

EVALUACIONES GENÉTICAS: CASO RAZAS CEBUINAS¹

**Juan Carlos Martínez-González²; Sonia Patricia Castillo-Rodríguez³;
Axel Villalobos-Cortés⁴; Froylán Andrés Lucero-Magaña⁵;
Gaspar Manuel Parra-Bracamonte⁶**

RESUMEN

La Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (AMCC), desde su fundación en 1966 marcó como uno de sus principales objetivos el mejoramiento genético de las razas Cebuinas: Brahman (Br), Guzarat (Gu), Gyr (Gy), Indubrasil (In), Nelore (Ne) y Sardo Negro (Sn). Para la realización de las evaluaciones fue necesario contar con las bases de datos con 473436, 13812, 98385, 174752, 105641 y 37603 registros productivos para las razas Br, Gu, Gy, In, Ne y Sn, respectivamente. La AMCC estableció el Programa de Control de Desarrollo Ponderal (PCDP), que contempla cuatro edades de control: peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), peso al año (PA) y peso a los 550 días (P550). Los análisis finales fueron a través del modelo animal univariado, usando máxima verosimilitud restringida que consideró el vector de observaciones para cada uno de los pesos, el vector de los efectos fijos de las subclases criador y grupo contemporáneo (año de nacimiento - época de nacimiento - sexo de la cría - régimen alimenticio), edad de la vaca al parto (lineal y cuadrática) y el vector de efectos aleatorios (animal - toro - vaca). Con estos análisis se obtuvieron las diferencias esperadas de la progenie (DEP) y exactitudes. Las DEP son una herramienta esencial para la selección de los futuros progenitores de cada ható al permitir ubicar a un animal dentro de una clasificación, por lo que se recomienda su uso cuando se adquieren los reproductores. Se concluye que la estimación de las DEP reflejará sus ventajas en la medida en que las utilicen los ganaderos.

PALABRAS CLAVES: Cebú, parámetros genéticos, evaluación genética, progenie.

¹Recepción:13 de junio de 2017. Aceptación:24 de octubre de 2017.

²Ph.D. en Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC). Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149. e-mail: jmartinez@docentes.uat.edu.mx

³M.Sc. en Producción Animal Tropical. UAT-FIC. México.

⁴Ph.D. en Conservación y Mejora Animal. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá.

⁵M.Sc. en Producción Animal Tropical. UAT-FIC. México.

⁶Ph.D. en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional-Centro de Biotecnología Genómica. México.

GENETIC EVALUATIONS: ZEBU BREEDS

ABSTRACT

Since its foundation in 1966, the Mexican Association of Zebu Breeders (AMCC), marked as one of its main objectives the genetic improvement of the Zebu breeds: Brahman (Br), Guzerat (Gu), Gyr (Gy), Indubrasil (In), Nellore (Ne) and Sardo Negro (Sn). To carry out evaluations, it was necessary to have databases with 473436, 13812, 98385, 174752, 105641 and 37603 productive records for Br, Gu, Gy, In, Ne and Sn breeds, respectively. The AMCC established the Control Program of Ponderal Development (PCDP), which includes four control ages: weight at birth (BW), weight at weaning (WW), weight per year (WY) and weight at 550 days (W550). The final tests were done through an univariate animal model, using the maximum restricted analyzes that considered the vector of observations for each of the weights, the vector of the fixed effects of breeder subclasses and contemporary group (year and season calving – sex – feed regimen), age of the cow at birth (linear and quadratic) and the vector of random effects (animal - sire - cow). With these analyzes the expected progeny differences (EPD) and accuracies were obtained. The EPD is an essential tool for the selection of the future parents of each herd by allowing an animal to be placed within a classification, so its use is recommended when the breeders are acquired. It is concluded that the estimation of the EPD will reflect their advantages to the extent that they are used by farmers.

KEY WORDS: Zebu, genetic parameters, genetic evaluation, progeny.

