



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Grado de satisfacción de la implantación de la mutación FecXR (gen Santa Eulalia) en el esquema de ANGRA

A satisfaction survey about the use of the mutation FecXR (gene Santa Eulalia) in the selection scheme of ANGRA

Autor/es

Marcos López Insausti

Director/es

Dr. Luis V. Monteagudo Ibañez
Dra. M. Teresa Tejedor Hernández

Facultad de Veterinaria

2016

ÍNDICE

1. RESUMEN / ABSTRACT.....	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.A. La prolificidad en la especie ovina	3
2.B. Genes Mayores con repercusión en la prolificidad.....	4
2.B.1. Gen Booroola (BMPR-1B)	5
2.B.2. Factor 9 de diferenciación de crecimiento (GDF9)	6
2.B.3. Gen Lacaune (FecL)	6
2.B.4. Gen de la Transformación del crecimiento denominado Proteína Morfogenética del Hueso 15 (Bone Morphogenetic Proteinb15 ó BMP15)	7
2.C. La raza Rasa Aragonesa	8
2.C.1. Identificación de la mutación FecX ^R o Gen Santa Eulalia	8
2.C.2. Plan de difusión del alelo FecX ^R	9
2.C.3. Resultados del Plan de difusión	10
3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	11
4. METODOLOGÍA	11
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
6. CONCLUSIONES /CONCLUSIONS	25
7. VALORACIÓN PERSONAL	26
8. AGRADECIMIENTOS	27
9. BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXO 1	32

1. RESUMEN

La mutación FecX^R es una variante del gen ovino BMP15 que fue identificada en el año 2007 en la raza Rasa Aragonesa. A partir de ese momento, la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Selecto de la Raza Rasa Aragonesa (ANGRA) la incluyó en su esquema de mejora bajo el nombre comercial de gen Santa Eulalia y hoy día son más de 4000 los efectivos de esta raza portadores de la mutación. La repercusión en el índice prolificidad es bien conocida, con un aumento de +0,35 corderos/parto en las hembras portadoras, lo que se traduce en un aumento de los ingresos percibidos por las explotaciones y, en consecuencia, en una mejora de su rentabilidad.

En el presente trabajo se han realizado encuestas a 18 ganaderos que han introducido el alelo FecX^R en sus explotaciones para conocer su grado de satisfacción con la mutación. La encuesta se basa en la percepción personal del ganadero en cuanto a los animales portadores del alelo FecX^R. Tras el análisis estadístico de los datos obtenidos se han podido extraer conclusiones acerca de algunos aspectos prácticos que al inicio de la difusión de la mutación FecX^R suscitaron dudas entre los productores. Los ganaderos no observan grandes diferencias entre los animales portadores y los salvajes en lo que al funcionamiento y manejo de la explotación se refiere, pero la mayoría sí que percibe una mayor fertilidad, prolificidad y rentabilidad en las ovejas FecX^R. Todos los ganaderos que la utilizan recomendarían la introducción del alelo FecX^R en otras explotaciones como herramienta de mejora, por lo que se puede concluir que su grado de satisfacción es alto.

Palabras clave: Satisfacción, alelo FecX^R, raza ovina Rasa Aragonesa, ANGRA

ABSTRACT

The FecX^R mutation is a variant of the ovine gene BMP15 found in the breed Rasa Aragonesa in 2007. The National Association of Breeders of Selected Rasa Aragonesa Sheep (ANGRA) included FecX^R in its selection scheme under the commercial denomination "Gene Santa Eulalia" and over 4000 ewes carrying this mutation are nowadays exploited. The positive effect of FecX^R on prolificacy is well known: 0.35 additional lambs per birth, resulting in a clear improvement of incomes and cost effectiveness.

In the present work, a satisfaction survey has been conducted among 18 producers using FecX^R in their flocks. The survey is based up on the farmers' personal perception of different questions regarding the ewes carrying FecX^R. The statistical analysis of data provides several

conclusions about practical aspects that, at the beginning of the diffusion of FecX^R, generated some doubts.

In fact, the producers do not observe differences among the FecX^R carrier and wild type ewes as it refers to general management, even if most of them consider that the mutation provide a higher fertility, prolificacy and cost effectiveness. All of them should recommend the introduction of FecX^R in other flocks as a genetic improvement tool. A high degree of satisfaction with the use of FecX^R is therefore observed.

Keywords: Satisfaction Survey, FecX^R allele, Rasa Aragonesa ovine breed, ANGRA.

2. INTRODUCCIÓN

2.A. LA PROLIFICIDAD EN LA ESPECIE OVINA

En producción ovina, la prolificidad se define como el número de corderos nacidos por parto y se trata de un carácter de gran importancia a nivel productivo. Especialmente en el ganado orientado a la producción de carne, en el que el número de corderos vendidos repercute directamente en la rentabilidad de las explotaciones (Pardos et al, 2007).

Por este motivo, históricamente se ha intentado seleccionar genéticamente a favor de la prolificidad, pero los resultados han sido muy insatisfactorios y la mejora muy lenta. Esto se debe a varias circunstancias inherentes al carácter:

- 1- Baja heredabilidad. La heredabilidad de un carácter expresa el grado en el cual los fenotipos son determinados por los genes transmitidos por los progenitores excluyendo, además de los factores ambientales, los efectos de la dominancia entre alelos y de la interacción entre loci (Falconer, 1986). En caso de la prolificidad ovina, como en la mayoría de los caracteres reproductivos, la heredabilidad es muy baja: según los estudios realizados por Altarriba et al. (1998), el valor de la heredabilidad del carácter prolificidad en la Rasa Aragonesa es de 0.077. Además, las condiciones de manejo del ganado ovino son muy dispares, por lo que aspectos como la alimentación, estado sanitario, etc, son muy variables de una explotación a otra, contribuyendo al aumento de la varianza ambiental y, a la disminución de la heredabilidad. En consecuencia, su mejora por selección se ve notablemente dificultada (Vinet et al, 2012).
- 2- Fenotípicamente, la prolificidad en la especie ovina se manifiesta de forma categórica (0, 1, 2 ó 3 corderos nacidos en el mismo parto), por lo que la información que aporta

sobre las causas determinantes, ambientales y genéticas, es mucho menor que las de un carácter continuo. Esto dificulta el análisis genético de los datos y explica las dificultades encontradas en el desarrollo metodológico de esta parcela de la genética cuantitativa y su aplicación en la mejora animal (Altarriba et al.,2001)

2.B. GENES MAYORES CON REPERCUSIÓN EN LA PROLIFICIDAD

Ante las grandes dificultades encontradas para mejorar la prolificidad del ganado ovino a través de los métodos de selección clásicos, los esfuerzos se han encaminado a la búsqueda de genes mayores que tengan un efecto directo en la prolificidad ovina.

Falconer (1986) describe un gen mayor como un gen con un efecto lo suficientemente grande para causar una discontinuidad identificable en un carácter cuantitativo, a pesar de las segregaciones de otros genes y de la variación ambiental, y que puede ser estudiado por métodos mendelianos.

Así pues, para detectar un gen mayor es necesario realizar experimentos de segregación, analizando los datos de cruzamientos y su descendencia respecto a un carácter concreto. La segregación de un gen mayor debe provocar a su vez una segregación en el valor de ese carácter en los individuos de la progenie, de modo que los valores observados permitan probar la hipótesis de la existencia de un gen mayor que explique gran parte de las variaciones de dicho carácter (Falconer 1986). Aplicando este planteamiento, el descubrimiento e identificación de un gen mayor para el carácter prolificidad permitiría una rápida difusión del alelo en la población y por lo tanto, una mejora genética mucho más rápida y eficaz que mediante los métodos de selección genética clásicos.

Fue en 1982 cuando Piper and Bindon descubrieron el primer gen mayor para un carácter cuantitativo y desde entonces son muchos los que se han descubierto con repercusión en la producción ovina. Existen genes mayores que afectan a la calidad de la lana, como el aleloHH1N (Purvis and Franklin, 2005) que controla la medulación de las fibras, o el gen DSG4, descubierto en razas autóctonas chinas y que afecta a la longitud de la lana (Ling YH et al. 2014).

Mucho más conocidos y difundidos son los genes mayores que afectan a la producción cárnica, expresándose en los individuos con una hipertrofia muscular generalizada, lo que provoca un mejor rendimiento en la canal, mayor porcentaje de magro y un mejor índice de conversión.

Por el contrario, en muchos casos la carne es dura, lo que anula gran parte de esas ventajas (Cockett et al, 2005; Li et al, 2014). Es el caso del gen Callipyge localizado en el cromosoma 18 de la raza Dorset Americana; el gen Carwell o REM (rib-eyemuscling) localizado también en el cromosoma 18 y que afecta a las dimensiones del músculo *longissimus dorsi*; o el gen Texel, una mutación localizada en el gen de la miostatina (GDF8) y descubierta en la raza belga del mismo nombre (Tellam et al, 2012).

También se han descubierto genes mayores que controlan la resistencia a ciertas enfermedades, como el caso del gen PrP, que controla la sensibilidad o resistencia al scrapie y que es el gen tipificado en más ejemplares ovinos (Windl and Dawson, 2012).

2.B.1 Gen Booroola (BMPR-1B)

En cuanto al carácter prolificidad, ya en 1982 Piper and Bindon sugirieron la existencia de un gen mayor que transmitía una elevada prolificidad en un rebaño de ovinos de raza Merino Booroola. Comenzaron así las investigaciones que veinte años después permitieron identificar la mutación causal, localizada en el gen que codifica el receptor 1B de la “Bone Morphogenetic Protein” (BMPR-1B) situado en el cromosoma 6 y que afecta a la tasa de ovulación (Piper and Bindon, 1982; Crawford et al. 1993; Lanneluc et al. 1994; Montgomery et al 1993; Souza et al. 2001; Wilson et al. 2001, Mulsant et al. 2001).

