



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Premio de la Academia de Ciencias de Cuba, 2019

Estrategias de selección para la mejora genética de las razas Siboney de Cuba y Mambí de Cuba

Arelis Hernández Rodríguez^{1*} <http://orcid.org/0000-0001-5123-5123>

Raquel Elena Ponce de León Sentí¹ <http://orcid.org/0000-0001-8632-7036>

Simón González Prieto² <http://orcid.org/0000-0002-6373-439X>

Alma Fernández Naranjo³ <http://orcid.org/0000-0003-0785-2639>

Niurka Prada Gutiérrez³ <http://orcid.org/0000-0002-8961-8629>

Ramiro Ramírez Vázquez² <http://orcid.org/0000-0003-2378-842X>

¹ Instituto de Ciencia Animal (ICA). Mayabeque, Cuba

² Empresa Pecuaria Genética Camilo Cienfuegos, Cuba

³ Dirección de Genética (DG), Cuba

*Autor para la correspondencia: arelishdez@ica.co.cu.

Palabras clave

bovinos lecheros; evaluación genética; índices de selección; análisis de componentes principales

RESUMEN

Introducción: La evaluación genética de las razas bovinas Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Cebú) y Mambí de Cuba (3/4 Holstein 1/4 Cebú) se realiza considerando la producción lechera mediante un modelo animal unicarácter, para cada raza independientemente. Objetivo: caracterizar los rebaños Siboney de Cuba y Mambí de Cuba, evaluar alternativas de selección combinando varios rasgos, y metodologías para realizar las evaluaciones genéticas con mayor precisión. **Métodos:** Mediante un modelo unicarácter se realizó la evaluación multirracial y en otro la existencia de interacción genotipo ambiente (IGA). Se estimaron las heredabilidades, repetibilidades y valores genéticos (VG) mediante un modelo unicarácter para producción de leche acumulada hasta 305 días (L305), leche total acumulada por vida (LTV), duración de la lactancia (DL), edad al primer parto (EP1), intervalo parto primer servicio (IPS), intervalo parto gestación (IPG), intervalo entre partos (IPP), vida productiva (VP) y el número de partos por vida (NP). Se estimaron las correlaciones genéticas mediante un modelo multicarácter para estos rasgos y se construyeron índices de selección a partir de los VG en 6 425 vacas Siboney de Cuba y 5 445 Mambí de Cuba, mediante el análisis de componentes principales. **Resultados:** Las heredabilidades y exactitud de los VG fueron superiores en la evaluación multirracial. En conclusión, en el Mambí de Cuba es más eficiente utilizar un índice que considere como criterios de selección L305, DL y LTV; mientras que en el Siboney de Cuba debe incluir LTV, EP1 e IPG.

Selection strategies for the genetic improvement of the Siboney de Cuba and Mambí de Cuba breeds

ABSTRACT

Key words

dairy cattle; genetic evaluation; selection index; principal component analysis

Introduction: The genetic evaluation of the Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Zebu) and Mambí de Cuba (3/4 Holstein 1/4 Zebu) bovine breeds is performed considering milk production using a single-character animal model for each breed independently. Objective. It was proposed to characterize the Siboney de Cuba and Mambí de Cuba herds, evaluate selection alternatives combining various traits, and methodologies to carry out genetic evaluations with greater precision. **Methods:** The multiracial evaluation was carried out using a single-character model and the existence of environment genotype interaction (IGA) in another. Heritability, repeatability and genetic values (GV) were estimated using a single-character model for milk production accumulated up to 305 days (L305), total milk accumulated for life (LTV), duration of lactation (DL), age at first calving (EP1), first service calving interval (IPS), gestation calving interval (IPG), calving interval (IPP), productive life (VP) and the number of births per life (NP). Genetic correlations were estimated using a multi-character model for these traits and selection indices were constructed from the GV in 6,425 Siboney cows from Cuba and 5,445 Mambí from Cuba, by means of the analysis of principal components. **Results:** The heritability and accuracy of the VG were higher in the multiracial evaluation. **Conclusions:** In the case of the Mambí de Cuba, it is more efficient to use an index that considers L305, DL and LTV as selection criteria; while in the Siboney de Cuba it must include LTV, EP1 and IPG.

