

Evaluación genética del hato lechero de la Escuela Agrícola Panamericana mediante el uso del Mejor Predictor Lineal Insesgado

**Diego Fernando Avilés Molina
Sergio Francisco Cueva Welchez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación genética del hato lechero de la Escuela Agrícola Panamericana mediante el uso del Mejor Predictor Lineal Insesgado

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Diego Fernando Avilés Molina
Sergio Francisco Cueva Welchez

ZAMORANO, HONDURAS
Noviembre, 2018

Evaluación genética del hato lechero de la Escuela Agrícola Panamericana mediante el uso del Mejor Predictor Lineal Insesgado

**Diego Fernando Avilés Molina
Sergio Francisco Cueva Welchez**

Resumen. Elevar la producción de las lecherías mediante programas de selección que consideren los factores ambientales de Honduras es necesario. Existen muchos productores que no utilizan maneras objetivas de selección. El objetivo del estudio fue realizar una evaluación genética de los animales del hato lechero de la EAP Zamorano para renovar las prácticas de selección y mejoramiento. Zamorano cuenta con vacas lecheras raza Holstein y Jersey en su mayoría. La evaluación se hizo con un software llamado VirtualBLUP®. Para su aplicación fue necesaria la utilización de datos productivos, registros genealógicos y parámetros genéticos según el carácter de los individuos evaluados. Además, se seleccionó un modelo animal de repetibilidad con efectos ambientales compartidos para estimar méritos genéticos de tres caracteres: producción de leche estandarizada a 305 días, intervalo entre partos, y largo de lactancia. Se ajustó para el ambiente ingresando al programa las circunstancias de impacto identificadas. Los valores genéticos estimados para los individuos se clasificaron por el atractivo según el carácter. Se implementó un índice de selección económico que logró plasmar los méritos genéticos estimados en resoluciones económicas, permitiendo determinar la atribución en términos monetarios de cada individuo. En conclusión, machos como LOUIE y la hembra 330209, son aptos para ser seleccionados, mientras que otros como DECOY a ser cuestionados.

Palabras clave: BLUP, intervalo entre partos, largo de lactancia, producción de leche corregida a 305 días, vacas lecheras, Zamorano.

Abstract. Increasing production of dairy farms through selection programs that consider the environmental factors of Honduras is necessary. Currently, there are a handful of producers that don't use objective methods for selection. The objective of this investigation was to perform a genetic evaluation of Zamorano's Dairy unit with the purpose of renewing improvement practices. The large scale evaluation was done with a software called VirtualBLUP®. For the program's application it was necessary to use productive data, genealogical registries, and genetic parameters belonging to the evaluated individuals. Moreover, the repeatability animal model with shared environmental effects was selected, this allowed the estimation of genetic merit for three different characters: standardized milk production at 305 days, intervals between calving, and lactation length. The environmental effect was amended by inputting environmental circumstances into the program. The estimated genetic values for each individual was used to classify them into groups regarding their appeal. Additionally, an economic selection index was used to translate the estimated genetic merits into economic resolutions, which allowed to rank the individuals on their monetary yield. In conclusion, bulls like LOUIE and cows like 330209, are fit to be used in selection programs, while the use of bulls like DECOY should be disputed.

Key words: BLUP, dairy breeds, intervals between calving, lactation length, standardized milk production at 305 days, Zamorano.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIÓN.....	17
5. RECOMENDACIONES.....	18
6. LITERATURA CITADA	19
7. ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Valor estimado de producción según número de lactancia en relación a la media del hato	7
Figuras	Página
1. Mejores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de producción de leche corregido a 305 días de lactancia.	5
2. Peores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de producción de leche corregido a 305 días de lactancia	6
3. Valores genéticos estimados en los trece toros de IA para el carácter de producción de leche corregido a 305 días	8
4. Mejores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de intervalo entre partos	9
5. Peores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de intervalo entre partos	9
6. Valores genéticos estimados en toros para el carácter de intervalo entre partos....	10
7. Mejores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de largo de lactancia.....	11
8. Peores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de largo de lactancia.....	12
9. Valores genéticos estimados en los doce toros de IA para el carácter de largo de lactancia.....	13
10. Clasificación de las mejores diez vacas evaluadas según Índice de Selección Económico.....	14
11. Clasificación de las peores vacas evaluadas según Índice de Selección Económico.....	15
12. Valor potencial monetario de los machos utilizados para inseminación artificial .	16
Anexo	Página
1. Cálculo de los valores del Índice de Selección Económico	21

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de leche en el 2011 rondó los 14.4 millones de toneladas métricas en América Central (incluyendo a México). Honduras es el segundo país de Centroamérica por detrás de Costa Rica, con el mayor consumo per cápita de leche y el décimo a nivel latinoamericano. Según la FAO (2015), el consumo recomendado debería mediar entre 190 litros de leche y sus derivados, por lo cual los productores agropecuarios adquieren el compromiso de establecer producciones altas y eficientes. Al igual que en muchos otros países Latinoamericanos, la explotación lechera en Centroamérica se caracteriza por tener la mayoría de productores en pequeña y mediana escala proyectos ganaderos de doble propósito quienes mediante la implementación de sistemas de mejoramiento genético podría lograr el deseado incremento en producción láctea (FAO 2015).

El mejoramiento genético es la base fundamental para el mantenimiento y desarrollo de una empresa pecuaria de cualquier índole. La estrategia de mejoramiento más adecuada requiere de la evolución de las razas disponibles desde el punto de vista productivo, reproductivo y económico. A medida ha pasado el tiempo, se han elaborado una diversidad de programas y métodos de selección para mejoramiento que se extienden desde montas y cruzamiento al azar, hasta llegar a softwares virtuales más complejos que calculan variables a través de algoritmos. El nivel de producción varía con el nivel de cruzamiento, esta variación dentro de grupos genéticos puede manejarse a través del descarte de animales pobres en las características de interés; esto producirá un incremento del nivel productivo. Por esta razón, es determinante establecer según índices de selección fenotípicos, registros genealógicos y parámetros genéticos, el modelo que mejor se adecúe y garantice el desarrollo integral de una población animal determinada. La correcta selección de un modelo para el mejoramiento genético será lo que finalmente dictará el éxito del incremento continuo de valores genéticos (Morante Brigneti y Trejo Ramos 2003). La problemática actual surge a raíz de que muchos productores compran semen de manera indiscriminada a casas comerciales y realizan evaluaciones genéticas subjetivas; estas en su defecto traen resultados inesperados por parte de los productores. Al no realizar métodos eficientes de evaluación genética, los mismos productores pueden experimentar bajas en la eficiencia productiva.

En las fincas lecheras en Honduras y más específicamente en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, se enfrentan con métodos de mejoramiento tradicionales como montas programadas o inseminaciones artificiales, estos podrían ser potenciados por modelos y programas de selección más complejos y específicos. El software “VirtualBLUP” utiliza el Mejor Predictor Lineal Insesgado (“BLUP” por sus siglas en inglés), desarrollado en el año 2015, propone ser la innovación vanguardista del mejoramiento genético.

En la actualidad es conocido como un método estandarizado de evaluación a larga escala para valores genéticos individuales en programas de selección siendo utilizado en su mayoría por empresas productoras, compañías genéticas y como base en programas de mejora en muchos de los países más desarrollados del mundo (Canadá, EEUU, Dinamarca, Reino Unido, Alemania, España, entre otros). Para poder adecuar este programa de evaluación genética y ejecutarlo de manera exitosa se utilizan tres fuentes de información que permiten clasificar a los animales según datos que los caractericen individualmente (Muñoz y González 2016). Para clasificar a los animales se ha desarrollado índices de selección fenotípica, que aunque es el método más común de selección en las últimas dos décadas, está repleto de desventajas partiendo que las condiciones ambientales que prevalecen en estos sistemas dificultan la producción animal, principalmente con ganado bovino de origen europeo (*Bos taurus*) cuyo efecto directo se mide en la productividad y reproducción de los mismos (Martínez y Lucero 2007). Estas desventajas obligan a ajustar factores ambientales y covariables antes de la selección, lo cual podría provocar que los estimados de mérito genético seleccionados tengan una alta probabilidad de sesgo debido a que los ajustes no son realizados de forma simultánea con el estimado del valor genético. Zamorano, al tener una información de registros genealógicos y mediante parámetros genético-estadístico, se presta a la implementación de programas como el VirtualBLUP. Es por eso que para esta investigación se propone la ejecución del Mejor Predictor Lineal Inssegado en aras de estimar valores genéticos que permiten renovar las prácticas de mejoramiento con la finalidad de lograr un alza en la eficiencia productiva del hato.