A este gen se la denominó comúnmente gen Booroola (FecB) y aunque fue en esa raza donde fue descubierto, la mutación se ha podido identificar en varias razas de todo el planeta como la Garole de la India, de la que parece proceder (Polley et al. 2010), en la raza china Hu (Hua and Yang, 2009), la raza Kolehkoohi de Irán (Mahdavi et al, 2014) e incluso en varias razas de cabras Indias (Ahlawat et al. 2016).

Debido al aumento de la tasa de ovulación, las ovejas portadoras del gen en heterocigosis han demostrado un aumento de 0.6 corderos vivos por parto a setenta días (Fogarty, 2009). Sin embargo, la difusión de la mutación a nivel privado ha sido más bien escasa. Esto puede deberse a que, en muchas ocasiones, el genotipo homocigoto no resulta rentable debido a la cantidad de partos triples y superiores que hacen aumentar la mortalidad de manera inaceptable. Por otra parte, mantener un rebaño de hembras heterocigotas requiere una gran labor de genotipado de los individuos, algo que hoy día resulta muy costoso. No obstante, en algunas poblaciones de ovejas como la Garole y la Hu la mutación está prácticamente fijada ya que el efecto del gen es menos intenso y el mantenimiento de hembras homocigotas puede llegar a ser rentable (Walkden-Brown et al, 2008).

2.B.2. Factor 9 de diferenciación de crecimiento (GDF9)

Hanrahan et al. (2004) encontraron una mutación en una población de ovejas hiperprolíficas de raza Belclare y posteriormente en la raza Cambridge. Afecta al gen del Factor 9 de Diferenciación del Crecimiento (Growth Differentiation factor 9, GDF9), localizado en el cromosoma 5. Pertenece a la superfamilia de los “Transforming Growth Factor Beta” y provoca la sustitución de un aminoácido de una proteína expresada en los folículos ováricos (Mullen et al, 2013). Las hembras que portan la mutación en heterocigosis presentan un aumento de la tasa de ovulación de +1,4 óvulos, mientras que las ovejas que la portan en homocigosis presentan esterilidad funcional (Souza et al. 2014).

Además de las razas donde fue descubierta inicialmente, la mutación se ha identificado en varias razas ovinas de todo el planeta, como la Small-tailed Han sheep (Chu et al, 2011), la raza iraní Baluchi (Moradband et al, 2011), la raza Kermani (Khodabakhshzadeh et al, 2016) o la raza Araucana (Bravo et al, 2016). Un caso especial es el de raza brasileña Santa Inés, en la que se ha descubierto un nuevo alelo de GDF9 que, en homocigosis, no produce esterilidad (Silva et al, 2011).

2.B.3. Gen Lacaune (FecL)

En 1976 se decidió seleccionar una población de la raza francesa Lacaune en base a su prolificidad. Los rápidos progresos genéticos, la aparición de tamaños de camada muy altos y alta heredabilidad del carácter ($h^2=0.4$) indujeron a pensar en la presencia de un posible gen mayor. Para identificarlo se planteó un programa similar al utilizado para el gen Booroola y enseguida se localizó una mutación en el cromosoma 11 (Bodin et al, 2002; Lecerf et al, 2002; Drouilhet et al, 2009). Aunque existe un haplotipo formado por siete microsatélites que permite identificar el gen, la mutación causal todavía no ha sido localizada, aunque se sitúa cercana o en el gen B4GALNT2, a juzgar por su muy corta distancia de ligamiento con dos polimorfismos de nucleótido sencillo (SNP) cuya posición es bien conocida. Recientemente se ha asociado con la expresión ectópica del gen B4GALNT2 dentro del ovario (Drouilhet et al, 2013).

El gen Lacaune tiene un efecto aditivo sobre la ovulación próximo a 1,6 óvulos, lo que se traduce en un tamaño de camada muy próximo a 2 para las ovejas heterocigotas. No obstante, el número de partos cuádruples o superiores en las ganaderías donde la mutación está presente es superior al 10%, lo que supone un gran problema. Para atajarlo, el manejo del gen está enfocado a maximizar el número de hembras heterocigotas en las explotaciones para

acercarlo al 50% limitando el número de genotipados a realizar, lo que conlleva la utilización exclusiva de machos salvajes y una estricta selección de las corderas de reposición (Mulsant et al, 2003; Martin et al, 2014).

2.B.4. Gen de la transformación del crecimiento denominado Proteína Morfogenética del Hueso 15 (Bone Morphogenetic Protein 15 ó BMP15)

Galloway et al (2000) localizaron una mutación que introducía un codón de parada en el cromosoma X. Ésta impedía la traducción normal de la proteína codificada por ese gen y, posteriormente se pudo demostrar su implicación en la tasa de ovulación de una población de ovejas de raza Inverdale (FecXI).

Se trata de una mutación que está totalmente ligada al sexo por localizarse en la región no recombinante del cromosoma X. De esta manera, los machos solamente pueden presentar una copia del gen, mientras que las hembras pueden ser heterocigotas u homocigotas para la mutación. La herencia de la mutación está condicionada por esta situación, ya que un macho mutado transmite la mutación a todas sus hijas pero a ninguno de sus hijos, mientras que las hembras heterocigotas lo hacen a la mitad de su descendencia. Las hembras homocigotas son estériles funcionalmente ya que no llegan a desarrollar los folículos ováricos correctamente.

A partir de su descubrimiento en la raza Inverdale se rastreó la presencia de mutaciones de este gen en otras razas prolíficas y se ha identificado en varias: Belclare y Cambridge (FecX^B), Hanna (Fec X^H), Galway(FecX^G), Lacaune (FecX^L), Rasa Aragonesa(FecX^R). Las más recientes en las razas Grivette (FecX^{Gr}) y Olkaska (FecX^O)(Galloway et al., 2000; Montgomery et al., 2001; Hanrahan et al., 2004; Davis et al., 2005; Bodin et al., 2007; Monteagudo et al. 2009; Demars et al, 2013). El mecanismo de acción es muy similar entre todas ellas (sustituciones de aminoácidos, deleciones o codones de parada) y todas han recibido la misma denominación FecX y la inicial de la raza donde fue descubierta, ya que en todos los casos los efectos fenotípicos son los mismos: en heterocigosis un aumento variable de la tasa de ovulación y en homocigosis esterilidad (Otsuka et al, 2011).

Al igual que GDF9 Y BMP1B, la difusión de las mutaciones BMP15 presenta una serie de complicaciones, ya que se debe evitar la producción de animales homocigotos manteniendo una frecuencia alta del gen en heterocigosis.

2.C. RASA ARAGONESA

Como hemos citado anteriormente, en caso de la raza Rasa Aragonesa también se ha descubierto un gen mayor para el carácter prolificidad ($FecX^R$), una mutación de BMP15 publicada por Monteagudo et al. en el año 2009

La Rasa Aragonesa es una raza de aptitud cárnica, que, con la rusticidad como característica fundamental, produce un tipo de cordero característico de la región denominado Ternasco, de una edad entre 70 y 100 días, con un peso vivo entre 20-24 kg. y con una canal perfectamente acabada en cuanto a tejido adiposo y con una calidad de carne totalmente reconocida por su terneza y sabor. Esta calidad de la carne queda reconocida a nivel europeo por la Indicación Geográfica Protegida “Ternasco de Aragón”, que controla la calidad de los ternascos calificados. (Orden de 22 de septiembre de 1992).

Debido a este tipo de producción, un estudio económico realizado en los años 80 reveló que el principal carácter a mejorar en la raza era la prolificidad: a mayor número de ternascos vendidos mayor rentabilidad de las explotaciones.

En 1990 la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Selecto de Rasa Aragonesa (ANGRA) comienza la selección “clásica” atendiendo a la prolificidad y es en 1998 cuando, a través del equipo del profesor D. Juan Altarriba se desarrolla el esquema de selección utilizando evaluaciones genéticas (Altarriba et al, 1998; Altarriba et al, 2001).

Sin embargo, como hemos citado anteriormente el carácter prolificidad en la especie ovina posee una serie de características que imponen serias limitaciones a su mejora mediante selección genética. Así pues, como alternativa, se comenzó a buscar un gen mayor implicado en la prolificidad de la Rasa Aragonesa.

2.C.1. Identificación de la mutación $FecX^R$ o Gen Santa Eulalia

En el año 2006 comienza la investigación a cargo de un equipo formado por ANGRA y los Departamentos de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos y de Anatomía, Embriología y Genética de la Universidad de Zaragoza, coordinados por el profesor D. Isidro Sierra. Tras un exhaustivo estudio de la base de datos de ANGRA, se seleccionaron 12 hembras y 5 machos con los mejores índices de prolificidad sobre los que identificar posibles mutaciones de GDF9 y BMP15. Para el primero de estos genes no hubo resultado pero se localizó una mutación en BMP15 en parte de los animales estudiados y se comprobó la coincidencia con otras mutaciones $FecX$ descritos en otras razas europeas, tanto en su mecanismo de acción como en

sus efectos fenotípicos. A esta nueva mutación identificada en la raza Rasa Aragonesa se le denominó $FecX^R$ o Gen Santa Eulalia (Monteagudo et al., 2009).

2.C.2. Plan de difusión del alelo $FecX^R$

Una vez identificada la mutación y localizados los individuos portadores dentro del libro genealógico de ANGRA se comenzó el Plan de difusión del alelo $FecX^R$, encaminado a disponer de hembras portadoras del alelo y evitar las hembras homocigotas estériles. Dicho Plan pasó por varias etapas:

- Una etapa inicial para aumentar el número de efectivos portadores. Para ello se seleccionaron machos portadores con los que inseminar hembras de genotipo salvajes para obtener hembras heterocigotas (Figura 1).

