

Nota de Investigación

INTROGRESIÓN DEL GEN DE FECUNDIDAD FECB (BOORoola) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE OVINOS CRIOLLOS EN PUERTO RICO^{1,2}

Génesis Cordero-Arbelo³, Karla Ormaza-Rivera³, Abner A. Rodríguez-Carías⁴, Esbal Jiménez-Cabán⁴ y John Fernández-Van Cleve^{4}*

J. Agric. Univ. P.R. 108(2):205-208 (2024)

En Puerto Rico las ovejas criollas tienen mayormente partos simples. En rebaños locales, la inserción de genes ligados o con efecto sobre la prolificidad, como el gen de fecundidad FecB (Booroola), es vital para mejorar la sustentabilidad de la industria ovina. En la crianza de pequeños rumiantes la prolificidad solo puede ser mejorada a través de la selección genética. Se han identificado varios genes relacionados con la prolificidad en ovinos como el Booroola (FecB), el Inverdale (FecX¹) y el GDF9 (Davis, 2005; Abraham y Thomas, 2012; Abdoli et al., 2016; Deac et al., 2022). La inserción de uno o más de estos genes en los rebaños es de gran beneficio ya que la prolificidad es determinada a base de la tasa ovulatoria y la cantidad de crías por parto (Banerjee et al., 2011; Musthafa y Marikar, 2014). Entre los genes ligados a la prolificidad en ovinos, FecB fue el primer gen en identificarse (Chu et al., 2007; Bozhilova-Sakova et al., 2020). El gen FecB se conoce como Booroola y se descompone como “fecundity Booroola” ya que forma parte de los genes asociados a la fecundidad. A principios del siglo 21 se logró identificar molecularmente y fue catalogado como una mutación autosomal dominante identificada en el “bone morphogenetic protein receptor 1B” conocido por sus siglas en inglés como BMPR1B que está localizado en el cromosoma 6 de los ovinos (Montgomery et al., 1995; Davis, 2005; Fogarty, 2009; Hua y Yang, 2009; Adkinson y Adkinson, 2013; Somarny et al, 2013; Qi et al., 2019; Liu et al., 2020). Es una mutación catalogada como un polimorfismo de nucleótido simple ya que un solo nucleótido es el que cambia (Montgomery et al., 2001; Liu et al., 2020). El nucleótido que sufre el cambio es de guanina a adenina en la posición 746 y posteriormente surge un cambio en el aminoácido 249 de glutamina a arginina (Q249A) (Souza et al., 2001; Bozhilova-Sakova et al., 2020; Liu et al., 2020).

En Puerto Rico, en experimentos relacionados, se reportó la ausencia del gen de fecundidad FecB en rebaños locales y su inserción preliminar en un rebaño comercial en la isla (Cordero-Arbelo et al., 2023). El objetivo de este estudio fue la inserción de dicho gen para el mejoramiento de la productividad de ovinos criollos. El experimento se realizó en las facilidades del Proyecto de Pequeños Rumiantes en la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez (longitud -67.147869, latitud 18.217122). Se utili-

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 17 de enero de 2024.

²Este trabajo fue financiado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura (USDA/NIFA), proyecto Hatch H-510 y la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico.

³Estudiante Graduada, Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.

⁴Catedrático, Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.

*Autor para correspondencia; correo electrónico: john.fernandez1@upr.edu

zaron dos carneros de un cruce de Dorset con Ile de France, identificados como portadores heterocigotos del gen Booroola, provenientes del estado de Minnesota de los Estados Unidos de América (Tamarack Lamb & Wool)⁵. Los carneros se seleccionaron de manera aleatoria tomando en cuenta la portación del gen y su madurez reproductiva. Una vez recibidos en la isla, ambos animales tuvieron sus periodos de adaptación y cuarentena mandatorios. Se diseñó una época de empadronamiento con dos grupos de 15 ovejas adultas criollas, cada uno de los grupos con un carnero portador de FecB (ID 0020M y 0051C). La época de empadronamiento tuvo una duración de 34 días, y se realizó durante los meses de agosto a septiembre. Para determinar el porcentaje de monta, se colocó en cada carnero un arnés provisto de tinta marcadora para identificar en cada grupo la oveja servida. Treinta y nueve días luego de finalizada la época de empadronamiento se detectó preñez mediante ultrasonografía (FarmScan® L60, BMV Technology) y se confirmaron los resultados con muestras de sangre enviadas a un laboratorio comercial (Central Florida Large Animals Veterinary Services, Florida, Estados Unidos). La época de partos comenzó en el mes de enero y finalizó en febrero. Durante dicha época, y dentro de los primeros 10 días del nacimiento, se obtuvieron muestras de sangre de cada cordero para determinar la presencia del gen FecB. Durante la toma de las muestras de sangre, de cada animal se recolectó de 3 a 6 ml de sangre de la vena yugular con una aguja de 3.8 cm (1.5 pulgadas) y 20 G en un tubo con K²EDTA (Vacutainer®) con el propósito de evitar la coagulación de la muestra. Los tubos se identificaron con el número de registro de los parentales y se conservaron en un contenedor de polietileno en un empaque de hielo seco para mantener la temperatura. Las muestras se enviaron a un laboratorio comercial (Gene Check, Inc., Colorado, Estados Unidos) donde fueron analizadas bajo el proceso de reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) con los marcadores adecuados para identificar la prevalencia o ausencia del gen FecB. En cada grupo de ovejas se determinó el porcentaje de monta, preñez, pariciones y promedio de crías por parto. Como resultado de la época de empadronamiento de los dos grupos de ovejas con los dos carneros portadores del gen FecB, se obtuvo un 100% de hembras servidas (monta), mientras que el porcentaje de hembras preñadas fue de 87% (N = 13) y 93% (N = 14) para los carneros 0020M y 0051C, respectivamente (Cuadro 1). Durante la época de preñez hubo una pérdida como resultado de un aborto. Lo anterior resultó en un porcentaje de pariciones de 92 y 93% para cada grupo de ovejas.