El objetivo del presente estudio fue:

- Realizar una evaluación genética de los animales del hato lechero de la EAP, Zamorano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El hato lechero de la EAP, Zamorano está compuesto en mayor cantidad por las razas Holstein, Pardo Suizo y Jersey, en menor proporción se encuentran animales de raza Australian Friesian Sahiwal (AFS) y Gyr. La reproducción se hace por medio de inseminación artificial con pajillas de semen congelado, importadas de Estados Unidos de Norteamérica. Cuando el animal no queda preñado luego de tres inseminaciones se procede a realizar monta natural con toros criados del mismo hato, los cuales siempre son de la raza Jersey. Al inseminar se utiliza una pajilla de un toro que sea de la misma raza del animal que se va a servir. Cuando existen casos de vacas con problemas morfológicos, como ubre caída o bien que presenta dificultades al parto se realizan cruces correctivos. Esto consiste en inseminar con pajillas de toros que su progenie no tenga el mismo problema morfológico.

Para utilizar el software VirtualBLUP se consultó la Guía Práctica de Evaluación Genética Animal con VirtualBLUP. A partir de la información de dicha guía se elaboraron dos archivos base en formato de archivo de texto; estos fueron fabricados a partir de los datos productivos y registros genealógicos del hato respectivamente (Muñoz y Gonzalez 2016).

Se utilizó la base de datos del sistema computarizado de registros, VAMPP 3.0[®], de la EAP para conglomerar el archivo de datos productivos. Una vez que los datos fueron obtenidos, se transfirieron y se le dio formato a una hoja de trabajo de Excel. La base de datos fue ordenada utilizando cinco columnas diferentes en las cuales se categorizó la información según su identificación animal, número de lactación, época de parto, intervalo entre partos y producción de leche.

Para la identificación animal se utilizó el arete de registro del animal, mientras que en número de lactación se colocó el número de parto hasta la fecha. Para la variable época de parto se procedió a discriminar el año según las dos estaciones características de Centroamérica, época seca y época lluviosa; subsecuentemente se identificó la época en la cual se llevó a cabo la parición. La categoría de intervalo entre partos fue calculada para el total de días que pasaron entre dos partos consecutivos de una vaca. Finalmente, para la producción de leche se registraron los kilogramos de leche totales de cada lactancia ajustada a 305 días de lactancia.

Luego de organizar la información en el archivo Excel este fue guardado como archivo de texto el cual fue posteriormente ingresado al VirtualBLUP.

Una vez finalizado el archivo de datos productivos, se generó el archivo de genealogía a partir de la base de datos del sistema computarizado VAMPP[®]. La información genealógica sin embargo, fue convertida a formato de Excel utilizando tres columnas; identificación animal, identificación padre e identificación madre. Se utilizó el número en los aretes de los animales para identificarlos. Una vez finalizado se guarda como archivo de texto.

La información de parámetros genéticos fue generada utilizando la heredabilidad directa (h^2) y repetibilidad (r) para la característica de producción de leche por lactancia estandarizado a 305 días y las características de reproducción que son intervalo entre partos y largo de lactancia.

La heredabilidad también llamada grado de determinación genética, mide la importancia de todos los efectos genéticos en la variación del carácter. Este radio expresa la precisión del valor fenotípico como una guía al valor genético. La estimación del h^2 provee información de la efectividad de la selección en el mejoramiento de la media poblacional para un carácter particular (Jain 2001). En cambio, la repetibilidad mide la correlación entre mediciones repetidas del mismo individuo (Falconer y Mackay 2001).

Para el carácter de producción de leche se determinó una h^2 de 0.25 con un r de 0.29 obtenidos de Toledo et al. (2013) mientras que para intervalo entre parto una h^2 de 0.11 con un r de 0.08 según estudios realizados por Ríos et al. (2012). Además, se evaluó el largo de lactancia de cada uno de los animales, otorgándoles a estos una h^2 de 0.11 y r de 0.11 adquiridos de Galeano y Manrique (2010).

Se utilizó el modelo animal de repetibilidad dado que se evaluaron caracteres que se miden varias veces para un individuo. Debido a la naturaleza de los caracteres evaluados (kg de leche e intervalo entre parto) dicho modelo fue el que mejor se ajustó, existen otros modelos que, aunque pueden ser utilizados para evaluación genética de ganado lechero, no se ajustan a los caracteres seleccionados para este estudio.

El fichero “Genético” proporcionó un registro de los valores genéticos aditivos de todos los animales del hato junto con los indicadores de fiabilidad. El fichero “Fijos” se encargó de estructurar las estimaciones de los factores ambientales y circunstancias que influyen en la característica evaluada. El fichero “Parámetros” estimó los parámetros genéticos y las varianzas correspondientes. Finalmente, el fichero “Consanguinidad” resumió la consanguinidad general del hato y los eventuales animales que presentan consanguinidad.

Con el fichero “Genético” se lograron identificar todos los animales cuyo valor genético está por encima de la media, los cuales se aspira conservar con la finalidad que sus crías establezcan una tendencia incremental en la media del valor genético del hato en el futuro. Además, se lograron identificar todos los animales que están por debajo de la media y que por consecuencia tendrían un impacto negativo, si no son descartados en el futuro.

El software generó cuatro archivos de resultados: genéticos, factores fijos, parámetros y consanguinidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres Evaluados.

Producción de leche corregida a 305 días de lactancia.

Para el carácter de producción de leche corregido a 305 días de lactancia se utilizó una heredabilidad de 0.25 y una repetibilidad de 0.29 obtenidos de Toledo et al. (2013). El total de la producción a los 305 días de lactancia según Kong et al. (2017) continúa siendo la base para las evaluaciones genéticas de ganado lechero. La Figura 1 muestra las hembras a las que pertenecen los 10 valores genéticos (VG) más altos; perteneciendo el menor de estos al animal 715812 con un VG de +1255.34. Asimismo, el mayor de los VG pertenece a la vaca 330209 con un índice de +1963.159. Estos valores genéticos describen la capacidad de la hembra de incrementar la producción en kg de leche por lactancia referente a la media de producción del hato. Es decir, el individuo 330209 tiene el potencial de producción total de 7,029.199 kg de leche, 1,963.159 kg más que la media actual del establo de ordeño (5066.04 kg).