Figura 1: resumen de la etapa inicial del Plan de difusión del alelo $FecX^R$ (Macías, comunicación personal, 2016)



- Posteriormente se pasa a la etapa de consolidación para reforzar los rebaños seleccionados. Los cruzamientos de esta etapa se resumen en la Figura 2.

Figura 2: diseño de los cruzamientos de la etapa de consolidación del Plan de difusión del alelo $FecX^R$. (Macías, comunicación personal, 2016)



- Finalmente, se inicia la etapa de difusión de sementales.

Para poder llevar a cabo este plan es indispensable disponer de una prueba laboratorial sencilla y económica para detectar la mutación. En todos los animales destinados a la reproducción la mutación $FecX^R$ debe ser identificada para controlar y evitar el cruzamiento de hembras heterocigotas y machos portadores, que producirían un 50 % de hembras estériles.

2.C.3. Resultados del Plan de difusión

A día de hoy, el número de efectivos de la raza Rasa Aragonesa portadores de la mutación $FecX^R$ es 4155 animales de un total de 254122 según el censo de ANGRA, lo que supone una frecuencia de 1,65% de animales portadores.

El efecto en los índices de prolificidad de las ovejas portadoras de la mutación frente a las no portadoras es más que evidente. Según la base de datos de ANGRA (2016), el valor del índice prolificidad en las ovejas portadoras de $FecX^R$ es de 1.77 corderos/parto, es decir, +0.35 corderos/parto respecto a las ovejas de genotipo salvaje.

Ésta mejora de la prolificidad también tiene sus repercusiones en términos económicos, ya que, el aumento de los costes derivados del aumento de la prolificidad se ve recompensado por los ingresos de la venta de los corderos en +1020 € por cada 100 partos. Así pues, se puede concluir que la introducción del gen $FecX^R$ en las explotaciones puede ser una herramienta eficaz para mejorar su rentabilidad. (Macías, A., comunicación personal, tres de octubre de 2016).

3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Como se expone en la sección Introducción, desde la inclusión del alelo FecX^R por la Asociación de Criadores de Ganado Selecto de raza Rasa Aragonesa (ANGRA) en el Plan de mejora de la raza, los resultados a nivel técnico y económico han quedado más que demostrados, con un aumento de la prolificidad de + 35 corderos por cada 100 partos y su consecuente mejora en la rentabilidad de las explotaciones.

Este incremento de la prolificidad puede afectar al funcionamiento de las explotaciones, ya que el aumento del número de partos múltiples acarrea cambios en la carga de trabajo, las necesidades nutricionales de las ovejas y otra serie de factores. No obstante, las características de cada explotación ganadera son muy diferentes y aspectos como la disponibilidad de mano de obra, el sistema de manejo, las instalaciones o el acceso a alimentos para el ganado varían mucho de una explotación a otra. Esto puede hacer que la introducción de animales FecX^R no siempre sea una opción viable en todas las ganaderías o que, en algunos casos, los resultados obtenidos no sean los inicialmente esperables.

Así pues, el objetivo primordial de este trabajo es conocer el grado de satisfacción personal de los ganaderos de ovino de Rasa Aragonesa que han apostado por la introducción de animales FecX^R como estrategia de mejora en su explotación. Para valorar el efecto que la introducción de animales FecX^R ha tenido a nivel del funcionamiento de las explotaciones, se atenderá a los diferentes factores que, a nuestro juicio, juegan un papel importante en el mismo.

4. METODOLOGÍA

La metodología seguida en este trabajo ha sido la realización de encuestas a 18 ganaderos de ovino de Rasa Aragonesa que tienen en sus explotaciones animales portadores de la mutación FecX^R y el posterior análisis estadístico de los datos obtenidos.

La selección de las ganaderías candidatas se hizo por parte de ANGRA, utilizando como criterio de inclusión el número de animales FecX^R presentes en la explotación. De esta manera, inicialmente se eligieron de la base de datos ANGRA las 20 explotaciones con más animales FecX^R por ser las que más información pueden aportar a este trabajo. Todas están localizadas en la Comunidad Autónoma de Aragón, repartidas por las tres provincias y explotan ganado de la raza Rasa aragonesa siendo la producción de Ternasco su actividad principal.

El modelo de la encuesta fue realizado de forma conjunta por quien suscribe este trabajo, los dos directores y los técnicos de ANGRA. Como se muestra en el Anexo 1, consta de 29 preguntas de las cuales, 11 se refieren a las características de la explotación (Tamaño, Frecuencia de FecX^R, mano de obra, sistema de manejo, etc) y el resto abordan percepciones personales de los ganaderos sobre su trabajo con animales FecX^R (características de las ovejas FecX^R respecto a las de genotipo salvaje, trabajo que demandan, efectos en la rentabilidad, etc). En cuanto al tipo de pregunta, la mayoría de ellas son de respuesta cerrada con dos ó tres opciones según la pregunta (Sí ó No; Igual, Mayor o Menor), dos son de respuesta abierta y seis abordan caracteres continuos, por lo que se responden con un valor numérico.

Algunas de las preguntas requieren aclaraciones:

- En la pregunta nº 4, *¿Es una explotación Intergeneracional? (Si o no)* se entiende por explotación intergeneracional aquellas que no han sido creadas por su explotador actual sino que se trata de ganaderías ya formadas que han sido recibidas por herencia familiar u otra vía.
- La pregunta nº 6 *¿Qué tipo de explotación es? (Intensiva, extensiva, semiextensiva)* hace referencia al sistema de explotación, entendiéndose como intensivas aquellas explotaciones en las que el ganado está estabulado permanentemente, semiextensivas en las que el período de estabulación se limita al periodo de partos (final de gestación, parto y lactación) y extensivas aquellas en las que el ganado está en el campo de forma permanente, pudiendo estabularse de forma puntual en el momento del parto.
- La pregunta nº 10 *¿Realiza tandas de reproducción? (Si o no)* pretende distinguir entre las explotaciones que organizan la reproducción en diferentes épocas del año (tandas) mediante monta dirigida o Inseminación artificial (IA) y las que realizan monta continua, es decir, los machos están permanentemente en el rebaño y no se realiza un control de la reproducción.
- La pregunta nº 12 *¿Que fertilidad observa en las ovejas FecX^R respecto a las normales? (Igual, mayor o menor)* hace referencia a la percepción de los ganaderos en cuanto a la fertilidad de las ovejas FecX^R, entendiendo por fertilidad la probabilidad de iniciar una gestación tras un servicio de monta o IA.
- En la pregunta nº 15 *¿Qué atenciones veterinarias requieren los animales FECX^R respecto a las normales? (Igual, más o menos)*, se toma como atenciones veterinarias aquellas actuaciones que no están incluidas en la asistencia veterinaria habitual de la explotación (Inseminaciones Artificiales, desparasitaciones, etc) sino que son actuaciones excepcionales derivadas de un proceso patológico o similar.

- La pregunta nº 18 *¿Que suplementación requieren los corderos FECX^R respecto a las normales?* pretende indagar sobre la percepción del ganadero en cuanto al consumo de pienso de los corderos tras el destete para valorar posibles diferencias en su desarrollo.
- En el caso de la pregunta nº 20 *¿El número de partos triples es excesivo? (si o no)* no se refiere a si 3 es un número excesivo de corderos por parto es sino que hace referencia a si, a juicio del ganadero, el número de veces que se produce un parto triple es excesivo
- La pregunta nº 28 *A peso dematadero, ¿Qué valor tiene un cordero/a FecX^R para vida respecto a uno normal? (Mayor, menor o Igual)* se refiere a la apreciación de los ganaderos del valor económico de los corderos/as FecX^R en el momento de su venta para vida en relación a los corderos de tipo salvaje.

Las entrevistas se realizaron de forma telefónica. De los veinte ganaderos seleccionados inicialmente, no se pudo contactar con dos de ellos, por lo que quedaron fuera del estudio siendo finalmente dieciocho las explotaciones que han participado. De las 29 preguntas planteadas en la encuesta, los ganaderos tuvieron que responder a 27 ya que dos de ellas (Tamaño de la explotación y Frecuencia de FecX^R) se completaron utilizando la base de datos ANGRA por constituir una fuente de información mucho más fiable.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó el programa IBM ® SPSS ® versión 22, que permite describir las variables consideradas (media, desviación típica -SD-, máximo y mínimo, histogramas y diagramas de líneas) y realizar análisis uni y multivariantes.

Las medias de los grupos se compararon mediante el test de t de Student y, alternativamente, mediante Análisis de Varianza (ANOVA), cuando había más de dos grupos de comparación. La relación entre variables cualitativas se estudió mediante el Test de Chi cuadrado de Pearson. La relación entre variables cuantitativas se analizó mediante la correlación de Pearson. Los detalles sobre las técnicas estadística utilizadas pueden encontrarse en Petrie y Watson (1999).

Para permitir su estudio por dicho programa informático, primeramente fue necesario volcar los datos obtenidos en un fichero Excel codificados numéricamente.

Es preciso aclarar que, a la hora de realizar el estudio estadístico, las variables *Personas al frente de la explotación* (pregunta 5) y *Número de tandas de reproducción que realiza* (pregunta 11) han sido tomadas como cualitativas y cuantitativas indistintamente, ya que

aunque las respuestas son valores numéricos, existe mucha discontinuidad entre ellas y de esta manera se facilita el estudio y la presentación de los datos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las 18 encuestas respondidas por los ganaderos. Para su exposición se han agrupado en dos tablas en función del tipo de variable: las variables cualitativas en la Tabla 1, y las variables cuantitativas en la Tabla 2.

