since it can allow a mating design that avoids the appearance of inbreeding depression.

2. Introducción

El presente trabajo trata de ampliar el conocimiento actual sobre la raza bovina Betizu. La raza Betizu es una raza milenaria que se encuentra en peligro de extinción, ya que es una de las últimas vacas salvajes de Europa (Napal y Pérez de Muniain, 2006). Las Betizus son animales huidizos que aún perduran por los montes del Comunidad Autónoma del País Vasco, Comunidad Foral de Navarra y País Vasco francés.

Esta población está adaptada a los terrenos abruptos y a la orografía y climatología del País Vasco, constituye una pieza clave en la economía del caserío, y favorece una ganadería totalmente extensiva y sostenible con la naturaleza. Además, contribuye a mantener la amplia biodiversidad de especies que se encuentra en esta región. Sin embargo, estos animales, que durante siglos han permanecido en los montes, bosques y prados, están viendo reducido su número de efectivos como consecuencia de un proceso que conlleva el envejecimiento de la población rural y la desaparición del entorno socioeconómico y medioambiental tradicional. Por eso, es necesario dar a conocer la situación tan delicada en la que se encuentra la raza para que la sociedad ponga en valor este legado y evitar su extinción e insertarla en la naturaleza y la economía extensiva del sector rural.

Por otro lado, gracias a la tarea realizada por las personas que lucharon por la conservación de la Betizu, investigando y recopilando información, hoy en día tenemos una valiosa base. Este trabajo busca actualizar, complementar y ampliar el conocimiento existente hasta ahora sobre la misma, además de compararla con la Casta Navarra y el ganado bravo existente en Gipuzkoa. En este sentido, durante este proceso de investigación, se observó la posible existencia de un grupo de ganado morfológicamente similar, pero con características específicas diferenciadas, no registrado como raza, que los ganaderos de Gipuzkoa han venido denominando históricamente como "*Larrabehi*" o "vaca de la tierra".

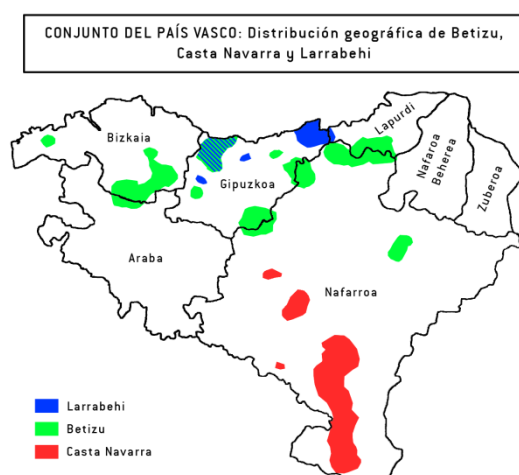
El único precedente en el análisis genético de la población Betizu con el que se cuenta hasta el momento de la realización de este TFG es el trabajo de investigación realizado por Fernando Rendo para su tesis doctoral (Rendo, 2010). En dicho trabajo, se desarrolló un estudio sobre genética de poblaciones de las razas ovinas, bovinas y equinas autóctonas de la Comunidad Autónoma del País Vasco y Navarra. En cuanto a sus resultados con la raza Betizu, analizó la estructura genética y las relaciones filogenéticas de la raza mediante el uso de marcadores microsatélites y SNPs. Las conclusiones del estudio indicaron que la raza Betizu, a pesar de estar constituida únicamente por unas 250 reses aproximadamente, poseía una gran

variabilidad genética. Por otra parte, también observó que la raza Pirenaica se encontraba genéticamente más alejada de la Betizu de lo que inicialmente se esperaba. Finalmente, también concluyó que la raza Betizu tenía una consanguinidad elevada, ya que la cabaña ganadera de la raza se constituyó a partir de varios orígenes que perduraron sin apenas mestizaje.

En el estudio que realizamos para este TFG, por medio de una muestra específica de individuos de Betizu, se actualizó el análisis genético con la disponibilidad de información molecular masiva como la que ofrecen los chips de genotipado y que permite el desarrollo de una gran variedad de estudios de genética de poblaciones. Entre ellos, permite un análisis más detallado de la estructura genética y las relaciones entre las poblaciones (Peter, 2016), la identificación y análisis de las regiones de homocigosidad (ROH- Runs of homocigosity) para el estudio de la consanguinidad (Peripoli et al., 2016, Luigi et al., 2018), la implementación de estudios de asociación a lo largo de todo el genoma (Genome-wide Association -GWAS-) (Tam et al., 2019), o de procedimientos de selección genómica (Meuwissen et al., 2001). El análisis de la estructura genética y de las regiones de homocigosidad requiere únicamente de la información procedente de los genotipados, mientras que los estudios de asociación y de selección genómica necesitan adicionalmente de una base de datos con información fenotípica, por lo que no han podido ser abordados en este trabajo.

Los resultados de este análisis ofrecerán información relevante para la toma de decisiones en el programa de conservación de la raza ya que permitirá un diseño de apareamientos que evite la aparición de depresión endogámica.

Por último, al igual que la Pirenaica, con la que Rendo (2010) hizo su comparativa, la otra raza próxima geográfica y funcionalmente a la Betizu es la Casta Navarra. En 2011 se llevó a cabo el estudio genético sobre la variabilidad y estructura de la raza Casta Navarra (Sanz et al., 2011), llenándose así el vacío existente al respecto. Así pues, quedaría pendiente de realizar un estudio comparativo de esta última con la Betizu.



3. Objetivos

La raza bovina Betizu, es una raza autóctona en peligro de extinción. Por ello, mediante este trabajo trataremos de poner en valor las funciones que desarrolla y así contribuir a su supervivencia y desarrollo. Para ello el trabajo se ha propuesto tres grandes finalidades:

El primer objetivo es actualizar la información sobre la Betizu. En este sentido, la información recopilada busca hacer un resumen del origen, la situación y distribución actual de la raza y la repercusión que ha tenido en la cultura vasca.

El segundo trata de conocer la funcionalidad de esta raza mediante análisis de campo con visitas, estancias e intervención en las ganaderías donde perviven, así como con entrevistas a sus propietarios y a conocedores de esta raza. Así, se podrá determinar el papel que juega en el mantenimiento del medio ambiente y su biodiversidad y el complemento que supone para la economía del caserío.

El tercer objetivo de este trabajo pretende obtener información genética de la raza que ayude en su supervivencia y en su conservación. El estudio genético permitirá detectar posibles subpoblaciones (o troncos) dentro de la población, tener conocimiento de sus ancestros y estudiar el grado de consanguinidad a partir de la información proporcionada por el chip de genotipado.

4. Materiales y métodos

La metodología seguida para la elaboración del trabajo difiere dependiendo de cada uno de los 3 objetivos perseguidos.

4.1. Información histórica y situación actual

Para la primera parte, se ha realizado recopilación de la mayor cantidad de información disponible de las fuentes que tienen relación con la temática de la Betizu, extrayéndola de libros, artículos de revistas electrónicas, etc. Así, hemos tratado aspectos como su origen, etimología de la palabra “Betizu”, su impacto en la sociedad y medio ambiente y su distribución actual.

4.2. Análisis de la funcionalidad y comportamiento de la Betizu.

Para el segundo bloque, con el fin de realizar la investigación acerca de la funcionalidad de la raza, nos hemos desplazado a los diversos caseríos y realizado estancias, labores ganaderas y entrevistas con sus propietarios y con expertos en la misma. Así, hemos podido detallar de primera mano la morfología de las reses, sus funciones ecosistémicas, el manejo tradicional al que están ligadas, la comparativa con dos razas contiguas, como son la Casta Navarra y la Larrabehi, el papel que desempeñan para el mantenimiento de la biodiversidad y el papel productivo que cumplen como actividad económica complementaria para el ganadero. El trabajo de campo realizado entre los años 2017 a 2020 con estancias en las ganaderías, espacios protegidos y centros de testaje donde perviven ha servido para contrastar lo ya publicado por las investigaciones realizadas hasta el momento, obtener observaciones propias y recoger el conocimiento y experiencia de los ganaderos y expertos.

Las **estancias** fueron las siguientes:

Ganadería Lastur (Itziar, Gipuzkoa). Ayuda en las labores ganaderas al propietario de *Larrabehis* Joxe Oñederra, recogida de información y fotografiado de sus reses y entorno. (Estancia 1).

Ganadería Marqués de Saka (Itziar, Gipuzkoa). Ayuda en las labores ganaderas al propietario de Casta Navarra y *Larrabehis* Asier Arrizabalaga y recogida de información y fotografiado de sus reses y entorno. (Estancia 2).

Ganadería Bergarako Zezenak (Bergara, Gipuzkoa). Ayuda en las labores ganaderas al propietario de Casta Navarra y *Larrabehis* Asier Arrizabalaga, recogida de información y fotografiado de sus reses y entorno. (Estancia 3).

Explotación de Sarrola (Aia, Gipuzkoa). Ayuda, mediante prácticas regladas, a las funciones veterinarias de Antonio Iburguren, veterinario del Centro de Testaje de Sementales de vacuno de la Diputación Foral de Gipuzkoa en Aia, así como recogida de información y fotografiado de las reses que son propiedad de la Asociación de Betizus de Gipuzkoa. (Estancia 4).

Asociación “Recuperación de Ganado Huido” (Conjunto del País Vasco): Participación en una treintena de recuperaciones y capturas de ganado huido o que se encontraba salvaje, constituyendo un peligro para la salud animal y la seguridad humana, a petición de ganaderos e instituciones. (Estancia 5).

Monte de Mondarrain (Ainhoa, Iparralde-Francia). Observación de las Betizus que se encuentran salvajes en el monte (Estancia 6).

Monte Jaizkibel (Pasaia-Hondarribi-Lezo, Gipuzkoa). Observación, recogida de información y fotografiado de las Larrabehiak que se encuentran salvajes en el monte (Estancia 7).

Las **entrevistas y visitas** realizadas fueron las siguientes:

Eugenio Arriaga (Amorebieta, Bizkaia), presidente de la Asociación de Betizu de Bizkaia, Bizkaiako Betizu Elkarte (BIBEL) (Entrevista 1).

Andoni Reka Gorri (Dima, Bizkaia): Ganadero de Betizu (Entrevista 2).

Josean De La Hoz “Matxin” (Valle de Karrantza, Bizkaia), entrevista acerca del manejo tradicional del ganado montaraz o salvaje y el uso de perros de agarre llamados Villanos, además de la recogida de información y del fotografiado de estos perros. (Entrevista 3).

Ganadería Reta de Casta Navarra (Gorcin, Navarra): Entrevista a Miguel Reta, técnico de INTIA y propietario de una ganadería de Casta Navarra, acerca de la Casta Navarra y la Betizu y su uso en los festejos. Igualmente ayuda en las labores ganaderas apartando ganado, recogida información y realización de sesión fotográfica de sus animales. (Entrevista 4).

Joxe Mari Plazaola (Donostia, Gipuzkoa). Veterinario de la Diputación Foral de Gipuzkoa y uno de los primeros impulsores de la recuperación de la Betizu. (Entrevista 5).

Ganadería Loyper (Goizueta, Navarra). Entrevista a Pili Perurena, ganadera de Betizus y observación y fotografiado de sus Betizus en el monte. (Entrevista 6).

Ganadería Arno (Mutriku, Gipuzkoa). Entrevista al propietario de Betizus y *Larrabehis* Andoni Mugerza y ayuda en las labores ganaderas, recogida de información y fotografiado de sus reses. (Entrevista 7).

Ganadería Ibiri (Mutriku, Gipuzkoa). Entrevista al propietario de Betizus y *Larrabehis* Unai Zubiaurre y ayuda en las labores ganaderas, recogida de información y fotografiado de sus reses. (Entrevista 8).

