

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**USO DEL GEN FEC<sup>B</sup> EN MAJADAS COMERCIALES**

**por**

**María José BENTANCOR TARAMASCO**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2008**

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Daniel Fernández Abella

\_\_\_\_\_

Dr. Daniel Pereira

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Gonzalo Oliveira

Fecha: 21 de Julio de 2008

Autor: \_\_\_\_\_

María José Bentancor Taramasco

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia, en especial a mis padres Gabriela y Walter, y a mis hermanos Rodrigo, Silvina, Luciana y Paula, por el apoyo que me dieron en todos los sentidos a lo largo de la carrera, sin el cual no hubiese sido posible llevarla a cabo.

A mis amigos que supieron acompañarme en todo este tiempo con paciencia, dándome ánimo y apoyo.

A mis compañeros y amigos de facultad, con los cuales he recorrido junto la carrera, compartido momentos muy lindos e inolvidables.

Agradezco a mi director de tesis, Ing. Agr. Daniel Fernández Abella, por la confianza depositada en mí para la realización de éste trabajo, así como el aporte de información tanto en la parte de campo como de escritorio. En especial aprecio la paciencia que me tuvo durante este tiempo.

A la Sra. Ana Pombo, por haberme abierto las puertas de su casa para la realización del trabajo de campo, así como del tiempo ofrecido para el relevamiento de información.

A todos ellos, muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>PÁGINA DE APROBACIÓN.....</b>	II
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	III
<b>LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....</b>	VII
<b>1. <u>INTRODUCCIÓN</u>.....</b>	1
<b>2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>.....</b>	3
<b>2.1 PRINCIPALES RAZAS PROLÍFICAS.....</b>	4
<b>2.2 EL GEN BOORoola DE FECUNDIDAD (Fec<sup>B</sup>).....</b>	7
<b>2.3 FISIOLÓGIA Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LOS OVINOS BOORoola.....</b>	12
<b>2.3.1 <u>Efectos del gen Fec<sup>B</sup> en la hembra</u>.....</b>	12
<b>2.3.1.1 Pubertad.....</b>	12
<b>2.3.1.2 Tasa ovulatoria.....</b>	13
<b>2.3.1.3. Foliculogénesis ovárica.....</b>	15
<b>2.3.1.4. Fertilidad y mortalidad embrionaria.....</b>	15
<b>2.3.1.5. Actividad ovárica y duración de estación de cría.....</b>	17
<b>2.3.1.6. Duración del estro o celo.....</b>	17
<b>2.3.1.7. Comportamiento materno y mortandad neonatal.....</b>	17

2.3.2 <u>Efectos del gen Fec<sup>B</sup> en la macho</u> .....	19
2.3.2.1 A nivel testicular.....	19
2.3.2.2 Modificaciones endocrinas.....	19
2.4 INTRODUCCIÓN DE LA MUTACIÓN BOOROLA AL URUGUAY Y SUS PERSPECTIVAS.....	20
2.5 CONSIDERACIONES FINALES.....	22
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	24
3.1 UBICACIÓN.....	24
3.2 ANTECEDENTES.....	24
3.3 SUELOS.....	28
3.4 PASTURAS.....	29
3.5 ANIMALES.....	30
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	33
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	34
4.1 EVOLUCIÓN DEL STOCK BOOROLA.....	34
4.2 DESEMPEÑO REPRODUCTIVO.....	35
4.2.1 <u>Fertilidad</u> .....	35
4.2.2 <u>Prolificidad</u> .....	38
4.2.3 <u>Fecundidad</u> .....	40
4.2.4 <u>Productividad</u> .....	43

4.3 PESO DE LA RECRÍA HEMBRA Y MACHO.....	48
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	52
6. <u>RESUMEN</u> .....	54
7. <u>SUMMARY</u> .....	55
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	56

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Principales razas prolíficas presentes en Uruguay y el mundo. Se indican procedencias y niveles de prolificidad (tamaño de camada) medios y sus rangos.....	5
2. Evolución de la majada de cría a la encarnerada.....	26
3. Manejo de la majada de cría en el año de evaluación.....	27
4. Uso actual del suelo del predio.....	29
5. Uso del suelo en la superficie mejorada.....	30
6. Evolución del stock Booroola y Testigo.....	34
7. Fertilidad de ovejas y borregas Booroola y testigo.....	36
8. Prolificidad de ovejas y borregas Booroola y testigo.....	38
9. Fecundidad de ovejas y borregas Booroola y testigo.....	41
10. Productividad de ovejas y borregas Booroola y testigo.....	44
11. Estimación de la supervivencia neonatal según genotipo.....	46
12. Desempeño reproductivo del genotipo prolífico 2006 – 2007.....	47
13. Pesos de corderos de invernada Ile-de-France – Corriedale Booroola y testigo.....	48
14. Pesos de corderas de recría Booroola y testigo para pie de madre.....	50

## Figura No.

1. Esquema de cruzamiento implementado en predios comerciales.....	11
2. Esquema de cruzamiento realizado en el establecimiento....	32

## Gráfico No.

1. Fertilidad de las ovejas y borregas Booroola y testigo.....	37
2. Prolificidad de las ovejas y borregas Booroola y testigo.....	40
3. Fecundidad de las ovejas y borregas Booroola y testigo.....	42
4. Productividad de las ovejas y borregas Booroola y testigo..	45

## 1. INTRODUCCIÓN

Estudios realizados en Australia (Piper y Bindon, 1982) y en Nueva Zelanda (Davis et al., 1991a) comprueban la existencia de un gen mayor en la transmisión hereditaria de la elevada prolificidad de la variedad Booroola, aumentando desde entonces el interés sobre las razas prolíficas, debido a que solo su presencia puede originar niveles de prolificidad muy elevadas por su efecto sobre la tasa ovulatoria de las ovejas.

El aumento de la prolificidad usando el gen  $Fec^B$ , busca incrementar la tasa reproductiva, obteniendo con esto, una mayor eficiencia reproductiva, además de un ingreso superior por carne ovina, y por tanto de los resultados económico – financieros del establecimiento.

En la producción ovina, la fertilidad y la prolificidad son caracteres de gran importancia económica que repercuten en la cantidad de corderos disponibles para los productores, tanto para venta como para reemplazo de la misma majada. La variedad Booroola incrementa dichos parámetros reproductivos, por ende, resulta importante analizar los beneficios que la misma otorga, para que predios intensivos de producción de carne de nuestro país, incorporen vientres prolíficos en las majadas para alcanzar altas tasas de señalada logrando así aumentos en los ingresos/ha por concepto de carne y lana.

Es de destacar que esta variedad ( $Fec^B$ ), a diferencia de otras razas prolíficas, no tiene características indeseables ni en la cantidad ni en la calidad de la lana, lo que hace posible el cruzamiento con razas de lana fina (mayoritariamente Ideal y Merino).

En Uruguay se introdujo esta variedad en el año 1979, no logrando hasta ahora una adopción importante. Una de las causas de la baja utilización del gen  $Fec^B$  podría ser la poca información existente a nivel nacional respecto la mejora en la eficiencia

reproductiva en predios comerciales, lo que ha motivado a la realización del presente trabajo.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Los ovinos han sido de los primeros animales domesticados por los humanos, pero hasta hace pocas décadas se le había prestado muy poca atención a la mejora de la prolificidad de sus razas, ya que en condiciones de explotación extensiva los nacimientos múltiples no eran deseados. Esto era debido, a que en dichas pariciones múltiples, la mayoría de los corderos que nacían morían y por tanto constituían una desventaja (King, 1996).

Actualmente, sin embargo, la necesidad de intensificar la producción ovina para obtener mayores resultados económicos – financieros ha conducido a la utilización de ovejas prolíficas, con el fin de aumentar la eficiencia reproductiva. En este mismo sentido, se ha puesto énfasis en el empleo de las razas “doble propósito”, buenas para la producción de lana y carne.

Desde la década de los sesenta, ha aumentado el interés cada vez más creciente por las ovejas prolíficas. El estudio de la prolificidad en ovinos en el transcurso de estos años, se ha visto marcado por algunos hechos de particular importancia. Primero, el redescubrimiento en Finlandia de la raza Finesa, y luego la importación a Europa occidental de la raza Romanov desde Rusia (anteriormente, ambas razas prolíficas habían estado confinadas en su lugar de origen con poco o nulo conocimiento para el resto del mundo), siendo ambos los eventos más destacados de dicho proceso. Años posteriores, el descubrimiento en Australia del gen Fecundidad Booroola ( $Fec^B$ ) a principios de 1980 fue otro hito en esta historia, ya que se trató del primer gen mayor, reconocido con efecto sobre la prolificidad (Piper y Bindon, 1982). A la par de los acontecimientos antes señalados, la comercialización de animales prolíficos por todos los continentes ha sido el promotor de la investigación en el tema ha permitido el desarrollo de nuevas razas prolíficas a partir de estos animales, utilizando como base las poblaciones locales.

## 2.1 PRINCIPALES RAZAS PROLÍFICAS

Actualmente se reconocen más de veinte razas ovinas prolíficas cuyo origen y prolificidad se detallan en la Tabla 1. Existen además otras razas prolíficas raras (no descritas en la tabla 1) como Belle – lle, Bluefaced Leicester, Flemish Landrace, Galician, Garole, Imeritian, Olkuska, Teeswater y Virgen Island White en distintas partes del mundo (Fahmy y Mason, 1996).

De todas las razas ovinas prolíficas existentes en el mundo, las presentes en nuestro país son:

- ♦Finsheep (Finesa)
- ♦East Friesiah (Frisona Milchschaf)
- ♦Merino Booroola

Dado que la prolificidad esta afectada por la genética y el ambiente, es probable que en condiciones desfavorables de alimentación y manejo, razas con un alto potencial produzcan a niveles semejantes o inferiores a los de razas de no tan alto potencial criadas en buenas condiciones. Por el contrario, razas no consideradas prolíficas, explotadas en ambiente óptimo pueden producir al mismo nivel que las prolíficas. Es por ello que se considera la denominación genotipo prolífico, cuando el tamaño de la camada promedio es igual o superior de 1.75 y mas de 2.0 en el otoño (Falmy, 1996).

Cuadro 1. Principales razas prolíficas presentes en Uruguay y el mundo. Se indican procedencias y niveles de prolificidad medias (tamaño de camada) o sus rangos.

Raza	Origen	Prolificidad	Fuente
<b>Finsheep</b> (Finesa)	Finlandia. Sus ancestros habrían llegado hace 3 – 4.000 años Se sugiere que tuvo cruzamiento con la raza Romanov	2.80	Maijala (1996)
<b>East Friesian</b> (Frisona. En Argentina y Uruguay conocida como Milchscharf)	Costas e islas del mar Norte. Desarrollada a partir de una raza nativa. Hay registros de que sus ancestros ya tenían antecedentes de ser prolíficos.	1.8 – 2.2	Farid y Fahmy (1996)
<b>Booroola Merino</b> (Booroola)	Australia. Se originó a partir de la introducción del gen en Australia con los ovinos “Bengal” antes de 1800, proveniente de Calcuta	2.5	Piper y Bindon (1996) Piper et al. (1985)
<b>Romanov</b>	Rusia. Se originó en el siglo XVIII. No hay acuerdos sobre si es el producto de muchos años de selección sobre una raza nórdica, o si en cambio es el resultado de un cruzamiento entre machos importados de Silesia u Holanda, con hembras de una raza local.	1.84 – 3.20	Fahmy (1996d)
<b>Chios</b>	Grecia. Se ha sugerido que su origen es el resultado del cruzamiento entre una raza local y razas de Anatolia. También podría derivar de las razas Kivircik y Daglic de Anatolia	1.8 – 2.27	Hatziminaoglo et al. (1996)
<b>Zakynthos</b>	Grecia. Se piensa que la raza esta relacionada con la raza Bergamo de Italia	1.8	Hatziminaoglo et al. (1996)
<b>Avranchin</b>	Francia. Surge de cruzamientos que se remontan a 1820, entre una raza francesa y las razas Británicas importadas Dishley, Kent y Southdown	1.51 – 2.0	Farid y Fahmy (1996)
<b>Bergschaf</b>	Australia y Bavaria. Deriva del tipo Bergamo	1.6 – 2.2	Farid y Fahmy (1996)
<b>Bleu du Maine, y Rouge de l’Ouest</b>	Francia. Se originaron en el norte de forma reciente, aunque su origen no se puede precisar exactamente.	1.6 – 2.0	Farid y Fahmy (1996)
<b>Charollais</b>	Francia. Desarrollada desde 1825, como cruza entre razas locales y Leicester Longwool	1.85 – 2.23	Farid y Fahmy (1996)
<b>German Whiteheaded Mutton</b>	Alemania. Originada a mediados del siglo 19, a partir del cruzamiento	1.81	Farid y Fahmy (1996)

entre las razas Cots wold y Marsh			
<b>Roussin de la Hague</b>	Francia. Originada en 1920 mediante el cruzamiento entre razas locales con Dishley y South – down.	1.87	Farid y Fahmy (1996)
<b>Swiss Black – Brown Mountain</b>	Suiza. Se originó a partir de variedades locales que se cruzaron en respuesta a demandas comerciales específicas.	1.75	Farid y Fahmy (1996)
<b>Vendéen</b>	Francia. Originada a mediados del siglo XIX, cruza entre English South down y razas locales.	1.8 – 2.2	Farid y Fahmy (1996)
<b>D'Man</b>	Marruecos. Podría haber resultado de cruzamientos entre razas marroquíes o ser descendientes de la raza Forest – Savanna del oeste de África.	2.10	Boujenane (1996)
<b>Barbados Blackbelly</b>	Barbados. Se piensa que se originó a partir de la cruza de una raza del oeste de África y otra de Europa, probablemente Holandesa.	1.83	Rastogi (1996)
<b>Javanese Fat – tailed y Thin – tailed</b>	Indonesia. Origen desconocido, probablemente asiático. Gen responsable Fec <sup>B</sup> .	2.00	Bradford y Inounu (1996) Davis et al (2006)
<b>Small – tailed Han</b>	China. Raza local descendiente de razas de Mongolia	2.40	Davis et al (2006)
<b>Hu</b>	China. Descendiente de raza de Mongolia	2.05	Davis et al (2006)
<b>Cambridge</b>	Gran Bretaña. Se creó a partir de razas locales.	1.8 – 2.0	Owen (1996)

A pesar de que el número de razas prolíficas citado es elevado, poco son los casos donde se ha reconocido efectivamente la presencia de genes mayores (Fahmy, 1996a). Se han identificado mutaciones responsables del incremento en la prolificidad en ovejas Inverdale, Booroola, Javanesa, Cambridge y Belclare (Souza et al., 2004).

El gen mayor, es un gen que presenta importante efecto sobre la manifestación o expresión de la característica prolificidad. Solo su presencia puede originar niveles de prolificidad muy elevadas por su efecto sobre la tasa ovulatoria de las ovejas (Piper y Bindon et al. 1982, 1996, Davis et al. 1991b, Davis 2005).