Tabla 1. Estadística descriptiva de los resultados obtenidos para las variables cualitativas, en la que se indica la frecuencia de cada respuesta y el porcentaje sobre el total de respuestas. (N=Nº de respuestas obtenidas)

VARIABLE		N= 18 Frecuencia	% Porcentaje
¿Es una explotación intergeneracional?	NO	2	11,1
	SI	16	88,9
Sistema de explotación	Extensiva	2	11,1
	Semiextensiva	16	88,9
¿Los animales reciben suplementación?	SI	18	100
Tipo de suplementación	Propia	5	27,8
	Comprada	4	22,2
	Ambas	9	50
¿Realiza Inseminación Artificial?	NO	1	5,6
	SI	17	94,4
¿Realiza tandas de reproducción?	NO	1	5,6
	SI	17	94,4
Personas al frente de la explotación	1	11	61,1
	2	5	27,8
	3	2	11,1
Fertilidad FecXR respecto a normal	Igual	8	44,4
	Mayor	10	55,6
Longevidad FecXR respecto normal	Igual	10	55,6
	Menor	8	44,4
Trabajo y Atenciones FecXR respecto normal	Igual	12	66,7
	Mayor	6	33,3
Atenciones veterinarias FecXR respecto normal	Igual	17	94,4
	Mayor	1	5,6
Equipamientos FecXR respecto normal	Igual	18	100
Suplementación corderos FecXR respecto normal	Igual	16	88,9
	Mayor	1	5,6
	Menor	1	5,6
Trabajo con partos múltiples (asumible o no)	SI	18	100
Número de partos triples (excesivo o no)	NO	9	50
	SI	9	50
Rentabilidad ovejas FecXR respecto normal	Igual	2	11,1
	Mayor	16	88,9
Recomendación ovejas FecXR a otros ganaderos	SI	18	100
¿A quien recomendaría?	No a cualquier ganadero	18	100
Previsiones de ampliación de FecXR en la explotación	Igual	1	5,6
	Ampliar	16	88,9
	Reducir	1	5,6
Influencia precio cordero en población FecXR	NO	4	22,2
	SI	14	77,8
Si el precio fuese mayor, ¿Ampliaría, reduciría o mantendría frecuencia de FecXR?	Igual	5	27,8
	Ampliar	12	66,7
	Reducir	1	5,6
Valor cordero/a de reposición FecXR respecto normal	Igual	5	27,8
	Mayor	13	72,2
¿ Te parece importante la selección por capacidad lechera llevada a cabo por ANGRA?	SI	18	100

Tabla 2. Estadística descriptiva de los resultados obtenidos para las variables cuantitativas, en la que se expresa la media obtenida para cada variable y su desviación típica así como su mínimo y su máximo. N= nº respuestas obtenidas

VARIABLE	N	Media	SD	Mínimo	Máximo
Tamaño explotación	18	1033,89	232,19	344	1790
Frecuencia FecX ^R	18	12,95	5,15	2,48	31,40
Edad Responsable de la explotación	18	47,72	4,49	31	66
Nº de personas al frente de la explotación	18	1,50	0,35	1	3
Nº Tandas de reproducción	17	3,29	0,30	3	5
Porcentaje Ideal de FecX ^R	13	57,30	13,90	15,0	100,0

Estos resultados permiten realizar una aproximación al tipo de explotación que utiliza la variante FecX^R en su plan de mejora:

Todas las explotaciones estudiadas son de tipo semiextensivo, a excepción de una que funciona en régimen extensivo. Ninguna de las explotaciones encuestadas trabaja en régimen intensivo. Así pues, aunque todas tienen el pastoreo como una parte fundamental de la alimentación, todas (100%) suplementan al ganado en algún momento del ciclo productivo o en épocas de escasez de recursos pastables. El origen de esta alimentación suplementaria difiere según las explotaciones: el 27,8% produce todos los alimentos en la propia explotación frente al 22,2% de las explotaciones que los compra. El resto (50%) utiliza las dos fuentes.

El tamaño medio es de 1034 animales. No obstante, existe un amplio rango de tamaño de las explotaciones estudiadas, con 344 animales la explotación más pequeña y 1790 la de mayor tamaño.

La frecuencia de ovejas portadoras de FecX^R en cada una de ellas también es variable, siendo la media 12,95%. La explotación de mayor frecuencia de FecX^R tiene un 31,4% y la de menor un 2,42%. Este amplio rango puede deberse al tiempo transcurrido desde la introducción del alelo FecX^R en cada explotación, ya que las ganaderías con menor proporción de hembras FecX^R son precisamente las que han introducido la mutación más recientemente.

En cuanto al factor humano, la gran mayoría son explotaciones intergeneracionales (89,9 %), lo que podría indicar que la mayor parte de los ganaderos que trabajan con la mutación FecX^R posee algún tipo de experiencia en producción ovina (tradición familiar esencialmente).

Un dato relevante para el propósito de este trabajo es la edad del responsable actual de la explotación, cuya media se sitúa 47,72 años. Se trata de un valor que podría parecer elevado

si lo comparamos con otros sectores laborales, pero acorde a la realidad actual del ovino de carne, donde más de la mitad de los ganaderos supera los 50 años de edad, e incluso el 30% los 60 (Intxaurrendieta, 2010).

En lo referente a la gestión de la reproducción, prácticamente todas las explotaciones estudiadas realizan inseminación artificial (IA) (17 de 18). Debe tenerse en cuenta que el alelo FecX^R se introduce habitualmente en los rebaños mediante IA, por lo que, obviamente, las ganaderías no rechazan esta técnica.

Una proporción similar de ganaderías organizan la reproducción en tandas: diecisiete ganaderos (94,44%) frente a sólo uno que realiza monta continua para poder compaginar la ganadería con otras actividades laborales. El sistema más utilizado es el de tres parideras o tandas de reproducción al año (76,4%), el 17,7% realiza cuatro tandas de reproducción y solamente una explotación (5,9%) realiza cinco épocas de reproducción. La ganadería que realiza cinco tandas es precisamente la de mayor tamaño (1790 hembras) y la que mayor proporción de ovejas FecX^R explota (31,4%). La alta implantación de la IA y el establecimiento de varias tandas de montas indican que en general se trata de explotaciones con un nivel elevado de tecnificación.

En cuanto a la percepción de los ganaderos respecto a las ovejas FecX^R, más de la mitad de los encuestados (55,6%) afirma que su fertilidad es mayor y el resto que la fertilidad de ambos genotipos es igual. Esta percepción no estaba recogida en estudios anteriores, y debería dar pie a nuevos análisis técnicos y estadísticos que la examinen en profundidad en función de mediciones reales. Lógicamente, la producción final de corderos depende tanto de la prolificidad como de la fertilidad.

Según los resultados obtenidos en este trabajo, el 55,6% de los ganaderos no percibe diferencias en la longevidad de las ovejas FecX^R respecto a las de genotipo salvaje y el 44,4% cree que el tiempo de supervivencia es menor. Ningún ganadero encuestado aprecia una mayor longevidad en las ovejas FecX^R. Los posibles cambios en la longevidad de las ovejas de este genotipo han sido objeto de debate y controversia entre los ganaderos, incluso antes de su difusión entre las explotaciones. De hecho, en el estudio actual, quienes perciben una menor longevidad son los ganaderos con más corta experiencia en el manejo de ovejas FecX^R. Sin embargo, un primer análisis ciego de supervivencia, realizado por Laviña en el año 2012 demostró que no se había encontrado acortamiento de la supervivencia de ovejas FecX^R e incluso les asignaba una longevidad mayor cuando las reposiciones se basaban en la

observación directa de la productividad y el estado de cada hembra, y no meramente en su fecha de nacimiento.

A priori, se podría pensar que el trabajo y atenciones que demandan las ovejas FecX^R es mayor que el resto de ovejas ya que, por regla general, los partos que producen son múltiples. Sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que la mayor parte de los ganaderos (66,7%) no perciben una mayor demanda de trabajo y atención por parte de las ovejas portadoras frente a un 33,3% que cree que sí. Esto puede ser debido a que muchos de los ganaderos que introdujeron la mutación FecX^R como estrategia de mejora ya partían de unos índices de prolificidad elevados, por lo que el aumento del número de partos múltiples no les resulta un problema insalvable. De hecho, el 100% de los encuestados afirma que el trabajo que demandan los partos múltiples es asumible.

Otra de las objeciones que se formularon al plantear la difusión del alelo era el posible aumento de las patologías en las ovejas, inherente al aumento de su esfuerzo reproductivo. Sin embargo, solamente uno de los dieciocho ganaderos encuestados percibe una mayor demanda de atenciones veterinarias por parte de las ovejas FecX^R y la inmensa mayoría cree que son exactamente igual a las ovejas salvajes en este aspecto.

En lo referente a las necesidades de equipamientos e instalaciones para el manejo de ovejas FecX^R, el 100% de los ganaderos cree que son exactamente iguales a las de las demás.

Se podría pensar que los corderos nacidos de las ovejas FecX^R presentan problemas en el desarrollo post-destete por proceder en la mayoría de los casos de partos múltiples. En cuanto a las necesidades de alimentación de los corderos en la fase de cebo, la mayoría de los ganaderos (88,9%) no aprecia diferencias entre los procedentes de ovejas FecX^R y los procedentes de las otras ovejas, e incluso uno de los ganaderos encuestados afirma que las necesidades de los corderos FecX^R son menores. Solamente un ganadero aprecia un aumento de las necesidades en suplementación de estos corderos.

