








Caracterización de registros productivos de ovinos Katahdin y efecto del tamaño de grupos contemporáneos en la evaluación genética del peso al destete

César A. Carreón Jiménez ¹, Francisco J. Jahuey-Martínez¹ ¹, Felipe A. Rodríguez-Almeida ¹, Joel Domínguez-Viveros ¹, Jessica B. Herrera-Ojeda² ²

Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México

Characterization of productive records of Katahdin sheep and effect of the size of contemporary groups in the genetic evaluation of weaning weight

Abstract: The objective of this research was to characterize the database of the Katahdin sheep breed from Mexico, to establish editing and modeling criteria for use in national genetic evaluations of said breed and to compare contemporary groups (CG) of different sizes to determine which size produces greater accuracy of breeding values. The analyzed database contains 92,965 phenotypic and genealogical records. To carry out the descriptive analysis, measures of central tendency and dispersion were calculated, and through univariate ANOVA the influence of environmental factors on growth characteristics was evaluated. The productive variables were: birth weight (BWT), weaning weight (WWT) and post-weaning daily gain (PWG). Data analysis was performed using R software and genetic evaluation using an animal model was performed using the WOMBAT software. The variables of BWT and WWT were statistically influenced ($P < 0.001$) by the year and month of birth, sex, herd, age of the mother and the number of lambs per birth. The weighing date also influenced the WWT. The age of the mother and the number of lambs per birth did not influence the PWG. The genetic evaluation analysis showed that the use of CG with 1 or more animals generates a higher accuracy ($\bar{x}=0.43$) of the breeding values but restricting the analysis to only CG with 6 or more animals and at least 2 sires produce a similar accuracy ($\bar{x}=0.37$) and hierarchy (Spearman's correlation of 0.89). It is recommended to filter the database by extreme values and eliminate levels with few records for factors such as the age of the mother, herd and year of birth. Using CG with enough records to control or remove part of the environmental effects in a genetic evaluation is also recommended.

Keywords: Katahdin, contemporary groups, genetic evaluation, breeding values

Resumen: El objetivo de esta investigación fue realizar una caracterización de la base de datos de la raza ovina Katahdin de México, con el fin de establecer criterios de edición y modelación para su uso en las evaluaciones genéticas nacionales y comparar grupos contemporáneos (GC) de diferentes tamaños para determinar cuál tamaño produce una mayor exactitud de los valores genéticos. La base de datos analizada contiene 92,965 registros fenotípicos y genealógicos. Para realizar el análisis descriptivo, se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión, y mediante ANOVA univariados se evaluó la influencia de factores ambientales sobre las características de crecimiento: peso al nacimiento (PN), al destete (PD) y ganancia diaria posdestete (GDP). El análisis de datos se realizó en el software R y la evaluación genética mediante un modelo animal se realizó en el programa WOMBAT. Las variables de PN y PD estuvieron estadísticamente influidas ($P < 0.001$) por el año y mes de nacimiento, el sexo, el rebaño, la edad de la madre y el número de corderos por parto. La fecha de pesada también influyó sobre el PD. La edad de la madre y el número de corderos por parto no influyeron sobre la GDP. El análisis de evaluación genética mostró que el uso de GC con 1 o más animales genera una mayor exactitud ($\bar{x}=0.43$) de los valores genéticos, pero restringiendo el análisis a solo GC con 6 o más animales y al menos 2 sementales produce una exactitud ($\bar{x}=0.37$) y jerarquía similar (correlación de Spearman

¹ Autor para la correspondencia: fjahuey@uach.mx

² Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Tarímbaro, Michoacán. México.

de 0,89). Se recomienda filtrar la base de datos por valores extremos y eliminar niveles con pocos registros para factores como la edad de la madre, rebaño y año de nacimiento. También se recomienda utilizar GC con suficientes registros para remover parte de los efectos ambientales en evaluaciones genéticas.