Estudios realizados en Australia (Piper y Bindon, 1982) y en Nueva Zelanda (Davis et al., 1982, 1991b, 1992) demuestran la presencia de un gen mayor o al menos un grupo de genes íntimamente ligados, en la transición genética de la elevada prolificidad de la variedad Merino Booroola (Allison et al., 1982).

El gen  $Fec^B$  o Fecundidad Booroola (gen mayor), introducido en nuestro país en las razas Ideal, Corriedale y Romney, permite mantener las características raciales luego de su introducción. Es de destacar que dentro de las razas prolíficas, Booroola es la única que presenta una producción en cantidad y calidad de lana que hace aceptable su cruce con otras razas lanares.

Sin embargo, utilizando otras razas prolíficas, donde los aumentos de prolificidad son debido a un conjunto de genes (genética cuantitativa), se dificulta mantener características raciales (por ejemplo tipo de lana) trabajando con animales cruce, lo cual puede ser desventajoso por la calidad de la lana producida.

La utilización de razas prolíficas en condiciones de sistemas pastoriles, determina que se deban realizar suplementaciones alimenticias en aquellos períodos críticos desde el punto de vista fisiológico, como la preñez; así como también en épocas de baja producción de forraje (invierno).

## **2.2. EL GEN BOORoola DE FECUNDIDAD ( $Fec^B$ )**

La hiper-prolificidad fenotípica de las ovejas Booroola es debido a la presencia del alelo  $Fec^B$  (B) en el locus  $Fec^B$ , identificado en el receptor IB de la proteína morfogénica del hueso (BMPR – IB), asociado a la diferenciación precoz de células ováricas de la granulosa (Mulsant et al. 2001, Fabre et al. 2003, Souza et al. 2003). El receptor BMPR – IB se encontraría en dichas células de la granulosa y sería el responsable del aumento de la tasa ovulatoria incrementándose los niveles de TGF beta (Souza et al. 2001, 2003, Galloway et al. 2002, Campbell et al. 2006). Esta proteína

multifuncional regula el crecimiento así como la diferenciación de varios tipos celulares (Letterio et al., 1998).

El receptor de la proteína morfogénica del hueso IB (BMPR – IB), es quien controla el efecto del gen mayor sobre la prolificidad en Merino Booroola. Mediante la técnica de PCR, que permite la rápida, sencilla y eficiente detección de nucleótidos polimórficos, se detectó a BMPR – IB en el locus A746G (Guan et al. 2005, Fabre et al. 2006).

El gen  $Fec^B$  en la camada de ovejas Booroola, incrementa la tasa ovulatoria y es heredado en el locus autosomal simple. Durante el mapeo, se estableció que el gen mayor responsable de el aumento de la tasa ovulatoria se encuentra ubicado en el cromosoma 6q23 – q31 (Yi Chuan, 2003).

Entre la docena de genes que actualmente se sabe que afectan la tasa ovulatoria en ovinos, Inverdale y Hanna fueron las primeras mutaciones identificadas. El gen Inverdale ( $Fec^X$ ) fue identificado en una majada de ovejas Romney en Nueva Zelanda. Basado en el patrón de herencia, se prevé la presencia del cromosoma X. Una copia del gen Inverdale ( $Fec^{XI}$ ) aumenta la tasa ovulatoria, así como la sensibilidad de LH de los folículos ováricos. En cambio, las ovejas Inverdale homocigotos ( $Fec^{XI} / Fec^{XI}$ ) son estériles debido al subdesarrollo de los ovarios y folículos con no más de una capa de granulosa. La mutación Hanna ( $Fec^{XH}$ ) muestra el mismo patrón de herencia y fenotipo que Inverdale (Fabre et al., 2006).

La presencia de la mutación Booroola aumenta la frecuencia de mellizos, trillizos y camadas aún mayores en ovinos portadores. La misma fue descubierta en Australia en los años 50' en un rebaño de Merino (Turner, 1982). La historia del rebaño Merino Booroola (que mas adelante se constituiría en una variedad caracterizada por su gran fecundidad), esta muy bien documentada ya que su desarrollo inicial estuvo bajo el control de dos criadores privados de Cooma, Australia. Los hermanos Sears, de la

propiedad “Booroola” fueron quienes durante esa época cruzaron y seleccionaron animales portadores de la mutación, obteniendo así un plantel altamente prolífico (Turner, 1982). El origen de la mutación Booroola, tiene dos alternativas existentes: una posibilidad es que la misma haya surgido como una nueva mutación en la majada de los hermanos Seears. La otra es que el gen pudo haber sido introducido en Australia entre 1792 y 1793, con la raza Bengal, dado que la misma ha reportado ser altamente prolífica (Piper y Bindon, 1996). Pero, actualmente se sabe que el gen es el mismo. Se han testeado en 21 razas y líneas prolíficas la presencia del  $Fec^B$  (Davis et al., 2006).

En Australia desde la década del 1960 y en Nueva Zelanda a partir de 1970, se han venido desarrollando intensas investigaciones en los campos genéticos y reproductivos, tratando de descubrir la forma de herencia, la caracterización molecular de los locus y la determinación de los efectos del genotipo Booroola sobre la fisiología, endocrinología, así como otras características reproductivas que el mismo aporta. Actualmente se sabe que se trata de un gen autosómico de efecto principal (Davis et al. 1992, Walling et al. 2000, Fernández Abella et al. 2005, Fabre et al. 2006), denominado gen Booroola ( $Fec^B$ ), que posee dos alelos denominado B y + (salvaje); el alelo B incrementa marcadamente la tasa ovulatoria en ovejas con un efecto aditivo, adicionando con cada copia del gen en promedio 1.0 a 1.5 óvulos (Davis et al. 1982, 2001, Piper et al. 1985, Wilson et al. 2001, Davis 2004). El efecto aditivo sobre la tasa ovulatoria determina que no sea recomendable el manejo de ovejas homocigotas ( $Fec^B Fec^B$ ), ya que determinarían preñeces cuádruples y quíntuples, determinando altas tasas de mortandad neonatal, así como de ovejas.

<b>GENOTIPO</b>	<b>TASA OVULATORIA</b>
$Fec^B / Fec^B$	$\geq 5$
$Fec^B / Fec^+$	3 – 4
$Fec^+ / Fec^+$	1 – 2

Es por esto que los cruzamientos deben estar basados en el uso de madres heterocigotas ( $Fec^B Fec^+$ ).

Se ha demostrado que la segregación del gen mayor, se asocia a variaciones en la tasa ovulatoria y posterior tamaño de camada (Mulsant et al., 2003).

De los sistemas o esquemas de cruzamiento reportados por la literatura, el desarrollado a continuación (figura 1) es el más adecuado para su implementación en predios comerciales (Fernández Abella et al., 2005).

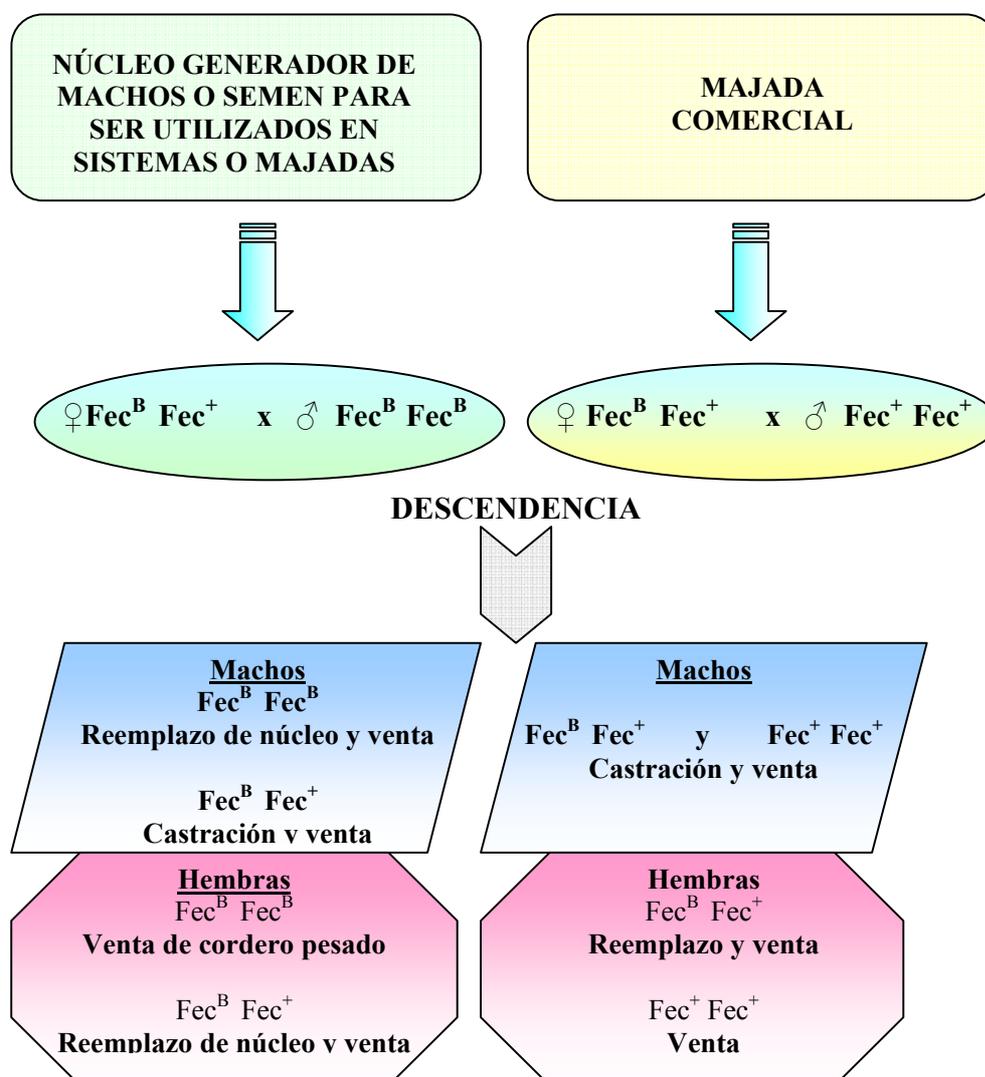


Figura 1. Esquema de cruzamiento implementado en predios comerciales

Este sistema determina que en el núcleo se les deba determinar el genotipo a todos los animales por ADN. En cambio, el productor (sistema comercial), solo determinaría el genotipo en las mejores borregas para obtener reemplazos. Este sistema, facilita el manejo del productor, haciendo accesible y simple la compra de carneros o semen al núcleo. Las majadas con porcentajes variables de hembras heterocigotos son complejas de manejar por el productor, siendo de baja aceptación.

De esta forma, la utilización de hembras heterocigoto permite obtener 0.6 o 1.0 corderos más, por oveja encarnerada.

Actualmente la determinación de los genotipos de los individuos portadores se realiza mediante determinación directa por ADN del genotipo de los individuos, lo cual permite la eliminación temprana de los individuos no deseables (hembras homocigotos y machos heterocigotos).

Un nuevo gen autosómico que afecta la tasa ovulatoria, se ha puesto de manifiesto en la raza Lacaune francés. El locus  $Fec^L$  ha sido mapeado en el cromosoma 11 de ovejas de dicha raza, pero aún no se ha identificado dicho gen. Sin embargo, se han observado en la población de Lacaune, ovejas con tasa ovulatoria muy alta, lo cual plantea la hipótesis de la segregación a partir de otra mutación. De hecho, otra mutación con el nombre  $Fec^{XL}$  fue recientemente identificada en el gen BMP – 15 (Fabre et al., 2006)

## **2.3. FISIOLÓGÍA Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LOS OVINOS BOORoola**

### **2.3.1. Efectos del gen $Fec^B$ en la hembra**

#### **2.3.1.1 Pubertad**

En la raza Merino Booroola, la ovulación de las hembras ocurre aproximadamente 7.5 horas antes que en Merino no prolíficas, luego de la descarga de LH (Hormona Luteinizante) (Bindon et al., 1984).

Antes del inicio de la pubertad se detectan diferencias cuantitativas y cualitativas en la composición del ovario; por ejemplo, cantidades de tejido folicular y poblaciones de folículos astrales (Mc Natty et al., 1987). Además se ha detectado que en hembras Booroola maduras sexualmente, el número de células de la granulosa por folículo en

crecimiento se reduce aproximadamente a la mitad (Driancourt et al., 1985). Souza et al. (1997) demostró además, que la dinámica del desarrollo folicular en hembras con y sin gen  $Fec^B$ , es similar durante las fases folicular y luteal.

Resultados generados por investigación sobre la pubertad en ovinos portadores del gen  $Fec^B$  (Meyer 1979, Meyer y French 1979, Bindon et al. 1979, 1982, Kelly et al. 1980, Hart 1981) sugieren que el gen  $Fec^B$  no determina una precocidad importante y que tal vez su expresión varíe según los genotipos ( $Fec^B Fec^B$  vs  $Fec^B Fec^+$ ) y/o razas donde se encuentra presente (Fernández Abella et al., 2005)

### **2.3.1.2 Tasa ovulatoria**

La hembra Booroola se caracteriza por sus altas tasas ovulatorias en relación con las que no portan el alelo responsable de la mutación. En contraposición, la mayoría de los estudios que buscan evidencias de la expresión del gen  $Fec^B$  en machos, muestran que no existen características físicas obvias que distingan los machos de distinto genotipo (Davis et al. 1982, Mc Natty et al. 1991). Sin embargo, las investigaciones del grupo neocelandés, han arrojado resultados opuestos al respecto, encontrando evidencia de efectos del gen  $Fec^B$  sobre el crecimiento testicular y la concentración plasmática de FSH (Hormona Folículo – Estimulante) en machos adultos, tanto intacto como castrado.

En diferentes estudios, se ha observado en forma consistente que las hembras portadoras del gen  $Fec^B$  presentan una característica distintiva de las no portadoras, dado por un mayor número de folículos ovulatorios, pero de diámetro significativamente menor, lo cual da lugar a cuerpos lúteos también de menor tamaño (Driancourt et al. 1985, McNatty et al. 1986, Souza et al. 1994). Además en hembras portadoras, se ha observado mayor cantidad de folículos presentes durante la primera ola de desarrollo folicular de la fase luteal, y maduración a menor tamaño respecto a animales no portadores (Souza et al., 1997, 2004).