El aumento de la frecuencia de partos triples se planteó desde el primer momento como un problema en la difusión del alelo FecX^R (Laviña, 2012). En este aspecto, el 50 % de los encuestados cree que el número de partos triple es excesivo frente al otro 50% que cree que no. Como se detalla más adelante (Tablas 5,6 y 7), no existe ninguna relación estadística que permita relacionar estos resultados con el resto de variables abordadas en la encuesta.

En cuanto a la rentabilidad, el 90% de los ganaderos afirma que, sin lugar a duda, las ovejas FecX^R son más rentables y solamente dos perciben que la rentabilidad de ambos genotipos es igual.

En cuanto a la posible recomendación de la introducción del alelo FecX^R en otras explotaciones existe unanimidad entre encuestados: todos (100%) recomendarían las ovejas FecX^R a otros ganaderos. Eso sí, también existe unanimidad en que no se puede recomendar a cualquier ganadero, ya que se necesitan unos requisitos mínimos de orden en la gestión de la explotación ganadera para poder trabajar correctamente con este tipo de animales.

La mayor parte de los ganaderos tiene previsión de aumentar el número de animales FecX^R (16 de 18). Solo uno de los encuestados tiene previsto mantener la frecuencia de FecX^R y otro reducirla, en ambos casos por encontrarse próximos al cese de la actividad por jubilación.

El precio de venta de los corderos podría ser uno de los factores que afecten a la población de animales FecX^R. Según los resultados de este trabajo el 77,8% de los ganaderos encuestados cree que sí. De hecho, el 66,7% afirma que ampliaría el número de ovejas FecX^R si el precio del cordero aumentase frente al 27,7% que lo mantendría igual. Solamente uno de los encuestados reduciría el censo de FecX^R ante el aumento de precios: en este caso, el planteamiento del ganadero (uno de los de más edad) era obtener los mismos ingresos reduciendo su carga de trabajo.

En cuanto al valor económico de los corderos y corderas FecX^R para vida, el 72,2% cree que debería ser mayor que el de los corderos de genotipo salvaje, en todos los casos para compensar el trabajo adicional de control y gestión de la ganadería que conlleva criar estos animales. El resto de los encuestados afirma que el valor debería ser igual. No obstante, todos coinciden en que, desgraciadamente, a día de hoy, el hecho de ser portador de la mutación FecX^R no es un factor que aumente el precio de venta de estos animales en el mercado para vida.

La última de las variables hace referencia al proceso de selección por capacidad lechera que está llevando a cabo ANGRA, y en este aspecto el 100% de los ganaderos encuestados coincide en la importancia de esta selección para conseguir un mayor aumento en el número de corderos vendidos y, por lo tanto, de la rentabilidad de las explotaciones.

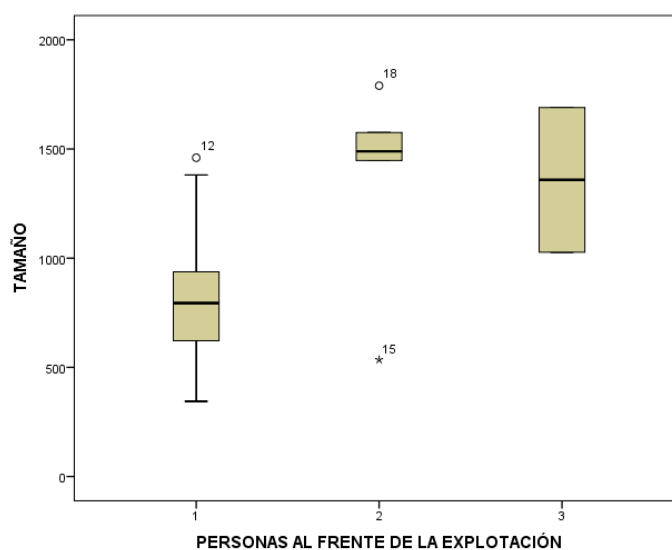
Una vez descritos los resultados obtenidos, ejecutamos un análisis cruzado de las diferentes variables para buscar alguna relación entre ellas. En primer lugar, buscamos correlaciones entre las variables cuantitativas (Tabla 3).

Tabla 3. Correlación de Pearson para las variables cuantitativas y grado de significación (valor p). N= nº de respuestas obtenidas

		FECEX (%)	EDAD RESPONSABLE ACTUAL	TANDAS DE REPRODUCCION (PERMANENTE O ESTACIONAL)	PROPORCIÓN IDEAL DE OVEJAS FCRX	TAMAÑO
PERSONAS AL FRENTE DE LA EXPLOTACIÓN	Correlación de Pearson	-,277	-,161	,176	-,036	,528*
	Sig. (bilateral)	,265	,523	,484	,907	,024
	N	18	18	18	13	18
FECEX (%)	Correlación de Pearson		,200	-,445	,547	-,284
	Sig. (bilateral)		,427	,064	,053	,254
	N		18	18	13	18
EDAD RESPONSABLE ACTUAL	Correlación de Pearson			,213	-,151	,026
	Sig. (bilateral)			,396	,622	,918
	N			18	13	18
TANDAS DE REPRODUCCION (PERMANENTE O ESTACIONAL)	Correlación de Pearson				-,554*	,369
	Sig. (bilateral)				,049	,132
	N				13	18
PROPORCIÓN IDEAL DE OVEJAS FCRX	Correlación de Pearson					-,171
	Sig. (bilateral)					,576
	N					13

Únicamente existe correlación significativa ($p < 0,05$) entre el tamaño de la explotación y el nº de personas al frente de la misma (Gráfica 1), algo que a priori parece lógico.

Gráfica 1. Diagrama de barras de la distribución del Tamaño de explotación en función de las personas al frente de la explotación.



En cuanto a las variables cualitativas buscamos posibles relaciones entre aquellas variables que han arrojado variabilidad (Tabla 4). No se ha detectado ninguna asociación significativa

($p>0,05$); el subíndice a indica que no hay diferencia significativa entre las proporciones de columna.

Tabla 4. Relación entre variables cualitativas

		Valor corderos FecXR respecto normal		Rentabilidad (más, menos, igual)		Trabajo de FECXR (igual, más o menos)		Número de partos triples excesivo	
		Igual	Mayor	Igual	Mayor	Igual	Mayor	NO	SI
PERSONAS AL FRENTE DE LA EXPLOTACIÓN	1	4 _a 80,0%	7 _a 53,8%	0 _a 0,0%	11 _a 68,8%	9 _a 75,0%	2 _a 33,3%	6 _a 66,7%	5 _a 55,6%
	2	1 _a 20,0%	4 _a 30,8%	1 _a 50,0%	4 _a 25,0%	2 _a 16,7%	3 _a 50,0%	3 _a 33,3%	2 _a 22,2%
	3	0 _a 0,0%	2 _a 15,4%	1 _a 50,0%	1 _a 6,3%	1 _a 8,3%	1 _a 16,7%	0 _a 0,0%	2 _a 22,2%
INTERGENERACIONAL	NO	1 _a 20,0%	1 _a 7,7%	0 _a 0,0%	2 _a 12,5%	2 _a 16,7%	0 _a 0,0%	1 _a 11,1%	1 _a 11,1%
	SI	4 _a 80,0%	12 _a 92,3%	2 _a 100,0%	14 _a 87,5%	10 _a 83,3%	6 _a 100,0%	8 _a 88,9%	8 _a 88,9%

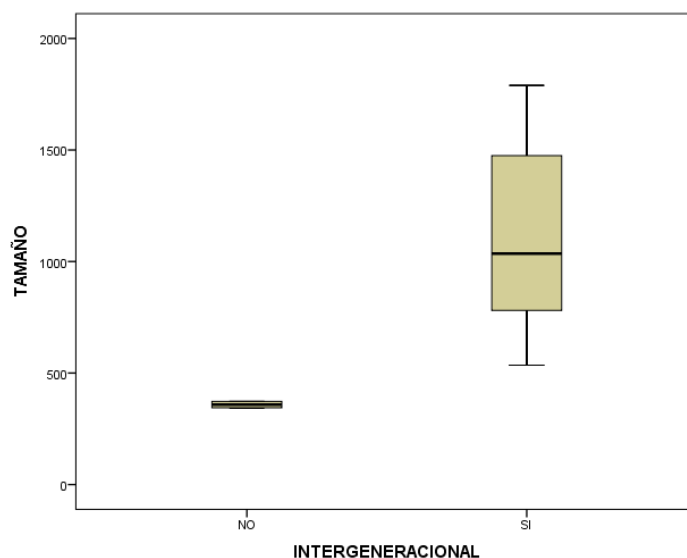
Siguiendo el mismo criterio, buscamos las posibles relaciones entre las variables cualitativas y cuantitativas que han mostrado mayor variabilidad (Tablas 5, 6 y 7).

Tabla 5. Media y desviación estándar (SD) del Tamaño de explotación para las categorías de diversas variables cualitativas. El valor p indica el grado de significación de las correspondientes diferencias entre las medias de las categorías.

		Tamaño		p
Variable		Media	SD	
Intergeneracional	No	358,50	20,506	<0,001
	Si	1118,31	422,632	
Personas al frente de la explotación	1	823,36	360,109	0,045
	2	1367,20	483,658	
	3	1358,50	468,812	
Trabajo de FECXR	Igual	855,58	437,724	,017
	Mayor	1390,50	301,283	
Número de partos triples	Excesivo	997,22	447,443	,750
	No excesivo	1070,56	509,924	
Rentabilidad FecXR	Igual	1258,00	326,683	,488
	Mayor	1005,88	482,099	
Valor corderos FECX	Igual	1054,40	564,738	,912
	Mayor	1026,00	449,759	

Según los resultados obtenidos, la variable Tamaño de explotación se relaciona significativamente con la condición de Intergeneracional o no (Gráfica 2), así como con el número de personas al frente de la explotación (Gráfica 1), y Trabajo de FecX^R (Gráfica 3).