INTRODUCCIÓN

Las razas bovinas Siboney de Cuba (5/8 Holstein 3/8 Cebú) y Mambí de Cuba (3/4 Holstein 1/4 Cebú), creadas a partir del cruzamiento, son utilizadas para la producción lechera tanto en rebaños genéticos, como en comerciales. Actualmente la evaluación genética de las mismas se realiza considerando solamente la producción de leche acumulada a los 305 días de lactancia (L305) mediante la metodología del BLUP Modelo Animal,⁽¹⁾ utilizando un modelo unicarácter, y se realiza la misma para cada raza de manera independiente. Sin embargo, para la evaluación genética de los reproductores mundialmente se utilizan modelos de mayor precisión como los multicaracteres o se aplican índices combinados a partir de más de un rasgo; así como los modelos multirraciales en el caso de poblaciones compuestas de animales puros y cruzados que estén conectados.

Es por ello que se condujeron investigaciones con el objetivo de caracterizar los rebaños Siboney de Cuba y Mambí de Cuba, evaluar alternativas de selección combinando varios rasgos, proponer criterios de selección que permitan optimizar el mérito global de las razas Siboney de Cuba y Mambí de Cuba, así como metodologías para realizar las evaluaciones genéticas con mayor precisión.

Para cumplir los objetivos propuestos se desarrollaron tres investigaciones: La caracterización de los rebaños leche-

ros bajo estudio; la estimación de los parámetros genéticos y valores genéticos para los diferentes rasgos; y la evaluación de alternativas de selección combinando diferentes rasgos y propuesta de criterios de selección considerando la optimización del mérito global de las razas.

MÉTODOS

Para la caracterización de los rebaños lecheros se realizaron dos estudios, el primero con el objetivo de evaluar los factores genéticos y ambientales que influyeron en la producción de leche y la reproducción de 7 089 vacas Mambí de Cuba (19 643 lactancias) y 6 181 vacas Siboney de Cuba (15 925 lactancias), en el período transcurrido entre los años 1987 al 2012, donde se evaluaron 6 rasgos: Producción de leche acumulada hasta 305 días (L305), duración de la lactancia (DL), producción de leche por día (LPD), intervalo parto gestación (IPG), intervalo entre partos (IPP) y producción de leche por día de intervalo entre partos (LIPP). Se aplicó un modelo lineal mixto usando el procedimiento MIXED del SAS⁽²⁾ versión 9.3, que incluyó los efectos fijos de grupo genético, rebaño, número de lactancia, año, época de parto, las interacciones grupo genético x número de lactancia, grupo genético x año de parto y grupo genético x época de parto; como efectos aleatorios incluyó la vaca anidada dentro de rebaño y el error.

El segundo estudio se propuso evaluar los factores genéticos y ambientales que influyeron en la producción de leche, la reproducción y la longevidad de 20 769 vacas Siboney de Cuba (51 911 lactancias), 16 128 Mambí de Cuba (50 022 lactancias) y 26 169 Holstein (29 725 lactancias), durante los años de parto de 1987 al 2016. Se realizó la caracterización zootécnica de 9 rasgos: Leche total acumulada por vida (LTV), L305, DL, IPG, IPP, edad al primer parto (EP1), intervalo parto primer servicio (IPS), vida productiva (VP) y el número de partos por vida (NP). Se aplicó un modelo lineal mixto usando el procedimiento MIXED del SAS.⁽²⁾

Para la estimación de los parámetros genéticos y valores genéticos para los diferentes rasgos se utilizaron varios estudios. En un primer estudio se utilizaron 25 036 registros de L305 (13 495 primera lactancia (L1), 6067 de la segunda (L2), 3445 de la tercera (L3) y 2 029 de la cuarta (L4), respectivamente) de 13 495 vacas Mambí de Cuba, que parieron entre los años 1981-2006. Se estimaron las heredabilidades y correlaciones genéticas entre las cuatro primeras lactancias (L1-L4) y los componentes de (co)varianza y parámetros genéticos mediante el programa REMLF90⁽³⁾ empleando un modelo animal multicarácter que incluyó como efecto fijo el grupo de contemporáneos (rebaño-año-cuatrimestre de parto), la edad al parto como covariable lineal y cuadrática, y como efectos aleatorios el animal y el error.