Palabras clave: Katahdin, grupos contemporáneos, evaluación genética, valores genéticos

Caracterização de registros produtivos de ovinos Katahdin e efeito do tamanho de grupos contemporâneos na avaliação genética do peso ao desmame

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi caracterizar o banco de dados da raça ovina Katahdin do México, a fim de estabelecer critérios de edição e modelagem para seu uso em avaliações genéticas nacionais e comparar grupos contemporâneos (GC) de ovinos de diferentes tamanhos para determinar qual tamanho produz maior precisão de valores de reprodução. A base de dados analisada contém 92.965 registros fenotípicos e genealógicos. Para realizar a análise descritiva, foram calculadas medidas de tendência central e dispersão, e por meio de ANOVA univariada foi avaliada a influência dos fatores ambientais nas características de crescimento: peso ao nascer (BN), peso ao desmame (PD) e ganho diário pós-desmame (PIB). A análise dos dados foi realizada por meio do software R e a avaliação genética em modelo animal foi realizada por meio do programa WOMBAT. As variáveis de PN e PD foram influenciadas estatisticamente ($P < 0,001$) pelo ano e mês de nascimento, sexo, rebanho, idade da mãe e número de cordeiros por parto. A data de pesagem também influenciou o PD. A idade da mãe e o número de cordeiros por nascimento não influenciaram o PIB. A análise de avaliação genética mostrou que o uso de GC com 1 ou mais animais gera uma maior precisão ($\bar{x}=0,43$) dos valores genéticos, mas restringir a análise a apenas GC com 6 ou mais animais e pelo menos 2 reprodutores produz uma maior precisão ($\bar{x}=0,37$) e hierarquia semelhante (correlação de Spearman de 0,89). Recomenda-se filtrar a base de dados por valores extremos e eliminar níveis com poucos registros para fatores como idade da mãe, rebanho e ano de nascimento. Também é recomendado o uso de GC com registros suficientes para remover parte dos efeitos ambientais nas avaliações genéticas.

Palavras-chave: Katahdin, grupos contemporâneos, avaliação genética, valores genéticos

Introducción

La raza ovina Katahdin es una de las razas de pelo más importantes en México y de las que se tiene mayor número de registros productivos por la Unión Nacional de Ovinocultores (UNO). Se han realizado diversos estudios genético-poblacionales de la raza Katahdin de México mediante el análisis de los registros productivos y genealógicos, (Manzanilla *et al.*, 2012; Domínguez-Viveros *et al.*, 2020; y Larios, 2020), pero el estudio más importante fue la evaluación genética de la raza publicada por la UNO (2015).

En las evaluaciones genéticas se utilizan modelos estadísticos que consideran factores genéticos y no genéticos para explicar las variables fenotípicas y para estimar los valores genéticos (VG). Técnicamente, se acostumbra identificar el mejor modelo estadístico para obtener estimaciones más precisas de los parámetros genéticos y en consecuencia de los VG. El mejor ajuste de los modelos se logra añadiendo factores al modelo que inciden sobre la variable de estudio, por lo que es necesario realizar una identificación preliminar de dichos factores (Manzanilla *et al.*, 2012). Este tipo de estudios preliminares también conocidos como análisis exploratorio

de datos consiste en analizar la información para describir, tabular y graficar con el objetivo de entender la distribución de las variables, detectar la influencia de factores sobre las variables, así como para encontrar patrones de relación entre variables e identificar datos atípicos. Estudios exploratorios de datos productivos han sido poco reportados (Larios, 2020; Lupi *et al.*, 2016; Ramírez-Tello *et al.*, 2013; Vélez, 2020). Por otro lado, se ha tratado de mejorar los modelos estadísticos utilizados en evaluaciones genéticas a través de la optimización de los grupos contemporáneos (GC). Diversos estudios han reportado el uso de GC considerando el número de animales (McHugh *et al.*, 2017; Ramírez-Valverde *et al.*, 2008), número de sementales e incluso información ambiental.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar un análisis descriptivo de los registros productivos de la raza Katahdin de México y evaluar la influencia de GC con diferente número de animales sobre los VG, con el fin de establecer criterios de edición para su uso en las evaluaciones genéticas nacionales de dicha raza.

Materiales y Métodos

La base de datos analizada pertenece a la UNO y contiene un total de 92,965 registros del periodo de 1993 al 2020, en el que se encuentran representados un total de 535 rebaños. Para describir las variables cuantitativas de PN, PD y GDP, se emplearon resúmenes estadísticos con medidas de tendencia central y de dispersión. El análisis se realizó con el software R (versión 1.4.1106) como se describe a continuación.