Ganadería Leizarran (Itziar, Gipuzkoa). Entrevista al propietario de Betizus y *Larrabehis* Xabier Leizarran y ayuda en las labores ganaderas, recogida de información y fotografiado de sus reses. (Entrevista 9)-

Este apartado será ilustrado con un anexo que contará con una galería fotográfica donde se podrá comprobar las características morfológicas de las Betizus y las razas Casta Navarra y Larrabehi, contiguas a la misma.

4.3. Estudio genealógico y genómico

Finalmente, para acometer el tercer objetivo, hemos llevado a cabo durante el curso 2019-2020 un estudio genético de una muestra de individuos pertenecientes al rebaño de la asociación de Betizu de Gipuzkoa y que pasta en el Parque Natural de Aia. Este rebaño se constituyó en su día con reses de diversas zonas del País Vasco, donde pervivieron con el mínimo mestizaje. Para la realización del análisis se solicitó la extracción de muestras de los 37 individuos del rebaño de Aia a la Diputación Foral de Gipuzkoa¹.

Además, se registró la información genealógica disponible de estos animales (ausencia de un ancestro en la mitad de los individuos) y se elaboró la matriz de parentesco genealógico entre ellos. También se registró la explotación de origen y la fecha de nacimiento de cada uno.

Con las muestras obtenidas del rebaño, se procedió a realizar los genotipados mediante el chip Axiom™ Bovine Genotyping v3, que incluye 63,988 marcadores SNP. Los SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) son polimorfismos de un único nucleótido, que consisten en la

1 Respecto a este punto, conviene apuntar que dada la situación de alarma sanitaria a la que nos ha llevado el virus COVID-19 no se ha podido realizar la caracterización genómica y genealógica de todos los individuos de la raza Betizu tal como se había planificado al comienzo de este TFG. El trabajo finalmente se ha llevado a cabo con una muestra de 37 individuos de uno de los rebaños más representativos pertenecientes a la asociación de betizus de Gipuzkoa.

variación de la base púrica o pirimídica (adenina, timina, citosina o guanina) en la secuencia de ADN, es decir, el cambio de una base en una posición concreta de un fragmento de ADN. La información generada por los chips de genotipado es de utilizad para predecir el valor mejorante de los individuos mediante selección genómica (Meuwissen et al., 2001) y para realizar estudios de diversidad genética (Peter, 2016) y consanguinidad (Piepoli et al., 2016). Los análisis fueron llevados a cabo por la empresa Xenética Fontao S. A. localizada en Lugo. Una vez obtenido el genotipado se realizó un filtrado mediante el programa informático PLINK (Purcell et al., 2007) asegurando que los marcadores hayan sido genotipados en al menos el 95% de los individuos. Este proceso de filtrado retuvo la información de 54,920 marcadores SNP con lo que se realizaron los siguientes análisis:

Detección de bloques de homocigosidad mediante el paquete informático DETECT_RUNS (Biscarini, 2019). En primer lugar, se utilizó la función *ConsecutiveRUNS* del paquete DETECT_RUNS para identificar las regiones del genoma que únicamente contienen marcadores SNP en homocigosis en cada individuo. A continuación, se realizó la estimación de la consanguinidad a partir del cálculo del tamaño del genoma incluido en esas regiones de homocigosidad con respecto a la longitud total del mismo (Ceballos et al., 2018).

Estudio de la estructura genética mediante el programa *ADMIXTURE* (Alexander et al., 2009) con el objetivo de detectar posibles subpoblaciones en la muestra analizada. El programa utiliza un procedimiento de máxima verosimilitud para asignar a cada individuo la probabilidad de pertenecer a una determinada subpoblación. El procedimiento necesita determinar a priori el número de subpoblaciones. En concreto, se realizaron análisis con las asunciones de 1, 2, 3, 4 y 5 subpoblaciones. La comparación de los distintos ajustes se realizó mediante validación cruzada.

Cálculo de la matriz de parentesco genómico entre los individuos analizados mediante el paquete informático *AGHmatrix* (Amadeu et al., 2016), que utiliza el algoritmo de VanRaden (2008) para el cálculo de la matriz de relaciones genómicas entre los individuos genotipados. Con esta herramienta, obtenemos información sobre el grado de filiación, que nos muestra la relación que tiene cada individuo con el resto. Así, podemos determinar la semejanza genética existente entre ellos y saber de qué familia provienen.

5. Resultados y Discusión

Este capítulo contempla los resultados obtenidos en el estudio, divididos en los tres bloques planteados como objetivos de investigación. Por un lado presentamos los resultados de la revisión bibliográfica y actualización de la información relativa a la Betizu, por otro tenemos el análisis de la funcionalidad de la raza y por último, el estudio genético de una muestra representativa.

5.1. Estudio bibliográfico del origen y la situación actual de la Betizu

La Betizu es una de las pocas razas bovinas que vive asilvestrada con el mínimo control humano (Rosset y Riberau, 1999). Su forma de vida se asemeja más a los ungulados silvestres que a los demás bovinos domésticos, con la única intervención humana para las campañas de saneamiento anuales (Gómez, M. y Amezaga, I., 2003).

La palabra vasca “betizu” viene de la conjunción de “behi” e “izu”, que, en castellano significa vaca arisca, intratable o salvaje (Gómez et al., 1999). A lo largo de la distribución geográfica recibe otras denominaciones dependiendo de la zona.

5.1.1. Origen de la Betizu

Desde tiempos inmemoriales el toro ha sido objeto de culto y admiración. En la mitología vasca existen diversas referencias al “zezen-gorri” (toro rojo) o “behi-gorri” (vaca roja), que se nos presenta como un ser mitológico, agresivo, guardián de las cuevas de la diosa Mari (Barandiarán, 1994). Otras veces es la propia diosa Mari, que representa la naturaleza, la que se reencarna en un toro rojo (Viard, 2014).

Según cuenta José Miguel Barandiarán, arqueólogo y antropólogo vasco, en sus diversas obras, el toro rojo o la betizu ha sido mitificado desde el paleolítico, donde en cuevas como Laminazilo de Isturitz, Leiza de Sara, Akelarre de Zugarramurdi, Aitzbitarte de Orereta, Bolikoba de Abadiño, Santimamiñe de Kortezubi y Balzola de Dima, entre otros, se han hallado grabados y pinturas que representan “toros rojos” (Barandiarán, 1969).

Los Uros y las Betizus

A la hora de analizar el origen de la betizu, es inevitable hacer referencia al *Bos taurus primigenius*, hoy desaparecido. Eran animales robustos, rudos, que pastaban salvajes por toda Europa (Riveiro, 2015). Se caracterizaban por su gran tamaño, capa de color oscuro uniforme,

con la zona del dorso y la testuz de color pardo a leonado (Azkune, 1989). Los cuernos eran largos y dispuestos hacia arriba. La extinción del uro vino dado por la mano del ser humano, cuando éste empezó a ejercer una presión de caza incesante, la tala de grandes superficies de bosques para la agricultura y la presión de los animales domésticos (Napal y Pérez de Muniain, 2005).

Podemos determinar la presencia del uro en el País Vasco, por las pinturas y dibujos hallados en varias cuevas de Altxerri, Santimamiñe, Areatza y Karrantza, entre otros, que representan animales con grandes cuernos y con el pelaje oscuro y la zona dorsal más clara. Es digno de comentar el hallazgo de un esqueleto entero de un uro en la serranía de Gibujo, en Araba, de hace 7.400 años (Altuna, 1974).

5.1.2. Situación actual

A finales del siglo XIX y principios del XX se llevó a cabo un gran cambio en la cabaña ganadera autóctona con la mejora de muchas razas locales, así como con la introducción de razas foráneas más productivas (Altarriba y Aranguren, 2003). Fue entonces cuando se empezaron a diferenciar grupos de ganado económicamente más rentables, que pastaban en los prados cercanos al caserío y con un cuidado más esmerado (Echevarría, 1975), de aquellos que eran menos productivos que se relegaron a las altas montañas y a zonas pedregosas, boscosas y geográficamente más inaccesibles. Gracias a este proceso de segregación y aislamiento genético, las betizus pudieron sobrevivir (Entrevista 4).

Las betizus, desde sus orígenes hasta hoy, no han tenido cabida en los caseríos y los prados de alrededor. Ha sido una raza relegada a terrenos marginales, abruptos y escarpados. En este medio, la población se ha adaptado al terreno por selección natural (Betizu, Anónimo, 2019).

Las razas más cárnicas o productivas, que gozaron de los mejores prados, suplemento alimenticio y resguardo en invierno, se fueron especializando cada vez más, en favor de la productividad económica pero en detrimento de la rusticidad y adaptabilidad (Barandiaran et al., 2000). El ejemplo más cercano de este proceso, entre otras muchas razas, es la Pirenaica, como describe Joseba Ocáriz en tu tesina de licenciatura de 1988. El mantenimiento de amplios terrenos comunales, como consecuencia de que en estos territorios no se aplicaron las leyes de desamortización del siglo XIX (Ocáriz, 1988), provocaron que estos espacios inservibles para la agricultura, la poca inversión requerida y la posibilidad de extraer un becerro de forma anual, entre otras, han hecho que las betizus hayan perdurado en diversas zonas de nuestra geografía.

Las Betizus de Navarra

Las zonas que conservan Betizus son Leitza (Leitzalarrea), Goizueta, Arano, Vera de Bidasoa (Ibardin), Baztan (Gorramendi), Maia-Erratzu, Sierra de Zariqueta, Artanga y Artxuba, sierra de Aralar (Baraibar) y Ardanaz (Bernez, 2010) (Entrevista 6). Son ganaderías que poseen rebaños generalmente no muy grandes, que viven en completa libertad en los montes de la zona.

En las sierras de Zariqueta, Artxuba y Artanga, montes de la zona de Aoiz, pasta uno de los rebaños morfológicamente más puros de Betizus, creado a partir de unos pocos ejemplares comprados de Goizueta por la Asociación Navarra de Amigos de la Naturaleza (ANAN). Hoy en día es propiedad del Gobierno de Navarra, que la mantiene con la idea de preservar genéticamente la raza. El Instituto Técnico y de Gestión Ganadero (ITGG) de Navarra intenta capturar los animales todos los años para el saneamiento e identificación de las crías. Estos animales viven de forma totalmente salvajes, con escaso manejo e intervención humana (Napal, Pérez de Muniain, 2006)(Entrevista 4).

Las Betizus de Gipuzkoa

En Gipuzkoa podemos encontrar mayoritariamente 4 subpoblaciones:

Suboblación del macizo Adarra-Mandoegi. Estos animales tienen básicamente la misma procedencia que las de Goizueta, Arano y Leitzalarrea, ya que comparten una misma región o zona montañosa.

Zona de Itziar-Lastur (Deba) y Olatz-Arno (Mutriku). Los animales de estas tierras se han utilizado desde tiempos inmemoriales para los festejos populares, que posteriormente fueron cruzando con animales bravos de Casta Navarra (Reta, 2004). Sin embargo, es importante mencionar que siempre ha habido un gran flujo de animales con la zona de Goizueta, Adarra-Mandoegi y Baztan (Entrevista 6). Cabe destacar que los ganaderos de la zona poseen reses que se denominan “*Larrabehi*”, utilizados también para festejos populares.

Sierra Elgea (Eskoriatza), límite entre Gipuzkoa y Araba.

Población de GIBEL (Asociación de Criadores de Betizu de Gipuzkoa) que se encuentra en el parque natural de Pagoeta, en Aia (Gipuzkoa). Animales procedentes de los rebaños de Adarra-Mandoegi, Mutriku, Baztan y Artanga, con la intención de crear un grupo de conservación (Entrevista 3).