En un segundo estudio se analizó la variable L305 mediante un modelo unicarácter, pero incluyendo diferentes efectos. En el primero se incorporó el efecto fijo de la raza para evaluar la factibilidad de realizar la evaluación genética de las tres razas (Mambí de Cuba, Siboney de Cuba y Holstein) de conjunto (evaluación multirracial) y en el segundo se evaluó la posible existencia de interacción genotipo ambiente (IGA).

Para la evaluación genética multirracial se utilizó una muestra de 130 111 lactancias (52 511 de la raza Holstein, 35 725 del Mambí de Cuba y 41 875 del Siboney de Cuba) provenientes de 61 471 vacas (31 797 Holstein, 12 496 Mambí de Cuba y 17 178 del Siboney de Cuba). Se empleó un conjunto de los datos con la información de las tres razas juntas y otros conjuntos con la información de cada una de las razas de manera independiente. Se estimaron las heredabilidades (h^2), repetibilidades (r) y valores genéticos mediante el programa ASREML⁽⁴⁾ utilizando un modelo animal unicarácter que consideró los efectos fijos de la raza, el grupo de contemporáneos y la edad al parto como covariable lineal y cuadrática, y los efectos aleatorios del animal y el ambiente permanente de la vaca. Para el análisis de cada una de las razas de manera independiente se utilizó un modelo similar, sin considerar el efecto fijo de la raza. El fichero de pedigrí estuvo conformado por 153 963 individuos.

Para determinar la posible existencia de IGA en la producción de leche se utilizaron los registros de L305 de 40 042 lactancias provenientes de 15 260 vacas Mambí de Cuba, durante los años 1981 a 2006. Los datos se dividieron en dos muestras, la primera con 27 573 lactancias (12 011 vacas) que correspondieron a los años de parto de 1981 a 1990, donde los niveles de producción se consideraron normales (P1). La segunda muestra presentó 12 469 lactancias (7495 vacas) de los años de parto 1991 al 2006, donde los niveles de producción se consideraron bajos (P2). Se estimaron los componentes de varianza, heredabilidades (h^2), repetibilidades (r) y valores genéticos en cada nivel de producción (P1, P2) y en el conjunto de los datos (P3) mediante el programa ASREML⁽⁴⁾ utilizando un modelo animal unicarácter que consideró el efecto fijo del grupo de contemporáneos y la edad al parto como covariable lineal y cuadrática, y los efectos aleatorios del animal y el ambiente permanente de la vaca. El fichero de pedigrí estuvo conformado por un total de 47 284 individuos. Se empleó el procedimiento Proc Corr del paquete estadístico SAS⁽²⁾, para determinar las correlaciones de Pearson entre los VG de los 93 sementales representados en ambos niveles de producción (P1 y P2); así como aquellas correlaciones entre cada nivel de producción con el conjunto de los datos (P3).

En otro trabajo se estimaron los parámetros genéticos y valores genéticos (VG) mediante un modelo unicarácter para rasgos de producción lechera, reproducción y longevidad en vacas Siboney de Cuba (con partos de los años 1984 al 2016) y Mambí de Cuba (con partos de los años 1986 al 2016). También se exploraron las relaciones entre los VG estimados mediante las correlaciones Pearson. Esto permitió evaluar la posible incorporación de rasgos reproductivos y de longevidad a los programas de selección del ganado lechero en Cuba. Se utilizaron 10 rasgos: L305, DL, EP1, IPS, IPG, IPP, LTV, VP, NP y la producción de leche en primera lactancia (L1). Se unieron los VG estimados para cada uno de los rasgos dejando solo aquellas vacas que tuvieron información de los VG para todos los rasgos estudiados. El fichero final presentó un total de 5445 vacas Mambí de Cuba y 6 425 vacas Siboney de Cuba.