Influencia de factores ambientales sobre las variables productivas: Se usaron gráficos para estudiar la influencia de diversos factores no genéticos sobre las variables de estudio, además se calcularon y compararon las medias de los niveles para cada factor. Se analizó cada característica (PN, PD Y GDP) mediante un análisis univariado (modelo lineal de efectos fijos) asumiendo distribución normal. El ANOVA incluyó los factores de rebaño (R), sexo (S), número de corderos por parto (NCPP), año (A) y mes de nacimiento (M), fecha de pesada (FD) y la edad de la madre (EM). Para el PN el modelo fue: $PN = R + S + NCPP + A + M + EM$; el modelo para PD fue: $PD = R + S + NCPP + A + M + FD + EM$; y para la GDP el modelo fue: $GDP = R + S + A + M + EM$. La influencia del factor se determinó comparando el F calculado contra el F de tablas con un $\alpha = 0.05$.

La base de datos analizada pertenece a la UNO y contiene un total de 92,965 registros del periodo de 1993 al 2020, en el que se encuentran representados un total de 535 rebaños. Para describir las variables cuantitativas de PN, PD y GDP, se emplearon resúmenes estadísticos con medidas de tendencia central y de dispersión. El análisis se realizó con el software R (versión 1.4.1106) como se describe a continuación.

Influencia de factores ambientales sobre las variables productivas: Se usaron gráficos para estudiar la influencia de diversos factores no genéticos sobre las variables de estudio, además se calcularon y compararon

las medias de los niveles para cada factor. Se analizó cada característica (PN, PD Y GDP) mediante un análisis univariado (modelo lineal de efectos fijos) asumiendo distribución normal. El ANOVA incluyó los factores de rebaño (R), sexo (S), número de corderos por parto (NCPP), año (A) y mes de nacimiento (M), fecha de pesada (FD) y la edad de la madre (EM). Para el PN el modelo fue: $PN = R + S + NCPP + A + M + EM$; el modelo para PD fue: $PD = R + S + NCPP + A + M + FD + EM$; y para la GDP el modelo fue: $GDP = R + S + A + M + EM$. La influencia del factor se determinó comparando el F calculado contra el F de tablas con un $\alpha = 0.05$.

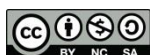
Influencia del tamaño de los grupos contemporáneos sobre la exactitud de los valores genéticos: Para este análisis se utilizaron los datos de PD ya que es una de las características más importantes entre las evaluadas. Se generaron los GC con al menos 1 (GC1) o 6 (GC6) animales para PD, en los GC6 se consideraron solo GC con al menos dos sementales. Los GC para PD estuvieron conformados por el rebaño, sexo, año y mes de nacimiento, y fecha de pesada. Para realizar la evaluación genética y calcular los VG con cada conjunto de datos (GC1 y GC6), se utilizó el programa WOMBAT (Versión 2020), y un modelo univariado con los siguientes efectos: el animal y la madre como efecto aleatorio, el número de corderos por parto y el GC como efectos fijos, y la edad de la madre como covariable lineal y cuadrática. Para evaluar la influencia del tamaño de los GC sobre los VG se calculó el promedio de la exactitud de los VG de los sementales con un número de crías desde 10 hasta 100. Se comparó la media de la exactitud de cada evaluación mediante una prueba *t* de *student* para evaluar si había diferencias estadísticas ($P < 0.05$). Además, se comparó el orden de los sementales de cada evaluación mediante la correlación de Spearman. La comparación anterior se repitió exclusivamente para los sementales comunes (sc) en cada evaluación.

Resultados y Discusión

Se observó que el número de registros productivos de la raza Katahdin varía a través de los años, siendo el periodo 1993 a 1998 el que presenta menor cantidad de registros $n = 452$ (0.51 %), y el periodo de 2005 al 2019 el de mayor número de observaciones $n = 73,476$ (83.15 %). En total, la base de datos contiene información de 32,637 machos y 60,328 hembras. El número de animales por rebaño varía de 1 a 4,983 con una mediana 35. La figura 1 muestra la distribución de cada variable productiva en cada uno de los niveles de los factores analizados.