Gráfica 2. Diagrama de barras de la distribución del Tamaño de explotación en función de que la explotación sea intergeneracional o no.



Como se puede apreciar, las explotaciones no intergeneracionales tienen un tamaño significativamente menor (358,5 de media) respecto a las explotaciones intergeneracionales (1110,3 de media). Esto puede deberse a que, como se expone en la sección de metodología, las explotaciones no intergeneracionales son aquellas que han sido formadas por su explotador actual y, por lo tanto, son explotaciones mucho más “jóvenes” que las intergeneracionales en las que, en la mayor parte de los casos su fecha de formación se desconoce al haber pasado por sucesivas generaciones familiares.

Gráfica 3. Diagrama de barras de la distribución del Tamaño de explotación en función del Trabajo de FecX^R.

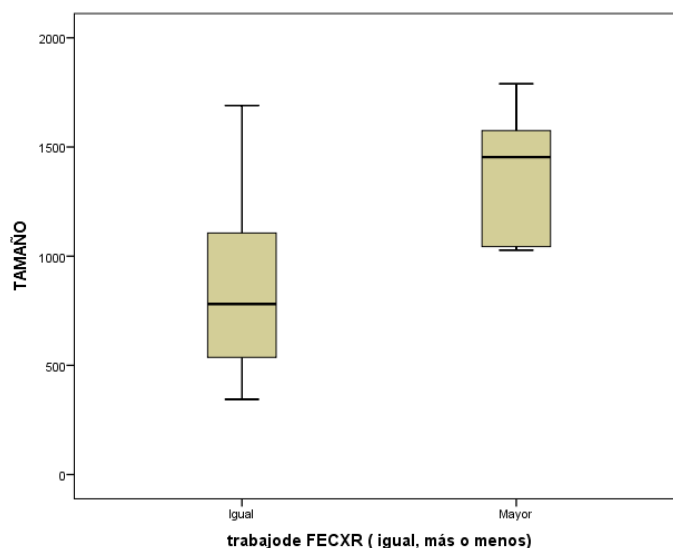
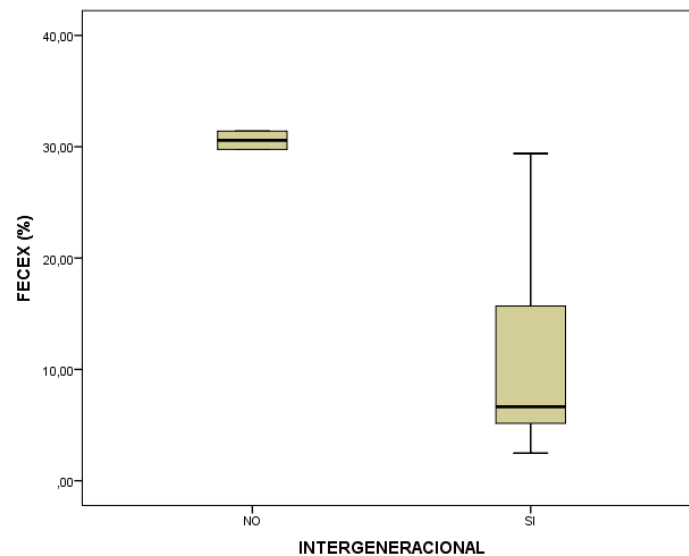


Tabla 6. Media y desviación estándar (SD) de la proporción de ovejas FecX^R para las categorías de diversas variables cualitativas. El valor p indica el grado de significación de las correspondientes diferencias entre las medias de las categorías.

Variable		FecXR(%)		p
		Media	SD	
Intergeneracional	NO	30,5800	1,15966	<0,001
	SI	10,7513	8,64015	
Personas al frente de la explotación	1	14,9673	10,88164	,548
	2	11,0000	11,08256	
	3	6,7700	2,13546	
Trabajo de FECXR	Igual	13,4825	10,92105	,770
	Mayor	11,8983	9,98110	
Número de partos triples	Excesivo	12,6000	8,62665	,890
	No excesivo	13,3089	12,36173	
Rentabilidad de FecXR	Igual	3,8700	1,96576	0,005
	Mayor	14,0900	10,42613	
Valor corderos FECXR	Igual	20,6020	10,11161	,048
	Mayor	10,0131	9,15714	

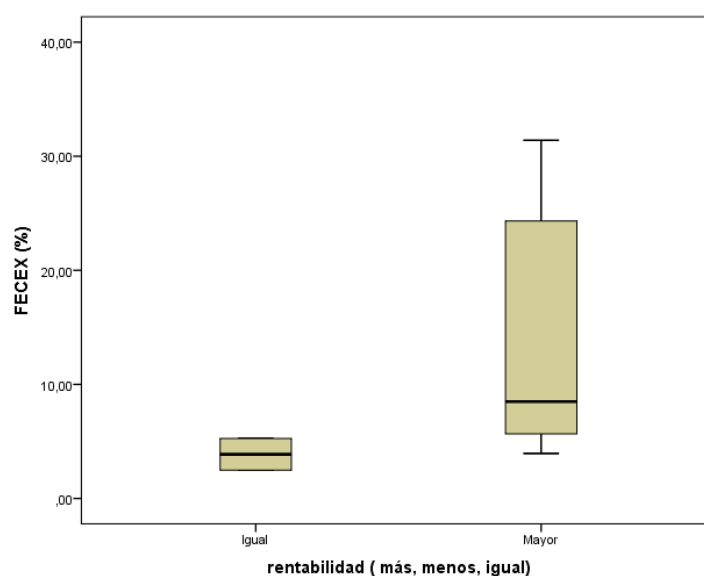
Según estos resultados, la frecuencia de FecX^R se relaciona significativamente ($p < 0,05$) con las variables Intergeneracional (Gráfica 4), Rentabilidad de FecX^R (Gráfica 5) y valor de los corderos FecX^R respecto a los corderos salvajes (Gráfica 6).

Gráfica 4. Diagrama de barras de la distribución de la frecuencia de FecX^R en función de que la explotación sea intergeneracional o no.



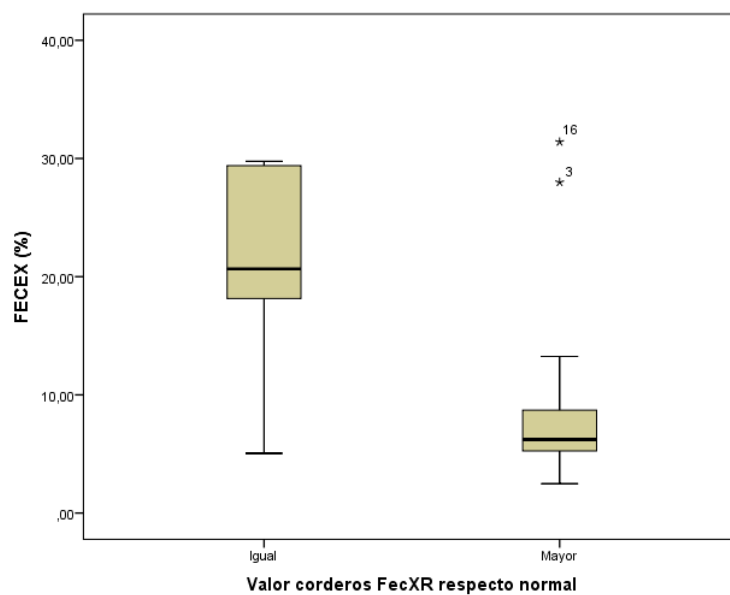
Como se puede observar, el hecho de que la explotación sea intergeneracional influye en la frecuencia de FecX^R, de forma que las explotaciones no intergeneracionales tienen una frecuencia de FecX^R significativamente mayor (30,58% de media) que las intergeneracionales (10,75% de media). Esto puede deberse a que, las personas que han creado la explotación desde su inicio tienden más a hacer inversiones a medio y largo plazo y a adoptar nuevas estrategias para aumentar la rentabilidad, que los ganaderos que la han recibido ya formada.

Gráfica 5. Diagrama de barras de la distribución de la frecuencia de FecX^R en función de la percepción de la rentabilidad de las ovejas FecX^R.



Tal como muestra la gráfica, los ganaderos que perciben similar la rentabilidad de las ovejas FecX^R y la de las de genotipo salvaje son los que explotan una menor proporción de ejemplares FecX^R (3,87% de media). Esto puede deberse a que, al ser una frecuencia tan baja, no se haya apreciado su repercusión en la rentabilidad de la explotación. Por el contrario, los ganaderos con frecuencias de FecX^R más altas en sus explotaciones son los que creen que las ovejas FecX^R son más rentables.

Gráfica 6. Diagrama de barras de la distribución de la frecuencia de FecX^R en función de la percepción del valor económico de los corderos FecX^R para vida.



Al contrario que en caso anterior, las explotaciones con frecuencias de FecX^R mayores son las que valoran igual un cordero/a FecX^R para vida que uno salvaje frente a las que tienen frecuencias de FecX^R más bajas, que valoran más los corderos/as portadores de la mutación. No podemos encontrar una explicación lógica a esta aparente contradicción, que podría deberse a la subjetividad en la valoración.

Tabla 7. Media y desviación estándar (SD) de la edad del responsable de la explotación para las categorías de diversas variables cualitativas. El valor p indica el grado de significación de las correspondientes diferencias entre las medias de las categorías.