Para evaluar diferentes alternativas de selección se estimaron las correlaciones genéticas mediante un modelo animal multicarácter para rasgos de producción, reproducción y longevidad, y se construyeron índices de selección mediante el uso del análisis de componentes principales (CP). Se utilizaron los estimados de parámetros genéticos y de los VG (VGL305, VGDL, VGEp1, VGIPG, VGLTV y VGVP) del estudio anterior. El análisis de componentes principales se realizó mediante el paquete estadístico SPSS⁽⁵⁾ versión 11.5. Los coeficientes de puntuación estandarizados de cada VG en cada componente principal se obtuvieron utilizando la siguiente

formula: $SSC_{ij} = \frac{\text{vector propio}_{ij}}{\sqrt{\text{valor propio}_j}}$, donde SSC_{ij} = coeficientes de puntuación estandarizados de los VG de cada rasgo en el j-ésimo componente principal.

La puntuación del componente principal (índice) se calculó como: $CP_{jl} = \sum SSC_{ij} VG_{il}$, donde CP_{jl} = puntuación del componente principal (puntuación del índice) para el l-ésimo animal en el j-ésimo componente principal, SSC_{ij} = coeficientes de puntuación estandarizados de los VG del i-ésimo rasgo en el j-ésimo componente principal, y VG_{il} = valor genético estimado estandarizado del i-ésimo rasgo en el l-ésimo animal.

El último estudio se propuso determinar la respuesta esperada al índice de selección y a la selección individual; así como proponer criterios de selección para optimizar el mérito global de las razas Mambí de Cuba y Siboney de Cuba. Para ello se utilizó el software MTINDEX.⁽⁶⁾ El objetivo fue identificar las mayores respuestas genéticas para los rasgos incluidos, considerando el énfasis o ponderación (coeficientes de puntuación estandarizados [SSC]) obtenido del análisis de componentes principales, dado que no se contaba con los datos precisos de los pesos económicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los rebaños lecheros bajo estudio

En el primer estudio⁽⁷⁾ se apreció que las vacas Mambí de Cuba y Siboney de Cuba mostraron un similar comportamiento reproductivo y duración de la lactancia; sin embargo, las producciones lecheras fueron superiores en el Mambí de Cuba en 84,43 kg, 0,29 kg/día y 0,69 kg/día para L305, LPD y LIPP, respectivamente.

En el segundo estudio⁽⁸⁾ se apreciaron mayores L305 en el Mambí de Cuba y el Holstein; sin embargo, el Mambí de Cuba presentó mayores LTV superando en 1299,13 kg al Siboney de Cuba y en 1516,1 kg al Holstein. El Mambí de Cuba y el Holstein presentaron similar comportamiento reproductivo. No obstante, el Siboney de Cuba mostró un mejor comportamiento con menor edad al primer parto y menores intervalos reproductivos. El Mambí de Cuba también tuvo una mayor VP superando en 3,36 meses de duración al Siboney de Cuba y en 11,46 meses al Holstein.

Los resultados del presente trabajo evidenciaron que los grupos genéticos con mayor potencial lechero (en este caso el Holstein y el Mambí de Cuba) ven comprometido su comportamiento reproductivo. En correspondencia, varios autores establecen antagonismo entre la producción láctea y la reproducción, especialmente al inicio de la lactancia, donde existe una mayor demanda por los nutrientes.⁽⁹⁾

Los resultados alcanzados^(7,8) constituyen los primeros estudios de comparaciones raciales bajo condiciones de producción. Estos permitieron monitorear el comportamiento de las razas Siboney de Cuba y Mambí de Cuba desde los inicios de su formación hasta la actualidad, en diferentes condiciones ambientales; así como evaluar sus potencialidades respecto a la raza Holstein.

Estimación de los parámetros genéticos y valores genéticos para los diferentes rasgos

Los promedios para L1 hasta L4 fueron de: 1957 kg, 2086 kg, 2099 kg y 2106 kg, y las heredabilidades fueron: 0,22 ±0,03; 0,17 ±0,04; 0,22 ±0,05 y 0,26 ±0,06, respectivamente. Las correlaciones genéticas fueron altas con valores entre 0,76 y 0,95. Estos resultados⁽¹⁰⁾ permitieron concluir que la producción lechera en la primera lactancia es un buen indicador del comportamiento productivo, que puede ser utilizada como criterio de selección.