A pesar de que se conoce el mecanismo de cómo el gen  $Fec^B$  influye sobre la tasa ovulatoria, la acción del gen Booroola se ha asociado desde un comienzo a un aumento significativo de la FSH durante el ciclo estral (McNatty et al. 1987, Bindon et al. 1996). Según esta visión, el mayor determinante de la tasa ovulatoria en ovinos, estaría dada por la cantidad de FSH que llega al ovario (McNatty et al., 1985). Se pensó al principio en dos posibles explicaciones excluyentes: a) un efecto directo del gen  $Fec^B$  sobre la secreción de FSH a nivel del eje hipotalámico – pituitario y, b) un efecto indirecto sobre las vías de retroalimentación de las secreciones ováricas (McNatty et al., 1991). Hasta hace poco se había acumulado evidencia que hacía viable la segunda opción (Purvis y Hillard, 1997), pero la publicación de un artículo de Souza et al. (1997) cambia las perspectivas respecto a este mecanismo. Estos autores muestran que las secreciones totales de la hormona ovárica involucradas en el control de la secreción de FSH es la misma, tanto en hembras portadoras como no portadoras. Esto se debe a que, a pesar de que los folículos ovulatorios y cuerpos lúteos son mas pequeños, son a la vez más numerosos en las hembras portadoras de  $Fec^B$ , resultando de tal forma en una secreción total similar (Campbell et al., 2003). De acuerdo con este estudio, el gen Booroola no tendría efecto sobre la secreción de la hormona ovárica; no siendo esenciales las altas concentraciones de FSH para la acción del gen. También se sugiere que el gen actuaría a nivel del ovario a través de la proteína morfogénica del hueso (Hunter et al., 2004), aumentando la tasa ovulatoria en heterocigotos portadores del gen  $Fec^B$  y bloqueando el desarrollo folicular en homocigotos portadores (Montgomery et al., 2001). De tal forma, las altas tasas ovulatorias estarían determinadas principalmente por factores de estimulación e inhibición intra - ováricos, así como por la presencia y número de receptores de hormona FSH y LH en las células de la granulosa (Souza et al., 2003, 2004).

### **2.3.1.3. Foliculogénesis ovárica**

La elevada tasa ovulatoria de la ovejas Booroola es debida en parte a una menor atresia folicular (Scaramuzzi y Turnbull 1980, Cahill et al. 1982, Driancourt et al. 1985) y por otra parte al reclutamiento continuo de folículos pre – ovulatorios desde el día 13 al 16 del ciclo estral (Driancourt et al. 1985, González Bulnes et al. 2004). De todas formas existen otros mecanismos que diferencian a las ovejas portadoras de las no portadoras:

- La capacidad de los folículos que han alcanzado el tamaño preovulatorio de esperar el pico u oleada preovulatoria de LH (Driancourt et al., 1985)

- El pequeño tamaño de folículos preovulatorios, que en relación a las no portadoras presentan la mitad de células de granulosa, determinando la formación de cuerpos lúteos de pequeña talla (Baird et al. 1982, Mc Natty et al. 1985, 1986)

- Menor cantidad de inhibina en ovario en ovejas portadoras, la cual influye en el control de la secreción de FSH (Cummins et al., 1983). El menor contenido de inhibina se atribuye al menor tamaño folicular (Ms Natty et al., 1986).

Por otro lado, el patrón pulsátil global de la LH, por acuerdo general, no sería diferente en las hembras prolíficas (Bindon et al., 1996).

### **2.3.1.4. Fertilidad y mortalidad embrionaria**

Las ovejas Booroola presentan superior fertilidad, debido al aumento del número de ovocitos secundarios presentes, incrementándose la posibilidad de fecundación (Piper et al. 1979, Allison et al. 1982, Gurik et al. 1984).

Sin embargo, otros estudios sugieren que el gen  $Fec^B$  no tiene efecto directo sobre ningún componente de la vía reproductiva entre la ovulación y la parición; siendo afectadas significativamente por la tasa ovulatoria, todas las características reproductivas

estudiadas (mortalidad embrionaria, tamaño de camada, eficiencia uterina y peso medio de corderos al nacer) (Dodds et al., 1991). Según este estudio la alta mortalidad embrionaria se debe a las altas tasas ovulatorias, a pesar de la alta correlación con camadas de gran tamaño (hasta una tasa ovulatoria de 5, donde la eficiencia uterina no es significativamente mayor que 0). Queda demostrado así, la no existencia de ventajas al seleccionar hembras con tasas ovulatorias igual o mayor a 5.

Por otra parte, la mortalidad parcial de embriones afecta el peso al nacer de los fetos sobrevivientes, al reducirse el número de cotiledones placentarios (McDonald et al. 1980, Robinson 1981). Por tanto, a igual tamaño de camada, los corderos nacidos de una oveja con mayor tasa ovulatoria ( $Fec^B Fec^B$ ) presentarían un peso inferior al existente en la oveja con menor tasa ovulatoria ( $Fec^B Fec^+$ ); y por ende sus posibilidades de sobrevivencia serían inferiores.

La regulación del desarrollo del feto durante la gestación, depende de la interacción entre la capacidad intrínseca del feto para crecer y del medio ambiente materno. En condiciones de gestación múltiple, el menor número de cotiledones placentarios determina en los corderos nacidos un menor peso. El tamaño de la camada depende de las restricciones de crecimiento intrauterino, el cual es evidente a mediados de la gestación, cuando las necesidades metabólicas de los corderos son moderadas, y la sobrealimentación de la oveja de gestación múltiple no promueve el crecimiento de sus fetos respecto a gestación simple (Gootwine et al., 2006). Estas observaciones sugieren que el crecimiento de la placenta y de los fetos en gestaciones múltiples es reprogramado a mediados de la gestación por un mecanismo aún no definido para atenuar el crecimiento fetal. Esto puede proteger al feto de una grave restricción nutricional durante el final de la gestación, cuando su tasa de crecimiento diario se encuentra al máximo.

### **2.3.1.5. Actividad ovárica y duración de estación de cría**

A diferencia de otras razas prolíficas, normalmente caracterizadas por estros prolongados (Land 1970, Hanrahan y Quirke 1975, Bindon et al. 1979), los Merino Booroola tienen estros de duración similar a otros Merinos (Bindon et al., 1982). Además presentan un 40% más de ciclos estrales por año y una estación sexual más larga (Bindon y Piper, 1976). Sin embargo, no comparten con otras razas prolíficas el hecho de reiniciar tempranamente la actividad ovárica posparto, como sucede en Finsheep y Romanov (Bindon et al., 1996).

### **2.3.1.6. Duración del estro o celo**

Contrariamente a lo observado en otras razas prolíficas como Romanov, Fineza y D'Man, las ovejas Booroola presentan una duración del celo similar a ovejas no prolíficas (Bindon et al., 1982, 1996), sin embargo sí disminuye el intervalo entre pico LH - ovulación respecto al intervalo normal (Cumming et al., 1973).

### **2.3.1.7. Comportamiento materno y mortandad neonatal**

En la reproducción de los ovinos prolíficos, otro aspecto importante es el comportamiento reproductivo, concentrándose el estudio en el comportamiento maternal, que es el que contribuye en forma más directa al éxito de las razas prolíficas en términos de una alta supervivencia de los corderos. Si bien a igual peso al nacer los corderos múltiples presentan una tasa de supervivencia superior respecto a corderos simples (Fernández Abella, 1987), la mortalidad neonatal de los corderos Booroola adquiere valores importantes. La madre debe reconocer y posteriormente cuidar a dos, tres o más corderos, a pesar de poder alimentar sólo a dos por vez, siendo por ello esencial que la hembra despliegue respuestas maternas adecuadas. El aislamiento preparto es una de ellas, o sea una larga permanencia en el sitio del parto, de rápida formación de un vínculo exclusivo con cada hijo, y una buena habilidad para manejar la camada en los primeros días posteriores al nacimiento (Poindron et al., 1996). La cría

artificial de corderos Booroola reduce en algo las pérdidas; no obstante los porcentajes de sobrevivencia de camadas superiores a tres permanecen aún en bajos niveles.

La capacidad uterina de las hembras portadoras del gen  $Fec^B$  es similar al de las ovejas no portadoras (Bindon et al. 1978, Piper et al. 1980). Sin embargo, la mortalidad embrionaria es inferior en ovejas Booroola para una misma tasa ovulatoria (Bindon et al., 1982, 1996); no obstante, la mortalidad embrionaria esta íntimamente relacionada con la tasa ovulatoria (Kelly y Allison 1976, Bindon et al. 1982, Kelly et al. 1983, Meyer et al. 1983). En las ovejas Booroola, la capacidad uterina limitante, la mala implantación de un número elevado de embriones y/o la existencia de cuerpos lúteos de baja calidad (reducida producción de progesterona), determinan las elevadas muertes embrionarias en las hembras  $Fec^B Fec^B$ , provocando un tamaño de camada similar al de hembras  $Fec^B Fec^+$  (Piper y Bindon 1982, Davis et al. 1991b). Esto determina la obtención de 2.0 a 2.5 corderos por oveja servida.

Las hembras Booroola presentan capacidad uterina inferior a otras razas prolíficas; por tal motivo el cruzamiento con la raza Finesa o la creación de razas sintéticas o compuestas permite explotar la heterosis individual, mejorando así no solo la capacidad uterina, sino también la supervivencia embrionaria, peso al nacer, peso destete e inicio pubertad (Young y Dikerson, 1991). La diferencia entre la raza pura y cruce es la expresión del efecto genético aditivo. Nitter (1978) informó de un promedio estimado, en el que la expresión de la heterosis es alrededor del 5% de peso al destete y post destete, y una ganancia de 10% para la supervivencia de corderos desde el nacimiento hasta el destete, en la cruce entre Merino Booroola y Finesa.

Algo importante a tener en cuenta, es el manejo previo y durante la parición de madres melliceras, a fin de mejorar el desempeño en términos de la supervivencia de sus corderos; siendo una meta razonable alcanzar niveles de supervivencia del 80 %.

## **2.3.2 Efectos del gen Fec<sup>B</sup> en la macho**

### **2.3.2.1 A nivel testicular**

El comportamiento reproductivo de los machos en el cruzamiento Booroola, no determina una precocidad sexual más importante (Walker et al., 1985). Se reporta una actividad sexual exacerbada, con un mayor número de montas por servicio que en Merino no prolíficos (Walker et al., 1985); lo cual ha sido observado también en machos resultado de la cruce entre Merino Booroola y Corriedale<sup>1</sup>.

### **2.3.2.2 Modificaciones endocrinas**

En el período pre-puberal, se observan niveles superiores de FSH asociado a la presencia del gen Booroola (Seck et al., 1988), aunque la magnitud de dicha diferencia es pequeña, impidiendo separar correctamente las variaciones individuales entre los genotipos (Purvis et al., 1991).

En carneros adultos los niveles de gonadotropinas (LH y FSH) no se ven modificadas por la presencia del gen Fec<sup>B</sup> (Hochereau de Reviers y Seck 1991, Seck et al. 1991). Sin embargo en otras razas prolíficas como Romanov y Finesa, los niveles de LH se incrementan durante el período postnatal, no así la FSH (Lafortune et al., 1984). En estas razas los niveles de testosterona son elevados, mientras que en machos Fec<sup>B</sup> los niveles son similares a los observados en no portadores.

En estudios realizados en nuestro país a partir de animales resultantes de cruzamientos entre Merino Booroola y Corriedale, e Ideal o Merino, se han confirmado mucho de los efectos del gen Fec<sup>B</sup> (Fernández Abella, 1987, 1995a), indicando que la introducción del gen en nuestras razas es un aporte viable para obtener mejoras en la prolificidad.

---

<sup>1</sup> Fernández Abella, D. 2008. Com. personal

El componente reproductivo determinante de los incrementos más significativos en cuanto a la fecundidad ovina, esta dado por la prolificidad o tamaño de la camada; siendo la utilización de razas prolíficas clave para lograr altas tasas de destete. Actualmente existen razas, donde se introducen genes de prolificidad por selección o mutación, elevando así la tasa ovulatoria ( $> 2.0$ ), aumentando los porcentajes de señalada de un 150 a 200%.

Dentro de las desventajas asociadas a los fenotipos Booroola, la más marcada es el bajo peso al nacer que presentan los corderos portadores del gen respecto a los no portadores. Se ha relevado en estudios recientes, la no existencia de un efecto pleiotrópico del gen Booroola sobre dicha característica (Walling et al., 2000). Sin embargo, se detectó la existencia de otro locus estrechamente ligado al  $Fec^B$ , que sí afectaría el crecimiento desde el nacimiento hasta el destete (Walling et al., 2000).

#### **2.4. INTRODUCCIÓN DE LA MUTACIÓN BOORoola AL URUGUAY Y SUS PERSPECTIVAS**

A fines de 1970, fueron introducidos a nuestro país tres carneros portadores de la mutación Booroola (Fernández Abella, 1991). Dos carneros fueron adquiridos en Nueva Zelanda por el establecimiento Santa Elena de Guarapirú (departamento de Paysandú), que más tarde se confirmarían como portadores homocigotos a través de prueba de progenie. Mientras que el tercero, importado desde Australia por otros criadores, resultó no portador del alelo  $Fec^B$  (Fernández Abella, 1991).

Los carneros del establecimiento Santa Elena portadores del gen  $Fec^B$ , fueron sometidos a numerosos cruzamientos con ovejas de las razas Merino y Corriedale con el fin de introducirles la mutación (Fernández Abella, 1994). Posteriormente, estos carneros fundadores fueron empleados en programas de selección, obteniendo por lo tanto rebaños Merino y Corriedale con buen nivel genético para la producción de lana.

También existen registros de cruzamientos con hembras de la raza Ideal (Fernández Abella, 1994, 1995a).

Con un esquema de cruzamiento de ese tipo, realizado por varios años a partir de dicho carnero, resultó en animales fenotípicamente similares a Corriedale, por ejemplo, pero con altas tasas de ovulación (Fernández Abella, 1995b, 1996). La evaluación de los efectos de dicha introducción no ha sido del todo sistemática, pero es posible afirmar que el balance neto de la introducción del gen es positivo (Fernández Abella 1987, 1995a), ya que los resultados de cruzamiento con Corriedale demuestran que sería posible el incremento de los porcentajes de señalada de las majadas encarneradas en cualquier época del año (Fernández Abella, 1987).

De esta forma, animales portadores de la mutación Booroola se han propagado hasta hoy, existiendo muchos establecimientos con animales portadores. Pero, sin embargo, el seguimiento de las sucesivas generaciones de los carneros fundadores no ha sido del todo sistemática, no existiendo hasta el momento una evolución certera de cual ha sido la incidencia del Booroola en nuestro medio. Se estimaba que el número de hembras portadoras eran de 6000 animales en 1994 (Fernández Abella, 1996).

En el contexto actual de la producción ovina, dónde el énfasis se ha puesto en la compatibilización de las producciones cárnica y lanera, Azzarini (2000) destaca, que entre los aspectos importantes que afectan la eficiencia global del sistema, la tasa reproductiva sería el de mayor incidencia. Mejorando la eficiencia reproductiva de las majadas en nuestro país (la cual actualmente se encuentra muy por debajo de su potencial con porcentajes de señalada que no superan el 60%), sería posible aspirar a tener una producción sustentable, ya que por debajo de dicho valor, cualquier extracción de animal con fines productivos resultaría indefectiblemente en una reducción de su número (Azzarini 2000, Salgado 2000, Azzarini y Fernández Abella 2004). Por tanto, cualquier estrategia que permita aumentar el porcentaje de señalada en el país redundará en un directo beneficio de tal sistema productivo. La utilización de los genotipos Booroola en Uruguay es una alternativa posible en sistemas de producción semi –

intensivos, y muy promisorio para sistemas intensivos que cuenten con altos niveles de alimentación y supervisión.