INTRODUCCIÓN

Los primeros bovinos (*Bos taurus*) llegaron a América durante el segundo viaje de Colón, mientras que las primeras introducciones de ganado Cebú (*Bos indicus*) fueron durante 1860, pero los tipos criollos dominaron hasta fines de 1940 (Rouse 1977). Hoy en día el ganado Cebú ha reemplazado a la gran mayoría de las poblaciones criollas de las regiones tropicales. El Cebú es preferido por algunos ganaderos debido a su tolerancia a altas temperaturas,

climas húmedos, rusticidad, capacidad para aprovechar forrajes de baja calidad nutritiva y resistencia a parásitos internos y externos, que les permite una mayor adaptación a las condiciones severas del ambiente tropical (Martínez 2002, Martínez 2007, Thompson *et al.* 2014). Las zonas con clima de trópico seco y húmedo abarcan el 23% de la superficie de la República Mexicana, en estas áreas, la producción de carne es la principal actividad pecuaria, la cual se realiza mayormente en sistemas extensivos y

de doble propósito (Magaña-Monforte *et al.* 2006). Sin embargo, la Confederación Nacional Ganadera señaló que el sector pecuario utiliza métodos y tecnologías de producción con un rezago de más de 30 años, por lo que los programas para el sector pecuario deben ser dirigidos para transferir tecnologías para incorporar patrones de producción, competitividad y sostenibilidad.

Según el Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN 1998) una de las acciones urgentes a implementar en México es el establecimiento de programas en materia de mejoramiento genético, con la participación y consenso de los ganaderos comerciales, de los criadores de registro, los técnicos y la propia Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA 2016).

Hasta hace algunos años, la evaluación de bovinos de carne se basaba en patrones raciales (Martínez-González *et al.* 2014), posteriormente se recurrió a la selección por pedigrí. En las décadas de los 70 y 80 proliferaron las pruebas de comportamiento (Gurza 1998) y recientemente se han generalizado las evaluaciones genéticas del comportamiento productivo y reproductivo (Martínez *et al.* 2010, Lopes *et al.* 2012, Barbosa *et al.* 2017).

El mejoramiento genético animal consiste en aplicar los principios biológicos, económicos y matemáticos, con el fin de conocer estrategias óptimas para aprovechar la variación genética existente para maximizar su mérito, éste proceso involucra la evaluación genética y la difusión del material evaluado (Montaldo y Barria 1998), con el interés fundamental de que los animales sobresalientes transmitan sus características a su descendencia para mejorar significativamente la producción ganadera.

La evaluación genética y cuantitativa de los animales domésticos es una de las partes más importantes de la producción animal. Esto reviste mayor importancia en la actualidad por la mayor demanda en productividad. Sin embargo, existen políticas de algunos sectores sociales que piden el desarrollo de sistemas ganaderos sustentables o amigables con el ambiente y enfocados a sistemas que buscan el “óptimo” productivo en vez del máximo productivo.

México, desde hace diez años ha promovido el uso de animales de mayor potencial genético en las comunidades rurales y ejidales por medio de los programas de apoyo federal como “Alianza para el Campo” y más recientemente como “Activos Productivos”; que entre

otras cosas promueven la cuantificación de los parámetros productivos en los animales por medio de estímulos hacia los productores de pie de cría.

En los últimos años las Asociaciones de Criadores de Ganado de Registro han publicado algunos catálogos de animales de cría con estimaciones de las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEP) para características productivas como peso al nacer, peso al destete, entre otras. En el caso específico de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (AMCC), se han publicado valores genéticos para el ganado Cebú en México de manera ininterrumpida desde el año 2005.

Los objetivos del presente documento fueron: Analizar mediante procesos matemáticos las bases de datos para el cálculo de parámetros genéticos y estimar las diferencias esperadas de la progenie del ganado Cebú registrado ante la AMCC. Así como mencionar las nuevas reglas de operación para el apoyo de animales en el Programa de Mejoramiento Genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Impacto cualitativo (análisis cualitativo)

El desconocimiento de los principios científicos de la mejora genética, así como la ineficiente

coordinación y promoción por parte del gobierno, instituciones de investigación, universidades y los técnicos, han paralizado la aplicación del mejoramiento genético animal en la gran mayoría de las unidades ganaderas (CONARGEN 2000). Además, esto ha provocado un costo ecológico por el mantenimiento de animales improductivos con un impacto negativo en el medio ambiente y en la economía. Asimismo, ante la falta de programas de evaluación genética sería necesaria la importación de material genético en todas sus presentaciones (animales vivos, semen y embriones).