En la evaluación genética multirracial las heredabilidades y repetibilidades fueron: 0,31 ± 0,01 y 0,40 ±0,01, y para las evaluaciones raciales independientes del Mambí de Cuba, Siboney de Cuba y Holstein fueron de 0,18 ±0,05 y 0,41 ±0,02, 0,14 ±0,05 y 0,41 ±0,02, 0,12 ±0,01 y 0,25 ±0,01, respectivamente. En la evaluación genética multirracial se incrementó el estimado de heredabilidad y la exactitud de los VG para la producción de leche de las tres razas estudiadas con respecto a las evaluaciones de cada raza independiente, debido fundamentalmente a la mayor cantidad de información y mayor conectividad entre las razas, que contribuye a disminuir la varianza ambiental. Estos resultados constituyen las primeras evaluaciones genéticas multirraciales realizadas en Cuba.⁽¹¹⁾ Las mismas permitirán evaluar simultáneamente los animales de diferentes razas y cruzamientos garantizando una mayor exactitud de los valores genéticos; evaluar los animales de otros cruces (½ Holstein ½ Cebú, 5/8 Holstein 3/8 Cebú, 3/4 Holstein ¼ Cebú, 7/8 Holstein 1/8 Cebú, 5/8 Holstein 3/8 Criolla) existentes en los rebaños genéticos que no podían ser evaluados con el modelo unirracial, y un ahorro del tiempo requerido para evaluar los animales. Se incorporó esta propuesta de evaluación en el nuevo Programa de Mejora Genética de las razas lecheras cubanas, año 2018.

El estudio de la posible existencia de IGA en la producción de leche del Mambí de Cuba⁽¹²⁾ mostró heredabilidades y repetibilidades de 0,227 ±0,029 y 0,473 ±0,008, 0,059 ±0,015 y 0,266 ±0,014, en los niveles P1 y P2, respectivamente. La correlación entre los VG de los sementales en los niveles P1 y P2 fue de 0,66 constatándose el efecto de la interacción genotipo ambiente por lo que se concluye que el uso de sementales

Mambí de Cuba debe hacerse considerando las condiciones ambientales existentes. Estos resultados no se habían reportado con anterioridad en dicha raza.

Los estimados de los parámetros genéticos en rasgos de producción lechera y longevidad en vacas Mambí de Cuba⁽¹³⁾ y Siboney de Cuba se emplearon para desarrollar la tercera investigación y la metodología de trabajo fue expuesta por Hernández.⁽¹⁴⁾ De los diez rasgos estudiados, en el Mambí de Cuba los que presentaron mayores estimados de heredabilidad fueron L305 ($0,19 \pm 0,01$, EP1 ($0,42 \pm 0,03$) e IPG ($0,13 \pm 0,01$, por lo que se espera obtener mayores mejoras en el rebaño, para estos rasgos, si se incluyeran en un programa de selección. En el Siboney de Cuba se espera obtener mayores mejoras para los rasgos L305 ($0,16 \pm 0,01$) y EP1 ($0,44 \pm 0,03$), dado que fueron los que presentaron mayores estimados de heredabilidad. En el Mambí de Cuba el VGL305 presentó una alta correlación con VGL1 y VGDL, una correlación media con VGLTV, mientras que con el resto de los rasgos fueron bajas. En el Siboney de Cuba el comportamiento fue parecido pues VGL305 mostró una alta correlación con VGDL, una correlación media con VGLTV y VGL1, y bajas correlaciones con el resto de los rasgos. Por lo tanto, la selección aplicada para incrementar la L305 en ambos rebaños, también garantiza lactancias más largas y en cierta medida mayores producciones lecheras de por vida; sin embargo, no tiene ninguna implicación en el comportamiento reproductivo, ni en la longevidad. En ambas razas se apreció una alta correlación entre VGIPG y el VGIPP lo cual implica que la selección genética por uno de estos rasgos va a tender a favorecer al otro.