		Edad responsable		
Variable		Media	SD	p
Intergeneracional	No	42,50	3,536	,403
	Si	48,38	9,366	
Personas al frente de la explotación	1	48,00	9,209	,476
	2	50,00	7,583	
	3	40,50	13,435	
Trabajo de FECXR	Igual	46,25	9,324	,344
	Mayor	50,67	8,430	
Número de partos triples	Excesivo	46,33	11,597	,531
	No Excesivo	49,11	5,904	
Rentabilidad de FecXR	Igual	51,50	2,121	,547
	Mayor	47,25	9,497	
Valor corderos FECXR	Igual	53,40	11,194	,099
	Mayor	45,54	7,446	

En este caso, no se aprecian diferencias significativas entre las medias de la edad del responsable de la explotación para las diferentes categorías de una misma variable cualitativa.

6. CONCLUSIONES

1. El perfil de explotación que utiliza la mutación FecX^R en su esquema de mejora es una explotación intergeneracional de tipo semiextensivo, con un tamaño medio de 1033,9 animales y con un alto grado de tecnificación en la reproducción.
2. La mayoría de los ganaderos encuestados no aprecia grandes cambios en el funcionamiento de la explotación (trabajo, equipamientos, etc.) tras la introducción del alelo FecX^R como estrategia de mejora.
3. Además de la prolificidad, la fertilidad de las ovejas FecX^R es en muchos casos superior a la del genotipo salvaje según la percepción de los ganaderos encuestados.
4. La mayoría de los ganaderos no aprecia que el tiempo de supervivencia de las ovejas FecX^R sea menor que el de las de genotipo salvaje ni que requieran más atenciones veterinarias.

5. Todos los ganaderos coinciden en la importancia de la selección por capacidad lechera que está llevando a cabo la Asociación de Ganaderos de Rasa Aragonesa.
6. La mayor parte de los ganaderos afirma que rentabilidad de las ovejas FecX^R es mayor que las de genotipo salvaje, tienen previsión de ampliar el número de efectivos portadores y todos recomendarían su introducción en otras explotaciones.
7. Así pues podemos concluir que el grado de satisfacción de los ganaderos que han introducido la mutación FecX^R en el esquema de mejora de su explotación es alto.

CONCLUSIONS

1. The typical farm using the FecX^R mutation as a genetic improvement tool is devoted to semi-extensive production, includes a mean number of 1,033.9 animals, applies high technology reproductive management and was not founded by the current owner.
2. Most of the farmers included in the survey do not note important changes in the daily management of the flock (amount of work, facilities etc.) due to the introduction of the FecX^R allele.
3. Besides prolificacy, the ewes carrying FecX^R apparently show higher fertility.
4. Most of the managers do not detect a shorter survival time in the FecX^R ewes. Compared to wild type ewes, they are not noted to require different veterinary cares.
5. All the producers agree to consider that the current milk production improvement plan performed by the Association of Breeders (ANGRA) for the FecX^R ewes is important.
6. Most producers state that the FecX^R ewes are more profitable than wild type animals and are planning to breed a higher proportion of FecX^R carriers. All of them should recommend the introduction of this type of sheep in other flocks.
7. As a summary, we can conclude that for most flock managers, the introduction of the FecX^R alleles has provided highly satisfactory results.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Este trabajo ha servido para mejorar y profundizar mi conocimiento en las áreas de Fisiología y Reproducción Ovina, Genética y Mejora Animal, Producción Ovina, Economía de las explotaciones agrarias. Igualmente, he podido conocer el manejo y gestión genealógica de la raza Rasa Aragonesa, así como contactar directamente con la realidad social y económica de la ganadería ovina de nuestro entorno. También me ha permitido profundizar mi conocimiento

en Estadística y he aprendido a utilizar herramientas informáticas para realizar análisis estadísticos. Otra de las enseñanzas de éste trabajo ha sido aprender a buscar y utilizar correctamente bibliografía científica, así como mejorar el lenguaje técnico de la profesión en ambos idiomas.

8. AGRADECIMIENTOS

- o En primer lugar a los técnicos de ANGRA, que realizan una labor impecable en la gestión de la Rasa Aragonesa y especialmente a D. Ángel Macías, por la toda la información brindada.
- o A los directores de este trabajo, los profesores Luis Monteagudo y M. Teresa Tejedor, por su gran labor profesional y su inestimable ayuda para que este trabajo saliera adelante.
- o A los 18 ganaderos que han participado en el estudio, por su amabilidad y colaboración.
- o Por último, a mi familia y amigos, especialmente mis padres por su apoyo económico y moral durante toda esta etapa que culmina con la realización de este trabajo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Ahlawat S, Sharma R, Roy M, Mandakmale S, Prakash V, Tantia MS. Genotyping of Novel SNPs in BMPR1B, BMP15, and GDF9 Genes for Association with Prolificacy in Seven Indian Goat Breeds. Anim Biotechnol. 2016; 27: 199-207
- Altarriba J, Moreno C, García-Cortés A, Yagüe G, Ponz R. Mejora genética para prolificidad en Rasa Aragonesa. XXV Jornadas SEOE 2001, 265-270
- Altarriba J, Varona L, García-Cortés LA, Moreno C. Bayesian inference of variance components for litter size in Rasa Aragonesa Sheep. J Animal Sci. 1998; 76: 23-28
- Bodin L, Di Pasquale E, Fabre S, Bontoux M, Monget P, Persani L, Mulsant P. A novel mutation in the bone morphogenetic protein 15 gene causing defective protein secretion is associated with both increased ovulation rate and sterility in Lacaune sheep. Endocrinology. 2007 Jan; 148 : -400.

- Bodin L, San Cristobal M, Lecerf F, Mulsant P, Bibé B, Lajous D, Belloc JP, Eychenne F, Amigues Y, Elsen JM. Segregation of a major gene influencing ovulation in progeny of Lacaune meat sheep. *Genet Sele Evol.* 2002; 34: 447–464
- Bravo S, Larama G, Paz E, Inostroza K, Montaldo HH, Sepúlveda N. Polymorphism of the GDF9 gene associated with litter size in Araucana creole sheep. *Anim Genet.* 2016 Jun;47: 390-1
- Chu MX, Yang J, Feng T, Cao GL, Fang L, Di R, Huang DW, Tang QQ, Ma YH, Li K, Li N. GDF9 as a candidate gene for prolificacy of Small Tail Han sheep. *Mol Biol Rep.* 2011 Nov;38: 5199-204
- Cockett NE, Smit MA, Bidwell CA, Segers K, Hadfield TL, Snowden GD, Georges M, Charlier C. The callipyge mutation and other genes that affect muscle hypertrophy in sheep. *Genet Sel Evol.* 2005; 37(Suppl 1):S65-81
- Crawford AM, Swarbrick PA, Buchanan FC, Dodds KG. DNA fingerprinting analysis of Booroola pedigrees: a search for linkage to the Booroola gene. *Theor Appl Genet.* 1993 Oct;87: 271-277
- Davis GH. Major genes affecting ovulation rate in sheep. *Genet Sel Evol.* 2005; 37(Suppl 1): S11–S23
- Demars J, Fabre S, Sarry J, Rossetti R, Gilbert H, Persani L, Tosser-Klopp G, Mulsant P, Nowak Z, Drobik W, Martyniuk E, Bodin L. Genome-wide association studies identify two novel BMP15 mutations responsible for an atypical hyperprolificacy phenotype in sheep. *PLoS Genetics.* 2013 Apr;9(4):e1003482
- Drouilhet L, Lecerf F, Bodin L, Fabre S, Mulsant P. Fine mapping of the FecL locus influencing prolificacy in Lacaune sheep. *Anim Genet.* 2009 Dec;40: 804-12
- Drouilhet L, Mansanet C, Sarry J, Tabet K, Bardou P, Woloszyn F, Lluch J, Harichaux G, Viguié C, Monniaux D, Bodin L, Mulsant P, Fabre S. The highly prolific phenotype of Lacaune sheep is associated with an ectopic expression of the B4GALNT2 gene within the ovary. *PLoS Genet.* 2013;9(9):e1003809
- Falconer DS. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. 1986
- Fogarty NM. A review of the effects of the Booroola Gene (FecB) on sheep production. *Small Ruminant Res.* 2009; 85: 75-84
- Galloway SM, McNatty KP, Cambridge LM, Laitinen MP, Juengel JL, Jokiranta TS, McLaren RJ, Luiro K, Dodds KG, Montgomery GW, Beattie AE, Davis GH, Ritvos O. Mutations in an oocyte-derived growth factor gene (BMP15) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner. *Nat Genet.* 2000 Jul;25 :279-83.