En la actualidad existen métodos que permiten la evaluación genética de los animales en producción, los que están por entrar a la actividad productiva o aún aquellos que no cuentan con registros de producción, solo que para ello se requiere de la creación y actualización de bases de datos confiables. De tal modo, algunas asociaciones realizan esfuerzos por estructurar programas de evaluación genética, tales como: Angus, Beefmaster, Braford, Brangus, Cebú, Charolais, Droughtmaster, Simbrah, Simmental, Tropicarne, entre otras (CONARGEN 2016).

Son pocas las Asociaciones de criadores de ganado de registro que realizan evaluaciones genéticas. En muchos casos, la selección de los futuros

reproductores se basa en apreciaciones raciales, de conformación y de tipo, dejando de lado las características de importancia económica que realmente trascienden en la actividad productiva de las unidades (Martínez 1991, Martínez y Castillo 1995).

Es a partir de 1998 que se establece el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios que se encuentra en su fase de implementación bajo la coordinación del Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN 1998). En el programa se estipula la necesidad de realizar evaluaciones genéticas como las aquí propuestas para hacer de la ganadería una actividad más competitiva.

De modo que, el trabajo aquí planteado contribuirá al logro de las metas del CONARGEN en torno al Programa Nacional (CONARGEN 2000). Es por ello que a través del CONARGEN, y los Comités Técnicos que lo componen, y entre ellos, los de bovinos productores de carne, se elaboró la “Guía Técnica de Programas de Control de Producción y Mejoramiento Genético de Bovinos Productores de Carne”, que sirve para definir y homologar cada criterio para los controles de producción de las diversas asociaciones nacionales de criadores de ganado de registro de razas bovinas

productoras de carne, así como también para los productores comerciales que adquieren sementales de registro y/o que producen sus propios vientres de reemplazo (CONARGEN 2010).

La estimación de las diferencias esperadas de la progenie (DEP) aumentará el valor agregado de los reproductores a la hora de su comercialización en el Programa de Fomento Ganadero u otros mecanismos de comercialización. Parte importante de las evaluaciones genéticas es que las bases de datos sean compatibles con otras bases de datos de otras regiones e inclusive de otros países para estructurar programas genéticos de más alcance en el ámbito del productor, de los técnicos, y del mercado nacional e internacional.

Bases de datos

Siempre se debe tener en cuenta que al elaborar una base de datos se deberán considerar aquellas características productivas de importancia económica. Existe una idea equivocada de los registros, muchos ganaderos comerciales suponen que los registros solo son para ganaderos productores de pie de cría. Sin embargo, los registros son la mejor herramienta para la toma de decisiones en el manejo de los animales y de la unidad de producción en general. Los registros están íntimamente relacionados

con las características de importancia económica (pesos al nacimiento, al destete, al año, final, entre otras). Estos registros pueden llevarse en forma manual, en computadoras o a través de las asociaciones de productores como la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú.

Es muy conveniente que el sistema de registros que se establezca en cada unidad de producción sea simple, sencillo, completo, exacto, actualizado, fácil y que requiera un mínimo de tiempo para mantenerlo al día. Pero algo muy importante que se debe considerar es que sea compatible con otras formas de registro. La información se puede organizar de muchas formas: como libro de hato, libro de páginas sueltas, tarjetas individuales, sistemas computacionales o en una oficina central. Sin embargo, es necesario que la identificación sea única y definitiva (permanente) para evitar la duplicidad de registros, los tatuajes son los más confiables siempre y cuando se utilice una tinta contrastante con el color de la piel del animal.

En México la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú, fue constituida el 9 de marzo de 1962, con el objetivo de agrupar a los criadores de bovinos de razas cebuinas, fomentar su desarrollo y mejorar e incrementar el hato, preservando

la pureza de las diferentes razas utilizadas en México (AMCC 2016).

La AMCC a partir de 1996 estableció el registro de pesajes a edades fijas de acuerdo al Reglamento Técnico del Control de Desarrollo Ponderal (AMCC 1996), de las razas Brahman, Guzerat, Gyr, Indubrasil, Nelore y Sardo Negro. El Programa de Control de Desarrollo Ponderal (PCDP) tiene como principal finalidad identificar los hatos, líneas familiares e individuos con mayor velocidad en ganancia de peso durante la fase de crecimiento. El PCDP se oficializó en 1996, pero en algunas ganaderías el levantamiento de pesajes empezó desde 1993 y en otras ganaderías se tenía información disponible desde los años 80.