Evaluación de alternativas de selección y propuesta de criterios de selección considerando la optimización del mérito global de las razas

Las correlaciones genéticas entre L305, LTV y DL en el Mambí de Cuba fueron moderadas ($0,33$ a $0,46$), entre EP1 y VP de $-0,56$, y de IPG con los otros rasgos fueron bajas ($0,12$ a $0,26$). Mientras que, en el Siboney de Cuba la correlación genética entre L305 y DL fue de $0,36$, entre EP1, IPG y LTV de $0,36$, $-0,42$ y $-0,36$, y de VP con los otros rasgos fueron bajas ($-0,24$ a $0,11$).

Los resultados del análisis de componentes principales mostraron que en el Mambí de Cuba el 69,6 % de la varianza total de los VG fue explicada por los CP1-3. Los CP permitieron seleccionar por los CP1 y CP3, en lugar de seis VG. En el Siboney de Cuba el 70,8 % de la varianza total de los VG fue explicada por los CP1-3. Los CP permitieron seleccionar por los CP1 y CP2. Se concluyó que en bovinos Mambí de Cuba y Siboney de Cuba es posible construir IS basados en

los CP1-3. En el Mambí de Cuba los VGL305, VGLTV y VGDL mostraron apreciable variación genética, por lo que podrían ser considerados en un programa de selección (CP1); otro IS incluiría los VGEP1 y VGVP (CP3), y el IPG podría mejorarse independientemente utilizando su VG. Por su parte, en el Siboney de Cuba la selección para VGL305 y VGDL podría realizarse mediante el índice CP1, otro IS (CP2) consideraría los VGIPG, VGEP1 y VGLTV; mientras que la VP podría mejorarse independientemente de los otros rasgos utilizando su VG. Los resultados descritos con anterioridad^(15,16) constituyen los primeros índices desarrollados en Cuba mediante el análisis de componentes principales para la selección multicarácter en vacas Mambí de Cuba y Siboney de Cuba, cuya metodología⁽¹⁷⁾ puede ser utilizada en otras razas e incluso en otras especies.

La mayor respuesta al índice de selección en el Mambí de Cuba se observó para el objetivo genético (OG1), donde de los tres rasgos incluidos (L305, DL y LTV) la mayor respuesta individual la presentó LTV. Mientras que en el Siboney de Cuba el OG2 presentó una mayor respuesta al índice. De los rasgos incluidos en este objetivo genético (LTV, EP1 e IPG) el de mayor respuesta individual fue LTV, y los otros dos rasgos presentaron una respuesta individual negativa.

Conclusiones

Se concluyó que las diferencias entre las dos razas estudiadas en las respuestas al índice, así como en las respuestas individuales a los rasgos incluidos en los índices, mostraron la importancia de implementar índices de selección diferentes para cada raza. Así, en el Mambí de Cuba, es más eficiente utilizar un índice que considere como criterios de selección los rasgos L305, DL y LTV, mientras que en el Siboney de Cuba lo es para los rasgos LTV, EP1 e IPG.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Henderson C. Best Linear Unbiased Estimation and Prediction under a Selection Model. *Biom.* 1975;31(2):423-447.
2. SAS. User's guide: Statistics. v.w. 9.3. De SAS Institute. INC, Cary, N.C.: USA; 2013.
3. Misztal I. REMLF90 Manual. 1999. Disponible en: <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>.
4. Gilmour AR, Gogel BJ, Cullis BR, Welham SJ, Thompson R. ASREML. User Guide Release 1.10. 2003.
5. SPSS. Inc. User's Guide. SPSS Inc.: Chicago; 2002.
6. Van der Werf J. MTINDEX program. 2007. Disponible en: <http://www-personal.une.edu.au/~jvanderw/software.htm>.
7. Hernández A, Ponce de León R. Milk production and reproduction in cows with different proportions of Bos Taurus x Bos indicus genes. *Cuba. J. Agric. Sci.* 2016;50(2):193-203.
8. Hernández A, Ponce de León R. Performance of dairy production,