## **2.5 CONSIDERACIONES FINALES**

En el contexto actual de la producción ovina, donde el énfasis se ha puesto en la compatibilización de las producciones cárnica y lanera, la tasa reproductiva sería el parámetro más importante que afecta la eficiencia global del sistema. Mejorando la eficiencia reproductiva de las majadas aquí en nuestro país, la cual actualmente se encuentra muy por debajo de su potencial, con porcentajes de señalada que no superan el 60%. El principal factor que nos va a permitir aumentar los índices de señalada, es la prolificidad de las ovejas, o sea su capacidad de producir más de un cordero por parto. Y obviamente el otro factor imprescindible para capitalizar ese beneficio, es el nivel de supervivencia de las crías.

Prolificidad y supervivencia, factores tradicionalmente considerados como inconciliables por muchos productores, son los elementos de los cuales disponemos para mejorar sustancialmente nuestros índices de procreo.

Afortunadamente hoy se dispone de genotipos prolíficos (razas o líneas dentro de razas) que levantan la endémica restricción impuesta por la habitual baja de prolificidad de nuestras majadas para superar el 100% de señalada.

La utilización de los genotipos Booroola en Uruguay es una alternativa posible en sistemas de producción intensivos y semi – intensivos, permitiendo mejorar los parámetros reproductivos mediante la introducción de una copia del gen  $Fec^B$  en la majada de cría, permitiendo obtener mayores ingresos/ha por concepto de carne y lana.

La prolificidad de una majada es considerada el parámetro responsable del aumento de corderos nacidos, que se da al introducir una copia del gen  $Fec^B$  en la misma. A nivel de producción intensiva es uno de los factores más importantes, debido a

que los partos múltiples permiten aumentar el tamaño de la majada a mayor escala con menor número de vientres que con razas no prolíficas.

Los beneficios en la eficiencia reproductiva de la variedad prolífica, deben ser considerados de gran importancia para producciones intensivas de carne y lana ovina, debiéndose fomentar la adopción de la misma en dichos predios.

La mejora en los parámetros reproductivos se logra vía aumento de la prolificidad y supervivencia, lográndose así altos índices de destete, siempre y cuando se lleven a cabo prácticas especiales durante el parto para salvaguardar la vida de los corderos.

Hay factores sin embargo, que nos modifican los valores de éstos parámetros aún en majadas prolíficas, como ser la categoría animal, ya que las borregas presentan menor tasa ovulatoria la cual se incrementa con la edad, llegando el pico entre los tres y cinco años. Otro factor es el porcentaje de partos múltiples los cuales en categorías jóvenes es más bajo, determinando que las borregas prolíficas se comporten similares a las razas no prolíficas (tanto ovejas como borregas), no observándose diferencias significativas.

La utilización de razas carniceras paternas en el cruzamiento terminal, mejora significativamente el peso y estado corporal de los corderos, siendo la Ile-de-France una de las razas paternas con las cuales se obtienen mejores resultados.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN**

El trabajo se realizó en el establecimiento de la Sra. Ana Pombo y el Sr. Walter Bruzzone, ubicado en la zona sur oeste del departamento de Lavalleja, limítrofe con Canelones, en el paraje Ombúes de Bentancor, Km. 96.500 de la ruta 12 e intersección con la 108, latitud 39° 21 S y longitud 55° 34 W. La superficie total del mismo es de 325 hectáreas dividida en 46 potreros, con un 42% de área mejorada.

#### **3.2 ANTECEDENTES**

La orientación productiva del predio es fundamentalmente ganadera, y agrícola para alimentación del rodeo vacuno y ovino.

La producción bovina y ovina es intensiva. En vacunos la orientación es de cría de terneros, e invernada de novillos y vacas; cruza con Hereford, Aberdeen Angus y razas índicas.

En cuanto a los ovinos, el predio posee una majada de cría comercial Corriedale e invernada de corderos, en parte propios y otra que recibe a través del proyecto Cordero Sierras del Este para la producción de cordero pesado. A su vez cuenta con una majada Booroola compuesta por vientres cruza (Corriedale x Corriedale Fec<sup>B</sup> homocigoto) encarnerados con Ile-de-France, cuya descendencia tienen igual fin, o sea la producción de cordero pesado. El pie de madre para la obtención de vientres prolíficos esta conformado por corderas seleccionadas por la productora, provenientes del proyecto Cordero Sierras del Este.

En el año 2004 se comenzaron a servir vientres de la majada general (Corriedale) con carneros Booroola homocigoto, para así obtener vientres prolíficos, y año a año han incluido vientres para aumentar la majada prolífica.

Al momento de la parición en dicho año se obtuvo un 50 % de partos múltiples, observándose además, gran facilidad de parto y excelente comportamiento maternal. Sin embargo en el año 2005, el porcentaje de parición fue bajo respecto al año anterior, debido a que un alto número de corderas Corriedale Booroola fallaron (40 de las 42 corderas encarneradas); lo cual determinó una disminución de la señalada de la majada general. Esto se revirtió en los siguientes años, donde sí aumentó el porcentaje de señalada.

La inclusión en la majada de vientres prolífico resulta en un incremento del porcentaje de partos múltiples, debido al aumento de la prolificidad, permitiendo detectar las dificultades e ir resolviéndolas paso a paso. Este aumento de partos múltiples llevó a que en el último año se debieran de implementar cuidados intensivos en la época de parición, con encierres y suplementación, para monitorear posibles dificultades en el parto, salvaguardando la supervivencia de los corderos, así como de la madre.

Se piensa seguir empleando ésta técnica en la parición, dado los buenos resultados que arrojó la misma. En el siguiente cuadro se presenta la evolución de la majada de cría del predio a partir de la inclusión de los vientres prolíficos (cuadro 2).

Cuadro 2. Evolución de la majada de cría a la encarnerada

	<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>		<b>Corderas</b>	
	<b>Nº</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Nº</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Nº</b>	<b>Tratamiento</b>
<b>2004</b>	85	Inseminación intrauterina ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C	15	Inseminación intrauterina ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C		
	16	Monta natural ♂ H D x ♀ C	23	Monta natural ♂ I de F x ♀ C		
	<p>140 Total de vientres encarnerados  100 Vientres con descendencia con gen Fec<sup>B</sup> (72 %)  142 Corderos nacidos  <b>94 % Señalada</b></p>					
<b>2005</b>	108	Ins. intrauterina ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C			42	Ins. intrauterina ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C
					47	Monta natural ♀ C x ♂ C
	<p>197 Total de vientres encarnerados  150 Vientres con descendencia con gen Fec<sup>B</sup> (76 %)  144 Corderos nacidos - 140 Corderos señalados  <b>71 % Señalada</b></p>					
<b>2006</b>	117	6 dientes Monta natural ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C	42	Monta natural ♀ C Fec <sup>B</sup> ♂ I de F		
			26	Monta natural ♀ C x ♂ I de F		
	24	Boca llena. Monta nat ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C				
<p>209 Total de vientres encarnerados  183 Vientres con descendencia con gen Fec<sup>B</sup> (87 %)  227 Corderos nacidos - 211 Corderos señalados  <b>101 % Señalada</b></p>						
<b>2007</b>	42	Monta natural ♂ I de F x ♀ C Fec <sup>B</sup>	33	Monta natural ♂ I de F x ♀ C Fec <sup>B</sup>		
	57	Monta natural ♂ C Fec <sup>B</sup> x ♀ C	43	Monta natural ♀ C x ♂ C Fec <sup>B</sup>		
	75	Monta natural ♀ C x ♂ C	43	Monta natural ♀ C x ♂ C		
<p>293 Total de vientres encarnerados</p>						

175 Vientres con descendencia con gen Fec <sup>B</sup> (100 %) 216 Corderos nacidos - 203 Corderos señalados <b>116 % Señalada</b>
--

Abreviaciones:

C: Corriedale

♀ hembra

I de F: Ile-de-France

♂ macho

H D: Hampshire Down

Se cuenta con 2 majadas Booroola, una de borregas y otra de ovejas, teniendo cada una un manejo diferencial que comienza con encarneradas en épocas diferentes, siendo el 28 de febrero y 18 de marzo respectivamente, quedando ambas juntas en la encarnerada de ovejas (cuadro 3). Esto es para asegurar que las borregas que no hayan sido servidas en febrero sean repasadas en la encarnerada de las ovejas. En cuanto a la parición, las borregas al ser primíparas se las controla más por posibles dificultades en el parto; además de nacer los corderos en una época más fría (mediados de agosto).

Cuadro 3. Manejo de la majada de cría en el año de evaluación

	Genotipo prolífico		Testigo	
	Ovejas	Borregas	Ovejas	Borregas
<b>Raza</b>	Ile-de-France (♂) x Corriedale Booroola (♀)		Corriedale (♂) x Corriedale (♀)	
<b>N°</b>	42 (gen 04)	33 (gen 05)	75	43
<b>Encarnerada</b>	28-feb-07	18-abr-07	28-feb-07	18-abr-07
<b>Falladas</b>	0	4	14	14
<b>Fecha parición</b>	17 set - 1° oct 42 ovejas	8 jul - 23 ago 29 borregas	20 set - 5 oct 62 ovejas	18 jul - 30 ago 29 borregas
<b>Señalada</b>	14-oct-07	11-sep-07	14-oct-07	11-sep-07
<b>Destete</b>	4-mar-08		4-mar-08	

La alimentación de la majada antes del parto fue diferencial, suministrando 20 días antes de la posible fecha, maíz entero con expeler de soja, con el objetivo de aumentar la producción de leche y calostro de las futuras madres.

Acercándose a la posible fecha de parto, se implementó en encierro un sistema de vigilancia por turnos, uno en el día y otro en la noche, para controlar posibles ataques de corderos y resguardar del frío, ya que al nacer los corderos deben termorregular lo más rápido posible para comenzar a amamantar y no morir. Esta técnica se comenzó a implementar luego del parto a campo de la primer borrega, de noche y con mucho frío, muriendo las crías. Los encierros se realizaban en galpón equipado con cama de paja de trigo, apartando en parideras individuales a las ovejas y/o borregas que estaban por parir; a las mismas se las dejaba allí con sus crías durante 24 horas. Luego se las enumeraba para ser largadas a potreros específicos, separando a las melliceras y trillceras de las únicas.

Tanto en borregas como ovejas no se han registrado problemas de rechazo de corderos por parte de las madres, lo cual podría ser más probable en partos múltiples.

### **3.3 SUELOS**

La superficie sobre la cual fue realizado el estudio, pertenece al grupo de suelos CONEAT 10.8 a y 5.02 b.

El material madre del grupo 10.8 a, son sedimentos limo – arcillosos de color pardo y normalmente con concreciones de carbonato de calcio. El relieve predominante es suavemente ondulado a ondulado con predominio de pendientes de 1 a 4%. Los suelos dominantes son Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos y Brunosoles Éútricos y Subéútricos Típicos, de color negro o pardo muy oscuro, textura franco arcillo – limosa, fertilidad alta, y moderadamente bien drenados. Este grupo corresponde a las unidades Tala-Rodríguez, Libertad y San Jacinto de la carta a escala 1:1.000.000 (URUGUAY. MAP. DSF, 1976).

Con respecto al grupo 5.02 b, el material madre corresponde a litologías variables de rocas predevonianas. El relieve es ondulado a ondulado fuerte, con pendientes de 5 a 7%. Los suelos son Brunosoles Subéutricos Háplicos moderadamente profundos y superficiales, a los que se asocian Inceptisoles (Litosoles) a veces muy superficiales. El horizonte superior es de color pardo y pardo rojizo, a veces pardo amarillento; de textura franca, franco gravilosa o arenoso – franca con gravillas abundantes; la fertilidad es media, a veces baja. La rocosidad es moderada y varía entre de 2 a 10% del área con afloramientos. El uso es pastoril. Este grupo corresponde a la unidad San Gabriel-Guaycurú en la carta a escala 1:1.000.000 (URUGUAY. MAP. DSF, 1976).

### 3.4 PASTURAS

El predio comprende 325 hectáreas, repartidas entre praderas permanentes, campo natural, campo natural mejorado y área improductiva (cuadro 4).

Cuadro 4. Uso actual del suelo del predio

<b>Uso del suelo</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Campo natural	168
Campo natural mejorado	23
Praderas permanentes	79
Verdeos invierno	20
Verdeos verano	25
Área improductiva	10
<b>Total</b>	<b>325 ha</b>

El área mejorada representa aproximadamente el 45 % del área total del predio; compuesta por mejoramientos en cobertura de campo natural con Makú y Rincón, praderas permanentes de 1º, 2º, 3º y 4º años, y verdes de invierno y verano (cuadro 5).

Cuadro 5. Uso del suelo en la superficie mejorada

<b>Pastura</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Mejoramiento con Makú	6
Mejoramiento con Rincón	17
Pradera permanente 1º año	16
Pradera permanente 2º año	35
Pradera permanente 3º año	16
Pradera permanente 4º año	12
Verdeo verano / rastrojo	25
Verdeo invierno	20
<b>Total</b>	<b>147 ha</b>

### 3.5 ANIMALES

El número de animales utilizado para el estudio fue de 42 ovejas y 33 borregas Corriedale Booroola (generación 04 y 05 respectivamente, encarneradas con Ile-de-France) y 75 ovejas y 43 borregas Corriedale.

El control sanitario de las majadas fue realizado según muestreo coprológico trimestral, previo a la encarnerada, evitando infecciones parasitarias gastrointestinales y pulmonares, para no afectar el desempeño reproductivo así como productivo.

El esquema de manejo realizado en el establecimiento con la majada Booroola, consta del cruzamiento de hembras Corriedale (seleccionadas como pie de madre por la productora) con carneros Booroola homocigoto ( $Fec^B Fec^B$ ), determinando que la descendencia (F1) tendrá una copia del gen  $Fec^B$ . De la generación 1 (F1) se seleccionan hembras las cuales pasan a formar el plantel de vientres Booroola, y los machos se venden al destete.

Las hembras del plantel Booroola, se encarnaran con Ile-de-France, cuya descendencia de éste cruzamiento se destina en su totalidad para el engorde de cordero pesado. A continuación en la siguiente figura se muestra el esquema de cruzamiento implementado en el predio (figura 2).