En resultados del tipo de parto y el sexo de las crías producto del cruce de dos carneros portadores del gen con ovejas criollas se obtuvo 8.3% partos dobles del grupo del carnero 0020M (Cuadro 2). Del total de corderos nacidos (N = 13) de dicho carnero, el 53.8% fueron hembras (N = 7) y el 46.2% fueron machos (N = 6). De los corderos nacidos (N = 19) del cruce con el segundo carnero (0051C), el 46.1% resultó de partos

CUADRO 1.—*Medidas de eficiencia reproductiva de ovejas criollas empadronadas con carneros portadores del gen FecB.*

Carnero	Medida de Eficiencia Reprodutiva (%)		
	Monta	Preñez	Pariciones
0020M	100	87	92
0051C	100	93	93

⁵Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan y puedan estar disponibles.

CUADRO 2.—*Tipo de parto de ovejas criollas empadronadas con carneros portadores del gen FecB.*

Carnero	Tipo de Parto (%)		Sexo de las Crías (%)	
	Doble	Sencillo	Hembras	Machos
0020M	8.3	91.7	53.8	46.2
0051C	46.1	53.8	42.1	57.9

de mellizos (N = 6) y el restante de partos simples. De estos, el 42.1% fueron hembras (N = 8) y el 57.9% fueron machos (N = 11).

El objetivo principal de este experimento fue la inserción del gen FecB en crías producto del cruce de carneros portadores del gen con ovejas criollas. El objetivo a largo plazo es mejorar la fecundidad de futuras madres portadoras del gen con la intención de aumentar la incidencia de partos múltiples en rebaños locales. En este estudio de las 32 crías nacidas, 14 de ellas (43.75%) resultaron portadoras heterocigotas del gen FecB (Cuadro 3). De las 13 crías hijas del carnero 0020M, doce de ellas se evaluaron para la presencia del gen y el 50% (6) resultaron portadoras (cuatro machos y dos hembras). Mientras que del total de corderos nacidos (N = 19) del cruce con el carnero 0051C, el 42.1% (N = 8) de los corderos resultaron portadores heterocigotos del gen FecB, de los cuales el 37.5% fueron hembras (N = 3) y el 65.5% machos (N = 5).

En el presente estudio, la inserción del gen FecB en los corderos producto de los cruces utilizando los carneros portadores del gen y ovejas criollas fue superior al 40%, lo que se traduce en nuevos portadores criollos mejorados. Estos resultados demuestran la segregación del gen en los cruces estudiados y aportan el ambiente propicio para continuar el estudio de su efecto en la prolificidad ovina en la industria local. Como resultado del producto del presente estudio, y según literatura científica se proyecta en un futuro obtener resultados de los efectos aditivos del gen FecB con relación a la tasa ovulatoria y cantidad de crías nacidas, lo anterior como resultado del empadronamiento de carneros portadores heterocigotos de FecB con la progenie F1 (Bindon, 1984; Davis, 2005; Abraham y Thomas, 2012; Deac et al., 2022). Además, al cruzar ambos parentales portadores (carneros 0051C y 0020M con F1) aumenta la probabilidad de crías portadoras homocigotas de la mutación y sus efectos basados en frecuencia alélica (Souza y Moraes, 2010). Es decir, se proyecta cruzar la F1 del carnero 0051C con el carnero 0020M y la F1 del carnero 0020M con el carnero 0051C. Asimismo, se espera que de los cruces de los parentales con la F2 se puedan obtener animales homocigotos y con mayor incidencia de partos múltiples. En resumen, estos resultados demuestran que la inserción del gen FecB en crías producto del cruce de carneros heterocigotos del gen FecB y ovejas criollas ocurrió exitosamente y de forma natural.