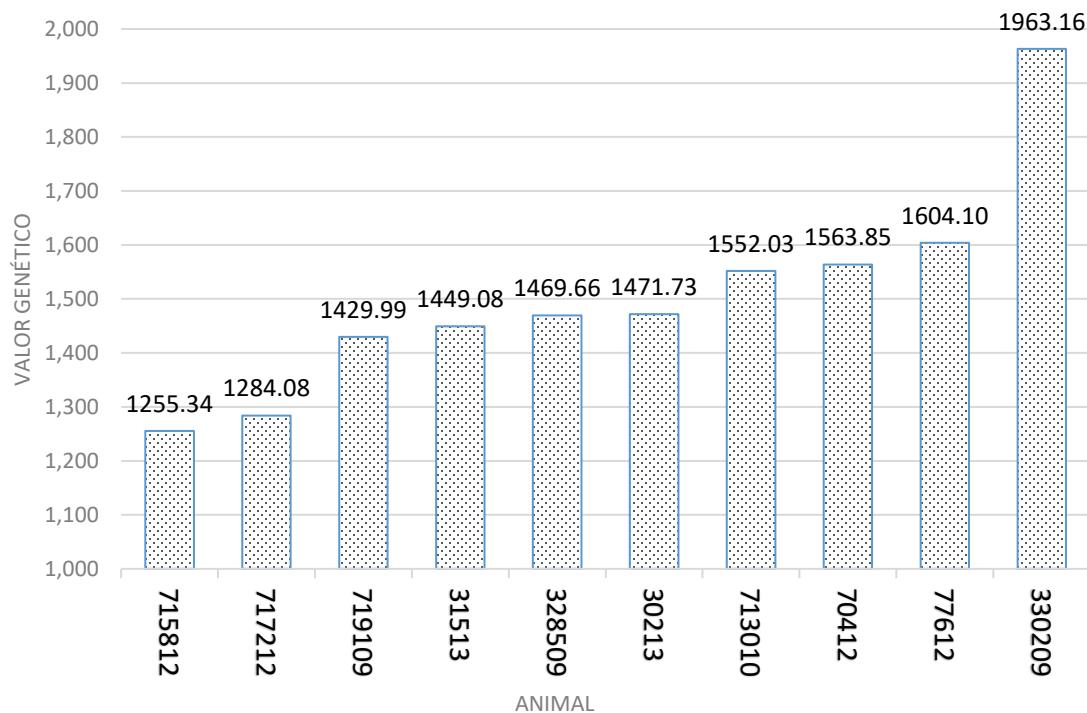


Figura 1. Mejores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de producción de leche corregido a 305 días de lactancia.

Los individuos con los 10 valores genéticos más bajos para el carácter de producción de leche corregida a 305 días de lactancia, son mostrados en la Figura 2. La vaca 88509, el individuo evaluado con el menor VG, presenta un mérito de -1027.12 kg. Asimismo, la vaca 422308 presenta un mérito genético castigado en menor proporción, teniendo un valor de -838.60 kg.

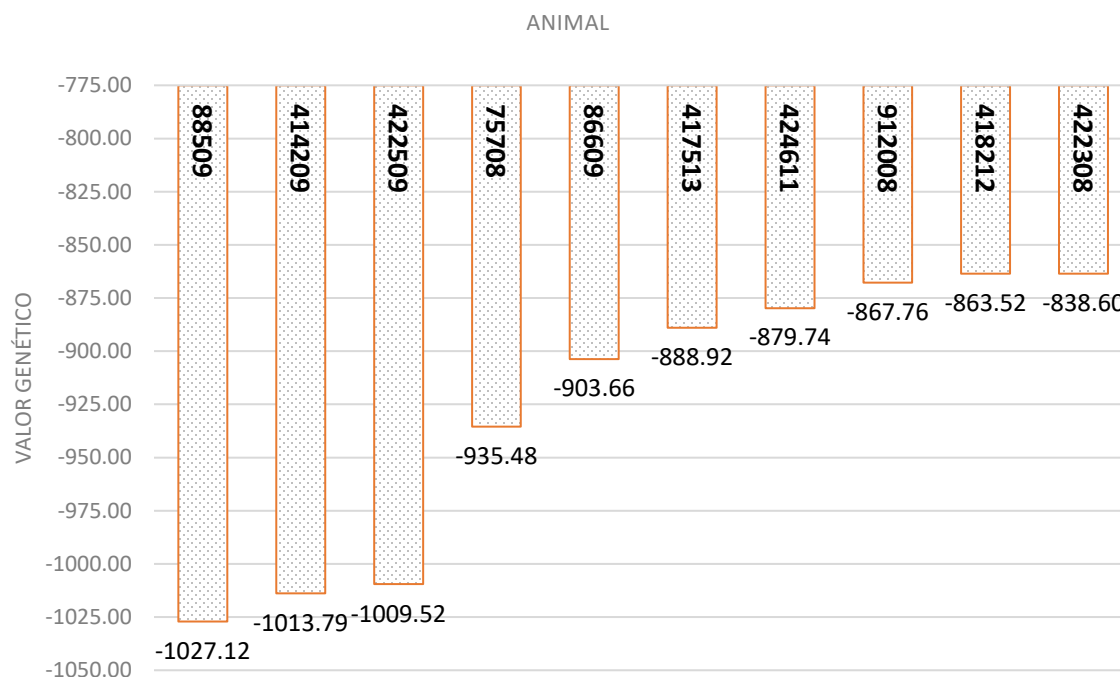


Figura 2. Peores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de producción de leche corregido a 305 días de lactancia.

Los resultados de esta evaluación delimitan el déficit en kg de leche por lactancia en relación a la capacidad productiva promedio del establo de ordeño. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que hay una relación entre las vacas con peores desempeños productivos y su respectivo número de lactancias. Las diez peores productoras tienen un promedio de 4.777 lactancias mientras que las mejores cuentan con un promedio de 3.333. Éstos tienen un impacto dado que el hato evaluado demuestra una tendencia al detrimento productivo a medida aumenta el número de lactancias. Según Hutjens (2003), las vacas primíparas expresarán no más del 75% de su potencial productivo, vacas bíparas exhiben un rendimiento del 90% de su potencial y finalmente las multíparas de tres lactancias deberían alcanzar su potencial productivo si cuentan con efectos ambientales propicios y manejo adecuado. Las vacas multíparas deberían entonces, mantener su pico productivo hasta la quinta lactancia en situaciones propicias, y al atravesar el umbral de la quinta lactancia su desempeño productivo empezar a reducirse paulatinamente. Por lo tanto, se destaca que a medida más lactancias sean evaluadas por individuo, su producción de leche por lactancia estandarizada a 305 días será menor debido a una baja en su desempeño productivo inherente a lactancias avanzadas. Para remediar este efecto se utilizó la covariable edad, que toma en cuenta el impacto en producción causado por la edad de las vacas. Considerando esto, no solo se puede atribuir los malos rendimientos a los procesos

fisiológicos y metabólicos del animal, si bien es cierto que las lactancias con mayor productividad son desde la tercera a la quinta. El VirtualBLUP en el Cuadro 1 indica que el hato evaluado comienza a perder productividad después de la tercera lactancia.

Cuadro 1. Valor estimado de producción según número de lactancia en relación a la media del hato.

Lactancia	Valor Estimado (kg/lactancia)
1	139.92
2	149.52
3	345.77
4	34.35
5	-246.07
6	-463.62
7	-1226.12
8	-1,566.96
9	-1,720.68
10	-2040.99

Si se logra obtener una producción de +345.77 kg de leche por lactancia en la tercera lactancia, debería tener desempeños similares en las dos lactancias siguientes. Sin embargo, se obtiene que en la cuarta lactancia la producción se reduce en 311.43 kg hasta llegar a una producción de +34.34 referente a la media. En la quinta lactancia dicha reducción se vuelve más radical, la producción a este punto es ya de -246.06 kg. La baja en productividad asociada una vez superado el umbral de las tres lactancias es uno de los fenómenos que es atípico en el hato evaluado.

Vijayakumar et al. (2017) y Ray et al. (1999) indican que la máxima producción se obtiene en la tercera lactancia y que en la cuarta y quinta lactancia se deben mantener las condiciones productivas. Ambos encontraron que al utilizar sistemas de ordeño mecanizado y con estrés calórico las vacas con más de tres lactancias no son buenas candidatas para maximizar la producción láctea. Esto es debido a que las vacas a partir de la cuarta lactancia presentan una baja en la producción de leche. Ambos factores mencionados se presentan en el hato de la EAP.

El toro con mejores valores genéticos es LITTORAL (Figura 3), aportando un mérito de +1216.221 kg para el carácter de producción de leche. Asimismo, LAVANGUARD es el macho con peor VG de -260.185 kg. Habiendo determinado el desempeño productivo de estos machos se puede ya realizar un programa de cruzamiento con las mejores hembras productoras y así tener mejoramiento genético orientado a producción de leche.