Por último, existe otra población en la zona natural del monte de Jaizkibel, monte que se extiende por la costa oriental de Gipuzkoa, entre los pueblos de Hondarribia, Lezo, Orereta y Pasai Donibane². Ha sido zona de trashumantes de vacas desde la Edad del Hierro (500-332 a.C.) (Barandiaran, Manterola, Arregi, et al., 2000); los pastores venían con grandes rebaños a pasar el invierno a las suaves laderas de la costa, desde los montes de Aralar, sobre todo (Victoria, 2014) y del norte de Navarra, con ganado bravo o salvaje; es decir, con betizus o larrabehis. Hoy en día perviven rebaños de vacas con rasgos de mezcla de Betizu, Casta Navarra y Larrabehe (Estancia 7).

Las Betizus de Bizkaia

En Bizkaia a finales de los años ochenta apenas quedaban animales Betizus (Rekagorri, 1999). La razón del descenso principalmente fue la obligatoriedad de sanear una vez al año de tuberculosis y brucelosis, puesto que, para ello había que capturar a todas, traerlas al caserío y tenerlas allí durante 4 días para hacer la lectura de la prueba (Entrevista 2). Dada la dificultad y esfuerzo que ello suponía, los ganaderos empezaron a sustituirlas por razas más cárnicas intentando además buscar una mayor rentabilidad (Viard, 2014). Fue entonces cuando Andoni Rekagorri de Galdakao (Bizkaia), auténtico entusiasta de esta raza, se propuso recuperarla. Compró unos cuantos animales y se instaló en Dima. Animó a otros ganaderos a criar y así consiguió consolidar la raza, hasta llegar a los 80 animales (Entrevista 1).

Hoy en día, los ganaderos están enclavados en Gueñes (Encartaciones), Gorbea, Urkiola, Amorebieta-Etxano y Orozko (Gómez, 1999).

Las Betizus de Iparralde

Cuando hablamos de las Betizus del País Vasco francés, es obligado mencionar a Jean-Pierre Seiliez. Natural de Baiona, Seiliez compró los últimos Betizoak, que es como se les denomina a estas vacas en la zona, a los dueños de un caserío de Arbonne (Napal y Pérez de Muniain, 2006). A partir de aquí, empezó a seleccionar e intentar recuperar la raza. Gracias a su incansable esfuerzo y perseverancia consiguió salvar a las Betizus de una extinción casi segura (Entrevista 5). Hoy en día existen dos núcleos importantes:

2 El 16 de Abril se presentó el informe de la Sociedad de Ciencias Aranzadi “Revisión sobre el patrimonio natural de la montaña de Jaizkibel”, apoyado por la Diputación Foral de Gipuzkoa y los municipios implicados, en el que se adopta el compromiso de preservarlo. Rescatado de <http://www.aranzadi.eus/actualidad/se-presenta-el-munibe-monografico-“revisión-sobre-el-patrimonio-natural-de-la-montana-de-jaizkibel”>.

Subpoblación de las estribaciones del monte Xoldokogaina (Lapurdi). Se ubican en los montes de Mandale, Ibardin y Larrun (Guiraud, 2008).

Rebaño de la Baja Navarra que se encuentra en el monte Mondarrain-Haltzamendi. Se sitúan entre Espelette y Ainhoa, formado a partir de ganado proveniente de Urdazubi y Gorramendi-Gorramakil (Napal y Pérez de Muniain, 2006) (Estancia 6).

5.2. Funcionalidad de la Betizu

La Betizu es una de las pocas razas bovinas que vive en completa libertad o semi-libertad (Pérez de Muniain, 1999). Hasta hace relativamente poco tiempo no había ningún control sobre estos animales, siendo la selección natural la que regía su existencia. En estas zonas, los propietarios intentaban capturar los animales cada cierto tiempo, para retirar los terneros y destinarlos al consumo familiar o lidiarlos en las fiestas (Barandiaran et al., 2000). Dada la bravura rudimentaria de los animales, se utilizaban en muchos pueblos del País Vasco y Navarra en espectáculos populares, como encierros, recortadores, *sokamuturras* (toro ensogado), etc. Es digno de mencionar que hoy en día la Betizu no ha perdido del todo esa función; ya que, se siguen corriendo reses de esta antiquísima raza por los ganaderos de bravo de Ibiri, Arno, Leizarran y Lastur, entre otros (Estancia 1, Entrevista 7 y Entrevista 8).

5.2.1. Caracterización morfológica y de comportamiento

Aunque hayan existido en nuestros montes unas reses con caracteres morfológicos similares desde tiempos inmemoriales, no fue hasta el año 1997 cuando la Comunidad Autónoma Vasca, Comunidad Foral de Navarra y el País Vasco francés fijaron un prototipo o estándar racial de la raza bovina Betizu (Gomez, 1999).

Fenotipo de las Betizus

Las betizus están dotadas de gran rusticidad y se desenvuelven en espacios marginales en estado casi salvaje (Pérez de Muniain, 1999). Se la considera por ello como una de las últimas razas bovinas semisalvajes de Europa (Entrevista 4). Los ejemplares de esta raza tienen características muy parecidas a las antiguas Pirenaicas, descritas por Teófilo Echeverría en su tesis doctoral del año 1975, y a animales de Casta Navarra (Rekagorri, 1999). Son animales vivaces, ágiles, armónicos, de desarrollo tardío, de escasa alzada y poco peso corporal, siendo de muy baja producción carnífera. Como corresponde a su rusticidad, poseen el tercio anterior más desarrollado que el posterior (Siliez, 1999).

Capa

La capa es trigueña, con variaciones desde tonalidades más claras hasta más oscuras, dependiendo del sexo (más oscuros los machos) y la estación. En invierno se cubren de abundante pelo y se modifica su coloración adquiriendo una tonalidad más rojiza y oscura, (Barandiaran et al., 2000)(Ilustración 1).

Cabeza y cuello

Cabeza grande y fina y de perfil recto o subcóncavo. Orejas de tamaño medio cubiertas interiormente de pelo fino. Ojos expresivos, ligeramente salientes y rodeados de una aureola clara (ojo de perdiz). Cuernos de desarrollo precoz, en forma de media luna, más abierta en las hembras que en los machos (Pérez de Munian y Gomez, 2009) y con las puntas amarillentas (Ilustración 4).

Tronco

De proporciones alargadas y pecho profundo, estrecho y más musculado en los machos (Napal y Pérez de Muniain., 2006). Línea dorso-lumbar algo ensillada y de escaso desarrollo muscular (Pérez de Munian y Gomez, 2009). Cola de nacimiento alta, larga y con abundante borlón (Ilustración 1).

Extremidades y aplomos

Extremidades anteriores de mediana longitud y finas. Las posteriores son algo más largas. Muslo y nalga de escaso desarrollo. Aplomos correctos. Pezuñas pequeñas, duras y resistentes al desgaste y de color amarillo claro (Rekagorri, 1999).

Dimensiones

Poseen escaso porte. El esqueleto es fino, son eumétricos, con tendencia a ser longilíneos y de perfil recto. El tamaño es pequeño, existiendo un gran dimorfismo sexual: los toros son mucho más robustos que las vacas (Ilustración 3). La alzada a la cruz de los machos de 1,30 metros y de las hembras de 1,20 (Gomez et al., 1997). El peso en vivo es de 300 kilogramos en las hembras adultas y de unos 400 en los machos (Napal y Pérez de Muniain, 2006).

Comportamiento

Es un ganado rústico en cuya estructura y dinámica poblacional influyen, en gran manera, las condiciones naturales. En cuanto al sistema de explotación es totalmente extensivo, con libertad de movimientos, únicamente se les dispensa algo de alimento en los

inviernos muy duros (Gómez et al., 1997). Este ganado es muy ágil y asustadizo, comportándose en el campo como un animal salvaje. Su constitución les permite adaptarse a terrenos muy escabrosos y andar más de 30 kilómetros diarios en busca de alimento (Barandiaran et al., 2000).

Las vacas son muy agresivas y, si se ven acorraladas, arremeten; sobre todo si creen que están en peligro sus crías. Esta tendencia a la embestida, con indicios de bravura y acometividad, y como ya hemos comentado, se aprovecha para correrlas en encierros y capeas en muchos pueblos del conjunto del País Vasco (Napal y Pérez de Muniain, 2006).

Las vacas, tienen muy escasa producción lechera, la imprescindible para criar al ternero. Su ciclo reproductor es natural y paren cada dos años a partir de los tres años de edad, produciéndose casi siempre los nacimientos en el mes de mayo y junio. La cubrición está a cargo de los machos dominantes (Mendizabal, 1999). Como suelen vivir entre trece y catorce años, cada hembra betizu no tiene a lo largo de su vida más de cinco o seis crías (Napal y Pérez de Muniain, 2006)(Ilustración 2). Los machos adultos suelen vivir separados de las vacas y las crías, en grupos de tres o cuatro o completamente solitarios. La época de celo y cubrición está acompañada de furiosos combates entre los machos (Barandiaran et al., 2000).

5.2.2. Las Betizus, Casta Navarra y Larrabehi

Como ya hemos comentado, la Betizu (Imagen 1) corresponderían al ganado bovino semisalvaje que existió en los Pirineos y zonas adyacentes desde tiempos inmemoriales y que aún sobrevive en zonas montañosas del conjunto del País Vasco (Napal y Pérez de Muniain, 2006). Se cree que fue la base, el fundamento y la materia a partir de la cual, se crearon las razas Pirenaica, ganado bravo de Casta Navarra (Prieto, 2012) (Imagen 2) y las denominadas Larrabehi (Imagen 3) que significa vaca salvaje o vaca brava (Azkune, 1989).

El origen y parentesco

Aparece muy bien detallado el origen pirenaico de las ganaderías de Casta Navarra en el libro “Historia de una ganadería de toros bravos en el siglo XIX”, donde Laborda Villanueva se refiere así a su antecesor, Laborda Irurtia (Pérez de Laborda, 1980): “con la idea de formar su ganadería y que fue retirando 36 vacas, todas jóvenes. Las vacas las adquiría en el Pirineo y en los sotos del río Ebro. Felipe también solía acudir a la feria de Lumbier, donde encontraba vacas muy bravas procedentes del Pirineo navarro”.

Benjamín Bentura Remacha (Bentura, 1994), en la misma línea, en el libro “Casta Brava Aragonesa”, al referirse a sus antecesores escribe así:

“Los Bentura habían bajado desde el Somontano pirenaico, del lugar de Longás, en la Sierra de Santo Domingo, hasta el centro de las Cinco Villas, y es seguro que con ellos bajaran también el ganado lanar, caballar y mular y que incluyeran en el traslado los toros y vacas de la montaña y que, a partir de éstos, crearan su ganadería brava”.

Probablemente, tendrían el mismo origen Pirenaico el ganado bravo de Gipuzkoa y Bizkaia. Muestra de ello, tenemos los testimonios del ganadero Artetxe (Garate, 1984), nacido en Deba el año 1897, en el caserío de Saka. El ganadero hizo posible la conservación del toro vasco, denominado Larrabehi (Aldabaldetrecu, 1991). Arrizabalaga, de la ganadería brava Lizarran, natural de Itziar (Deba), narra con todo detalle las Larrabehis y su captura. “*Larrabehiak, txiki-txikiak, gorri-gorriak*” (*Larrabehis*, pequeñas y rojas) decía. Se dedicó a capturar durante toda su vida dichos animales que pastaban libremente en los montes de Gipuzkoa, para posteriormente correrlos en los pueblos (Debako Udala, 1997). En el municipio de Deba, en el primer cuarto del siglo XX, había Larrabehis que pastaban en libertad en el monte, que eran propiedad de una docena de caseríos (Aldabaldetrecu, 1991).