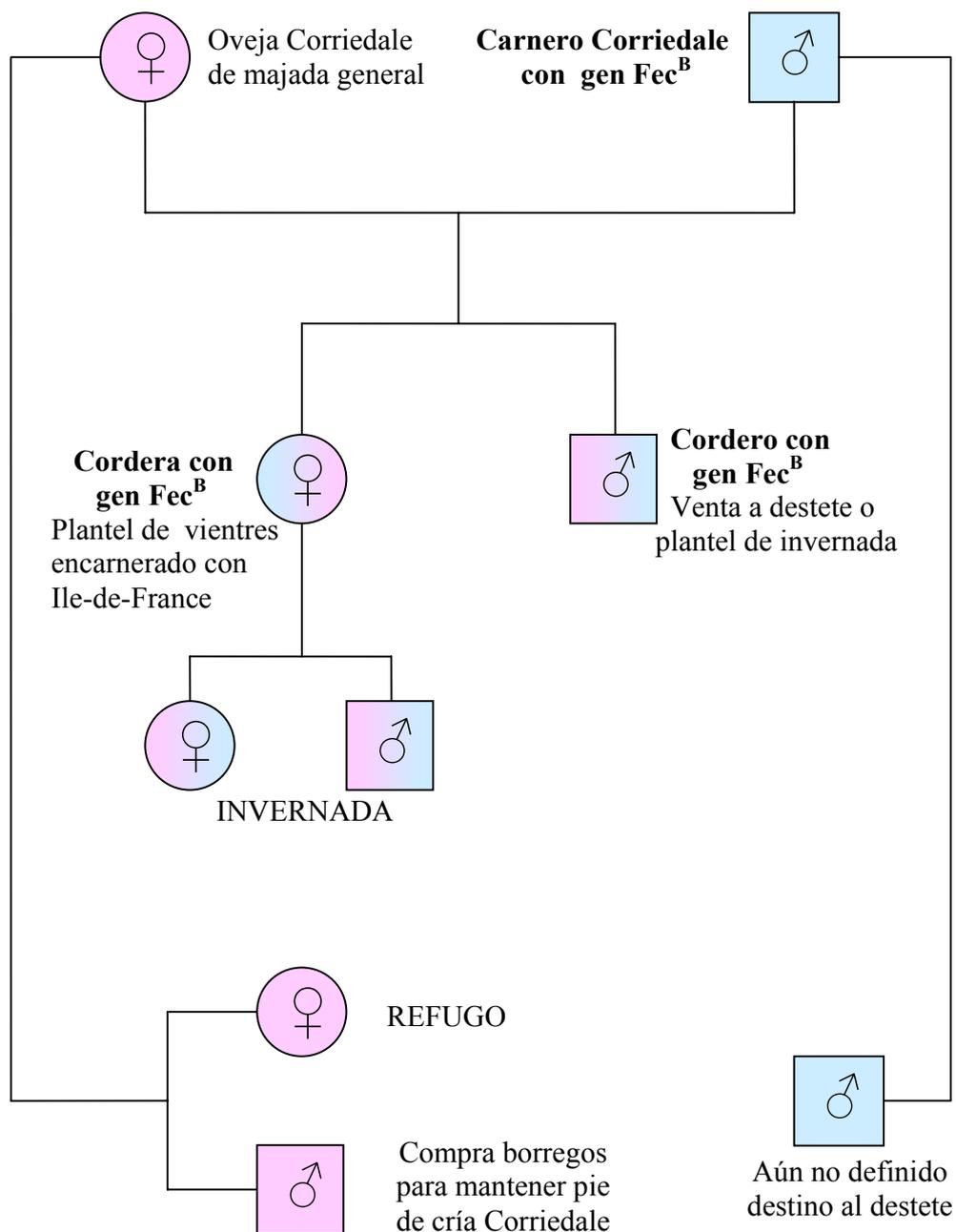


Figura 2. Esquema de cruzamiento realizado en el establecimiento

### **3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se compararon los parámetros reproductivos del año 2007 de la majada Corriedale, portadoras de una copia del gen  $Fec^B$  heterocigoto ( $n = 75$ ) y de las contemporáneas Corriedale no portadoras pertenecientes a la majada general del predio ( $n = 118$ ): fertilidad, fecundidad, prolificidad y productividad medidas por ultrasonografía en ambas majadas, utilizando un ecógrafo Toshiba sondayer L sal 32 b con sonda 3.5 MHz.

### **3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Las diferencias entre los parámetros reproductivos analizados, fueron evaluados a través de las pruebas no paramétricas (Chi cuadrado, Kruskal - Wallis) y prueba de porcentajes. Para el análisis de diferencias de peso de la recria hembra y macho se utilizó el procedimiento GEM (programa de análisis estadístico SAS).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 EVOLUCIÓN DEL STOCK BOORoola

La evolución de la majada Booroola del predio por categoría a partir de la introducción de un carnero Corriedale homocigoto ( $Fec^B Fec^B$ ), así como la evolución de la majada Corriedale seleccionada como testigo, con el fin de evaluar la eficiencia reproductiva de la majada prolífica respecto a ésta, se presenta a continuación en el siguiente cuadro (cuadro 6).

Cuadro 6. Evolución del stock Booroola y testigo

		Categoría y cruzamiento	2004	2005	2006	2007
Genotipo prolífico	Ovejas	♂ C $Fec^B$ x ♀ C	87	108	141	57
		♂ I de F x ♀ C $Fec^B$				42
	Borregas	♂ C $Fec^B$ x ♀ C	14			43
		♂ I de F x ♀ C $Fec^B$			42	33
	Corderas	♂ C $Fec^B$ x ♀ C		42		
Genotipo testigo (Corriedale)	Ovejas		23			75
	Borregas		16			43
	Corderas			42	26	
			140	192	209	293

Abreviaciones:

C: Corriedale

I de F: Ile-de-France

♀ hembra

♂ macho

El genotipo prolífico está constituido por vientre Corriedale Booroola (provenientes de la cruce entre un carnero Booroola homocigoto con una hembra Corriedale de la majada general) y vientres Ile-de-France - Corriedale Booroola (provenientes de la cruce entre un carnero de raza carnífera con una hembra prolífica).

Es de considerar que las hembras Corriedale (testigo) varían el tamaño de majada año a año debido al ingreso de categorías jóvenes seleccionada por la productora, proveniente del proyecto Corderos Sierras del Este, seleccionando hembras que serán el pie de madre para el cruzamiento con el carnero Booroola, y refuga las que considera que no serán productivas a su criterio.

## **4.2 DESEMPEÑO REPRODUCTIVO**

Numerosos trabajos realizados sobre el gen Booroola, muestran la influencia de éste sobre los diferentes parámetros reproductivos, coincidiendo varios de ellos, con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

### **4.2.1 Fertilidad**

Considerando la fertilidad como a la relación entre ovejas paridas sobre el total de ovejas servidas (OP/OS), los resultados obtenidos muestran un incremento significativo acorde con la presencia del gen Booroola (cuadro 7). Autores citados en la revisión bibliográfica, afirman que las ovejas Booroola presentan superior fertilidad debido al aumento del número de ovocitos secundarios presentes, incrementándose la posibilidad de fecundación (Piper et al. 1979, Allison et al. 1982, Gurik et al. 1984, Montgomery et al. 2001, Davis 2005).

Cuadro 7. Fertilidad de ovejas y borregas Booroola y testigo

<b>Genotipo prolífico (Booroola)</b>				
<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>		
<b>42</b>		<b>33</b>		
Falladas	Paridas	Falladas	Paridas	
<b>0</b>	<b>42</b>	<b>4</b>	<b>29</b>	
<b>Fertilidad</b>	<b>100,0%</b>		<b>87,9%</b>	
<b>Fertilidad Promedio</b>	<b>94,7%</b>			

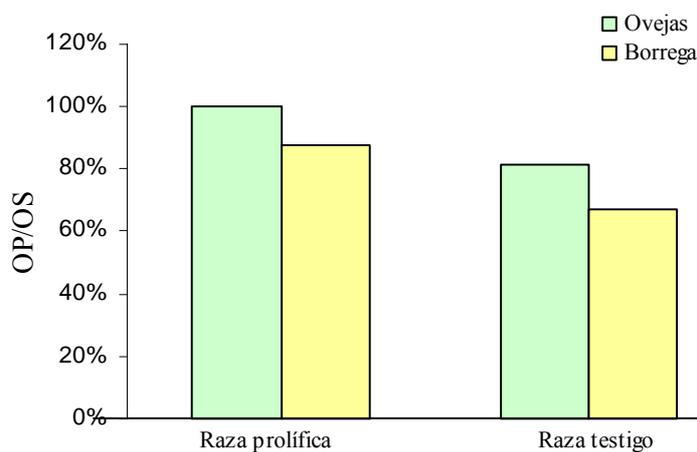
  

<b>Genotipo no prolífico (testigo)</b>				
<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>		
<b>75</b>		<b>43</b>		
Falladas	Paridas	Falladas	Paridas	
<b>14</b>	<b>61</b>	<b>14</b>	<b>29</b>	
<b>Fertilidad</b>	<b>81,3%</b>		<b>67,4%</b>	
<b>Fertilidad Promedio</b>	<b>76,3%</b>			

Las diferencias en fertilidad entre las ovejas prolíficas y las testigo para el año de evaluación, es altamente significativa ( $\chi^2_c = 8.8$ ,  $p < 0.01$ ), así como también entre borregas y dentro de categorías de la variedad prolífica y testigo ( $\chi^2_c = 4.7$ ,  $\chi^2_c = 4.23$  y  $\chi^2_c = 3.48$  respectivamente, con  $p < 0.05$ ).

Sin embargo las diferencias en fertilidad entre borregas prolíficas y ovejas testigo no fueron significativas ( $p > 0.05$ ), por tanto la fertilidad de las borregas Booroola se encuentra con un incremento tal, que iguala a la obtenida en ovejas adultas no prolíficas (gráfica 1).

Gráfica 1. Fertilidad de ovejas y borregas Booroola y testigo



Abreviaturas:  
 OS: Oveja servida  
 OP: Oveja parida

Como se observa en la gráfica, existen diferencias en fertilidad cuando se incorpora una copia del gen  $Fec^B$  en hembras de la majada, permitiendo así obtener más animales preñados. Esto se debe a que las hembras Booroola presentan mayor tasa ovulatoria que las no portadoras (testigo) del gen  $Fec^B$  (Davis et al. 1982, Fahmy 1996c, Mc Natty et al. 1999, Davis 2004), dado por un mayor número de folículos ovulatorios reclutados y una menor atresia.

Según Turner y Dollin, citados por Azzarini (1996), la fertilidad de la oveja aumenta con la edad hasta los 6 ó 7 años para luego declinar más o menos rápidamente, lo cual explicó las diferencias en los resultados obtenidos en fertilidad entre las categorías analizadas en este trabajo.

#### 4.2.2 Prolificidad

Prolificidad o tamaño de camada, se define como los corderos nacidos vivos por oveja parida (CN/OP). Ésta variable se encuentra estrechamente relacionada a la tasa ovulatoria de la hembra y la supervivencia embrionaria, factores que varían con la raza.

La prolificidad fue determinada por la carga fetal a la ecografía (80 días de gestación), y dadas las altas cargas fetales ésta fue confirmada con el número de corderos al nacimiento.

Cuadro 8. Prolificidad de ovejas y borregas Booroola y testigo

	<b>Genotipo prolífico (Booroola)</b>			
	<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>	
	<b>42</b>		<b>33</b>	
	CN	OP	CN	OP
	<b>95</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>29</b>
<b>Prolificidad</b>	<b>226,2%</b>		<b>134,5%</b>	
<b>Prolificidad Promedio</b>	<b>185,8%</b>			

	<b>Genotipo no prolífico (testigo)</b>			
	<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>	
	<b>75</b>		<b>43</b>	
	CN	OP	CN	OP
	<b>69</b>	<b>61</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>Prolificidad</b>	<b>113,1%</b>		<b>100%</b>	
<b>Prolificidad Promedio</b>	<b>108,3%</b>			

Abreviaturas:

CN: Cordero presente a los 80 días de gestación por ultrasonografía

OP: Oveja parida

Los resultados obtenidos en prolificidad muestran diferencias significativas entre ovejas Booroola y testigo ( $\chi^2_c = 7.69$  con  $p < 0.01$ ); lo cual demuestra una clara evidencia de que la incorporación del gen  $Fec^B$  en la majada permite lograr tamaño de

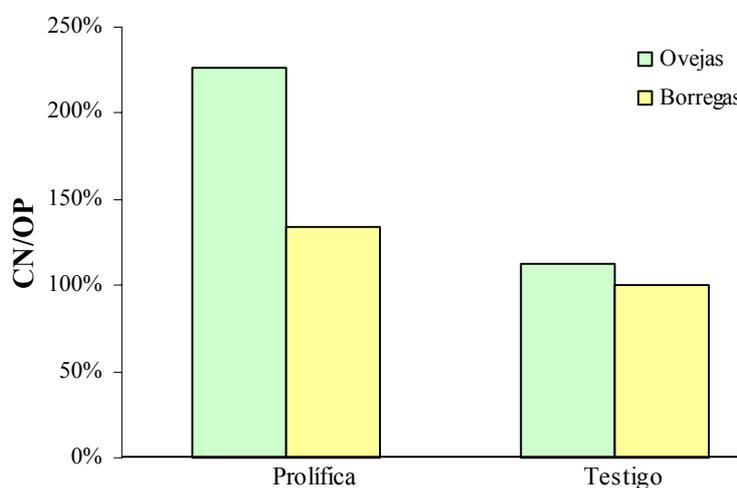
camada mayores que en el testigo. Sin embargo, debido al número de animales, no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en prolificidad entre categorías Booroola (ovejas vs borregas), así como entre borregas Booroola y categorías del testigo (tanto ovejas como borregas). No obstante, se observa una clara tendencia a una mayor prolificidad de las borregas prolíficas.

Las ovejas Booroola presentan mayor tasa ovulatoria que las hembras testigo determinando mayor tamaño de camada (Bindon et al. 1980, Fernández Abella 1995a, Fabre et al. 2006), por tanto la incorporación del gen  $Fec^B$  en la majada de cría, permite obtener más corderos nacidos por oveja parida.

Según Bindon et al. (1982), Fernández Abella (1995) no existen diferencias en la tasa ovulatoria debidas a la edad en los animales Booroola. El tamaño de camada, sin embargo, es menor en las borregas debido principalmente a una mayor mortandad embrionaria y una menor eficiencia uterina (Meyer, 1994).

En general, la incidencia de fallas reproductivas es mayor en categorías jóvenes que en ovejas adultas, explicado por: comportamiento sexual deficitario, presencia de celos anaovulatorios, fallas en fertilización, mortalidad embrionaria y abortos fetales (Fernández Abella 1996, Mc Natty 1999, 2001).

Gráfica 2. Prolificidad de ovejas y borregas Booroola y testigo



Abreviaturas:

CN: Cordero presente a los 80 días de gestación por ultrasonografía

OP: Oveja parida

La prolificidad de una majada es considerada el parámetro responsable del aumento de corderos nacidos, que se da al introducir una copia del gen  $Fec^B$  en la misma; por tanto, es el componente reproductivo que determina los incrementos más significativos en la fecundidad ovina (Fernández Abella, 1995). A nivel de producción intensiva es uno de los factores más importantes, ya que permite aumentar el tamaño de la majada a mayor escala que con razas no prolíficas, y con menor número de vientres, dado por los partos múltiples. La utilización de razas prolíficas es clave para lograr altas tasas de destete.

#### 4.2.3 Fecundidad

Definimos como fecundidad o porcentaje de parición a la cantidad de corderos nacidos por oveja servida, donde se conjuga la fertilidad y la prolificidad y es, por lo tanto, dependientes de éstos y de los factores que ejercen influencia sobre los mismos.

$$\text{Fecundidad (CN/OS)} = \text{fertilidad (OP/OS)} * \text{prolificidad (CN/OP)}$$

En el aspecto reproductivo la mejora en la fecundidad de la majada, determina el aumento en la cantidad de corderos nacidos, lo cual a nivel de producción intensiva es uno de los objetivos que se debería tener presente.