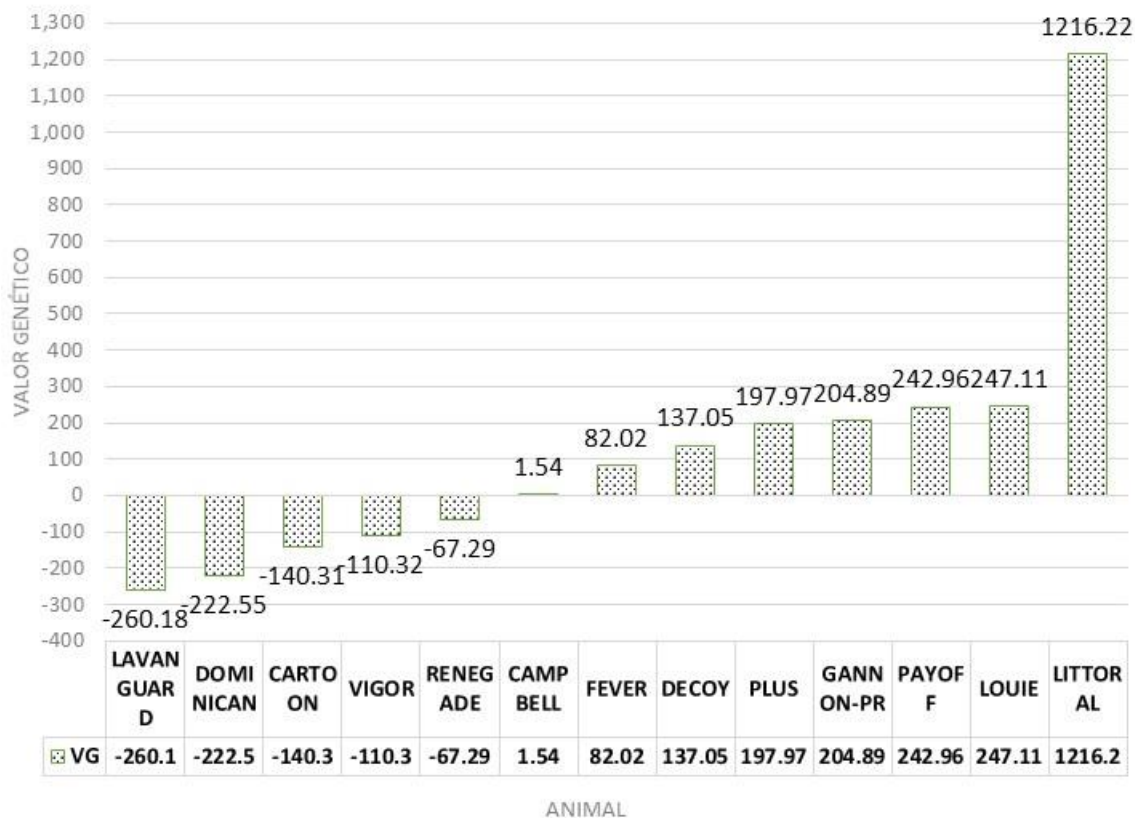


Figura 3. Valores genéticos estimados en los trece toros de IA para el carácter de producción de leche corregido a 305 días.

Intervalo entre partos.

Para el carácter reproductivo de intervalo entre partos se utilizó una heredabilidad de 0.11 y una repetibilidad de 0.08 obtenidos de Ríos et al. (2012). La Figura 4 muestra los individuos con los mejores diez valores genéticos. Debido a la naturaleza de dicha característica, se buscan los individuos con la menor valoración posible, diferenciándose así de la elección según aspectos productivos. En este contexto, la vaca 823905 es genéticamente la reproductora con mejor potencial del hato debido a que presenta un VG de -47.88 días y rindiendo un intervalo posible entre partos de 359 días. Por otra parte, a pesar que la vaca 816612 presenta un VG de -20.40 días, ésta exhibiría intervalos de 388 días. Los valores mencionados anteriormente son directamente comparados con el intervalo promedio entre partos del hato expresado en días (409 días), consecuentemente se buscan méritos negativos que expliquen un menor intervalo generacional.

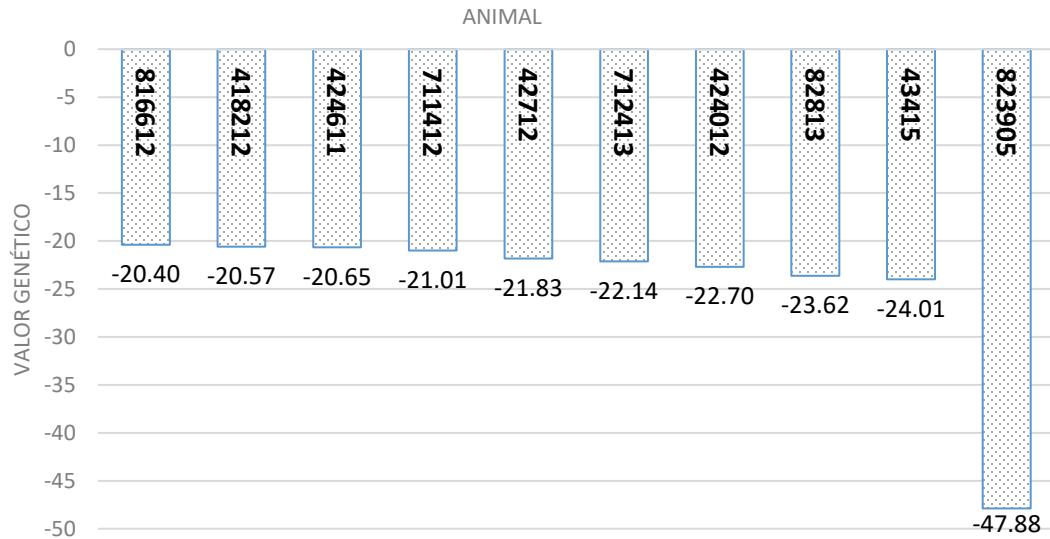


Figura 4. Mejores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de intervalo entre partos.

Las peores reproductoras se exponen en la Figura 5. Esta muestra los valores más altos, siendo así los menos eficientes. La vaca 34811 tiene la estimación más alta con un VG de +85.39 días, esto quiere decir que es la peor reproductora de todo el hato con un intervalo potencial de aproximadamente 86 días más que el intervalo promedio.

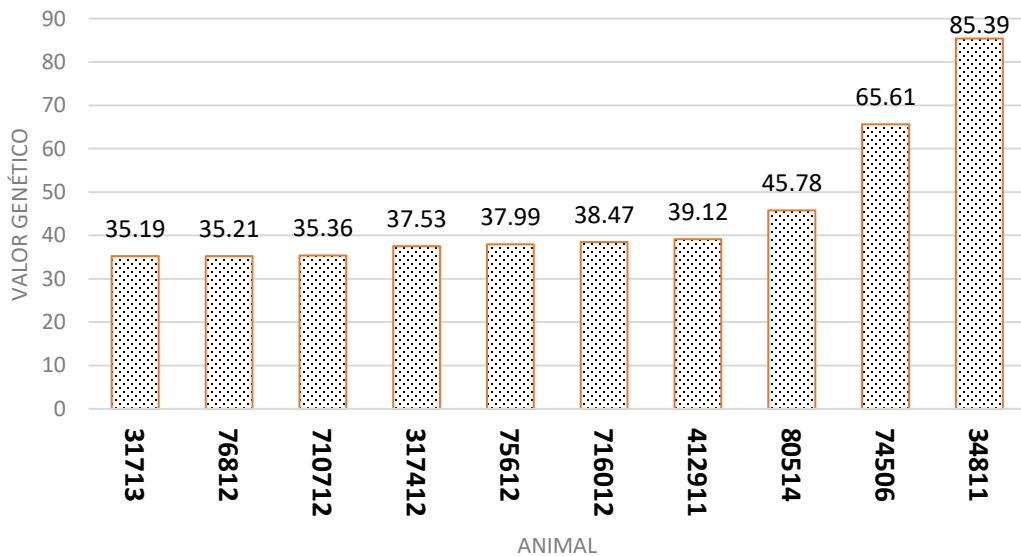


Figura 5. Peores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de intervalo entre partos.