Peso al nacimiento: La variable de PN presentó una

media de 3.98 ± 1.03 kg, el valor mínimo fue de 1 kg y el máximo de 7.1 kg. El ANOVA mostró la influencia significativa ($P < 0.001$) de los factores de sexo, rebaño, número de corderos por parto, año y mes de nacimiento, así como de la edad de la madre. Los machos pesaron en promedio 4.232 ± 1.04 kg, mientras que las hembras alcanzaron un promedio de 3.842 ± 1 kg. Este dimorfismo sexual está bien reportado en ovinos (Ramírez-Tello et al., 2013; Vélez, 2020). Al analizar la distribución del PN a través del tiempo se observaron diferencias entre los años de nacimiento (Figura 1 B). El rebaño con el PN más bajo presentó un promedio de 1.550 ± 0.07 kg, mientras que el



de mayor PN tuvo un peso promedio de 5.265 ± 0.72 kg. Esta diferencia en el PN por rebaño se pudiera explicar debido a las condiciones medioambientales y de manejo particulares para cada rebaño. El promedio del PN para corderos nacidos de madres de primer parto fue menor en comparación a madres de dos años o más. Los promedios del PN para las clases de un año y de dos a once años de edad de la madre es de 3.69 y 4.11 kg respectivamente. La media para PN respecto a partos simples fue de 4.38 ± 1.11 kg, de 3.84 ± 0.93 kg para partos gemelares y de 3.4 ± 0.87 kg para trillizos, lo cual muestra una disminución del PN conforme aumenta el número de crías.

Peso al destete ajustado a 75 días: La variable de PD presentó una media de 22.27 ± 5.05 kg, el valor mínimo fue de 7.12 kg y el máximo de 37.98 kg. Al igual que en el PN, el ANOVA mostró la influencia significativa ($P < 0.001$) de los factores de sexo, rebaño, número de corderos por parto, año y mes de nacimiento, además de la fecha de pesada. Se observó que el peso promedio para machos y hembras al destete fue de 23.701 ± 5.22 kg y 21.666 ± 4.8 kg, respectivamente. De acuerdo con el gráfico de cajas (Figura 1 G) se observó variación en el PD a través de los años. El rebaño que dio animales con el menor PD presentó un promedio de 11.2 kg, mientras que el de mayor PD presentó un promedio de 33.7 kg. Al

igual que en el PN, las madres de temprana edad suelen destetar animales más livianos, por ejemplo, las de primer parto destetan animales con un PD promedio de 21.77 kg. El PD presentó un promedio mayor cuando los partos son simples (23.48 ± 5.38 kg) y disminuye conforme aumenta el número de crías (partos gemelares 22.04 ± 4.83 kg y trillizos 21.2 ± 4.75 kg). Esto se debe, en parte, a que las crías compiten por la leche de la madre la cual influye en el desarrollo de las crías.

Ganancia diaria posdestete: La variable de GDP presentó una media de 233.1 ± 77.18 gr, el valor mínimo fue de 6.1 gr y el máximo de 477.3 gr. El ANOVA mostró la influencia significativa ($P < 0.001$) de los factores de sexo, rebaño, número de corderos por parto, año y mes de nacimiento. Los machos obtuvieron ganancias diarias de 260.96 ± 75.46 gr, mientras que las hembras de 214.42 ± 72.56 gr. En los datos se observó variación en la GDP a través de los años de nacimiento (Figura 1 L). El año con la menor GDP fue el 2011 con un promedio de 204.83 gr, mientras que el año 2019 presentó la mayor GDP con un promedio de 250.96 gr. El rebaño que dio animales con la menor GDP presentó un promedio de 28.235 gr, mientras que el de mayor promedio tuvo 359.026 gr. El análisis gráfico de la GDP mostró una nula influencia de la edad de la madre y del número de corderos por parto (Figura 1 N y Ñ).