Para la variable fecundidad, los resultados obtenidos por categoría y tipo genético se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Fecundidad de ovejas y borregas Booroola y testigo

	<b>Genotipo prolífico (Booroola)</b>			
	<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>	
	<b>42</b>		<b>33</b>	
	CN	OS	CN	OS
	<b>Fecundidad</b>	<b>95</b>	<b>42</b>	<b>39</b>
	<b>226,2%</b>		<b>118,2%</b>	
<b>Fecundidad promedio</b>	<b>178,7%</b>			

	<b>Genotipo no prolífico (testigo)</b>			
	<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>	
	<b>75</b>		<b>43</b>	
	CN	OS	CN	OS
	<b>Fecundidad</b>	<b>69</b>	<b>75</b>	<b>29</b>
	<b>92,0%</b>		<b>67,4%</b>	
<b>Fecundidad promedio</b>	<b>83,1%</b>			

Abreviaturas:

CN: Cordero presente a los 80 días de gestación por ultrasonografía

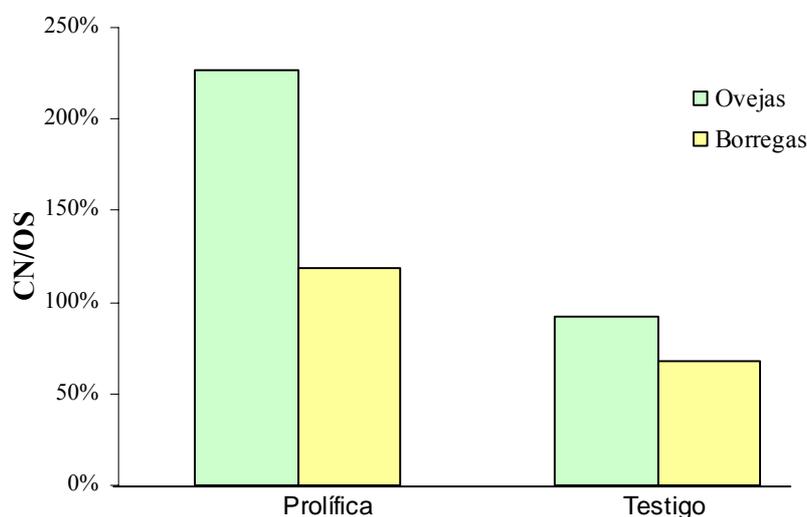
OS: Oveja servida

En el presente trabajo, la majada Booroola, presentó diferencias altamente significativas en fecundidad dentro de sus categorías (oveja vs borrega), así como entre ovejas Booroola y testigo ( $\chi^2_c = 4.51$  y  $\chi^2_c = 12.8$  respectivamente, con  $p < 0.01$ ).

Estas diferencias son producto de una mayor prolificidad, determinada por la presencia del gen  $Fec^B$  heterocigoto, característica que ha sido vista reiteradamente en los trabajos realizados con la variedad Booroola (Piper et al. 1985, Young y Dickerson 1991, Montgomery 2001, Davis 2005). Sin embargo no se vieron diferencias significativas en fecundidad, tanto para la categoría borrega de ambos genotipos (prolífica y testigo); como para las categorías del genotipo testigo, ni entre borregas prolíficas y ovejas testigo ( $p > 0.05$ ).

La menor eficiencia de las borregas Booroola se debe al bajo número de animales que presentaron partos múltiples (34 %, siendo el resto partos únicos), y a las muertes embrionarias ocurridas durante la gestación, tanto de únicas como de melliceras (5 muertes en únicas y 4 en melliceras). Según Young y Dickerson (1991) la prolificidad es máxima a los dos años, para luego descender.

Gráfica 3. Fecundidad de las ovejas Booroola y testigo



Abreviaturas:

CN: Cordero presente a los 80 de gestación por ultrasonografía

OS: Oveja servida

Los resultados indican que la introducción a la majada de una copia del gen  $Fec^B$  puede aumentar la fecundidad de manera importante, permitiendo levantar una de las limitantes presentes en el rodeo ovino nacional, sobre todo en encarneradas tempranas.

Las diferencias encontradas a favor de la variedad Booroola, confirman lo encontrado en otros trabajos realizados en la misma (Piper et al. 1985, Gootwine 1991, Davis 2004). También se observa la influencia de la categoría animal (borregas), aunque la magnitud de la variación no solo dependió de la categoría, sino también del porcentaje de borregas falladas, la cual bajó la fertilidad, afectando por tanto la fecundidad de la misma.

#### **4.2.3 Productividad**

Definimos productividad o porcentaje de destete como el número de corderos destetados por oveja servida, resultando éste del producto de la supervivencia de corderos (CD/CN) y la fecundidad (CN/OS).

$$\boxed{\text{Productividad (CD/OS)} = \text{supervivencia (CD/CN)} * \text{fecundidad (CN/OS)}}$$

Fernández Abella (2000), sostiene que es más relevante conocer la productividad que la fecundidad, ya que la mortalidad neonatal puede ser elevada, principalmente en razas prolíficas.

En el cuadro 10 se muestran los resultados obtenidos en el año de evaluación para los genotipos y categorías analizadas.

Cuadro 10. Productividad de ovejas y borregas Booroola y testigo

<b>Genotipo prolífico (Booroola)</b>				
<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>		
CD	OS	CD	OS	
<b>82</b>	<b>42</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	
<b>Productividad</b>	<b>195,2%</b>		<b>87,9%</b>	
<b>Productividad promedio</b>	<b>148,0%</b>			

<b>Genotipo no prolífico (testigo)</b>				
<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>		
CD	OS	CD	OS	
<b>62</b>	<b>75</b>	<b>26</b>	<b>43</b>	
<b>Productividad</b>	<b>82,7%</b>		<b>60,5%</b>	
<b>Productividad promedio</b>	<b>74,6%</b>			

Abreviaturas:

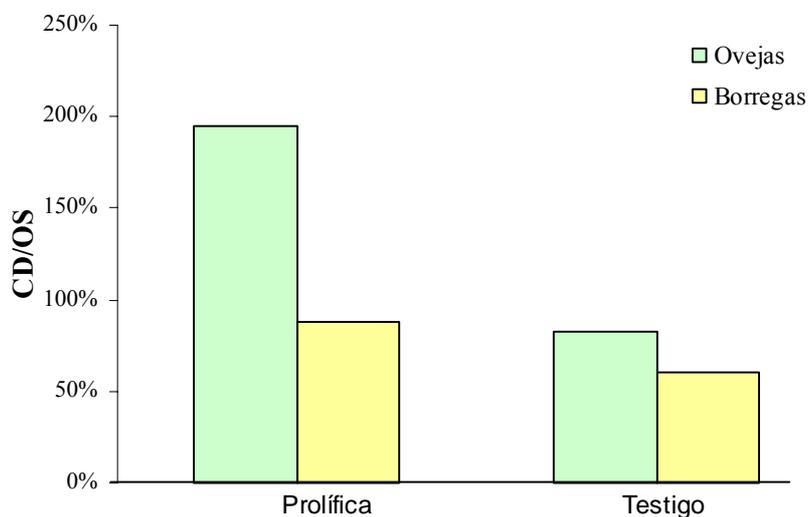
CD: Cordero destetado

OS: Oveja servida

En los resultados obtenidos para la variable productividad o porcentaje de destete, se encontraron diferencias altamente significativas entre ovejas de ambos genotipos y dentro de la categorías prolíficas ( $\chi^2_c = 12.2$  y  $\chi^2_c = 6.43$  respectivamente), no así entre borregas de ambos genotipos, categorías testigo, y borrega prolífica y oveja testigo ( $p > 0.05$ ).

En el siguiente gráfico se presentan los valores obtenidos en productividad según genotipo y categoría animal (gráfica 4).

Gráfica 4. Productividad de ovejas y borregas Booroola y testigo



Abreviaturas:

CD: Cordero destetado

OS: Oveja servida

Muchos autores muestran como una desventaja importante en la utilización de genotipos prolíficos, la disminución de la supervivencia (CD/CN) de los corderos en condiciones pastoriles (Bindon et al. 1985, Davis 1985, Gotwine et al. 2006), sin embargo hay trabajos que no encuentran diferencias al cruzar con genotipos prolíficos (Thimonier et al., 1991) o que plantean un pequeño incremento de 0 a 9 % en la muerte neonatal (Davis et al., 1991).

La evaluación de las pérdidas neonatales es de gran importancia, ya que en nuestras condiciones son cuantiosas, de alrededor del 20 % (Fernández Abella et al., 2005). En el siguiente cuadro se presentan los datos obtenidos de supervivencia neonatal según genotipo (cuadro 11).

Cuadro 11. Estimación de la supervivencia neonatal según genotipo

		<b>Genotipo prolífico (Booroola)</b>			
		<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>	
		<b>CD</b>	<b>CN</b>	<b>CD</b>	<b>CN</b>
		<b>82</b>	<b>95</b>	<b>29</b>	<b>39</b>
<b>Supervivencia</b>		<b>86,3%</b>		<b>74,4%</b>	
<b>Supervivencia promedio</b>		<b>81,1%</b>			

		<b>Genotipo no prolífico (testigo)</b>			
		<b>Ovejas</b>		<b>Borregas</b>	
		<b>CD</b>	<b>CN</b>	<b>CD</b>	<b>CN</b>
		<b>62</b>	<b>69</b>	<b>26</b>	<b>29</b>
<b>Supervivencia</b>		<b>89,9%</b>		<b>89,7%</b>	
<b>Supervivencia promedio</b>		<b>89,8%</b>			

Abreviaturas:

CD: Cordero destetado

CN: Cordero presente a los 80 días de gestación por ultrasonografía

En el presente trabajo, no existieron diferencias significativas de supervivencia entre los genotipos ni categorías ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, en valores absolutos, la mortalidad neonatal fue de mayor magnitud en las borregas del genotipo prolífico (25.6 % para borregas) respecto al testigo (10.1 % y 10.3 %, ovejas y borregas respectivamente).

La categoría con mayores pérdidas neonatales correspondió a las borregas prolíficas (25.6 %). Esto es debido a que la edad de la hembra afecta el peso al nacer de los corderos, donde a igual tamaño de camada, los corderos hijos de borregas son más livianos, lo que incrementa las pérdidas (Fernández Abella 1985, Fernández Abella et al. 2005).

La supervivencia de corderos de partos múltiples va en aumento con la edad de la madre, llegando al máximo a los cinco años de edad, para luego caer. Otro factor que

influye en las pérdidas neonatales en borregas es el comportamiento maternal, donde por inexperiencia puede darse abandono de crías (Fernández Abella, 1995a).

De acuerdo a la supervivencia, la mortandad neonatal fue del orden de 10 a 25 % siendo concordante con lo citado en la bibliografía (Fernández Abella 1985, Poindon et al. 1996, Fernández Abella et al. 2005).

Varios autores han reportado que si bien la introducción del gen en una majada permite incrementar la fecundidad (dado sobre todo por aumento en la prolificidad), ésta no se ve reflejada de la misma forma en la productividad, debido a la disminución de la supervivencia de los corderos nacidos (Fernández Abella 1985, 1995a, Souza et al. 1995, Davis 2004). Por tanto es un tema que se debe tener en cuenta en majadas prolíficas para estar preparado al momento del parto, asistiendo los mismos y brindándoles condiciones adecuadas tanto a la madre como a los corderos para salvaguardar su supervivencia. Hecho que ocurrió en este trabajo, donde la majada prolífica tuvo mayor vigilancia al parto.

Los resultados del desempeño reproductivo del genotipo prolífico, son reincidentes con los valores obtenidos el año anterior (2006), como se observa en el cuadro 12.

Cuadro 12. Desempeño reproductivo del genotipo prolífico 2006 – 2007

	<b>Fertilidad</b>	<b>Prolificidad</b>	<b>Fecundidad</b>	<b>Productividad</b>	<b>Supervivencia</b>
2006	95,2 %	185,0 %	175,8 %	145,2 %	82,4 %
<b>2007</b>	<b>94,7 %</b>	<b>185,8 %</b>	<b>178,7 %</b>	<b>148,0 %</b>	<b>81,1 %</b>

### 4.3 PESO DE LA RECRÍA HEMBRA Y MACHO

Los datos de peso de los machos destinado para cordero pesado, son cruce entre carnero Ile-de-France y hembra Corriedale Booroola (F2 del esquema de cruzamiento), presentándose los resultados en el siguiente cuadro (cuadro 13).

Cuadro 13. Pesos de corderos de invernada Ile-de-France – Corriedale Booroola y testigo

	<b>Pesos (Kg.)</b>	
	<b>Prolífica</b>	<b>Testigo</b>
<b>Peso vivo promedio</b>	36,64	38,65
<b>Desvío estándar</b>	3,13	2,16
<b>Número de animales</b>	29	24
<b>T (Student)</b>	2,36	
<b>Coefficiente de variación</b>	8,5%	5,6%

Los resultados obtenidos para pesos de cría de corderos (cordero pesado) de la variedad prolífica y testigo, presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). En este caso existió una reducción del coeficiente de variación debida al cruzamiento Booroola con una raza carnífera, lo cual redujo las diferencias de peso entre los corderos únicos y múltiples.

Los cruzamientos de distintas razas, han sido a nivel mundial, una de las estrategias de manejo más utilizadas para obtener incrementos en los distintos parámetros relacionados a la producción de carne ovina. El éxito depende de una armoniosa combinación de las características deseables de las razas paternas manifestadas sobre la progenie (Falcone 1961, Visscher et al. 2000). Rattray et al. (1976), afirman que las tasas de crecimiento de los corderos cruce son generalmente mejores que la de los corderos puros.

Huidobro y Jurado (1989), encontraron que los corderos mellizos tuvieron un menor peso al nacer, un menor tamaño de carcasa y un menor rendimiento de la carcasa que corderos nacidos únicos.

Las diferencias en peso de los mellizos respecto a únicos, se pueden neutralizar al extremo cuando se destetan en praderas. Cosa que no ocurre a campo natural, en donde estos animales encontrarán dificultades para crecer al mismo ritmo que los únicos (Azzarini et al., 1993).

Smith et al. (1993) demostró que la presencia de una copia del gen  $Fec^B$  en una majada, puede ocasionar ligeros cambios en los pesos corporales del feto durante la gestación, por lo tanto el peso al nacer también podría verse disminuido.

Sin embargo, es probable que para esas edades, estas diferencias de peso se expliquen por el tamaño de la camada, pero hacia el destete esas diferencias se fueron haciendo menos significativas, no teniendo por tanto efectos negativos la presencia del gen  $Fec^B$  sobre el crecimiento y pesos corporales (Fernández Abella, 2005).

La utilización de razas carniceras paternas en el cruzamiento terminal, mejora significativamente el peso y estado corporal de los corderos, siendo la Ile-de-France una de las razas paternas con las cuales se obtienen mejores resultados, logrando buen desempeño para la producción de cordero pesado, ya que la misma se caracteriza por rápido crecimiento, versatilidad de producción y lana blanca (Bianchi, 2001).