En el libro “Como un Jardín”, Berriochoa nos muestra que para el año 1800, la mayoría de caseríos poseían de 4 a 10 “vacas montesinas” o Larrabehis (Berriochoa, 2013). Por ello, pensamos que históricamente se muestra la existencia de un grupo de ganado bravo, que posee cierta homogeneidad y que es diferente a la Betizu. Además, en las estancias realizadas en los caseríos de ciertos ganaderos de bravo pude constatar que poseen todavía animales bravos con estas características (Estancias 1, 2, 3, 7 y Entrevistas 7, 8, 9). Por ello, ya que nos encontramos ante un grupo funcional y morfológicamente diferenciado del resto, sería conveniente realizar una investigación para obtener más información y determinar si nos encontramos ante una posible nueva raza (Ilustración 6)³.



Betizu



Casta Navarra



Larrabehi

Figura 1. Comparativa morfológica entre Betizu, Casta Navarra y *Larrabehi*

³ Durante la realización de este TFG fue creada por parte de la decena de ganaderos que se dedican a la cría de este tipo de ganado bravo la asociación de “Euskal Larrabei Elkartea”, proceso en el que participó el autor de este trabajo.

Sea como fuere el origen y porvenir de las Betizus y sus razas emparentadas, cabe destacar que los tres provienen del mismo tronco (Fig. 1) (Napal, 2001).

Captura con perros Pastores y de Presa

La forma de vida, totalmente salvaje y sin ningún control humano, de las tres razas de vacunos, hacía imposible su captura, si no era con la ayuda de perros entrenados para dicho fin.

Entre los años 50 y 60 en la zona de las Encartaciones (Bizkaia), sobre todo, empezó a conformarse el Villano de las Encartaciones a partir del cruce de diversos perros de la zona (Gómez, 2011). Por aquella época, la mayoría de los ganaderos poseían reses que vivían salvajes en el monte y eran capturadas una vez al año para vender los terneros y correrlas en las fiestas de los pueblos (Enkarterriko billano, Anónimo, 2019).

Muestra de este cometido, son los documentos hallados en los archivos de la Universidad de Oñati (Gipuzkoa) en los que se relatan que en el año 1160 se celebró el primer festejo taurino datado del que se tiene noticia, en Soraluze (Gipuzkoa), en honor a Sancho VI “El Sabio de Navarra”. En él, con la ayuda de perros de presa, se capturaron tres toros salvajes del monte. Muestra de ello, es el escudo de la casa solariega, donde aparecen tres cabezas de toro y otros tantos perros (Larrañaga, 1980).

Cuenta Rezagorri que los ganaderos de la zona de Bizkaia tenían las vacas todo el año en el monte y que en otoño las capturaban, les colocaban un cencerro a las que querían dejar para vida y el resto las bajaban al caserío para venderlos a los carniceros. Para cogerlas, utilizaban perros de raza Villano de las Encartaciones (Entrevista 2).

Cabe destacar la labor de captura que todavía hoy en día es realizada por los ganaderos (Entrevista 3 y 7; Alvite, 2018) y la asociación “Recuperación de Ganado Huido” -única asociación que se dedica a estos menesteres- recuperando animales bravos o asalvajados, (Estancia 5;-Ilustración 7). Son un grupo de ganaderos y criadores que utilizan perros de raza Presa Navarro -Oficialmente Basati Alaunt- (Sociedad de Amigos del Presa Navarro, 2008).

Uso en los festejos populares

“Todo empezó en Navarra”, así lo dicen por lo menos diversos cronistas e historiadores taurinos (Napal, 2001). El “toreo a pie” y su noción de profesionalidad surgió en la cuenca del Ebro; así como las primeras ganaderías de bravo organizadas y con una mínima selección y dedicación exclusiva a los festejos taurinos (Larrea et al., 2005). Napal recoge el testimonio de

José María de Cossío (1943) cuando dice: “Las soleras más viejas del ganado bravo deben buscarse en la Andalucía más llana y en los Pirineos navarros más abruptos”.

Cuando había que sacrificar algún animal, éstos eran conducidos por el pueblo con una soga hasta el matadero (Napal, 2001). Entonces, los jóvenes aprovechaban la ocasión para correrlos. Así surgió la denominada *sokamuturra* o toro ensogado y fue tal el arraigo que adquirió, que aprovechaban cualquier ocasión o festividad para correr toros y vacas (Aldabaldetrecu, 1991). No se sabe exactamente cuándo empezó, pero la primera *sokamuturra* datada que conocemos es de 1117 (Badorrey, 2017). Hoy en día en muchísimas localidades del País Vasco se siguen celebrando espectáculos con animales bravos, en encierros, sueltas de vacas, *sokamuturras*, becerros para los niños, etc. (Ilustración 8).

En el País Vasco todavía pervive un modo de trabajar con el ganado bravo totalmente diferente al del entorno. Debido a la abrupta orografía, se utilizan perros pastores vascos amaestrados que, obedeciendo la voz del dueño, acercan las vacas al caserío (Ilustración 9). Las vacas se traen a la cuadra desde el monte, el ganadero las aparta con una vara metiéndose entre ellas (Ilustración 10) y, finalmente, después de atarlas y taparles los ojos con una careta, las carga en el camión de una en una, (Debako Udala, 1997) (Ilustración 11).

5.2.3. Posibilidades productivas y su función ecosistémica

Tal y como afirman Napal y Pérez de Muniain: “Una de las mayores amenazas para la diversidad de los animales es su carácter altamente especializado”. La ganadería intensiva y comercial se da de igual forma a nivel global; la explotación de unas pocas razas especializadas en la producción de carne, leche y huevos, que requieren altas cantidades de “inputs”, como son el pienso, medicamentos, estabulación, consumo de energía fósil, etc. (Napal y Pérez de Muniain, 2006). En el polo opuesto se encuentran las razas autóctonas, animales adaptados durante siglos a la orografía y climatología de la zona que pastan y que no poseen, los requerimientos de producción de las razas especializadas (Legrand, 1999).

En Europa ya existe una especial sensibilidad referida a ciertas razas autóctonas, primitivas y que se encuentran en estado semi-salvaje. Como ejemplo de este último grupo merece la pena destacar al ganado de Chillingham, en Northumberland (Inglaterra) (Ritvo, 1992) o la vaca Herens en Suiza, etc. En Francia habitan otras dos razas con características de rusticidad y comportamiento similares a la Betizu como son la Camarguesa y la Vaca marina de Las Landas. Por otra parte, distribuida ampliamente por toda España y Portugal se encuentra la raza de Lidia, que pasta en régimen extensivo y que su principal cometido es la participación en los

festejos taurinos. Además de ésta última, son dignas de mencionar, por la labor de recuperación, Cárdena Andaluza, Pajuna, Albera, Caldelá, Berrenda en colorado, Cachena, entre muchas otras.

Además, todas las razas autóctonas están ligadas a un sistema productivo de ganadería extensiva (Reta, 2019), poseen un valor cultural incalculable, un léxico y lenguaje propios, así como la sabiduría, los valores y todo un ideario colectivo que conforma la identidad de nuestra sociedad. A parte de las razones histórico-culturales, existen otras como la capacidad para superar los cambios ambientales, previsión de las demandas futuras de los consumidores, aprovechamiento de zonas marginales, resistencia a enfermedades, participación en el paisaje rural y por razones genéticas -características de posible uso en el futuro- (Altarriba, 2019).

Cabe destacar que la Betizu, aunque tenga una conformación peor que otras razas cárnicas especializadas, posee una carne de excelente calidad (Entrevista 4). La Federación de Criadores de Betizu está trabajando para hacer un cebo común para poder asegurar la oferta de carne durante todo el año y crear un sello de calidad para los productos de esta raza ligados a los conceptos de “KM 0” y sostenibilidad, raza autóctona y carne de extensivo.

Sin embargo, independientemente de todas las razones anteriores, como nos dijo Plazaola, veterinario y uno de los primeros impulsores de la recuperación de la raza Betizu, la razón más sencilla para conservarlas es que “están ahí” y por tanto tienen derecho a existir (Entrevista 5).

Las Betizus, garantes de la biodiversidad y servicios ecosistémicos

Las Betizus, siempre que no se exploten de manera intensiva, además de favorecer el crecimiento y la calidad de los pastos, controlan la acumulación de materia muerta y seca, contribuyendo así a la prevención de incendios (Napal y Pérez de Muniain, 2006). El abandono de la ganadería y agricultura extensiva trae consigo el crecimiento excesivo de la materia vegetal en los bosques y prados. La forma más sostenible, eficiente y barata para hacerle frente al problema es la existencia de ganado adaptado a la zona que sea capaz de sobrevivir en medios duros y pobres (Aldezabal, 1997).

Las Betizus que pastan todo el año en las montañas, participan activamente en el mantenimiento del paisaje y su biodiversidad (Gómez et al., 1997). Su dieta consiste en hierba, ramitas, brezos, arbustos, hojas y corteza, como en todos los demás bovinos que pastan en extensivo (Mandaluniz, 2003) (Ilustración 12). La acción de pastar de los bovinos restituye una riqueza específica y la diversidad de la flora, restableciendo las cadenas alimentarias que

incluyen la microfauna del suelo, quien al degradarse los excrementos, enriquece el lecho vegetal y favorece el crecimiento de la vegetación (Legrand, 1999).

Las ovejas, latxas o sasi-ardis por ejemplo, las betizus y las pottokas (raza caballar autóctona C.A. del País Vasco y Navarra, de similar rusticidad a la Betizu), no comen la misma hierba, por lo que el pastoreo conjunto o alternado de estas especies provoca que la montaña esté limpia al comerse todo tipo de vegetación. La ausencia de alguna de las tres especies modificaría el ecosistema (Viard, 2014).

Por lo tanto, la Betizu ofrece la posibilidad de recuperar espacios silvopastorales en desuso y contribuyendo a su puesta en valor, así como a la conservación de la biodiversidad silvestre asociada a estos sistemas tradicionales de explotación: praderas de montaña, paisajes de mosaico típico de la campiña atlántica, etc (IKT, 2017).

5.3. Análisis genealógico y genómico de la raza Betizu

Para acometer el tercer objetivo, hemos llevado a cabo durante el curso 2019-2020 un estudio genético de una muestra de individuos pertenecientes al rebaño de la asociación de Betizu de Gipuzkoa y que pasta en el Parque Natural de Aia.

Para la realización del análisis se solicitó la extracción de muestras de los 37 individuos del rebaño de Aia a la Diputación Foral de Gipuzkoa con las cuales se procedió a analizar tres de los elementos de mayor incidencia en la supervivencia de una raza: la consanguinidad, la estructura de la población y el parentesco.

Para realizar dichos elementos se genotiparon los individuos con el chip Axiom™ Bovine Genotyping v3 y posteriormente se llevó a cabo el filtrado de los datos con el programa informático PLINK. Este chip posee 63988 SNPs, de los cuales en la Betizu se encuentran presentes 58157. Esto es debido a que estos chips han sido diseñados para razas como, Holstein, Angus, etc. y por tanto no son específicas de la Betizu.

Se han desechado los situados en el ADN mitocondrial, en los cromosomas X e Y y los no localizados (1391). Quedaron 56766, de los cuales 392 tenían localizaciones duplicadas.

El tamaño del genoma estudiado es de 2,5 G de pares de base (tomando la distancia entre el primero y el último SNP de cada cromosoma) de las 2,87 G del genoma bovino. La distancia media entre SNP es de 44.1 mil posiciones.

Tabla 1. Parámetros del chip de ADN utilizado por autosoma y en total.