- reproduction and longevity in Holstein and its crosses with Cebu. Cuba. J. Agric. Sci. 2018;52(3):1-13.
9. Inostroza MA, Sepúlveda NG. Actividad reproductiva postparto en vacas lecheras frisonas. Arch. de Zootec. 1999;48: 429.
10. Hernández A, Ponce de León R, Guerra D, García S. Estimación de parámetros genéticos para la producción de leche en lactancias de vacas Mambí de Cuba. Arch. de Zootec. 2011;60(232):851-858.
11. Hernández A, Ponce de León R, García SM. Genetic evaluation of multibreed populations of milking bovines. Cuba. J. Agric. Sci. 2015;49(4):459-463.
12. Hernández A, Ponce de León R, Guerra D, García SM, Guzmán G, Mora M. Interaction genotype-environment for dairy production in Mambi cattle from Cuba. Cuba. J. Agric. Sci. 2012;46(4):351-356.
13. Hernández A, Ponce de León R, Gutiérrez M, García R, García SM, Mora M, et al. Parámetros genéticos en rasgos de la producción lechera y la longevidad de vacas Mambí de Cuba. Arch. de Zootec. 2011; 60(231): 513-520.
14. Hernández A. Evaluación genética de la producción lechera y la reproducción en bovinos lecheros. Registro CENDA con el No.1361-04-2019. 2019
15. Hernández Rodríguez A, Ponce de León R. Índices de selección en ganado Mambí de Cuba mediante el análisis de componentes principales. Livest. Res. Rural Dev. 2018;30(12):e197. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd30/12/arel30197.html>
16. Hernández A, Ponce de León R. Índices de selección para la mejora genética de vacas Siboney de Cuba. Arch. de Zootec. 2020;69(265): 46-53. Disponible en: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/>
17. Hernández A. Selección multicarácter mediante índices de selección en bovinos lecheros. Registro CENDA con el No.1360-4-2019. 2019

Recibido: 14/08/2020
Aprobado: 20/09/2020

Agradecimientos. Agradecemos a los técnicos Yaisel Rodríguez González, Leonel Aguiar Caballero, Silvia Rosa González Ramos y

Arelis Guzmán de Armas por su valiosa contribución al desarrollo de la presente investigación.

Conflicto de intereses. No hubo conflicto de intereses en relación con la investigación presentada

Contribuciones de los autores

1. Conceptualización: Arelis Hernández Rodríguez, Raquel Ponce de León Sentí
2. Curación de datos: Arelis Hernández Rodríguez y Raquel Ponce de León Sentí, Sonia María García Cruz, Rita Aleida Pacheco Zamora, Orestes López Morera, Simón González Prieto, Alma Fernández Naranjo y Niurka Prada Gutiérrez
3. Análisis formal: Sonia María García Cruz, Rita Aleida Pacheco Zamora, Orestes López Morera, Simón González Prieto, Alma Fernández Naranjo y Niurka Prada Gutiérrez
4. Adquisición de fondos: Sonia María García Cruz, Rita Aleida Pacheco Zamora, Orestes López Morera, Simón González Prieto, Alma Fernández Naranjo y Niurka Prada Gutiérrez
5. Investigación: Gladys Sonia Guzmán Martínez, Marta Mora Hernández, Dayron García Quiñones, Maritza López Gonzáles, Ramiro Ramírez Vázquez
6. Metodología: Arelis Hernández Rodríguez
7. Administración del proyecto: -
8. Recursos: -
9. Software: -
10. Supervisión: Arelis Hernández Rodríguez
11. Validación: -
12. Visualización: -
13. Redacción-borrador original: Arelis Hernández Rodríguez y Raquel Ponce de León Sentí
14. Redacción-revisión y edición: Arelis Hernández Rodríguez y Raquel Ponce de León Sentí

Financiación. Los resultados de la presente investigación fueron financiados por el proyecto P131LH001153 titulado: "Estrategias de selección para la mejora genética de las razas Siboney de Cuba y Mambí de Cuba", perteneciente al Programa Nacional de Alimento Humano, de la República de Cuba.