Los años del programa PCDP (Cuadro 1) presenta un incremento de animales evaluados por razas cebuinas que se usan en México. Los animales fueron pesados cada 90 días (3 meses \pm 10 días) y se consideraron las siguientes edades control: peso al nacimiento (PN), peso a los 205 días (P205), peso a los 365 días (P365) y peso a los 550 días (P550). Lo importante de una base de datos, es la calidad de la información, los errores, tanto de datos de producción como de pedigrí afectan negativamente los resultados de los programas de mejoramiento genético (Parra *et al.* 2007).

CUADRO 1. INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LAS RAZAS CEBUINAS QUE SE USAN EN MÉXICO.

Año	Brahman	Guzerat	Gyr	Indubrasil	Nelore	Sardo Negro
2010	372352	13307	93087	167934	93728	25124
2011	380736	14113	9300	164906	94341	29170
2012	388120	13438	93958	168760	94840	30595
2013	393182	13812	93391	169542	96338	32119
2014	473436	13812	98385	174752	105641	37603

Edición y ajustes de las bases de datos

Los datos fueron ajustados a edades constantes de 205, 365 y 550 días, de acuerdo a las fórmulas recomendadas por la Federación del Mejoramiento de la Carne (BIF 2002). De igual modo, se generaron los años de nacimiento y las estaciones de nacimiento (secas = enero a junio; y lluvias = julio a diciembre). Los grupos contemporáneos se construyeron en el paquete estadístico SAS®, los cuales incluyeron la época y el año de nacimiento, el sexo del animal y el régimen alimenticio. Mientras que la edad de la vaca al parto se utilizó como covariable lineal y cuadrática.

Grupos de manejo o grupos contemporáneos

En el presente trabajo se generaron grupos contemporáneos, con el fin de agrupar animales que se criaron en condiciones similares o contemporáneas, para obtener los diferentes grupos comparativos dentro de los sistemas de crianza evaluados. No importó si la alimentación de los toros fuera o no

similar en las demás ganaderías, ya que los animales se separan en la evaluación por grupos de manejo. Sin embargo, se requeriría de un análisis minucioso para conocer si un grupo de becerros recibió tratamiento preferencial, al desconocerlo se agruparon con el resto de los becerros.

El agrupamiento de los animales por grupos contemporáneos busca minimizar los sesgos por factores ambientales (sexo, edad y otros criterios para poder llevar a cabo una comparación justa), para evaluar el mérito genético entre animales que teóricamente tienen las mismas oportunidades de desempeñarse de manera similar.

Cálculo de parámetros genéticos

El principal problema que existe para identificar aquellos animales genéticamente superiores, es que el valor genético no se puede observar a simple vista. Existen varias técnicas biométricas para seleccionar los animales con base en su comportamiento en una o varias características (Van Vleck y

Núñez-Domínguez 1992). Sin embargo, la eficiencia (precisión) en las evaluaciones genéticas está en relación directa con la complejidad y el costo de los procedimientos utilizados (Rodríguez 1997).

Para el análisis de las variables y la obtención de variancias y covariancias se utilizó el paquete de máxima verosimilitud restringida, sin el uso de derivadas y multivariado (por su nombre en inglés Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood, MTDFREML) desarrollado en la Universidad de Nebraska, USA (Boldman *et al.* 1993). Para cada variable se ajusta un modelo animal univariado que solamente incluye el efecto de semental. Las pruebas de conectividad resultaron bajas debido a la ausencia de sementales de referencia y el empleo reducido de la inseminación artificial (Cuadro 2).

Índice de herencia

Para el análisis de las variables y la obtención de variancias y covariancias se utilizó el programa MTDFREML (Boldman *et al.* 1993). El modelo animal utiliza toda la información de relaciones de parentesco disponibles en la base de datos, el componente aditivo se estima a través de un solo registro del animal. Sin embargo, el componente materno depende del número de progenie por vaca, del número de vacas con registros

productivos y del número de generaciones en los datos registrados (Maniatis y Pollot 2003).