Cr	N SNP	Posiciones		% SNP						% bases N SNP			
		Total*	Intra ⁵	A/C	A/G	A/T	C/G	C/T	G/T	A	C	G	T
1	3849	158.2	41.1	9.7	39.3	0.5	1.4	39.1	10.0	24.7	25.1	25.3	24.8
2	2921	136.5	46.7	9.6	39.2	0.6	1.1	40.8	8.8	24.7	25.7	24.5	25.1
3	2671	121.1	45.4	8.3	40.7	0.6	1.3	39.6	9.4	24.8	24.7	25.7	24.8
4	3192	120.5	37.8	12.3	36.2	0.6	1.4	36.3	13.2	24.5	25.0	25.4	25.0
5	2377	121.1	51.0	8.7	39.0	0.7	0.9	41.1	9.6	24.2	25.3	24.8	25.7
6	3082	119.3	38.7	14.0	36.0	0.4	0.9	36.6	12.0	25.2	25.8	24.5	24.5
7	2354	112.4	47.8	8.9	39.5	0.4	1.0	41.4	8.8	24.4	25.6	24.7	25.3
8	2436	113.1	46.4	8.9	43.6	0.5	1.1	37.9	8.0	26.5	24.0	26.4	23.2
9	2200	105.5	48.0	9.3	42.2	0.5	1.8	37.9	8.2	26.0	24.5	26.1	23.3
10	2304	104.2	45.2	8.4	39.7	0.6	1.3	41.6	8.3	24.3	25.7	24.7	25.3
11	2344	107.1	45.7	9.0	38.2	0.6	1.3	42.3	8.7	23.9	26.3	24.1	25.8
12	1720	90.9	52.9	10.5	39.2	0.5	1.2	38.9	9.7	25.1	25.3	25.1	24.5
13	1931	83.9	43.5	9.4	40.1	0.6	0.9	39.7	9.4	25.0	25.0	25.2	24.8
14	1842	83.2	45.2	9.4	39.8	0.5	1.2	40.4	8.5	24.9	25.6	24.8	24.7
15	1874	85.1	45.5	9.3	39.0	0.6	1.6	39.7	9.8	24.4	25.3	25.2	25.1
16	1904	81.2	42.7	9.0	37.8	0.3	1.1	42.3	9.5	23.6	26.2	24.2	26.1
17	1619	75.0	46.3	9.4	42.4	0.4	0.8	38.2	8.8	26.1	24.2	26.0	23.7
18	1517	65.9	43.4	9.4	40.0	0.2	1.5	39.1	9.8	24.8	25.0	25.6	24.5
19	1598	63.5	39.8	8.3	38.7	0.2	1.3	42.3	9.2	23.6	25.9	24.6	25.8
20	1697	71.8	42.3	10.0	39.4	0.5	1.8	40.1	8.2	25.0	25.9	24.7	24.4
21	1962	71.2	36.3	12.1	36.2	0.4	0.9	37.1	13.4	24.3	25.0	25.2	25.4
22	1389	61.2	44.1	8.6	38.7	1.1	1.2	40.5	9.9	24.2	25.2	24.9	25.8
23	1262	52.4	41.6	9.2	40.3	0.4	1.2	39.5	9.5	24.9	24.9	25.5	24.7
24	1423	62.6	44.0	10.0	39.2	0.5	1.3	39.2	9.8	24.8	25.2	25.2	24.8
25	1058	42.8	40.4	8.3	40.3	0.0	0.5	42.9	8.0	24.3	25.9	24.4	25.5
26	1168	51.4	44.1	8.7	40.8	0.7	0.9	39.3	9.6	25.1	24.5	25.6	24.8
27	994	45.3	45.7	9.0	40.9	1.1	1.4	38.8	8.8	25.5	24.6	25.6	24.3
28	987	46.2	46.9	8.0	40.0	0.4	1.5	40.1	9.9	24.2	24.8	25.7	25.2
29	1092	51.4	47.1	9.3	42.3	0.4	1.2	37.1	9.7	26.0	23.8	26.6	23.6
Tot	56766	2504	44.1	9.7	39.4	0.5	1.2	39.5	9.7	24.8	25.2	25.1	24.9

*(10⁶); ⁵(10³)

En la Tabla 1 se describe la estructura del chip de genotipado, con el número de SNP detectados, posiciones (longitud), porcentaje de cada uno de los 6 loci posibles y porcentaje de las 4 bases nucleotídicas, en cada autosoma y en total. Destacar, que las cuatro bases presentes en el patrón del chip, están en frecuencias del 25%, con un ligero aumento paralelo en C y G en contra de A y T, en el total.

En la tabla 2 se describe la estructura del material animal estudiado, SNP a SNP, con la valoración del equilibrio de Hardy Weinberg y proporciones de las 4 bases nitrogenadas. Las frecuencias de A, C, G y T de esta tabla están presentes en los genomas de los 37 individuos analizados. Además, las frecuencias del par G y C son mayores a las de A y T en el material animal analizado de la Betizu.

Tabla 2. Valoración del equilibrio de HW y % de bases nitrogenadas (alelos) por cromosoma y en total

Cr	Equilibrio HW (%)*				% bases N				Ratio AT/GC
	p>0.05	p<0.05	p<0.01	p<0.001	A	C	G	T	
1	72.5	7.7	5.7	14.0	21.5	28.6	28.7	21.2	0.747
2	72.6	7.9	7.4	12.0	21.8	28.5	27.5	22.1	0.783
3	68.3	8.3	7.6	15.8	22.1	27.5	29.1	21.3	0.765
4	76.5	6.0	5.5	11.9	21.3	29.4	28.7	20.6	0.720
5	73.4	7.2	6.2	13.3	21.8	28.3	28.0	21.9	0.776
6	77.7	7.0	5.6	9.7	24.9	26.5	25.2	23.5	0.937
7	70.8	7.7	7.0	14.5	21.3	29.9	27.6	21.2	0.740
8	70.3	8.5	6.8	14.4	22.7	26.3	30.4	20.7	0.764
9	73.8	8.1	5.4	12.6	22.7	27.3	29.5	20.5	0.760
10	70.9	8.9	6.6	13.7	22.1	27.4	27.5	23.0	0.821
11	72.7	7.7	5.5	14.1	19.6	29.9	27.6	22.8	0.739
12	70.5	7.6	6.7	15.2	23.1	28.8	26.8	21.3	0.798
13	73.1	7.1	5.7	14.1	20.7	28.1	30.2	21.1	0.716
14	69.9	8.4	6.5	15.3	20.3	28.2	29.6	21.9	0.730
15	69.8	7.6	7.8	14.7	21.0	28.7	28.4	21.9	0.751
16	70.5	5.8	8.6	15.2	20.1	30.6	26.9	22.4	0.739
17	70.7	8.4	6.2	14.6	22.3	28.7	29.4	19.7	0.724
18	71.2	7.8	6.9	14.1	21.7	27.8	30.0	20.5	0.729
19	71.7	7.7	6.3	14.4	20.1	28.9	28.4	22.6	0.746
20	68.7	10.5	6.1	14.7	21.9	28.6	27.8	21.7	0.773
21	78.8	6.3	4.1	10.8	21.6	27.5	27.7	23.2	0.810
22	72.4	7.6	5.9	14.0	20.6	28.6	28.5	22.4	0.753
23	68.9	7.8	7.1	16.2	22.8	27.7	28.1	21.5	0.794
24	71.9	7.4	6.9	13.8	21.3	28.1	29.7	20.8	0.728
25	73.5	7.7	4.9	13.9	20.5	31.8	27.7	20.0	0.681
26	67.9	7.5	8.3	16.3	22.4	27.0	28.9	21.8	0.791
27	69.7	5.6	7.3	17.3	22.8	27.5	29.1	20.6	0.766
28	70.9	9.0	8.4	11.7	21.9	26.8	28.4	22.8	0.810
29	73.7	9.0	7.0	10.3	22.8	26.1	30.3	20.8	0.774
Total	72.2	7.7	6.5	13.7	21.7	28.3	28.4	21.6	0.766

* p: probabilidad de error tipo I, por el rechazo de la hipótesis de EHW.

En la tabla 2 destaca que el 72% de los SNP están en equilibrio de HW y que un 14% están en un desequilibrio altamente significativo, como consecuencias de causas actuantes que lo generan. Las proporciones de las bases presentes en la Betizu se desequilibran a favor de un incremento a favor de Citosina y Guanina y en contra de Adenina y Timina, respecto a la Tabla 1. Destaca que ante una propuesta equiprobable del chip (Tabla 1), las frecuencias del par G y C son mayores a las de A y T en el material animal analizado.

El contenido en GC (Rominiguier et al., 2010) es del 56,7% y de un 43.3% en el par AT. El ratio global AT/GC es de 0,766, con importantes variaciones entre cromosomas, que van del 0.681 en el cromosoma 25 a 0.937 en el 6. Estos autores destacan que el enlace GC es más fuerte y tiende a ser más frecuente en mamíferos. Los exones poseen un contenido en GC alto, mientras que los intrones suelen tener alto el contenido en AT. Estas cuestiones son importantes ya que el contenido en GC en mamíferos está correlacionado con características

genómicas que son potencialmente relevantes desde el punto de vista funcional, por ejemplo, densidad génica, distribución de elementos transpuestos, tasas de metilación y niveles de expresión (Romiguier et al., 2010).

5.3.1. Consanguinidad y ROH.

Después de las depuraciones a las que se han sometido los datos, descritas en Material y métodos, el estudio de las regiones de homocigosidad mediante el programa DETECT_RUNS ha permitido identificar entre 272 y 398 regiones (ROH) para cada individuo mediante la opción *consecutiveRUNS*. La longitud del genoma cubierto por estas regiones con respecto a la longitud total del genoma proporciona una estimación de la consanguinidad (Goszczyński et al., 2018), que se ha calculado con la opción *Frohinbreeding* del programa DETECT_RUNS. En el caso de los individuos analizados, este valor osciló entre el 7% y el 26% del total.

El análisis de la consanguinidad en el rebaño, muestra que el 13% de los individuos (5 de 37) poseen una consanguinidad de entre el 8% y el 9%, el 38% de los individuos (14 de 37) se encuentran entre el 10% y el 12%. Para el grupo mayoritario, correspondiente al 46% de los individuos, la consanguinidad varía entre el 12% y el 21%. Por último, el 1% de individuos, muestran una consanguinidad del 26%. En concreto, la media de los valores obtenidos fue del 0.134 y la desviación típica de 0.041. El histograma de la distribución de las consanguinidades se presenta en la Figura 1.

Como el constituyente del rebaño proviene de los principales núcleos fundadores de la raza, podemos extrapolar los resultados aquí obtenidos al conjunto de la raza. En este sentido, cabe destacar, que siendo una raza en peligro de extinción, y por tanto, pequeña en número, la consanguinidad que posee es relativamente moderada.

Hay que tener en cuenta la importancia que tiene controlar la consanguinidad en los programas de conservación para evitar depresiones endogámicas (Ugarte, 2010). Valores altos implicarían una mayor probabilidad de que se presente esta situación. Para evitarlo, se recomienda realizar la alternancia de sementales y la planificación previa de las cubriciones, apartando del lote de las hembras aquellas que poseen excesiva cercanía genética con el semental que cubrirá las vacas.