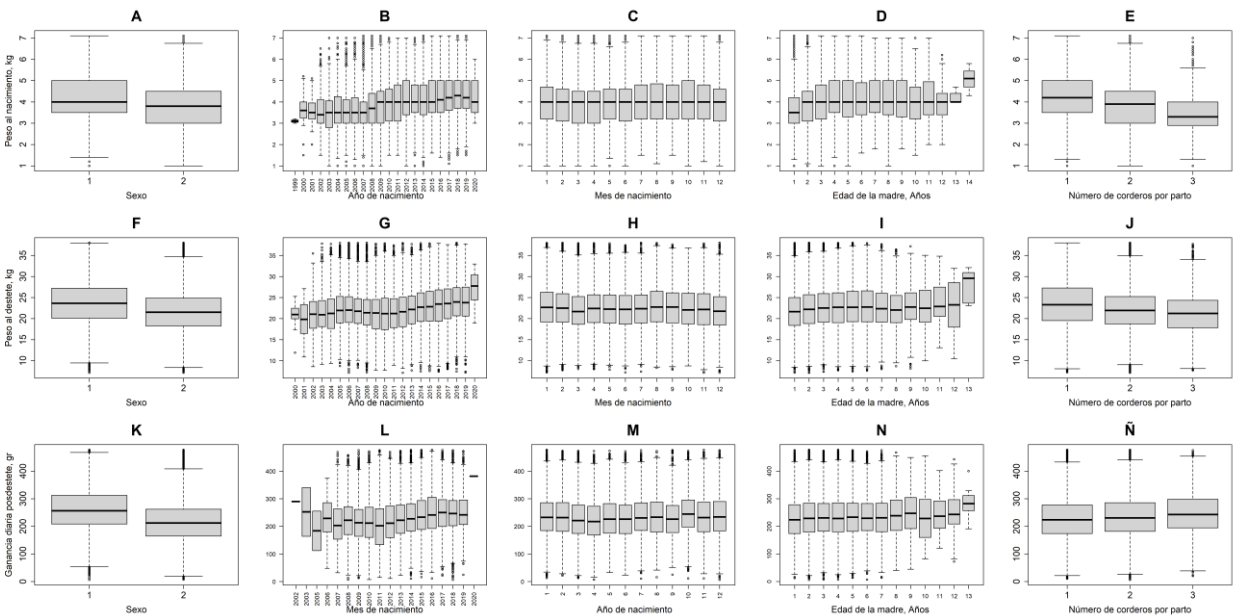


Figura 1. Gráficos de cajas de efectos ambientales que influyen sobre características productivas de ovinos Katahdin. A-E: factores que influyen en el peso al nacimiento, F-J factores que influyen en el peso al destete, K-M: factores que influyen sobre la ganancia diaria posdestete. En A, F y K, 1: machos, 2: hembras.



Comparación de grupos contemporáneos (GC): Al crear GC con un tamaño mínimo ($n=6$) que incluyera al menos 2 sementales por grupo, se encontró que disminuía el número de observaciones, de grupos y de rebaños representados. Ya en la evaluación genética y considerando las predicciones de toda la población, la exactitud promedio de los VG obtenida con GC de 1 y 6 animales fue similar (\bar{x} GC1= 0.43, \bar{x} GC6= 0.37), incluso estos valores se aproximan al reportado por la UNO en el 2015. Considerando únicamente los reproductores que cuentan con 10 y hasta 100 crías, se encontró que, en la mayoría de los escenarios, la media de la exactitud de los VG fue estadísticamente igual ($P<0.05$). Al comparar la exactitud de las predicciones de exactamente los mismos reproductores en ambas evaluaciones genéticas, se observó un ligero incremento (de aproximadamente 0.04 unidades) en la exactitud de los VG al utilizar GC incluyendo menos de 6 registros. Sin embargo, al comparar los VG de ambas evaluaciones se obtuvo una alta correlación (r promedio= 0.89), lo que indica que el orden de los animales es similar, es decir, los

animales con predicciones altas en la evaluación con GC1 también tienen valores altos en la evaluación con GC6, y viceversa. Se esperaba que la evaluación genética con GC6 presentara una mayor exactitud de los VG, al menos en los sementales con mayor número de crías como lo reporta Ramírez-Valverde *et al.* (2008), quien encontró que GC con al menos 7 animales generaba exactitudes más altas en comparación a GC de 3 y 10 animales. Sin embargo, resultados similares al de este trabajo se han reportado en ovinos. McHugh *et al.* (2017) reportan que las evaluaciones genéticas utilizando GC sin ningún criterio de restricción (o de filtro) generaba mayor exactitud de los VG en ovinos multirraciales. Los resultados obtenidos de este análisis pudieron estar influenciados por el hecho de que los GC de 6 animales están incluidos dentro de los GC con 1 o más animales. Por otro lado, se sabe que la exactitud de los VG está influida principalmente por el número de registros de los parientes de cada animal, así como por el grado de parentesco.

Cuadro 1: Comparación del promedio de la exactitud de los valores genéticos de peso al destete utilizando grupos contemporáneos con uno o seis animales en la evaluación genética.