Por lo tanto, el modelo animal para cada variable, que pudo ajustarse fue:

$$Y = X\beta + Zu + e$$

Dónde:

Y = vector de observaciones para PN, PD, P365 ó P550; **X** = es la matriz que asocia **β** con **Y**; **β** = es el vector de efectos fijos (grupo contemporáneo, hato y covariable lineal y cuadrática de edad de la vaca); **Z** = es la matriz conocida de efectos aleatorios; **u** = es el vector de estimados del valor genéticos de los individuos a evaluar; y **e** = es el vector de efectos aleatorios residuales.

Debido a que existían pocas observaciones (crías) por vaca no se incluyeron los efectos genéticos maternos y de ambiental permanente materno (Quintero *et al.* 2007). Para este modelo, los supuestos fueron:

$$E[y] = X\beta$$

$$Var \begin{bmatrix} d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_d^2 & 0 \\ 0 & I_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

CUADRO 2. MEDIAS DE PESO VIVO (kg) PARA LAS RAZAS CEBUINAS QUE SE USAN EN MÉXICO (2013).

	Brahman	Guzerat	Gyr	Indubrasil	Nelore	Sardo Negro
Nacimiento	32,4± 3,8	30,7± 3,2	26,9± 3,6	32,5± 3,6	31,4± 3,2	31,8± 4,0
Destete	186,5±40,8	186,1± 54,7	175,8±60,3	197,5±64,8	200,6±63,2	199,4±54,9
365 días	283,5±16,8	244,3±129,9	236,9±70,4	265,9±76,0	264,0±74,9	272,9±65,9
550 días	381,2±89,7	299,0±159,0	293,7±81,7	333,8±97,8	333,5±92,4	351,4±75,4

Dónde:

N = es el número de registros; A = es la matriz del numerador de relaciones de parentesco; e I = son las matrices de identidad del orden apropiado.

Los parámetros genéticos se estimaron a partir de las varianzas proporcionadas por el mismo programa. El proceso iterativo se terminó cuando la varianza de los valores de la función (-2 log L) del "simples" fue menor que 1×10^{-6} .

El índice de herencia directo (h^2) y proporción de efectos ambientales residuales (e^2) fue estimado:

$$h^2 = \sigma_d^2 / \sigma_f^2$$

Dónde:

σ_d^2 = varianza de efectos genéticos directos; σ_f^2 = varianza fenotípica.

Mientras que el error estándar de h^2 puede estimarse con la fórmula:

$$E.E. (h^2) =$$

$$4 \{ [2(1-t)^2 [1+(r-1)t]^2 / r(r-1)(s-1)] \}^{-1/2}$$

Dónde:

t = correlación intraclass; r = número de registros por vaca; y s = número de sementales.

El uso de las correlaciones en los análisis, permite que se determinen de manera más precisa los genes presentes en el animal y ayuda a mejorar la precisión en los cálculos. Se sabe que el PD tiene una alta correlación con el PF, entonces se podrá utilizar información sobre el PD del animal para ayudar a calcular la DEP de PF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los parámetros genéticos estimados, para el PN, el h^2 se puede considerar como alto, excepto para Sardo Negro (Cuadro 3). Similares valores se encuentran en la literatura para ganado de carne (Kriese *et al.* 1991, Salces *et al.* 2002, Plasse *et al.* 2004).

Para PN es importante la proporción de efectos directos transmitidos a la cría (Cuadro 3), por ello es importante considerar cuando los sementales se cruzan o serán cruzados con ganado europeo, con lo cual se ha observado mayor incidencia de partos distócicos (Bellows *et al.* 1996, Alejo *et al.* 2000).

Se debe considerar que el Programa de Control de Desarrollo Ponderal de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú tiene una cantidad importante de información registrada, pero sólo de animales de registro (candidatos a sementales), dejando de lado toda la información que se puede colectar de animales comerciales que existen en todas las unidades de producción.