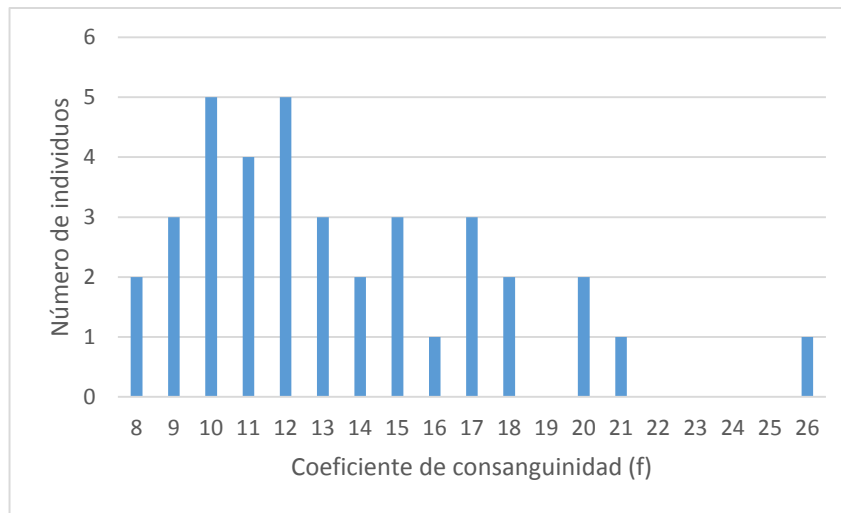


Figura 1. Distribución de los coeficientes de consanguinidad (%) individuales.

5.3.2. Estructura de la población.

La estructura de la población nos permite estimar distintos troncos u subpoblaciones que pueden coexisten en dicha población (Martín-Burriel et al., 2007). Los resultados del análisis de la estructura de la población, para la muestra estudiada, se han obtenido mediante el programa ADMIXTURE (Alexander et al., 2009) a partir de supuestos con hasta 5 grupos o subpoblaciones, cuyas características se presentan en la Tabla 3.

Número de orígenes	Log-Likelihood	Cross-validation
1	-1490845.86	0.41831
2	-1423911.46	0.41485
3	-1370619.315	0.41137
4	-1328799.864	0.43205
5	-1281163.650	0.43704

Tabla 3. Logaritmo de verosimilitud y validación cruzada para diferentes números de subpoblaciones

En la Tabla 3 se observa cómo el logaritmo de la verosimilitud se incrementa a medida que el número de subpoblaciones aumenta. Sin embargo, el resultado de validación cruzada muestra que el modelo con mejor ajuste es el que considera 3 orígenes.

Teniendo en cuenta esta premisa, la asignación de los individuos a estas subpoblaciones se presenta en la Figura 2.

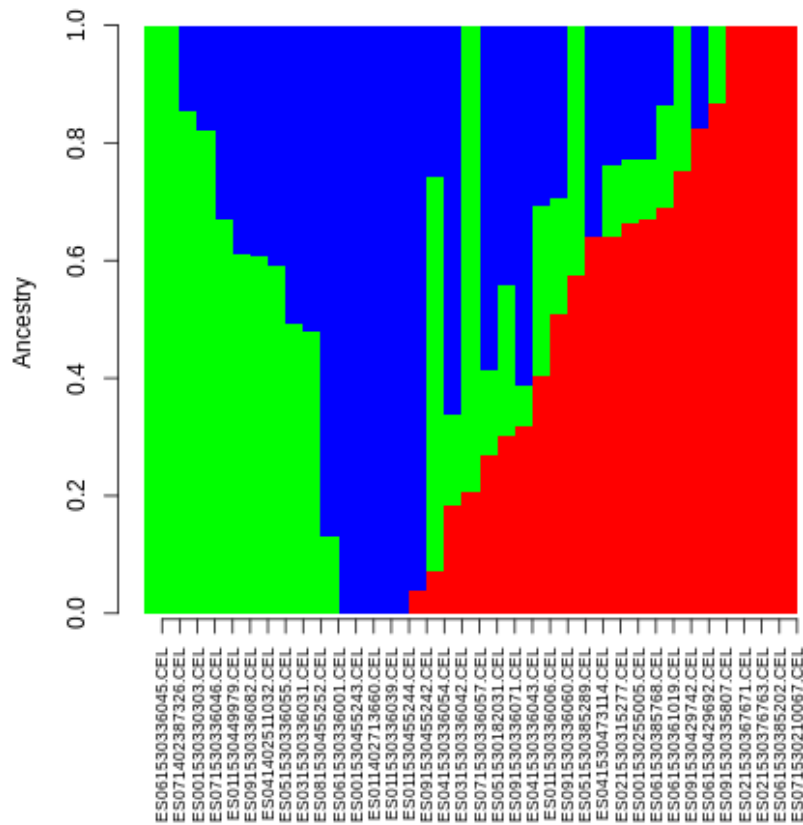


Figura 2. Representación de la composición de cada individuo, según las tres subpoblaciones (colores) supuestos en el mejor ajuste (Tabla3).

En la Figura 2 se observa cómo interviene cada subpoblación en la composición genética de cada animal. Estas subpoblaciones coinciden con los principales rebaños que perduraron sin apenas sufrir mestizaje y que sirvieron para repoblar la mayoría de la cabaña ganadera de las Betizus, como son los de Goizueta-Arano-Leitzalarrea, Aralar y la zona de Bizkaia. La gráfica representa el % acumulado en cada individuo del origen genético rojo, verde o azul, que siempre suma el 100%. Por ejemplo, los animales **6045**⁴ y **7326** que son completamente verdes provienen de un único origen, es decir, sus antecesores fueron traídos de la misma población. El **6045** tras ser cruzado con el **3660**, que este último es de color azul y que efectivamente proviene de otra subpoblación diferente, nació el **5252** que nos aparece con los colores verde y azul al 50%. Los individuos **1032**, **6082** y **6031** son animales que están emparentados entre sí y que los tres descienden del cruce entre dos subpoblaciones diferentes, como son, el verde y el azul.

⁴ Los 4 dígitos hacen referencia a los 4 últimos números de los 12 que posee el documento identificativo individual que portan los rumiantes.

5.3.3. Parentesco entre los individuos.

La estructura de la población se ha analizado también mediante el cálculo de la matriz de relaciones genómicas desarrollada por VanRaden (VanRaden, 2008). Para ello se ha utilizado el paquete de R “AGHmatrix” (Amadeu et al., 2016). Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3.

Con esta herramienta, obtenemos información sobre el grado de filiación, que nos muestra la relación que tiene cada individuo con el resto. Así, podemos determinar la semejanza genética existente entre ellos y saber de qué familia provienen.

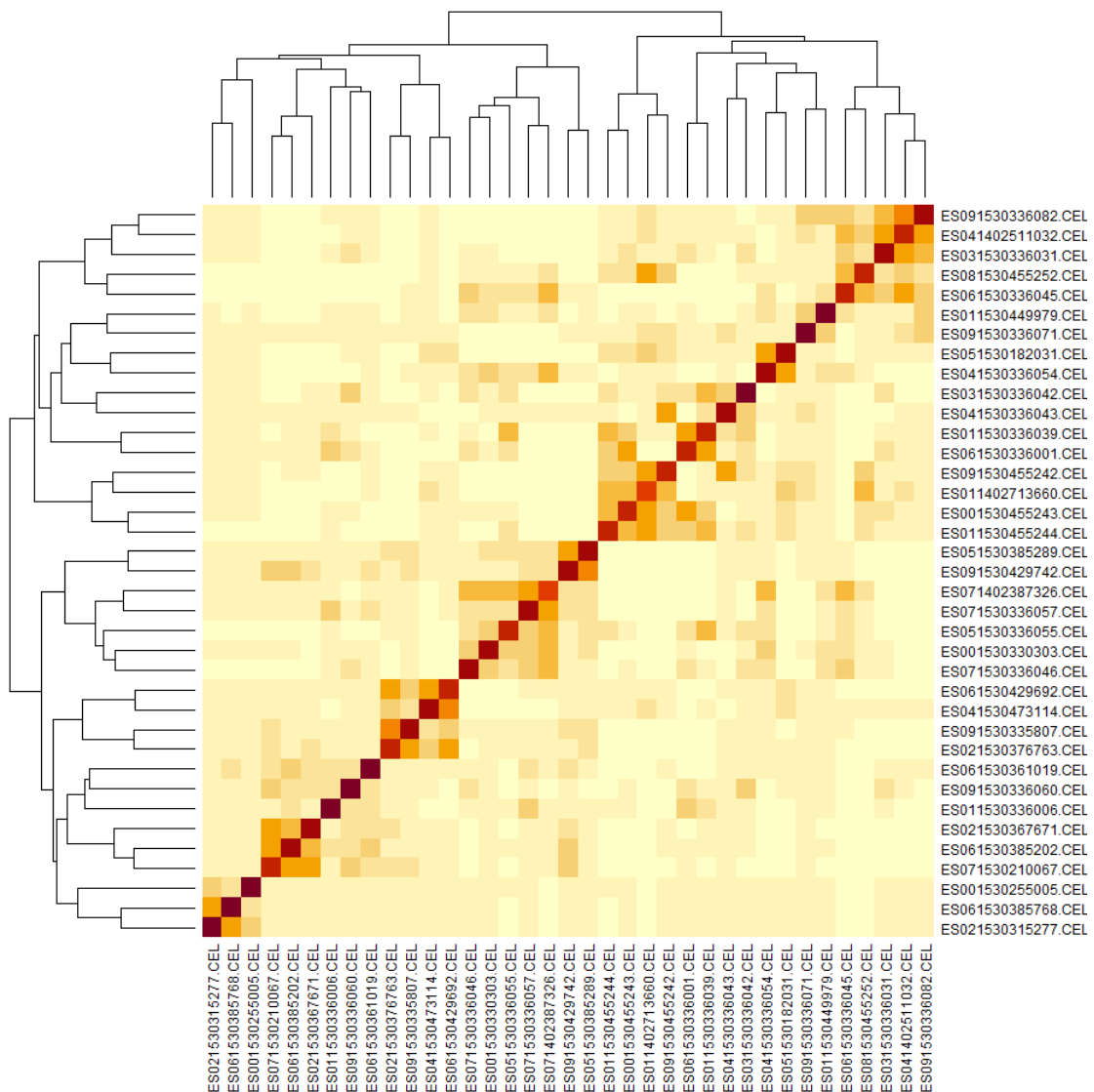


Figura 3. Representación esquemática de los parentescos entre los pares de individuos analizados

Los diferentes grupos que resaltan en la figura con un color más oscuro, muestran una mayor semejanza genética entre ellos, ya que proceden de una misma familia. Por ejemplo, se puede observar en la imagen que el animal **6082** es hijo de **1032** y medio-hermano del **6031**, que lógicamente aparecen relacionados estrechamente en la imagen. En el dendrograma ajustado en la Figura 3 se observa que los individuos que están genéticamente más distanciados están con un color más claro. Podríamos decir, que a simple vista se identifican unas 4 grandes familias o núcleos y otras tantas más pequeñas.

En la Tabla 4 se presenta la relación de parentescos numerador más elevados entre individuos. Destaca la existencia de parentescos equivalentes comprendidos entre hermanos completos o descendiente-progenitor (0,5) hasta medio hermanos (0,25).

Tabla 4. Parentescos numeradores más elevados entre individuos

Parentesco	Individuos	
0.529	ES041402511032	ES091530336082
0.504	ES021530376763	ES091530335807
0.457	ES021530376763	ES061530429692
0.456	ES011402713660	ES091530455242
0.450	ES021530315277	ES061530385768
0.442	ES031530336031	ES041402511032
0.441	ES011402713660	ES011530455244
0.438	ES001530455243	ES011402713660
0.435	ES041530336043	ES091530455242
0.434	ES021530367671	ES071530210067
0.416	ES011402713660	ES081530455252
0.399	ES001530455243	ES061530336001
0.390	ES011530336039	ES061530336001
0.368	ES011530336039	ES011530455244
0.366	ES041402511032	ES061530336045
0.325	ES001530330303	ES071402387326
0.319	ES011530336039	ES051530336055
0.311	ES001530455243	ES011530455244
0.263	ES021530367671	ES061530385202
0.260	ES031530336031	ES091530336082
0.254	ES011530336039	ES031530336042
0.221	ES011530336006	ES071530336057
0.217	ES011402713660	ES051530182031
0.207	ES041402511032	ES081530455252
0.207	ES011530336006	ES061530336001

Finalmente, hemos podido comprobar la existencia de una correlación entre la estructura de la población, la matriz de parentesco y la información obtenida del parentesco genealógico que se realiza de forma rutinaria.