Queda en evidencia que todos los individuos en la Figura 5 superan el intervalo promedio entre partos sustancialmente. Es alarmante considerando que el promedio del hato está

demasiado alto. Un intervalo óptimo entre partos es de aproximadamente 354 días según Olori et al. (2010), suponiendo un índice efectivo de 1.5 servicios por concepción. El desempeño promedio del hato como se indicó anteriormente es de 409 días, por lo que los animales con valores genéticos positivos se desfazan demasiado en términos reproductivos.

El peor toro para este carácter es LITTORAL con un VG de +22 días (Figura 6). Esto se debe a que usualmente los individuos con mejores características productivas presentan valores genéticos pobres para rasgos reproductivos. Podemos observar que los mejores VG para IEP los tienen los toros GANNON y LOUIE con -18.31 y -17.72 días respectivamente, indicando que, si se logra servir efectivamente con el semen de estos toros, se puede acortar el intervalo generacional en más de 15 días.

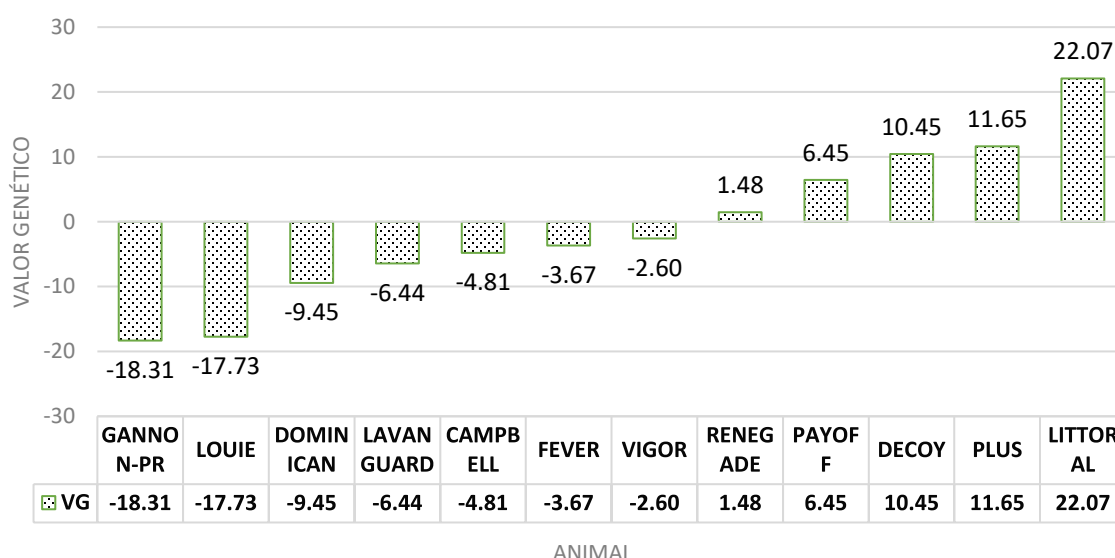


Figura 6. Valores genéticos estimados en toros para el carácter de intervalo entre partos.

Largo de lactancia.

Para el carácter largo de lactancia se utilizó una heredabilidad de 0.11 y una repetibilidad de 0.11 obtenidos de Galeano y Manrique (2010). Aunque dicho carácter tiene un alto nivel de significancia como parámetro reproductivo de los individuos, también tiene un impacto directo en la productividad de la finca. A simple vista una mayor duración de lactancia tiene un impacto positivo en la producción total de la finca. Sin embargo, se debe tomar la consideración que la producción en el tercer tercio de la curva de lactancia cae muy por debajo de su potencial a medida se alargan los días abiertos. Silvestre et al. (2008) indica que la máxima producción en la curva se encuentra de las semanas cuatro a la nueve, a partir del pico de producción esta comienza un declive diario hasta el día que es secada. En la Figura 7 se puede observar las hembras con la menor duración de lactancia. La hembra 823905 tiene un VG de -42.54 días, dicho mérito permite predecir que su progenie tendría la potencialidad para ser secada a los 300 días de lactancia, tomando en cuenta que la duración media de lactancia del hato es de 342.53 días. Según Hutjens (2003) el mejor momento para secar una vaca es a los 305 días de lactancia, por consecuencia el hecho que

le hembra tenga un VG de -42.45 días se vuelve un excelente indicador del desempeño productivo y reproductivo del animal. En este contexto, la hembra 42712 tiene un VG de -19.83 días siendo así capaz de transmitir una habilidad de secado a los 323 días de lactancia.

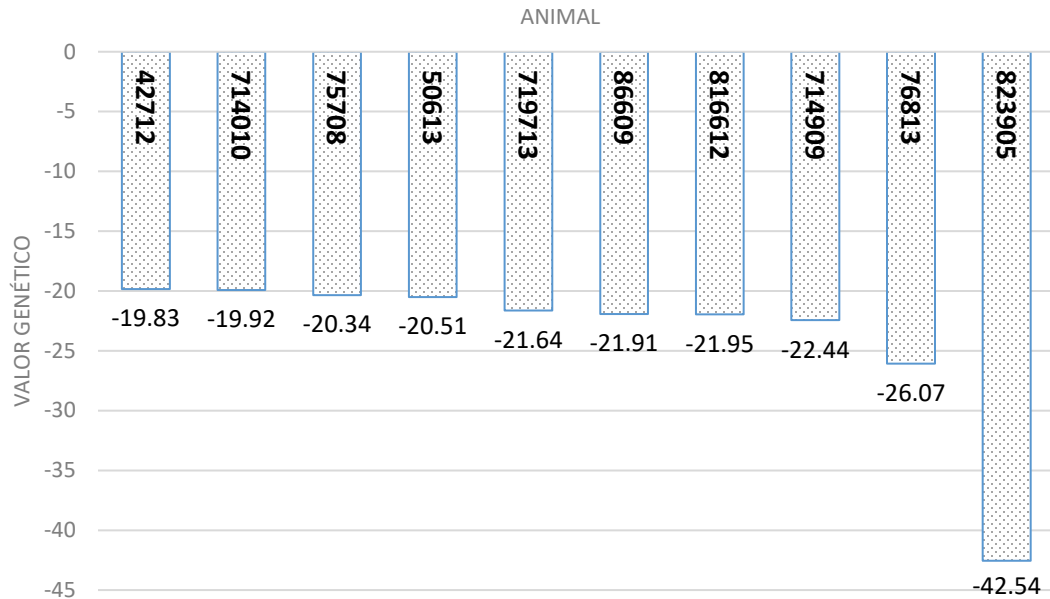


Figura 7. Mejores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de largo de lactancia.

En la Figura 8 se presentan los peores valores genéticos para la duración de lactancia. Se nota que existe una alta relación entre el intervalo entre partos y el alargamiento en duración de lactancia. Por lo tanto, la vaca 34811 es la que presenta el peor mérito genético con un VG de +75.16 días. Considerando que la duración promedio del hato es de 342.53 días, la progenie de la vaca 34811 tendría el potencial de expresar lactancias alargadas hasta 417.69 días. Las lactancias alargadas de dicha vaca podrían interpretarse erróneamente como lactancias de alto rendimiento, razón por la cual el carácter producción de leche fue estandarizado a 305 días.