La conveniencia de recurrir al cruzamiento depende de un cúmulo de factores entre los cuales se encuentran la tasa reproductiva de las majadas, el nivel de alimentación disponible, el tipo de producto final deseado y la importancia relativa de la lana y de la carne. En cuanto a la tasa reproductiva se logra con la introducción del gen  $Fec^B$  en la majada, aumentando los parámetros reproductivos del predio.

La recria hembra del establecimiento esta conformada por hembras Corriedale Booroola producidas por cruzamiento entre un carnero Corriedale Booroola homocigoto ( $Fec^B Fec^B$ ) y hembras Corriedale, obteniéndose así el pie de madre Booroola.

Cuadro 14. Pesos de corderas de recria Booroola y testigo para pie de madre

	Pesos (Kg.)	
	Prolífica	Testigo
<b>Peso vivo promedio</b>	27,52	29,28
<b>Desvío estándar</b>	6,0	3,6
<b>Número de animales</b>	29	29
<b>T (Student)</b>	1,39	
<b>Coefficiente de variación</b>	22%	12%

Los resultados de peso obtenidos en la recria de las hembras prolíficas son iguales a los obtenidos en el testigo, no existiendo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Esto es debido a un alto coeficiente de variación, explicado en las hembras prolíficas por el tipo de nacimiento (76% de corderas nacidas en partos múltiples). Las crías nacidas de partos simples son más pesadas que las de partos múltiples.

En las hembras, el peso vivo sobre la eficiencia reproductiva es un factor muy importante, por su efecto en el inicio de la actividad reproductiva. Todo retraso en el crecimiento se traduce en un retraso en la aparición de la pubertad, siendo el peso vivo el mejor criterio para establecer el momento probable del comienzo de la actividad reproductiva de la cordera (Dyrmundsson 1981, Fernández Abella 2005).

El inicio de la actividad a temprana edad permite encarnerar como diente de leche, determinando un incremento en el número de corderos destetados a lo largo de la vida de la hembra (Kleemann et al. 1991, Fahmy 1996b, Southey et al. 2002).

Todo aumento de la prolificidad está acompañado de una reducción del peso al nacer, lo que origina un incremento del porcentaje de mortandad (Fernández Abella, 1995b). Sin embargo no se encontraron efectos negativos de la presencia del gen  $Fec^B$  en los pesos de los corderos a los que se le introdujo el mismo por cruzamiento (Fernández Abella et al., 2005).

Según Davis (2004) la mayor proporción de variación en los pesos al nacer de las razas prolíficas, se debe al mayor tamaño de camada respecto a las razas no prolíficas, y en menor proporción por efecto año.

Algunos autores opinan, que una alta tasa reproductiva es más importante como factor de mejora en los procreos de producción de corderos gordos, que la tasa de crecimiento o la calidad de carcasa de los mismos (Dickersson 1978, 1996, Visscher 2000).

Ramírez et al. (1995) al estudiar el efecto del sexo y tipo de parto en corderos, muestran que los corderos machos fueron más pesados que las hembras y los simples más que los múltiples. De igual forma Molina (1995) plantea que los resultados obtenidos de peso al nacer según el tipo de parto, presentan una clara superioridad de los corderos de parto simple frente a los de doble, y de los macho sobre las hembras.

Finalmente, es importante remarcar que la productividad de una majada Booroola medida en kilogramo de cordero destetado, es más dependiente del número de corderos que del peso de éstos; existiendo una relación lineal entre los kilogramos de cordero destetado y el porcentaje de señalada (García et al., 1985).

## **5. CONCLUSIONES**

La introducción de una copia del gen  $Fec^B$  a la majada Corriedale permite aumentar la eficiencia reproductiva de la misma, dado por un aumento de los parámetros reproductivos como son fertilidad, prolificidad, fecundidad y productividad.

La utilización de animales portadores de la mutación Booroola, que aumenta marcadamente la prolificidad en ovinos, se plantea como una estrategia interesante para la mejora de los índices reproductivos en los sistemas de producción más intensivos del país.

En los resultados obtenidos de los parámetros reproductivos, se observaron diferencias significativas entre la variedad prolífica y el testigo, lo cual permite concluir que la introducción de una copia del gen  $Fec^B$  en una majada de cría, permite obtener mayores ingresos/ha por concepto de carne y lana, ya que aumenta los porcentajes de parición y destete. No así si se compara las borregas Booroola con oveja o borrega testigo, dado por la menor eficiencia reproductiva de esta categoría, obteniéndose diferencias poco significativas entre ambas.

Las características más importantes relacionadas con la reproducción, en particular los componentes prolificidad (tasa mellicera) y supervivencia, podrían mejorarse como consecuencia del cruzamiento de la majada general con carneros Booroola homocigoto.

En cuanto a los pesos de las recria, los machos prolíficos destinados para la producción de cordero pesado, presentaron diferencias significativas respecto al testigo, dado que provienen de parto múltiple y cruza terminal. Sin embargo en términos prácticos las diferencias entre ambos no son extremadamente grandes, y las variaciones internas de las razas son bajas (coeficiente de variación bajo).

En las hembras de recría, los pesos no presentan diferencias significativas entre la variedad prolífica y el testigo. Sin embargo, se debería poner hincapié en mejorar los pesos vivos de la majada adulta, para incrementar la eficiencia reproductiva del rodeo.

Los beneficios en la eficiencia reproductiva de la variedad prolífica, deben ser considerados de gran importancia para producciones intensivas de carne y lana ovina, debiéndose fomentar la adopción de la misma en dichos predios.

El empleo de cruzamientos entre razas ovinas es una práctica común cuando la orientación productiva apunta a la carne. Para la producción de corderos pesados se realizan cruzamientos terminales que recurren al apareamiento de carneros de razas carniceras con hembras doble propósito; Ile-de-France como raza carnicera paterna y hembras Corriedale Booroola. La argumentación a favor de tales decisiones, se sustenta en la hipótesis de que los corderos producto de las cruzas, lograrán mayores ritmos de crecimiento y producirán a igual edad y carcasas más pesadas.

## **6. RESUMEN**

El presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en el establecimiento de la Sra. Ana Pombo y el Sr. Walter Bruzzone, ubicado en el departamento de Lavalleja (paraje Ombúes de Bentancor). Se evaluó el desempeño reproductivo de borregas y ovejas entre la raza Corriedale (testigo) y de la variedad prolífica Corriedale Booroola, con el fin de determinar las diferencias entre los parámetros reproductivos al introducir una copia del gen  $Fec^B$ . Las diferencias obtenidas en los parámetros reproductivos entre el genotipo prolífico y testigo, fueron significativas. La prolificidad es el parámetro reproductivo que determinó incrementos significativos tanto en fecundidad como productividad. En la recría de los machos, las diferencias de peso entre genotipo prolífico (Ile-de-France – Corriedale Booroola) y testigo (Corriedale) provienen del tipo de parto múltiple, sin embargo, en términos prácticos, las diferencias entre ambos no presentan una magnitud de destaque. Mientras que en las hembras Corriedale Booroola las diferencias de pesos respecto al testigo no fueron significativas. Los resultados obtenidos permiten concluir que la introducción de una copia del gen  $Fec^B$  en la majada de cría, redundará en un aumento de los ingresos/ha por concepto de carne y lana al aumentar la prolificidad, ya que incrementa los porcentajes de parición y destete, siendo por tanto una alternativa interesante para mejorar los índices reproductivos en los sistemas de producción intensivos y semi – intensivos de nuestro país.

Palabras clave: Gen  $Fec^B$ ; Prolificidad; Productividad; Recría.

## **7. SUMMARY**

The research was conducted at Mrs. Ana Pombo's and Mr. Walter Bruzzone's farm, located in Lavalleja, Uruguay (Ombúes de Bentancor site). The reproductive performance of lambs and ewes race Corriedale (witness) was evaluated, along with the the prolific variety Corriedale Booroola, in order to determine the differences between reproductive parameters by introducing a gen copy  $Fec^B$ . The differences obtained in reproductive parameters between prolific and witness genotypes were significant. The prolificacy is the reproductive parameter that determined significant increases in both fertility and productivity. In rebreeding of males, weight differences between prolific (Ile-de-France - Corriedale Booroola) and witness (Corriedale) genotypes come from the kind of multiple birth, however, in practical terms, the differences between the two of them do not show a prominente magnitude. While in Corriedale Booroola females, weight differences compared with the witness were not significant. The obtained results allow to conclud that the introduction of a copy of the gene  $Fec^B$  in the breeding flock, results in an increase of income / has for meat and wool as per the prolificacy increase, as it increases the rates of calving and weaning, being therefore an interesting alternative to improve reproductive rates in intensive production systems and semi - intensive in our country.

Keywords: Gene  $Fec^B$ ; Prolificacy; Productivity; Rebreeding.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

1. ALLISON, A. J. 1975. Importing a sheep which offer more the East Friesian. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 55: 321-23.
2. AZZARINI, M.; OFICIALDEGUI, R.; SALGADO, C. 1993. Consideraciones sobre aspectos de manejo y alimentación que afectan el crecimiento de los corderos. SUL. Serie de Divulgación Técnica no. 68: 10-15.
3. \_\_\_\_\_. 1996. Diagnóstico de gestación en ovejas. El uso del ultrasonido en la determinación del número de fetos. Ovinos y Lanas no. 16: 17-18.
4. \_\_\_\_\_.; PISÓN, P.; CARDELLINO, R. 1998. Manejo de ovejas melliceras en condiciones extensivas. Producción Ovina. 11: 41-49.
5. \_\_\_\_\_. 2000. Índices reproductivos de los ovinos en el Uruguay; consideraciones y sugerencias para mejorar los procreos ovinos. In: Una propuesta para mejorar los procreos ovinos. Montevideo, SUL. pp. 1-35 (Publicación ocasional).
6. \_\_\_\_\_.; FERNÁNDEZ ABELLA, D. 2004. Potencial reproductivo de los ovinos. In: Seminario Producción Ovina (3<sup>o</sup>, 2004, Paysandú, Uruguay). Propuesta para el negocio ovino. Trabajos presentados. Montevideo, SUL. pp. 14-25.
7. BINDON, B. M.; PIPER, L. R. 1976. Assessment of new and traditional techniques of selection for reproductive rate- In: Tomes, G. J.; Robertson, D. E.; Lightfoot, R. J. eds. Sheep Breeding. Perth, West Australian Institute of Technology. pp. 357-371.
8. \_\_\_\_\_.; BLANC, M. R.; PELLETIER, J.; TERQUI, M.; THIMONIER, J. 1979. Perioovulatory gonadotrophin and ovarian steroid pattern in sheep of breeds with differing fecundity. Journal of Reproduction and Fertility. 55: 15-25
9. \_\_\_\_\_.; PIPER, L. R.; EVANS, R. 1982. Reproductive biology of de Booroola Merino. In: Piper, L. R.; Bindon, B.M.; Nehtery, R.D. eds. The Booroola Merino. Melbourne, CSIRO. pp. 21-34.
10. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; THIMONIER, J. 1984. Preovulatory LH characteristics and time of ovulation in the prolific Booroola Merino ewe. Journal of Reproduction and fertility. 71: 519-523.

11. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; HILLARD, M. A. 1996. Reproductive physiology and endocrinology of prolific sheep. *In*: Fahmy, M. H. ed. Prolific sheep. Cambridge, CAB International. pp. 453–470.
12. BUNGE, R.; THOMAS D. L.; NASH, T. G. 1995. Performance of hair breeds and prolific wool breeds of sheep in southern Illinois: lamb production of F1 adult ewes. *Journal of Animal Science*. 73: 1602 – 1608.
13. CAMPBELL, B. K.; BAIRD, D. T.; SOUZA, C. J.; WEBB, R. 2003. The FecB (Booroola) gene acts at the ovary; in vivo evidence. *Reproduction*. 1: 101-111.
14. DAVIS, G. H.; MONTGOMERY, G. W.; ALLISON, A. J.; KELLY, R. W.; BRAY, M. R. 1982. Segregation of a Major Gene Influencing Fecundity in Progeny of Booroola Sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 25: 525–529.
15. \_\_\_\_\_.; FAHMY, M. H.; CASTONGUAY, F.; GREEFF, J. C.; HOFMEYR, J.H.; GOOTWINW, E.; BO, A.; BRAW – TAL, R.; HALEY, C. S.; KLEWIE, J.; GABRYSZUKA, M.; SLOWAC, M.; PIPER, L. R.; BINDON B. M.; BOOMAROV VERESS, L.; LENGYEL, A.; PASZTHY, G.; HORN, P.; VISSCHER, A. H.; WASSMUTH, R.; YOUNG, L. D.; THIMONIER, J. 1991a. The Booroola gene. *In*: International Workshop on Major Genes for Reproduction in Sheep (2<sup>o</sup>., 1991, Toulouse, Francia). Proceedings. Paris, INRA. pp. 2–13.
16. \_\_\_\_\_.; MCEWAN, L. C.; FANNESSY, P. F.; DODDS, K. G.; FARQUHAR, P. A. 1991b. Evidence for the presence of a major gene influencing ovulation rate on the X – chromosome of sheep. *Biology of Reproduction*. 44: 620–624
17. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; MCNATTY, K.P. 1992. Infertility due to bilateral ovarian hypoplasia in sheep homozygous (FecXI FecXI) for the Inverdale prolificacy gene located on the X chromosome. *Biology of Reproduction*. 46: 636–640.
18. \_\_\_\_\_.; DODDS, K. G.; WHEELER, R.; JAY, N. P. 2001. Evidence that an imprinted gene on the X chromosome increases ovulation rate in sheep. *Biology of Reproduction*. 64: 216–221
19. \_\_\_\_\_. 2004. Fecundity genes in sheep. *Animal Reproduction Science*. 83: 247–253.