En este sentido, en el análisis de la estructura de la población, los individuos, **6045** y **7326** aparecen como pertenecientes al mismo tronco en color verde en la figura 2. Si analizamos estos mismos individuos en la matriz de parentesco, observamos un color más oscuro en el punto de unión de ambos

Se puede comprobar esta correlación, de igual manera, con los animales utilizados como ejemplo en la matriz de parentesco. En dicha figura, y posteriormente en la tabla de parentescos más altos, aparecen el **6082**, **6031** y **1032** estrechamente ligados en la matriz de parentesco y con unos parentescos de 0,44 y 0,52. Estos tres individuos, aparecen de color verde en la Figura 2 y finalmente, mediante el parentesco genealógico se verifica que efectivamente están muy unidos genéticamente, siendo el **6082** hijo del **1032** y medio-hermano del **6031**.

Sin embargo, estas relaciones no se han producido con todos los animales, dado que la escasa información genealógica disponible no ha permitido calcular los parentescos genealógicos con suficiente precisión en todos los animales. Por tanto se han desvelado parentescos que genealógicamente eran desconocidos, lo que demuestra la utilidad que poseen tanto la matriz de parentesco genómico como el análisis de la estructura de la población a la hora de ofrecer información útil, veraz y organizada.

6. Conclusiones

Las conclusiones derivadas de este trabajo se desgranar en tres apartados coincidentes con los objetivos planteados:

1. La revisión bibliográfica ha permitido reunir la información existente de raza Betizu, que se encontraba dispersa y en formatos dispares, detectándose:
 - I. La falta de un estudio genético comparativo entre la Betizu y Casta Navarra.
 - II. Un grupo de bovinos denominado Larrabehi que sería conveniente investigarla para obtener más información y determinar si nos encontramos ante una posible nueva raza.
2. Se sugieren las siguientes actuaciones para contribuir a la conservación de la raza Betizu:
 - I. La utilización de las Betizus en la limpieza de montes para evitar incendios y mantener la biodiversidad y el paisaje.
 - II. La posibilidad de obtener un complemento económico al vender los terneros que pastan en el monte con menores costes de producción y crear un sello de calidad.
 - III. La introducción de dichos animales en el conjunto de los parques y reservas naturales, tomando como ejemplo el Parque Natural de Pagoeta, sirviendo de banco genético en pureza.
3. El análisis genético de la muestra estudiada ha permitido:
 - I. Detectar la existencia de 3 subpoblaciones de origen que coinciden con los principales rebaños de Betizus.
 - II. Estimar la consanguinidad genómica media que ha sido relativamente moderada, dado el reducido efectivo de esta raza en peligro de extinción. Aun así, sería recomendable establecer un plan de cubriciones.
 - III. Verificar la capacidad de la información molecular para desvelar parentescos que genealógicamente eran desconocidos.

Conclusions

The conclusions derived from this work are broken down into three sections that coincide with the objectives set out:

1. The bibliographical review has allowed to gather the existing information on the Betizu breed, which was dispersed and in different formats, detecting:
 - I. The lack of a comparative genetic study between the Betizu and Casta Navarra.
 - II. A group of cattle called Larrabehi that it would be convenient to investigate to obtain more information and to determine if we are in front of a possible new breed.
2. The following actions are suggested to contribute to the conservation of the Betizu breed:
 - I. The use of the Betizus in the cleaning of mountains to prevent fires and maintain biodiversity and the landscape.
 - II. The possibility of obtaining an economic complement by selling calves that graze in the mountains with lower production costs.
 - III. The introduction of these animals in all the parks and natural reserves, taking as an example the Natural Park of Pagoeta, promoting the conservation of the breed and of the park itself, serving as a genetic bank in purity.
3. The genetic analysis of the studied sample has allowed:
 - I. To detect the existence of 3 subpopulations of origin that coincide with the main herds of Betizus.
 - II. To estimate the average genomic inbreeding that has been relatively moderate, given the small effective of this endangered breed. Even so, it would be advisable to establish a mating plan.
 - III. To verify the ability of molecular information to reveal relationships that were genealogically unknown.

7. Valoración Personal

La realización de este trabajo me ha llevado a enfrentarme por primera vez con una tarea de investigación integral. Por un lado, he tenido que definir un tema de investigación, y por otro, he tenido que desarrollar todas las tareas que esto conlleva.

Este trabajo me ha proporcionado la oportunidad de estudiar más a fondo la Betizu, he realizado una búsqueda bibliográfica exhaustiva sobre el tema y me ha permitido conocer más a fondo ese mundo. Todo ello, me ha proporcionado un mayor conocimiento y me ha servido para reafirmar la conciencia de la función estratégica que pueden cumplir todavía en nuestra sociedad como gestores del medio ambiente, de una economía sostenible y circular y de mantenimiento del patrimonio cultural.

Por otro lado, me ha servido para aprender las nociones básicas sobre genética cuantitativa –como son el calcular la consanguinidad, comprobar parentescos, ver subpoblaciones, etc.– en el análisis y manejo de datos con herramientas informáticas que he tenido que utilizar.

Agradecimientos

Querría agradecer a todos los que, de una manera u otra, habéis estado a mi lado ofreciéndome apoyo logístico, intelectual y emocional sin el cual este trabajo no hubiera llegado a buen puerto. Sois muchos y perdonadme si me dejo a alguien.

Todavía me acuerdo, hace cinco años, cuando entré por la puerta del departamento de Anatomía, Embriología y Genética Animal, para preguntar a los profesores Luis Varona y Juan Altarriba como se controla la consanguinidad en las ganaderías. Esa curiosidad inicial y la respuesta entusiasta de ellos es el origen de este trabajo. Gracias.

Quisiera agradecer a Eva Ugarte que tuvo la amabilidad de contribuir en el enfoque y en la corrección del trabajo.

Tampoco me puedo olvidar de Jose Mari Plazaola, uno de los pioneros en defender la betizu. Agradecer a Antonio Iburguren y a Arantzazu Martiarena que me abrieron el camino para genotipar a las Betizus que incluyo en este trabajo.

No puedo dejar sin mencionar a la familia del caserío Zelai Luze, a Agustín Mugerza, a Pili Perurena, a Miguel Reta y al resto de ganaderos de la raza Betizu por dejar de lado sus tareas para enseñarnos su ganadería y mostrarnos su saber sobre las Betizus.

También querría agradecer a mis mejores y más íntimos amigos Joanes Balenciaga, Ibon Egaña e Iban Arregi, por esos momentos inolvidables que hemos pasado en las visitas y estancias en las ganaderías.

Por último, darle las gracias a mi familia, y en especial a Olatz, por el apoyo y ánimo recibido durante la elaboración de este trabajo.

8. Bibliografía

- Aldabaldetrecu, P. (1991). "Toros en Euskal Herria". *Negua*, n.º 20, pp. 28-38.
- Aldezabal Roteta, A. (1997). Análisis de la interacción vegetación-grandes herbívoros en las comunidades supraforestales del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Tesis. Universidad del País Vasco- Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Alexander, D. H., Novembre, J., Lange, K. 2009. *Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals*. *Genome Research* 19: 1655-1664.
- Altarriba Farrán, J. (2019). "Importancia de la cría animal en raza pura". *Oye-closed*. Disponible en: <http://oye-closed.chil.me/post/importancia-de-la-cria-animal-en-raza-pura-juan-altarriba-244018> [Consultado 2020-03-25].
- Altarriba, J. y Aranguren, F. J.(2003). *Mejora genética de la raza Pirenaica*. Disponible en: <http://www.conaspi.net/verdocumento.asp?iddoc=3624> [Consultado: 27-02-2020].
- Altuna, J. (1974). "Hallazgo de un uro (*Bos primigenius* Boj.) en la sierra de Gibijo (Alava) , estudio de su esqueleto y de la fauna asociada al mismo". En: *Munibe*, 26, pp. 27-51 Sociedad de Ciencias Naturales Aranzadi (Coord.). Disponible en: <https://www.aranzadi.eus/1974-volumen-26-fasciculos-1-2-2> [Consultado 27-02-2020].
- Alvite Arregui, A. (2018). "Betizus, Casta Navarra y perros de presa". *Basati, Presa Navarro Magazine*, 8, pp. 4-6.
- Amadeu, R. R., Cellon, C., Olmstead, J. W., García, A. A., Resende, M. F., Muñoz, P. R. 2016. AGH matrix: R package to construct relationship matrices for autotetraploid and diploid species: a blueberry example. *Plant Genome* 9:3
- Azkune Mendiá, I. (1989). *Zezenak Euskal Herrian. Gure baitan dituzten erro luze-ezkutuak*. Disponible en: <https://www.buruxkak.eus/egilea/inaki-azkune-mendia/1053> [Consultado 21-03-2020].
- Badorrey Martín, B. (2017). "OTRA HISTORIA DE LA TAUROMAQUIA: Toros, Derecho y Sociedad (1235-1854)". *Derecho Histórico. Boletín Oficial del Estado*. pp. 205 y 367-369. Disponible en: https://www.boe.es/biblioteca_juridica/abrir_pdf.php?id=PUB-DH-2017-36 [Consultado 20-03-2020].
- Barandiaran, J. M. (1994). *Mitología Vasca* (10ª edición). San Sebastián: Txertoa
- Barandiaran, J. M., Manterola, A., Arregi, G. y Grupos Interregional Etniker Euskalerrria. (2000). *ATLAS ETNOGRÁFICO DE VASCONIA. GANADERÍA Y PASTOREO EN VASCONIA*. Bilbo: Ed. Instituto Labayru.
- Behigorri. (2019). En: *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 27 de febrero. Disponible en: <https://eu.wikipedia.org/wiki/Betizu> [Consultado 27-02-2020].
- Bentura Remacha, B. (1994). *Casta Brava Aragonesa*. Zaragoza: Centro de Estudios de las Cinco Villas.

Bernez-Vignolle, M. (2010). Le Betizu, une population bovine des montagnes basques: statut juridique et modalités de gestion. Tesis. Medicina veterinaria-Toulouse.

Berriochoa Azcárate, P. (2013). Como un Jardín. El caserío guipuzcoano entre los siglos XIX y XX. pp. 73-78 y 211-241.

Betizu. (2019). En: *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 27 de febrero. Disponible en: <https://eu.wikipedia.org/wiki/Behigorri> [Consultado 27-02-2020].

Biscarini, F., Cozzi, P., Gaspa, G. y Marras, G. (2019). Detect Runs of Homozygosity and Runs of Heterozygosity in Diploid Genomes. Disponible en: <https://github.com/bioinformatics-ptp/detectRUNS/tree/master/detectRUNS> [Consultado: 20-04-2020].

CONASPI. *Evolución histórica*. Confederación de Asociaciones de Ganado Vacuno Pirenaico. Disponible en: <http://www.conaspi.net/verdocumento.asp?iddoc=3565> [Consultado: 27-02-2020].

CONASPI. *Evolución morfo-funcional*. Confederación de Asociaciones de Ganado Vacuno Pirenaico. Disponible en: <http://www.conaspi.net/verdocumento.asp?iddoc=3570> . [Consultado: 27-02-2020].