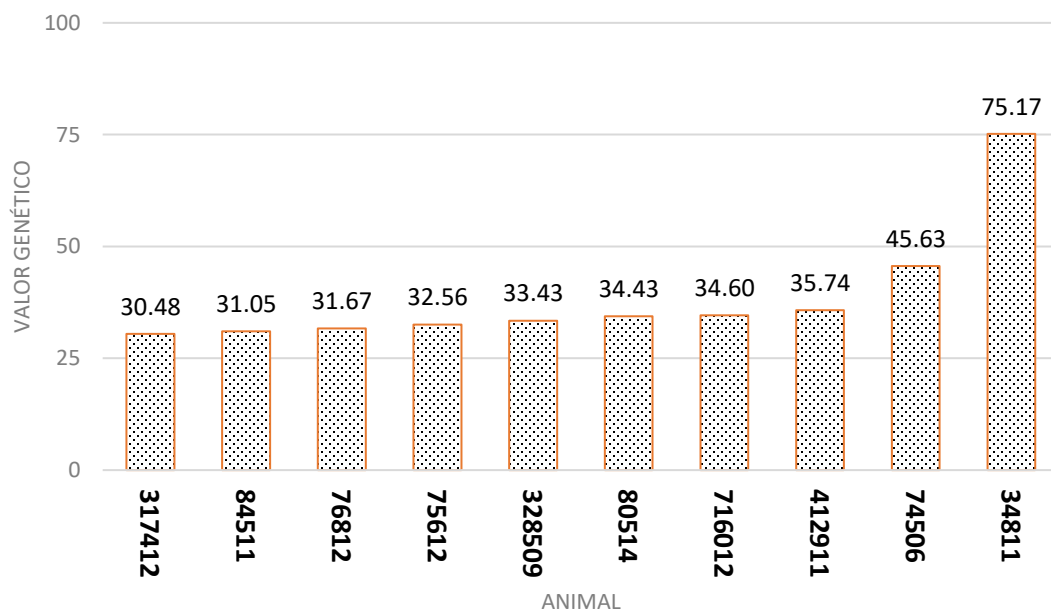


Figura 8. Peores diez valores genéticos estimados en hembras para el carácter de largo de lactancia.

No obstante, los caracteres de intervalo entre partos y duración de lactancia están altamente correlacionados, subsecuentemente los individuos con peores desempeños en uno de los caracteres, usualmente será deficitario en el otro carácter. Tómese por ejemplo la vaca 317412, la cual tiene el décimo de los diez peores valores genéticos para largo de lactancia con un VG de +30.47 días. Quiere decir que la vaca en mención tiene el potencial de lactancias alargadas de 373 días; bajo este criterio se puede observar que también tiene el mejor valor dentro los diez peores valores genéticos para el carácter de intervalo entre partos con un VG de +37.66 días. La alta correlación genética de ambos caracteres obliga a hacer una evaluación íntegra ya que no se pueden asumir cambios para un carácter sin tomar en cuenta el impacto inherente al carácter correlativo.

El toro con el mejor valor genético para largo de lactancia es nuevamente LITTORAL (Figura 9). Esto quiere decir que, aunque su desempeño productivo sea inigualable, es pobre desde el punto de vista reproductivo. Por otra parte, GANNON nuevamente tiene uno de los mejores desempeños con un VG de -13.69 días. LOUIE presenta un VG de -4.94, manteniendo su tendencia de buen reproductor como se mencionó para el carácter anterior.

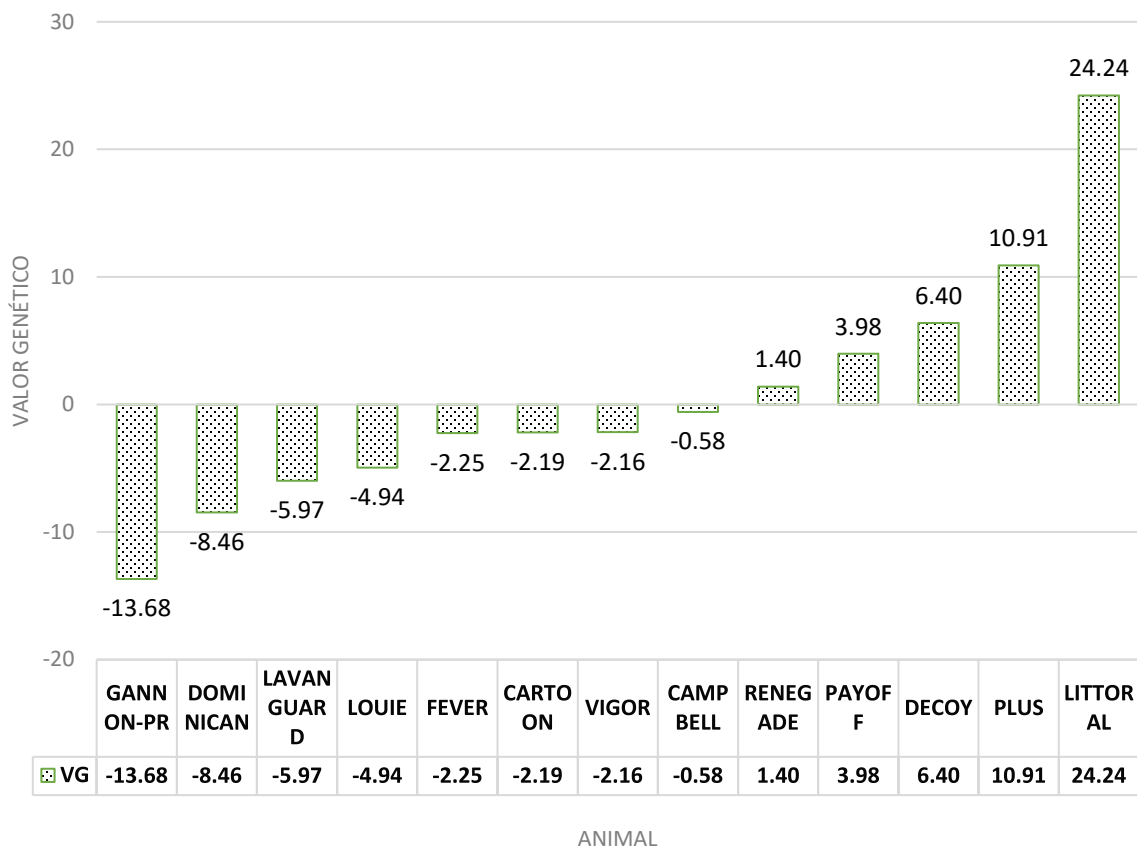


Figura 9. Valores genéticos estimados en los doce toros de IA para el carácter de largo de lactancia.

Índice de selección económico.

Los valores genéticos estimados son la base para llevar a cabo los programas de mejoramiento animal. Es fácil hacer selecciones según los méritos genéticos de cada carácter de manera individual, sin embargo, en la mayoría de los casos se debe elegir animales tomando en cuenta más de un carácter. A pesar de que existen varias maneras de integrar valores de diversos caracteres, para este experimento se construyó un índice de mérito económico. Dicho índice se obtiene mediante la combinación de los valores genéticos calculados y ponderándolo por su valor económico. El valor económico de cada carácter representa el ingreso o costo marginal que se obtiene en la fluctuación de valores de un carácter en específico, es decir, si un carácter es bueno será capaz de incrementar el índice de selección económico. Por tanto, al valorar económicamente el mérito de todos los animales sujetos a la evaluación, es posible obtener un valor económico para cada animal facilitando la selección. Las metas de la lechería son las que finalmente dictaminan los caracteres a incluir en el índice de selección. Debido a que cada hato es diferente, es necesario elaborar un índice que tome en cuenta los caracteres de mayor importancia económica y asignar a estos mismos un valor económico basado en costos, precios e ingresos particulares para la explotación evaluada (Muñoz y Gonzales 2016).