20. \_\_\_\_\_. 2005. Major genes affecting ovulation rate in sheep. *Genetic Evolution*. 11: 11–23.
21. \_\_\_\_\_.; BALAKRISHNAN, L.; ROSS, I. K.; WILSON, T.; GALLOWAY, S. M.; LUMSDEN, B. M.; HANRAHAN, J. P.; MULLEN, M.; MAO, X. Z.; WANG, G. L.; ZHAO, Z. S.; ZENG, Y. Q.; ROBINSON, J. J.; MAVROGENIS, A. P.; PAPACHRISTOFOROU, C.; PETER, C.; BAUMUNG, R.; CAEDYN, P.; BOUJENANE, I.; COCKETT, N. E.; EYTHORSOTTIR, E.; ARRANZ, J. J.; NOTTER, D. R. 2006. Investigations of the Booroola (Fec<sup>B</sup>) and Inverdale (Fec<sup>XI</sup>) mutations in 21 prolific breed and strains of sheep sampled in 13 countries. *Animal Reproduction Science*. 92: 87-96.
22. DICKERSON, G. E.; GLIMP, H. A.; TUMA, H. I.; GREGORY, K. E. 1978. Genetic resources for efficient meat production in sheep. *Journal Animal Science*. 34: 940–951.
23. \_\_\_\_\_. 1996. Economic importance of prolificacy in sheep. In: M.H. Fahmy ed. *Prolific sheep*. CAB. International. cap.4, pp. 205-213.
24. DRIANCOURT, M. A.; CAHILL, L. P.; BINDON, B. M. 1985. Ovarian follicular populations and preovulatory enlargement in Booroola and control Merino ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 73: 93-107.
25. \_\_\_\_\_.; BODIN, L.; FRY, R. C. 1991. FSH segregation in regulation and its relationship with ovulation rate in range of prolific and non – prolific breeds of sheep. In: Elsen, J. M. ed. *Major gene for reproduction in sheep*. Paris, INRA. pp. 125–134.
26. FABRE, S.; PIERRE, A.; PISSELET, C.; MULSANT, P.; LERCEF, F.; POHL, J.; MONGET, P., MONNIAUX, D. 2003. The Booroola mutation in sheep in associated with an alteration of the bovine morphogenetic protein receptor – IB functionality. *Journal of Endocrinology*. 177: 435–444.
27. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; MULSANT, P.; BODIN, L.; DI PASQUALE, E.; PERSANI, L.; MONGET, P.; MONNIAUX, D. 2006. Regulation of ovulation rate in mammals: contribution of sheep genetic models. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 4: 20–31
28. FAHMY, M. H. 1996a. Feeding and management of prolific sheep. Under intensive management: the total confinement experiment in Canada. In: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB International. pp. 414–428.

29. \_\_\_\_\_. 1996b. Growth, fertility, prolificacy and fleece weight of Romanov, Finnsheep and Booroola purebreds and their first cross and backcross with the breed. *Animal Science*. 62: 479–487.
30. \_\_\_\_\_.; MASON, I. L. 1996c. Lees know and rare breeds. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB International. pp. 178–186.
31. \_\_\_\_\_. 1996d. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB International. p. 9.
32. \_\_\_\_\_. 1996e. The Romanov. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB International. pp. 47–72.
33. FENG, W.; MA, Y.; ZHANG, Z.; ZHOU, D. 1996. Prolific breeds of china. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB International. pp. 146–151.
34. FERNÁNDEZ ABELLA, D. 1987. Booroola: ¿Un gen milagroso? *Lana Noticias (SUL)*. 86: 34–35.
35. \_\_\_\_\_. 1991. The Booroola sheep in Uruguay. *In*: International Workshop on Major Genes for Reproduction in Sheep (2<sup>o</sup>., Toulouse, Francia). Proceedings. Paris, INRA. pp. 27-29.
36. \_\_\_\_\_. 1994. Utilization of the Merino Booroola in Uruguay. *In*: International Congress of Australian Merino (4<sup>th</sup>., 1994). Proceedings. Melbourne, CSIRO. pp. 283
37. \_\_\_\_\_. 1995a. Efectos del gen “Booroola” sobre las características reproductivas. *In*: Temas de reproducción ovina e inseminación artificial en bovinos y ovinos. Montevideo, SUL. pp. 179–195.
38. \_\_\_\_\_. 1995b. Evaluación de la presencia del gen Booroola en la fecundidad de apareamiento en primavera. *Boletín Técnico de Ciencias Biológicas*. 5: 35–42.
39. \_\_\_\_\_. 1996. Use of prolific sheep; South America. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB Internacional. 12: 407–412.
40. \_\_\_\_\_.; COGNIE, Y.; THIMONIER, J.; SECK, M.; BLANC, R. 2005. Effects of the fec<sup>B</sup> gene on birth weight, postnatal growth rate and puberty in Booroola x Merino d’arles ewe lambs. *In*: Animal research. Paris, INRA. cap.54, pp. 283-288.

41. GALLOWAY, S. M.; HANRAHAN, V.; DODDS, K. G.; POTTS, M. D.; CRAWFORD, A. M.; HILL, D. F. 1996. A linkage map of the ovine X chromosome. *Genome Research*. 6: 667-677.
42. GARCIA, F. X.; PÉREZ, M. D.; RODRIGUEZ, D. 1985. Environmental and genetic effects on sheep. *Journal Animal*. 57: 131-133.
43. GONZÁLEZ – BULNES, A.; SOUZA, C. J.; CAMPBELL, B. K.; BAIRD, D. T. 2004. Effect of ageing on hormone secretion and follicular dynamics in sheep with and without the Booroola gene. *Endocrinology*. 6: 2858-2867.
44. GOTWINE, E.; GOOT, H. 1991. Lamb and milk production of Awassi and East – Friesian sheep and their crosses under Mediterranean environment. *Small Ruminant Research*. 20: 255-260.
45. \_\_\_\_\_.; SPENCER, T. E.; BAZER, F. W. 2006. Litter size dependent intrauterine growth restriction in sheep. *Journal Animal*. 1: 547-564.
46. HANRAHAN, J. P.; QUIRKE, J. F. 1975. Repetability of the duration of oestrus and breed differences in the relationship between duration of oestrus and ovulation rate of sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 45: 29-36.
47. HUIDOBRO, F.; JURADO, J. J. 1989. Producción de carne en el ovino Manchego en cruzamiento. *Producción Animal*. 4: 35-44.
48. MC NATTY, K. P.; HUDSON, N. L.; GIBB, M.; BALL, K.; HENDERSON, K. M.; HEATH, D. A.; LUN, S.; KIEBOOM, L. E. 1985. FSH influences Follicle viability, oestradiol biosynthesis and ovulation rate in Romney ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 75: 121-131.
49. \_\_\_\_\_.; JUN, S.; HEATH, D. A.; BALL, K.; SMITH, P.; HUDSON, N. L.; MCDIARMID, J.; GIBB, M.; HENDERSON, K. M. 1986. Differences in ovarian activity between Booroola x Merino ewes which were homozygous, heterozygous and non – carrier of a major gene influencing their ovulation rate. *Journal of Reproduction and Fertility*. 77: 193-205.
50. \_\_\_\_\_.; HEATH, D. A.; LUNDY, T.; FIDLER, A. E.; QUIRKE, L.; O`CONNELL, A.; SMITH, P.; GROOME, N.; TISDALL, D. J. 1999. Control of early follicular development. *Journal of Reproduction and Fertility*. 54 (suppl.): 3-16.
51. \_\_\_\_\_.; JEUNGEL, J. L.; WILSON, T.; GALLOWAY, S. M.; DAVIS, G. H. 2001. Genetic mutations influencing ovulation rate in sheep. *Reproduction, Fertility and Development*. 13: 549-555.

52. MONTGOMERY, G. W.; GALLOWAY, S. M.; DAVIS, G. H.; MCNATTY, K. P. 2001. Genes controlling ovulation rate in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 121: 843-852.
53. MULSANT, P.; ELSÉN, J. M. 1996. Detecting major genes for prolificacy and strategies for their use. *In*: Fahmy, M.H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB Internacional. pp. 503-524.
54. \_\_\_\_\_.; LECEREF, F.; FABRE, S.; SCHIBLER, L.; MONGET, P.; LANNELUC, I.; PISSELET, C.; RIQUET, L.; MONNIAUX, D.; CALLEBAUT, I.; CRIBIU, E.; THIMONIER, J.; TEYSSIER, J.; BODIN, L.; COGNIÉ, Y.; CHITOUR, N.; ELSÉN, J. M. 2001. Mutation in bone morphogenetic protein receptor – 1B is associated with increased ovulation rate in Booroola Merino ewes. USA. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*. 98: 5104-5109.
55. NICOLL, G. B.; WILLIAMS, G. A.; ALDERTON, M. J. 1990. An open nucleus breeding programme using the Booroola gene in commercial Romney sheep. *In*: *International Workshop on Major Genes for Reproduction in Sheep* (2<sup>o</sup>., 1991, Toulouse, Francia). *Proceedings*. Paris, INRA. cap. 44, pp. 409-413.
56. OWEN, J. B. 1996. The Cambridge breed. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB Internacional. pp. 161-173.
57. PIPER, L. R.; BINDON, B. M. 1982. Genetic segregation for fecundity in Booroola Merino sheep. *In*: *World Congress of Sheep and Beef Cattle Breeding* (2<sup>o</sup>., 1982, Toulouse, Francia). *Proceedings*. Paris, INRA. v. 1, pp 395-400.
58. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; DAVIS, G. H. 1985. The single gene inheritance of the high letter size of the Booroola Merino. *In*: Land, R. B.; Robinson, D. W. eds. *Genetics of reproduction in sheep*. London, Butterworths. pp. 115-125.
59. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.. 1988. The genetics and endocrinology of the Booroola sheep F gene. *In*: *International Conference of Quantitative Genetics* (2<sup>nd</sup>, 1988). *Proceedings*. s.n.t. pp. 270-280.
60. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.. 1990. Strategies for utilization of a major gene for prolificacy in sheep. *Major Genes for Reproduction in Sheep*. 43: 399-408.
61. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.. 1996. The Booroola Merino. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB Internacional. pp. 152-160.

62. POINDRON, P.; NOWAC, R.; OLDHAM, C. M.; LINDSAY, D. R. 1996. The reproductive behaviour of prolific sheep. *In*: Fahmy, M. H. ed. Prolific sheep. Cambridge, CAB International. pp. 471-483.
63. PRICE, C. A.; HUDSON, N. L.; MC NATTY, K. P. 1991. Differences in LH and FSH secretion in adult rams with respect to the Booroola fecundity gene. *In*: Elsen, J. M.; Bindon, L.; Timonier, J. eds. Major genes for reproduction in sheep. Paris, INRA. pp. 215-225.
64. RAMIREZ, A.; BUNTINX, S. E.; TAPIA RODRIGUEZ, C.; ROSILES, R. 1995. Effects of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non – pregnant sheep. *Small Ruminant Research*. 37: 233-229.
65. SALGADO, C. 2000. El mercado de carne ovina. *SUL. Boletín de Producción de Carne Ovina no.3*: 28-35.
66. SCARAMUZZI, R. J.; RADFORD, H. M. 1983. Factor regulating ovulation rate in ewe. *Journal of Reproduction and Fertility*. 69: 353-367.
67. \_\_\_\_\_.; ADAMS, N. R.; BAIRD, D. T. 1993. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate. *Reproduction, Fertility Development*. 5: 459-478.
68. SMITH, G. H.; GRAHAM, N.; MARGAN, D. E. 1993. Opportunities for producing larger, leaner lambs. *Australian Society Animal Production*. 16: 99 – 103.
69. SOUTHEY, B. R.; THOMAS, D. L.; ZELINSKY, R. D. 2002. Ewe productivity of Booroola Merino – Rambouillet crossbred sheep during early stages of the introgression of the  $Fec^B$  allele into a Rambouillet population. *Livestock Production Science*. 75: 33-44.
70. SOUZA, C. J. H.; MORAES, J. C. F.; CHAGAS, L. M. 1994. Effect of the Booroola gene in time of ovulation and ovulatory dynamics. *Animal Reproduction Science*. 37: 7-13.
71. \_\_\_\_\_.; CAMPBELL, B. K.; WEBB, R.; BAIRD, D. T. 1997. Secretion of Inhibin A and follicular dynamic throughout the estrous cycle in the sheep with and without the Booroola gene ( $Fec^B$ ). *Endocrinology*. 138: 5333-5340.
72. \_\_\_\_\_.; MACDOUGALL, C.; CAMPBELL, B. K.; MCNEILLY, A. S.; BAIRD, D. T. 2001. The Booroola ( $Fec^B$ ) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR 1 B) gene. *Journal of Endocrinology*. 169: 1-6.

73. \_\_\_\_\_.; CAMPBELL, B. K.; MCNEILLY, A. S.; BAIRD, D. T. 2003. Bone morphogenetic proteins and folliculogenesis: lessons from the Booroola mutation. *Journal of Endocrinology*. 61: 361-370.
74. \_\_\_\_\_.; GONZÁLEZ – BULNES, A.; CAMPBELL, B. K.; MCNEILLY, A. S.; BAIRD, D. T. 2004. Mechanisms of action of the principal prolific genes and their application to Sheep Production. *Reproduction, Fertility and Development*. 4: 395-401.
75. THERIEZ; M.; MOLENAT, G.; LANDAIS, E. 1996. Feeding and management of prolific sheep under extensive management; the Romanov Experiment in France. *In*: Fahmy, M. H. ed. *Prolific sheep*. Cambridge, CAB International. pp. 429-452.
76. THIMONIER, J.; DAVIS, G. H.; FAHMY, M. H.; CASTONGUAY, F.; FERNANDEZ – ABELLA, D.; GREEFF, J. C.; HOFMEYR, J. H.; GOOTWINE, E.; BOR, A.; BRAW – TAL, R.; HALEY, C. S.; KLEWIEC, J.; GABRYSZUKA, M.; SLOWAK, M.; PIPER, L. R.; BINDON, B. M.; VARESS, L.; LENGYEL, A.; PASZTHY, G.; HORN, P.; VISSCHER, A. H.; WASSMUTH, R.; YOUNG, L. D. 1991. The F gene in the world. Use and research objectives. *In*: International Workshop on Major Genes for Reproduction in Sheep (2<sup>o</sup>., Toulouse, Francia). *Proceedings*. Paris, INRA. pp. 3-13.
77. TURNER, H. N. 1982. Origin of the CSIRO Booroola. *In*: Piper, L. R.; Bindon, B. M.; Nethery, R. D. eds. *Booroola Merino*. Melbourne, CSIRO. pp. 1-8.
78. VISSCHER, A. H.; DIJKSTRA, M.; LORD, E. A.; SUSS, R.; ROSLER, H. J.; HEYLEN, K.; VEERKAMP, R. E. 2000. Maternal and lamb carrier effects of the Booroola gene on food intake, growth and carcass quality of male lambs. *Animal Science*. 71: 209-217.
79. WALLING, G. A.; DODDS, K. G.; GALLOWAY, S. M.; BEATTIE, A. E.; LORD, E. A.; LUMSDEN, J. M.; MONTGOMERY, G. W.; MCEWEN, J. C. 2000. The consequences of carrying the Booroola fecundity (FecB) gene on sheep live weight. *Proceedings of British Society of Animal Science*. 43: 83-99
80. \_\_\_\_\_.; BISHOP, S. C.; PONG – WONG, R.; GITTUS, G.; RUSSEL, A. J. F.; RHIND, S. M. 2001. Confirmation of the presence of a major gene for fecundity in Thoka Cheviot sheep by segregation analyses. *Proceeding of British Society of Animal Science*. 44: 57-71.
81. WILSON, T.; WU, X.; JUENGEL, J.; ROSS, I. K.; LUMSDEN, J. M.; LORD, E. A.; DODDS, K. G.; WALLING, G. A.; MCEWAN, J. C.; O`CONNELL, A.

R.; MCNATTY, K. P.; MONTGOMERY, G. W. 2001. Highly prolific Booroola sheep have a mutation in the intracellular kinase domain of bone morphogenetic protein IB receptor (ALK – 6) that is expressed in both oocytes and granulosa cells. *Biology of Reproduction*. 64: 1225 – 1235.