CONASPI. *Situación actual*. Confederación de Asociaciones de Ganado Vacuno Pirenaico. Disponible en: <http://www.conaspi.net/verdocumento.asp?iddoc=3569> . [Consultado: 27-02-2020].

CONASPI. *Filogenia y origen de la raza Pirenaica*. Confederación de Asociaciones de Ganado Vacuno Pirenaico. Disponible en: <http://www.conaspi.net/verdocumento.asp?iddoc=3568> . [Consultado: 27-02-2020].

Ceballos, F., Joshi, P., Clark, D., Ramsay, M. y Wilson, J. (2018). “Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture”. *Nature Review Genetics*, 19, pp. 220-234. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.109>.

Cossío, J. M. (1943). *Los Toros. Tratado técnico e histórico*. Tomo I. Madrid: Espasa-Calpé.

Debako Udala. (1997). *Zezena Debako historiaren eta bertako jaien ezaugarri*. Deba.

Echeverría, T. (1975) Raza vacuna Pirenaica: evolución, situación actual y perspectivas. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

Enkarterriko Billano (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 27 de Noviembre. Disponible en: https://eu.wikipedia.org/wiki/Enkarterriko_billano [Consultado 20-03-2020].

FUNDACIÓN HAZI FUNDAZIOA (IKT). (2017). Plan de Uso Público del Parque Natural de Pagoeta. Informe: Puesta en valor de las razas autóctonas de ganado domésticas. Donostia.

Garate, X. (1984). “Los toros del Marqués de Shaka”. *La Voz de Guipúzcoa*, pp. 10. Lunes 16 de julio.

- Gómez Fernández, M. (1999). "La raza bovina Betizu, ejemplo de trabajo de recuperación de una raza entre vascos de distintos territorios". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), pp. 97-99.
- Gómez, M. y Amezaga, I. (2003). "Conservation of livestock genetic resources in Euskadi (Basque Country)". *Cambridge University Press*, volumen (33), pp. 41-55. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1014233900001620>
- Gómez, M., Plazaola, J. M. y Seiliez, J. P. (1997). "The Betizu Cattle of the Basque Country". *Boletín de Información sobre Recursos Genéticos Animales-FAO*, volumen (22), pp. 1-5.
- Goszczynski, D., Molina, A., Terán, E., Morales-Durand, H., Ross, P., Cheng, H., Giovambattista, G. y Demyda-Peyrás, S. (2018). "Runs of homozygosity in a selected cattle population with extremely inbred bulls: Descriptive and functional analyses revealed highly variable patterns". PLOS ONE. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200069>.
- Guiraud, C. (2008). Structure sociale et mode d'utilisation de l'espace de la population de bétizu (*Bos taurus*) du massif du Choldocogagna. Diplôme d'Etudes Supérieures Universitaires de l'université Paul Sabatier, Toulouse.
- Larrañaga, R. (1980). *Un viejo festival taurino*. Disponible en: <https://www.gipuzkoa.eus/es/web/aintzinako-lanbideak/vaqueros-presentacion#uno> [Consultado 07-04-2020].
- Larrea Apezteguía, K., Napal Lecumberri, S., Villanueva Sáez, R. y Reta Azcona, M. (2005). *CUATRO SIGLOS DE CASTA NAVARRA. (1605-2005). Pasado, Presente y Futuro*. Iruña: Editorial Evidencia Médica.
- Legrand, S. (1999). "Conocimiento, valorización y gestión: palabras clave para la conservación del Betizu". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), pp. 73-80.
- Luigi, M. G., Cardoso, T. F., Martínez, A., Pons, A., Bermejo, L. A., Jordana, J., Delgado, J. V., Adán, S., Ugarte, E. Arranz, J. J., Calvo, J. H., Casellas, J. Y Amills, M. (2018). "IDENTIFICACIÓN DE REGIONES COMUNES DE HOMOCIGOSIDAD EN CABRAS Y OVEJAS". XIX Reunión Nacional De Mejora Genética Animal. León. 14-15 de junio de 2018.
- Mandaluniz Astigarraga, N. (2003). Pastoreo del ganado vacuno en zonas de montaña y su integración en el sistema de producción de la CAPV. Tesis. Universidad de Zaragoza.
- Martín-Burriel, I., Rodellar, C., Lenstra, J. A., Sanz, A., Cons, C., Osta, R., Reta, M., De Argüello, S., Sanz, A. y Zaragoza, P. (2007). "Genetic Diversity and Relationships of Endangered Spanish Cattle Breeds". *Journal of Heredity*, Volumen (98), pp. 687-691. <https://doi.org/10.1093/jhered/esm096>
- Mendizabal Egibar, J. (1999). "Betizu". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), Billabona: BIBLID, pp. 61-66.
- Meuwissen, T. H., Hayes, B. J., Goddard, M. E. 2001. *Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps*. *Genetics* 157:1819-1829.

- Napal Lecumberri, S. (2001). *Navarra tierra de toros. Casta Navarra*. Pamplona: Ediciones Fecit.
- Napal Lecumberri, S. y Pérez de Muniain Ortigosa, A. (2005). *Las Betizus de Navarra. Las últimas vacas salvajes de Europa*. (2ª edición). Pamplona: Editorial Evidencia Médica.
- Ocáriz, J.M. (1988). Estructura genético-reproductiva de la raza vacuna Pirenaica a partir del Registro Genealógico de Navarra. *Tesina licenciatura en Veterinaria*. Universidad de Zaragoza..
- Pérez de Laborda Villanueva, V. (1980). HISTORIA DE UNA GANADERÍA NAVARRA DE TOROS BRAVOS EN EL SIGLO XIX DE TUDELA (NAVARRA). Imprenta Delgado.
- Pérez de Muniain Ortigosa, A. (1999). "La Betizu en Navarra". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), pp. 81-84.
- Pérez de Muniain, O y Gómez Fernández, M. "Betizu". (2009). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Guía de campo de razas autóctonas españolas*. Madrid: MAPA pp. 59-62. Disponible en:
<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/1.1%20Gu%C3%ADa%20de%20campo%20de%20las%20razas%20aut%C3%B3ctonas%20espa%C3%B1olas.tcm30-120392.pdf>
 [Consultado 20-03-2020].
- Peripoli, E., Munari, D. P., Silvia, M. V. G. B., Lima, A. L. F., Irgang, R. y Baldi, F. 2016. "Runs of homozygosity: current knowledge and applications in livestock". *ANIMAL GENETICS, Immunogenetics, Molecular Genetics and Functional Genomics*, 48, pp. 255-271. DOI: 10.1111/age.12526
- Peter, B. M. 2016. Admixture, Population Structure, and F-Statistics. *Genetics* 202:1485-1501.
- Prieto Garrido, J. L. (2012). "Casta Navarra". *El toro bravo. Ganaderías míticas*. Córdoba: Almuzara. pp. 41-74.
- Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M. A. R., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P. I. W., Daly, M. J., Shan, P. C. 2007. *PLINK: a tool set for whole-genome association and population based linkage analyses*. *American journal of human genetics*, 81:559-575.
- Rekagorri Barrenetxea, A. (1999). "Raza bovina Betizu". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), pp. 85-89.
- Rendo, F., Iriondo, M., Jugo, B. M., Aguirre, A., Mazon, L. I., Vicario, A., Gomez, M. y Estonba, A. (2004). "Analysis of the genetic structure of endangered bovine breeds from the Western Pyrenees using DNA microsatellite markers". *Biochemical Resources*, volumen (42), pp. 99-108. DOI: 10.1023/b:bigi.0000020465.62447.00
- Rendo Fonet, F. (2010). *GENÉTICA POBLACIONAL Y FORENSE EN RAZAS OVINAS, BOVINAS Y EQUINAS LOCALES DEL PAÍS VASCO Y NAVARRA*. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.

Reta Azcona, M. (2004). "Actualidad en la gestión de las razas autóctonas en Navarra: Estudio de la Casta Navarra". *Naturzale*. (18). pp. 63-76. Disponible en: <http://hedatuz.euskomedia.org/8041/1/18063076.pdf> [Consultado 30-05-2020].

Reta Guembe, A. (2019). *Producción y puesta en valor de la carne de los animales de Casta Navarra (Ganado de la tierra)*. Trabajo de fin de grado. Universidad Pública de Navarra.

Ritvo, H. (1992). "Race, breed and myths of origin: Chillingham cattle as ancient Britons". *Representations* (39), pp. 1-22.

Riveiro Martínez, C. J. (2015). APORTACIONES A LA CARACTERIZACIÓN DE LAS RAZAS BOVINAS AUTÓCTONAS DE GALICIA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN. Tesis. Universidad de Lugo.

Romiguier, J; Ranwez, V; Douzery, E.J. P.; Galtier, N. (2010). "Contrasting GC-content dynamics across 33 mammalian genomes: Relationship with life-history traits and chromosome sizes". *Genome Research*. **20** (8): 1001–1009. DOI:10.1101/gr.104372.109.

Rosset, O., Riberau-Gayon, R. (1999). "Reflexiones sobre el Betizu a propósito de su estándar racial". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), pp.91-96.

Sanz, A., Cons, C., Rodellar, C., Reta, M. Martín-Burriel, I y Zaragoza, P. (2011). "Estructura y variabilidad genética de la raza bovina Casta Navarra". *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. (1). pp. 102-105. Disponible en:

http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Sanz2011_1_10_2_105.pdf [Consultado 30-05-2020].

Saura, M., Fernández, A., Varona, L., Fernández, A. I., de Cara, M. A., Barragán, C. y Villanueva, B. (2015). "Detecting inbreeding depression for reproductive traits in Iberian pigs using genomic-wide data". *Genetic Selection Evolution*, vol (47). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12711-014-0081-5>.

Seilliez, J. P. (1999). "Breve presentación de la raza Betizu". *Naturzale, Cuadernos de Ciencias Naturales*, volumen (14), pp. 67-72.

Sociedad de Amigos del Presa Navarro (2008-2020). Presa Navarro-Basati Alaunt. Disponible en: <http://www.sapn.es/index.php?pagina=inicio> [Consultado 20-03-2020].

Tam, V., Patel, N., Turcotte, M., Bosse, Y., Pare, G., Meyre, D. (2019). *Benefits and limitations of genome-wide association studies*. *Nature Reviews Genetics* 20:467-484.

Ugarte Sagastizabal, E. (2010). *Programas de mejora genética en ovino lechero: ejemplo del programa de la Latxa*. Arkaute (Vitoria-Gasteiz): NEIKER A.B. (Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario).

Viard, A. (2014). *Casta Navarra, la otra cuna del toreo*. Vieux-Boucau: Terres Taurines.

Victoria Rodríguez, M. (2014). "Rutas de trashumancia en País Vasco". *Diario del Viajero*, 3 de abril. Disponible en: <https://www.diariodelviajero.com/espana/rutas-de-trashumancia-en-pais-vasco> [Consultado 18-03-2020].

9. Anexos

ANEXO I: Galería fotográfica



Ilustración 1: Vaca Betizu



Ilustración 2: Vaca Betizu con cría



Ilustración 3: Toro Betizu



Ilustración 4: Vaca Betizu



Ilustración 5: Vaca Casta Navarra



Ilustración 6: Vaca Larrabehi



Ilustración 7: Recuperación Betizu con perro Euskal Artzain Txakurra



Ilustración 8: Sokamuturra



Ilustración 9: Traída ganado al caserío con Euskal Artzain Txakurra



Ilustración 10: Manejo tradicional de Larrabehi



Ilustración 11: Manejo tradicional para Sokamuturra



Ilustración 12: Betizus pastando en el monte