El valor económico asignado al carácter de producción de leche fue de L.11.28 por litro, según el sistema de precios (precio de venta) que se maneja en el establo de ordeño de la EAP. El segundo carácter fue valorado económicamente con un total de L. -288.33, dicho precio se obtiene de la pérdida monetaria producto del déficit de lactancia, inherente al descenso productivo característico de lactancias prolongadas (Anexo 1). A esto además se añadió el costo de alimentación propios de cada animal según el tiempo total de fallo en quedar preñada. Según Cattaneo et al. (2015) al aumentar los días abiertos se tienen cuatro gastos los cuales son pérdida de producción de leche, la pérdida de la cría, intervenciones reproductivas extras y costos de remplazos. En el manejo que se le da al hato evaluado son de mayor relevancia el costo de alimentación y la pérdida de producción de leche, calculada con la fórmula 1:

$$\text{ISE} = 11.28 (\text{VG Producción de leche a 305 días}) - 288.33 (\text{VG Intervalo entre partos}) \quad [1]$$

En la Figura 10 se observa la distribución de los individuos evaluados según sus características de producción de leche corregida a 305 días y el carácter reproductivo de intervalo entre partos. Estos individuos son los más aptos para selección según su capacidad de proveer ingresos para el hato lechero. Independientemente de que carácter tenga el mejor mérito, si se toma puramente el aporte económico, la vaca 330209 es la vanguardia de selección. El índice de selección económico (ISE) de dicha vaca indica que tiene, según sus caracteres, el potencial para brindar ingresos adicionales de hasta US\$887 por ciclo de preñez y por ende de lactancia. La vaca 712413, siendo la última de las mejores, cuenta con un ISE de 12,755.33. A pesar de que no es la favorita en términos económicos, la 712413 sigue teniendo la capacidad de traducir sus caracteres individuales en una fuente particular de ingresos para la finca. Como se mencionó anteriormente, para la realización de dicho índice se debe tomar en cuenta las metas a largo plazo del hato sujeto a evaluación, esto se debe a que el valor económico asignado y por tanto la magnitud de su valor de ponderación es congruente a los objetivos establecidos para el hato.

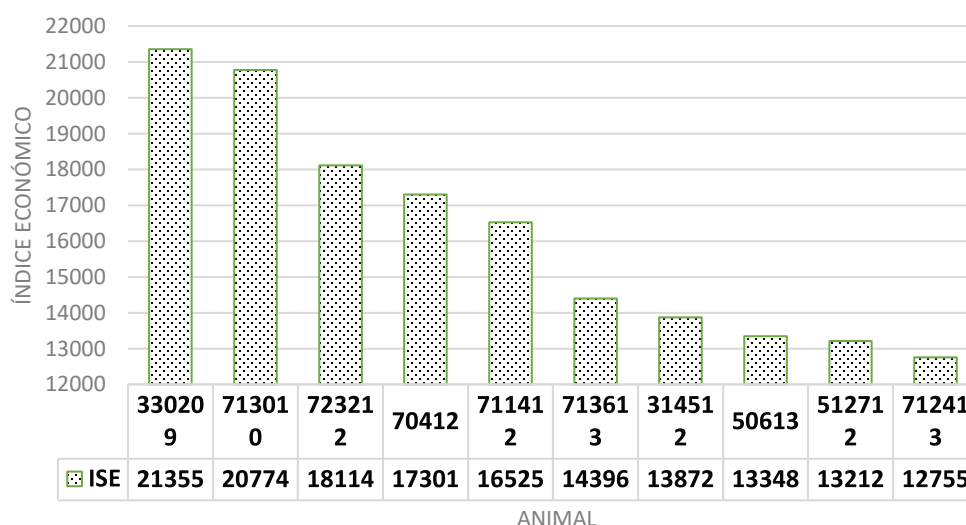


Figura 10. Clasificación de las mejores diez vacas evaluadas según Índice de Selección Económico.

Con base al aporte monetario se puede observar en la Figura 11, según la distribución, las peores vacas. La vaca 412911 es la peor evaluada teniendo un ISE de L.-16,409. Mientras que la mejor de las peores evaluadas es la 77814 con un índice de L.-10,025. Estos valores negativos no significan pérdidas económicas necesariamente. Dichos valores negativos pueden ser interpretados como indicadores marginales de un ciclo productivo de la vaca en relación a la media del hato. Dado que el valor económico es asignado y ponderado según los méritos genéticos individuales, el índice económico es representado como un déficit de ganancia en relación a la media del hato.

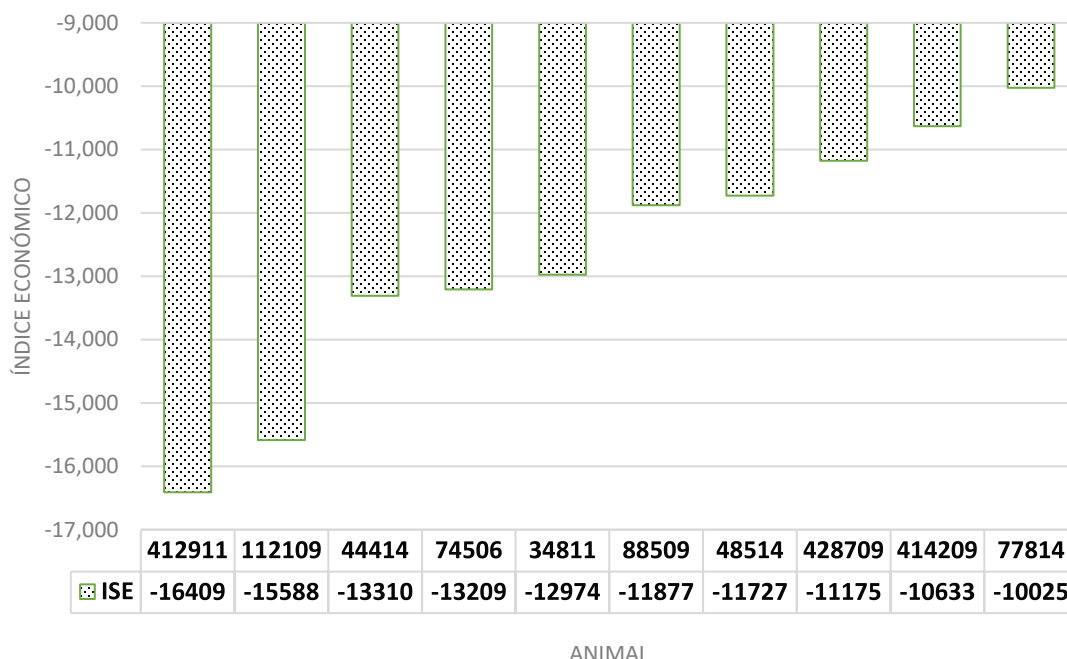


Figura 11. Clasificación de las peores vacas evaluadas según Índice de Selección Económico.

Estos valores negativos no necesariamente significan pérdidas económicas. Dichos valores negativos pueden ser interpretados como indicadores de ingreso marginal inherentes a un ciclo productivo de la vaca en relación a la media del hato. Dado que el valor económico es asignado y ponderado según los méritos genéticos individuales, el índice económico es representado como un déficit en la ganancia potencial de uno de los animales evaluados. El hecho que los animales evaluados presenten números negativos no quiere decir que deben ser descartados sin antes hacer un análisis económico individual, para poder llevar a cabo acciones de descarte primero se debe calcular el ingreso mínimo permisible para cada animal, algo que será también único para cada explotación.

Los machos utilizados para IA también son de importancia pivotante para selección en base a criterios económicos. Debido a que el semen de los machos es obtenido a través de compras en casas comerciales, es más fácil asociar el aporte económico potencial del toro en contraste con lo que cuesta obtener una pajueta para reproducción. En la Figura 12 se

puede apreciar que los toros GANNON y LOUIE son los que están en mejor capacidad de incrementar los ingresos en la finca evaluada.