CUADRO 3.—*Crías heterocigotas portadoras de gene FecB obtenidas en el estudio.*

Carnero	Crías portadoras (%)		
	Totales	Machos	Hembras
0020M	50.0	66.7	33.3
0051C	42.1	62.5	37.5

LITERATURA CITADA

- Abdoli, R., P. Zamani, S.Z. Mirhoseini, N. Ghavi Hossein-Zadeh y S. Nadri, 2016. A review on prolificacy genes in sheep. *Reproduction in Domestic Animals* 51(5): 631-637.
- Abraham, A. y N. Thomas, 2012. Role of fecundity genes in prolificacy of small ruminants. *JIVA* 34.
- Adkinson, A.Y. y R.W. Adkinson, 2013. The FecB (Booroola) gene and implications for the Turkish sheep industry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 37(6): 621-624.
- Banerjee, S., S.M. Galloway y G.H. Davis, 2011. Distribution of prolific Garole sheep in West Bengal, India. *Animal Genetic Resources/Recursos genéticos animales/Recursos genéticos animales* 48: 29-35.
- Bindon, B.M., 1984. Reproductive biology of the Booroola Merino sheep. *Australian Journal of Biological Sciences* 37(3): 163-190.
- Bozhilova-Sakova, M., I. Dimitrova y M. Ignatova, 2020. Genetic diversity of Booroola gene in Northeast Bulgarian Merino sheep breed. *Journal of BioScience and Biotechnology* 9(2): 19-22.
- Chu, M.X., Z.H. Liu, C.L. Jiao, Y.Q. He, L. Fang, S.C. Ye, G.H. Chen y J.Y. Wang, 2007. Mutations in BMPR-IB and BMP-15 genes are associated with litter size in Small Tailed Han sheep (*Ovis aries*). *Journal of Animal Science* 85(3): 598-603.
- Cordero-Arbelo, G., K. Ormaza-Rivera, J. Fernández-Van Cleve y A.A. Rodríguez-Carías, 2023. Presencia e inclusión del gen de fecundidad FecB (Booroola) para el mejoramiento de la productividad de ovinos criollos en el trópico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 107 (2): 167-170. Doi.org/10.46429/jaupr.v107i2.
- Davis, G.H., 2005. Major genes affecting ovulation rate in sheep. *Genetics Selection Evolution* 37(Suppl. 1), S11-S23.
- Deac, A.M., A.S. Musca, M.G. Aipatioaie, V. Cosier y M. Zahan, 2022. Methods of Improving Reproductive Parameters in Sheep and The Major Genes Associated with Prolificacy: A Review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Sciences and Biotechnologies* 79 (1): 7-27.
- Fogarty, N.M., 2009. A review of the effects of the Booroola gene (FecB) on sheep production. *Small Ruminant Research* 85(2-3): 75-84.
- Hua, G.H. y L.G. Yang, 2009. A review of research progress of FecB gene in Chinese breeds of sheep. *Animal Reproduction Science* 116(1): 1-9.
- Liu, L., R. Hu, C. Li, X. Li, W. Ni, R. Yao, M. Zhang, H. Li, Y. Xu, Y. Ullah y S. Hu, 2020. Rapid visual detection of FecB gene expression in sheep. *Open Life Sciences* 15: 902-911.
- Montgomery, G.W., J.M. Penty, E.A. Lord y M.F. Broom, 1995. The search for the Booroola (FecB) mutation. *Journal of Reproduction and Fertility-Supplements* 49: 113-122.
- Montgomery, G.W., S.M. Galloway, G.H. Davis y K.P. McNatty, 2001. Genes controlling ovulation rate in sheep. *Reproduction Cambridge* 121: 843-852.
- Musthafa, M.M. y F.M.M.T. Marikar, 2014. An Overview of Major Genes Affecting Prolificacy in Sheep and Related Mechanisms. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 4(2): 239-246.
- Qi, M.Y., L.Q. Xu, J.N. Zhang, M.O. Li, M.H. Lu y Y.C. Yao, 2019. Effect of the Booroola fecundity (FecB) gene on the reproductive performance of ewes under assisted reproduction. *Theriogenology* 142: 246-250.
- Somarny, W.M.Z.W., A.R. Erin, A.H.M.S. Suhaimi, M.O. Nurulhuda y R.M. Hifzan, 2013. A study of major prolificacy genes in Malin and Dorper sheep in Malaysia. *Journal of Tropical Agricultural Food Sciences* 41(2): 265-272.
- Souza, C.J.H., C. MacDougall, B.K. Campbell, A.S. McNeilly y D.T. Baird, 2001. The Booroola (FecB) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type 1 B (BMPR1B) gene. *Journal of Endocrinology* 169: 1-6.
- Souza, C.D. y J.C.F. Moraes, 2010. Como utilizar a genética Booroola. *Bagé: Embrapa Pecuária Sul* 1-4.