Crías	GC1			GC1 _{sc}			GC6			r
	n	\bar{x}	sd	n	\bar{x}	sd	n	\bar{x}	sd	
10	821	0.58	0.10	381	0.63	0.08	381	0.60	0.08	0.92
20	558	0.61	0.10	279	0.65	0.08	279	0.61	0.09	0.92
30	399	0.63	0.10	208	0.66	0.08	208	0.62	0.09	0.91
40	310	0.65	0.10	160	0.68	0.09	160	0.63	0.10	0.89
50	241	0.66	0.10	125	0.69	0.09	125	0.65	0.10	0.88
60	173	0.68	0.10	95	0.70	0.09	95	0.66	0.10	0.88
70	132	0.69	0.10	71	0.72	0.09	71	0.68	0.10	0.86
80	107	0.69	0.11	56	0.73	0.09	56	0.69	0.10	0.87
90	80	0.70	0.11	40	0.75	0.09	40	0.71	0.11	0.89
100	64	0.71	0.12	31	0.77	0.09	31	0.74	0.10	0.89

GC1: grupos contemporáneos con al menos un animal; GC6: grupos contemporáneos con al menos seis animales; GC1_{sc}: GC1 con sementales comunes con GC6; n: número de sementales evaluados; Crías: número de crías; \bar{x} : media de las exactitudes; sd: desviación estándar de las exactitudes; r: correlación de Spearman entre valores genéticos.

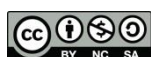
Conclusiones

Las variables cuantitativas de pesos corporales presentaron distribución aproximadamente normal, presentando correlación positiva de baja a moderada, y estuvieron influidas por factores ambientales como el sexo, año y mes de nacimiento, rebaño, número de corderos por parto, semental y edad de la madre. La evaluación genética de

ovinos de la raza Katahdin utilizando GC con 6 registros no mostró una mayor exactitud de los VG en comparación al uso GC con solo 1 o más registros. Sin embargo, se recomienda utilizar GC con suficientes registros que permitan controlar o remover parte de los efectos ambientales en una evaluación genética.

Agradecimientos

Unión Nacional de Ovinocultores por los datos proporcionados.



Literatura Citada

- Domínguez-Viveros J., F.A. Rodríguez-Almeida, A. Medellín-Cázares & J.P. Gutiérrez-García 2020. Análisis del pedigrí en diez poblaciones mexicanas de ovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1,071-1,082. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242020000401071&script=sci_arttext
- Larios L. 2020. Impacto de las evaluaciones genéticas en México [Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. México]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/58107de4-dc0d-47e0-86eb-4192d16efe9c>
- Lupi T.M, Nogales S., León J.M., Barba C. & Delgado J.V. 2016. Analysis of the Non-Genetic Factors Affecting the Growth of Segureño Sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 14. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4081/ijas.2015.3683>
- Manzanilla-Pecha C.I., J.A. Torres-Vázquez, A. Borrayo-Zepeda, A. Ríos-Utrera, J.J. Baeza-Rodríguez, G. Martínez-Velázquez, V.E. Vega-Murillo & M. Montaña-Bermúdez 2012. Estimación de parámetros genéticos para características de crecimiento en borregos Katahdin usando diferentes modelos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(4), 487-499. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artext&pid=S2007-11242012000400007
- McHugh N., T. Pabiou, E. Muro, K. McDermott. & D.P. Baya 2017. Impacto de definiciones alternativas de grupos contemporáneos en evaluaciones genéticas de rasgos registrados en el parto. *Journal of Animal Science* 95(5), 1,926–1,938. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1344>
- Ramírez-Tello J.A., G. Torres-Hernández, Lino de la Cruz-Colín, M.A. Ochoa-Cordero & J. Suárez-Espinosa 2013. Evaluación de factores ambientales que influyen en características de crecimiento del nacimiento al destete de corderos Hampshire. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1), 117-125. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artext&pid=S2007-11242013000100010
- Ramírez-Valverde R., R. Núñez-Domínguez, A. Ruíz-Flores, J.G. García-Muñiz & F. Magaña-Valencia. 2008. Comparación de definiciones de grupos contemporáneos en la evaluación genética de bovinos Suizo Europeo. *Técnica Pecuaria en México*, 46(4), 359-370. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61346402>
- UNO 2015. Evaluaciones genéticas en ovino. Uno. <https://docplayer.es/83781246-Evaluaciones-geneticas-en-ovinos-catalogo-de-sementales-de-alto-valor-genetico-2014.html>
- Vélez. (2020). Evaluación de los parámetros productivos y reproductivos en ovinos de la raza Katahdin y Dorset en el suroeste de Antioquia. [Tesis de licenciatura. Universidad Católica de Oriente. Rionegro. Antioquia. Colombia]. <https://repositorio.uco.edu.co/bitstream/handle/20.500.13064/506/Trabajo%20de%20grado%20Elizabeth%20Velez%20Suarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>