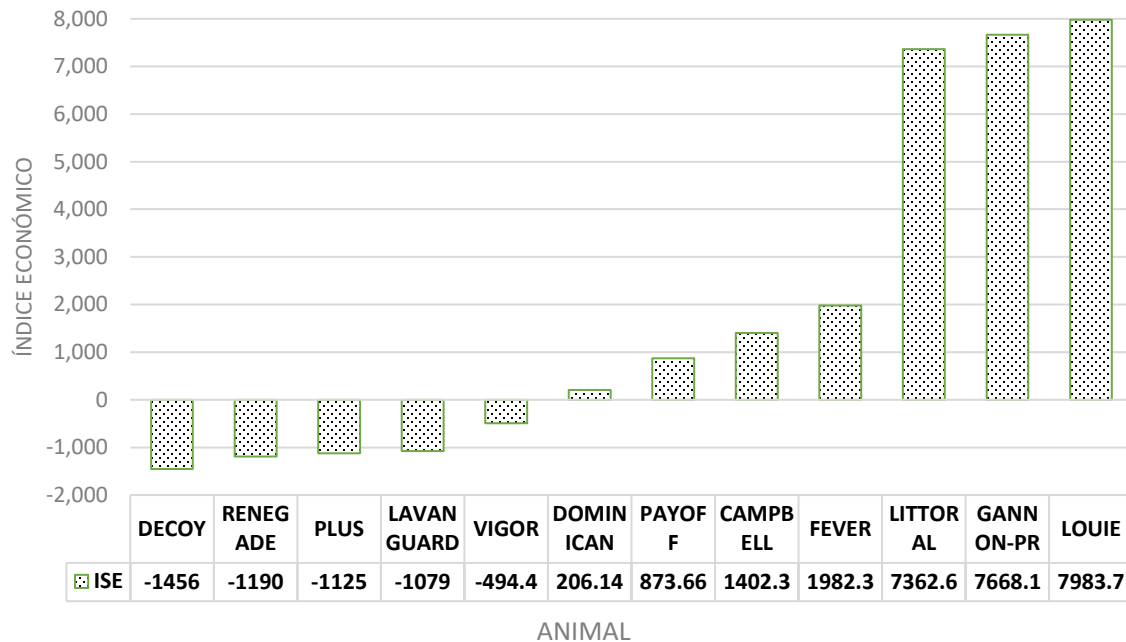


Figura 12 Valor potencial monetario de los machos utilizados para inseminación artificial.

Los índices asociados de LOUIE y GANNON son de 7,893.65 y 7668.09. A pesar de que existen marcadas diferencias en su desempeño productivo y reproductivo, la ponderación económica indica que ambos tienen la capacidad de ser puntas de lanza para programas de selección basados en términos económicos.

4. CONCLUSIÓN

- Se realizó la evaluación genética del hato de la EAP mediante el uso del mejor predictor lineal insesgado con el programa VirtualBLUP obteniendo una clasificación cuantitativa para los caracteres producción de leche estandarizado a 305 días, intervalo entre partos y largo de lactancia. Con base a los valores genéticos estimados se efectuó una categorización por medio de un índice de selección económica adaptado al hato de estudio.

5. RECOMENDACIONES

- Con base a las evaluaciones realizadas es preferible dejar de adquirir semen de los toros que demostraron ser genéticamente inferiores en este estudio y que no están aportando de manera favorable al hato.
- Tomando en cuenta que la universidad cuenta con un laboratorio de reproducción bovina sería conveniente obtener la mayor cantidad de crías posibles de los animales con mejores características según el índice de selección económico, especialmente de la vaca 330209 la cual es la mejor del hato por una diferencia ingente de las vacas promedio del hato.
- Repetir el estudio cada año para seguir evaluando de manera continua el hato para poder incluir todos los nuevos remplazos que se incorporan al mismo. Con esto mejorar la precisión de los resultados al incluir más datos de la progenie.

6. LITERATURA CITADA

- Cattaneo L, Baudracco J, Lazzarini B, Ortega H. 2015. Methodology to estimate the cost of delayed pregnancy for dairy cows. An example for Argentina. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 44(6):226-229.
- Falconer DS, Mackay TF. 2001. *Introducción a la Genética Cuantitativa*. 4ta ed. Estados Unidos de Norteamérica. Editorial Acribia.
- FAO. 2015. La FAO y la Secretaría de Agricultura y Ganadería promueven la adopción de buenas prácticas [internet]. Honduras; [consultado 2017 nov 17]. <http://www.fao.org/honduras/noticias/detail-events/es/c/281189/>
- Galeano AP, Manrique C. 2010. Estimación de parámetros genéticos para características productivas y reproductivas en los sistemas doble propósito del trópico bajo colombiano. Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.
- Hutjens M. 2003. *Guía de la alimentación*. 2da ed. Estados Unidos de Norteamérica. W.D. Hoards & Sons Company. p. 26-29.
- Jain HK. 2001. *Genetics: Principles, concept and implications*. 2da ed. Enfield, New Hampshire. Estados Unidos de Norteamérica. Science publishers, Inc. p. 107-206.
- Kong L, Li J, Li R, Zhao X, Ma Y, Sun S, Huang J, Ju Z, Hou M, Zhong J. 2017. Estimation of 305-day milk yield from test-day records of Chinese Holstein cattle. Shandong, China. Agricultural scientific and technological innovation project of Shandong Academy of Agricultural Sciences. *Journal of Applied Animal Research*. 46(1):791-797.
- Martínez JC, Lucero FA. 2007. Influencias ambientales y heredabilidad para características de crecimiento en ganado Sardo Negro en México. México DF, México. *Zootecnia Tropical*. 25(1):1-7.
- Morante Brigneti LI, Trejo Ramos CO. 2003. *Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo de cruces raciales en 13 fincas lecheras de Honduras*. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras.31p.
- Muñoz R, González C. 2016. *Guía práctica de evaluación genética animal con VirtualBLUP*. Villarrica, Chile.

- Olori V, Meuwissen T, Veerkamp R. 2010. Calving interval and survival breeding values as measure of cow fertility in a pasture-based production system with seasonal calving. Cork, Irlanda. *Journal of Dairy Science*. 85(3):689-696.
- Ray D, Halbach T, Armstrong D. 1999. Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. Arizona, Estados Unidos de Norteamérica. *Journal of Dairy Science*. 75(11):2976-2983.
- Ríos A, Calderon RC, Galaviz JR, Vega VE, Lagunes J. 2012. Genetic analysis of milk yield of Holstein and Brown Swiss cows under intensive grazing in subtropical conditions. México. Universidad Autónoma de Tlaxcala, INIFAP México, Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Puebla.
- Silvestre AM, Martins AM, Santos VA, Ginja MM, Colaço JA. 2008. Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. Vila Real, Portugal. University of Trás-os-Montes e Alto Douro. *Livestock Science*. 122(2-3):308-313.
- Toledo HO, Ruiz FJ, Vásquez CG, Berruecos JM, Elzo MA. 2013. Estimation of genetic parameters for milk production in Holstein cattle in Mexico under two modes of production control. México DF. México. Universidad Nacional Autónoma de México, INIFAP-SAGARPA México, University of Florida USA.
- Vijayakumar M, Park J, Ki K, Lim D, Kim S, Park S, Jeong H, Park B, Kim T. 2017. The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. Cheonan, Korea. National Institute of Animal Science. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*

7. ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de los valores del Índice de Selección Económico

$$\begin{aligned} \text{Pérdida de producción de leche} &= \text{Media de producción del grupo contemporáneo} \\ &\quad \times \text{Precio del kilogramo de leche} \\ &= 16.6 \text{ kg} \times 11.28 \text{ L / kg} \\ &= 187.25 \text{ L} \\ \text{Costo de alimentación} &= \text{Costo de la dieta diaria} \\ &= 75 \text{ lb de ensilado} \times 0.43 \text{ L / lb} \\ &\quad + 14.4 \text{ lb de concentrado} \times 4.78 \text{ L / lb} \\ &= 101.08 \text{ L} \\ \text{Costo total por día abierto adicional} &= 187.25 \text{ L} + 101.08 \text{ L} \\ &= 288.33 \text{ L} \end{aligned}$$

Cálculo de valores del Índice de Selección Económico en dólares. ¹

$$\begin{aligned} \text{Pérdida de producción de leche} &= \text{Media de producción del grupo contemporáneo} \\ &\quad \times \text{Precio del kilogramo de leche} \\ &= 16.6 \text{ kg} \times \text{US\$0.47 / kg} \\ &= \text{US\$7.80} \\ \text{Costo de alimentación} &= \text{Costo de la dieta diaria} \\ &= 75 \text{ lb de ensilado} \times \text{US\$0.017 / lb} \\ &\quad + 14.4 \text{ lb de concentrado} \times \text{US\$0.20 / lb} \\ &= \text{US\$4.20} \\ \text{Costo total por día abierto adicional} &= \text{US\$7.80} + \text{US\$4.21} \\ &= \text{US\$12.01} \end{aligned}$$

¹ Tasa de cambio de 02/08/2018:

Compra: 23.98 Venta: 24.14