- Hanrahan JP, Gregan SM, Mulsant P, Mullen M, Davis GH, Powell R, Galloway SM. Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (*Ovis aries*). *Biol Reprod*. 2004 Apr;70: 900-9.
- Hua GH, Yang LG. A review of research progress of FecB gene in Chinese breeds of sheep. *Anim Reprod Sci*. 2009 Nov;116(1-2):1-9
- Intxaurreandieta J.M. Evolución socioeconómica de las explotaciones de ovino de carne. El caso de Navarra. 2010. Disponible en: <https://www.itgganadero.com/itg/portal/documento2.asp?id=222>. Consultado el 28 de octubre de 2016
- Khodabakhshzadeh R, Mohammadabadi MR, Esmailzadeh AK, Moradi Shahrehabak H, Bordbar F, Ansari Namin S. Identification of point mutations in exon 2 of GDF9 gene in Kermani sheep. *Pol J Vet Sci*. 2016; 19: 281-9.
- Lanneluc I, Drinkwater RD, Elsen JM, Hetzel DSJ, Nguyen TC, Piper LR, Thimonier J, Harrison B, Gellin J. Genetic markers for the Booroola fecundity (Fec) gene in sheep. *Mamm Genome*. 1994; 5: 26-33
- Laviña A. Identificación de la delección FecX^R del gen ovino BMP15 en la raza Rasa Aragonesa: su implicación en la mejora genética de la prolificidad y su difusión en la cabaña ganadera. 2012. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza
- Lecerf F, Mulsant P, Elsen JM, Bodin L. Localisation and mapping of a major gene controlling ovulation rate in Lacaune sheep. 7th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier, France, 19-23 août 2002, Com.08-31
- Li J, Greenwood PL, Cockett NE, Hadfield TS, Vuocolo T, Byrne K, White JD, Tellam RL, Schirra HJ. Impacts of the Callipyge mutation on ovine plasma metabolites and muscle fibre type. *PLoS One*. 2014 Jun 17;9(6):e99726
- Ling YH, Xiang H, Zhang G, Ding JP, Zhang ZJ, Zhang YH, Han JL, Ma YH, Zhang XR. Identification of complete linkage disequilibrium in the DSG4 gene and its association with wool length and crimp in Chinese indigenous sheep. *Genet Mol Res*. 2014 Jul 25; 13: 5617-25
- Mahdavi M, Nanekarani S, Hosseini SD. Mutation in BMPR-1B gene is associated with litter size in Iranian Kalehkoohi sheep. *Anim Reprod Sci* 2014. Jun 30;147: 93-8
- Martin P, Raoul J, Bodin L. Effects of the FecL major gene in the Lacaune meat sheep population. *Genet Sel Evol*. 2014 Aug 12;46:48

- Monteagudo LV, Ponz R, Tejedor MT, Laviña A, Sierra I. A 17 bp deletion in the Bone Morphogenetic Protein 15 (BMP15) gene is associated to increased prolificacy in the Rasa Aragonesa sheep breed. *Anim Reprod Sci.* 2009 Jan;110: 139-46
- Montgomery GW, Crawford AM, Pentz JM, Dodds KG, Ede AJ, Henry HM, Pierson CA, Lord EA, Galloway SM, Schmack AE, et al. The ovine Booroola fecundity gene (FecB) is linked to markers from a region of human chromosome 4q. *Nat Genet.* 1993 Aug; 4:410-4.
- Montgomery GW, Galloway SM, Davis GH, McNatty KP. Genes controlling ovulation rate in sheep. *Reproduction.* 2001 Jun; 121 : 843-52.
- Moradband F, Rahimi G, Gholizadeh M. Association of Polymorphisms in Fecundity Genes of GDF9, BMP15 and BMP151B with Litter Size Iranian Baluchi Sheep. *Asian Australas J Anim Sci.* 2011; 24: 1179-1183
- Mullen MP, Hanrahan JP, Howard DJ, Powell R. Investigation of Prolific Sheep from UK and Ireland for Evidence on Origin of the Mutations in *BMP15* (*FecX^G*, *FecX^B*) and *GDF9* (*FecG^H*) in Belclare and Cambridge Sheep. *PLoS One* 2013; 8(1): e53172
- Mulsant P, Lecerf F, Fabre S, Bodin L, Thimonier J, Monget P, Lanneluc I, Monniaux D, Teyssier J, Elsen JM. Prolificacy genes in sheep: the French genetic programmes. *Reprod Suppl.* 2003; 61:353-9.
- Mulsant P, Lecerf F, Fabre S, Schibler L, Monget P, Lanneluc I, Pisselet C, Riquet J, Monniaux D, Callebaut I, Cribiu E, Thimonier J, Teyssier J, Bodin L, Cognié Y, Chitour N, Elsen JM. Mutation in bone morphogenetic protein receptor-1B is associated with increased ovulation rate in Booroola Mérino ewes. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001 Apr 24;98:5104-9
- Orden de 22 de septiembre de 1992, por la que se ratifica el Reglamento de la Denominación Específica "Ternasco de Aragón" y de su Consejo Regulador. (BOE nº 239 de 05-10-92)
- Otsuka F, McTavish K, Shimasaki S. Integral Role of GDF-9 and BMP15 in Ovarian Function. *Mol Reprod Dev.* 2011 Jan; 78(1): 9–21
- Pardos L, Maza MT, Fantova E. Influence of the prolificacy in meat sheep farms of Rasa breed in Aragón. *Arch Zootec.* 2007; 56 : 363-366.
- Petrie A and Watson P. *Statistics for veterinary and animal science*, 3rd edition. 2013 Blackwell Science Ltd, Oxford, United Kingdom.
- Piper LR, Bindon BM. Genetic segregation for fecundity in Booroola Merino Sheep. *Proc. World Congr. Sheep and Beef Cattle Breeding.* Palmerston North; N.Z. 1982; Vol I, pp 395-400

- Polley S, De S, Brahma B, Mukherjee A, Vinesh PV, Batabyal S, Arora JS, Pan S, Samanta AK, Datta TK, Goswami SL. Polymorphism of BMPR1B, BMP15 and GDF9 fecundity genes in prolific Garole sheep. *Trop Anim Health Prod.* 2010 Jun;42: 985-93.
- Purvis IW, Franklin IR. Major genes and QTL influencing wool production and quality: a review. *Genet Sel Evol.* 2005;37: S97-S107
- Silva BD, Castro EA, Souza CJ, Paiva SR, Sartori R, Franco MM, Azevedo HC, Silva TA, Vieira AM, Neves JP, Melo EO. A new polymorphism in the Growth and Differentiation Factor 9 (GDF9) gene is associated with increased ovulation rate and prolificacy in homozygous sheep. *Anim Genet.* 2011 Feb;42(1):89-92
- Souza CJ, MacDougall C, MacDougall C, Campbell BK, McNeilly AS, Baird DT. The Booroola (FecB) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR1B) gene. *Journal of Endocrinology* 2001 May;169: R1-6
- Souza CJ, McNeilly AS, Benavides MV, Melo EO, Moraes JC. Mutation in the protease cleavage site of GDF9 increases ovulation rate and litter size in heterozygous ewes and causes infertility in homozygous ewes. *Anim Genet.* 2014 Oct;45(5):732-9
- Tellam RL, Cockett NE, Vuocolo T, Bidwell CA. Genes contributing to genetic variation of muscling in sheep. *Frontiers in Genetics.* 2012 Aug 29;3:164
- Vinet A, Drouilhet L, Bodin L, Mulsant P, Fabre S, Phocas F. Genetic control of multiple births in low ovulating mammalian species. *Mamm Genome.* 2012 Dec; 23: 727-40.
- Walkden- Brown SW, Van der Werf JHJ, Nimbkar C, Gupta VS. Use of FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs. *Proceedings of the Helen Newton Turner Memorial International Workshop held in Pune, Maharashtra, India, 10-12 November 2008*
- Wilson T, Wu XY, Juengel JL, Ross IK, Lumsden JM, Lord EA, Dodds KG, Walling GA, McEwan JC, O'Connell AR, McNatty KP, Montgomery GW. Highly prolific Booroola sheep have a mutation in the intracellular kinase domain of bone morphogenetic protein 1B receptor (ALK-6) that is expressed in both oocytes and granulosa cells. *Biol Reprod.* 2001 Apr; 64: 1225-35
- Windl O, Dawson M. Animal prion diseases. *Subcell Biochem.* 2012; 65: 497-516

ANEXO 1: Modelo de encuesta.

Grado de satisfacción de la implantación de la mutación FecX (gen Santa Eulalia) en el esquema de ANGRA

NOMBRE DE LA EXPLOTACIÓN:

1. Tamaño de la explotación
2. Frecuencia FecXR en la explotación
3. Edad del responsable actual
4. ¿Es una explotación Intergeneracional? (Si o no)
5. ¿Cuántas personas están al frente de la explotación?
6. ¿Qué tipo de explotación es? (Intensiva, extensiva, semiextensiva)
7. ¿Reciben los animales suplementación? (si o no)
8. ¿Qué tipo de suplementación? (Propia o comprada)
9. ¿Realiza inseminación artificial? (Si o no)
10. ¿Realiza tandas de reproducción? (Si o no)
11. ¿Número de tandas que realiza?
12. ¿Qué fertilidad observa en las ovejas FECXR respecto a las normales? (Igual, mayor o menor)
13. ¿Qué longevidad observa en las ovejas FECXR respecto a las normales? (Igual, mayor o menor)
14. ¿Qué trabajo y atenciones requieren los animales FECXR respecto a las normales? (Igual, más o menos)
15. ¿Qué atenciones veterinarias requieren los animales FECXR respecto a las normales? (Igual, más o menos)
16. ¿Qué equipamientos requieren las ovejas FECXR respecto a las normales? (Igual, más o menos)
17. ¿Qué tipo de equipamientos?
18. ¿Qué suplementación requieren los corderos FECXR respecto a las normales? (Igual, más o menos)
19. ¿Es asumible el trabajo que demandan los partos múltiples? (Si o no)
20. ¿El número de partos triples es excesivo? (si o no)
21. ¿Cómo valorarías la rentabilidad de las ovejas FECXR respecto a las normales? (Igual, más o menos)
22. ¿Recomendarías la introducción de animales FECXR en las explotaciones? (si o no)
23. ¿A quién se la recomendarías? (A cualquier ganadero, solo a algunos...)
24. ¿Qué proporción de ovejas FECXR crees que es la ideal en una explotación?
25. ¿Tiene previsto aumentar el número de ovejas FECXR? (Ampliarlo, reducirlo o seguir igual)
26. ¿Influye el precio de los corderos en la proporción de ovejas FECXR que tiene en la explotación? (si o no)
27. Si el precio de venta de los corderos fuese mayor, ¿ampliaría el número de ovejas FECXR? (Ampliaría, reduciría, mantendría igual)
28. A peso de matadero, ¿Qué valor tiene un cordero/a FecXR para vida respecto a uno normal? (Mayor, menor o Igual)
29. ¿Te parece importante el papel que está jugando ANGRA en la selección en base a la capacidad lechera? (Si o no)