El índice de herencia es la porción del rasgo que se debe a los efectos genéticos aditivos. Por ejemplo, el índice de herencia para peso al destete ajustado es de 0,22 en el ganado Brahman (Cuadro 3). Además, se debe entender que las correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales ayudan a identificar cómo se relacionan los rasgos. Básicamente, una correlación dice que los genes pueden trabajar de manera conjunta positivamente o negativamente para influir en los rasgos, o que un gen puede afectar más de un rasgo. Si observamos el crecimiento, veremos que los mismos genes que afectan el peso al destete, también pueden llegar a tener un gran

impacto en el peso final, dado que tienen una alta correlación positiva (0.70). Esto significa que la selección a través del peso al destete, también aumentará el peso final, dado que existe una gran cantidad de genes iguales implicados.

Para el P205, el h^2 se puede considerar como de valor medio excepto para Guzerat y Sardo Negro donde fue bajo (Cuadro3). Este valor es similar al de otros estudios en ganado de carne (Koots *et al.* 1994). Sin embargo, esto no implica que los estimadores obtenidos con base en la información evaluada sean sesgados, por lo que la generación de predictores genéticos e índices de selección basados en ellos puede ayudar al progreso genético en la población cebuina.

Para P365, el estimador de h^2 fue moderado para este carácter de crecimiento (Cuadro 3). Este valor es similar a los estimadores publicados en ganado de las razas Guzerat y Nelore (Gunski *et al.* 2001, Pimenta *et al.* 2001).

CUADRO 3. ÍNDICES DE HERENCIA PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO PARA LAS RAZAS CEBUINAS QUE SE USAN EN MÉXICO (2013).

	Brahman	Guzerat	Gyr	Indubrasil	Nelore	Sardo Negro
Nacimiento	0,52±0,17	0,42±0,18	0,53±0,19	0,49±0,17	0,31±0,13	0,15±0,19
Destete	0,22±0,09	0,11±0,18	0,29±0,14	0,31±0,13	0,24±0,11	0,17±0,10
365 días	0,32±0,14	0,26±0,13	0,34±0,15	0,31±0,13	0,22±0,09	0,24±0,13
550 días	0,23±0,10	0,38±0,19	0,36±0,18	0,14±0,09	0,32±0,14	0,22±0,12

Por último, el h^2 para P550 fue moderado para Guzerat, Gyr y Nelore (Cuadro 3), similar a lo que se ha informado en algunos estudios para ganado Brahman de Sudáfrica y Venezuela (Pico *et al.* 2004, Plasse *et al.* 2004).

De acuerdo con los resultados, se concluye que existe un moderado efecto genético directo en todos los caracteres de crecimiento, potencialmente útil para el progreso en las razas evaluadas.

Diferencias esperadas de las progenies

Las diferencias esperadas de las progenies (DEP) constituyen una estimación de la diferencia genética, por encima o por debajo del promedio en su raza, que tendrá probablemente la progenie de un reproductor. Expresado de otra manera, las DEP indican lo que un productor puede esperar de los becerros de un toro en particular, comparado con los hijos de otro u otros toros dentro de una misma raza.

Estos valores de DEP, se calculan a partir de información obtenida de los padres del reproductor en cuestión, de la información propia del reproductor y de información proveniente de sus ancestros y progenie.

A efectos de ilustrar consideremos dos toros, A y B. El toro A posee un DEP

para peso al destete de +15 kg, el toro B un DEP para el mismo rasgo de +5 kg y el peso al destete del promedio es 190 kg. Utilizados ambos toros, el A y el B, sobre vacas de valor genético similar, se espera que los hijos del toro A pesen al destete 205 kg promedio y los hijos del toro B pesen 195 kg. La diferencia (205-195 = 10 kg), es la diferencia entre DEP de los dos toros.

No siempre los valores de DEP altamente positivos son los mejores y los valores negativos los peores. Los mejores valores de DEP son aquellos que se ajustan a los objetivos de selección y producción de carne establecidos por cada ganadero en particular. Nuevamente y a título de ejemplo, cuando el objetivo principal es producir becerros pesados al destete y hembras de reposición precoces, se deben usar toros con DEP negativos o levemente positivos para peso al nacer, positivos para el destete, circunferencia escrotal, aptitud materna y peso final. Pero siempre, cuidando el tamaño adulto del reproductor, acorde al planteo de producción elegido.

¿Qué es la confiabilidad y/o precisión?

La confiabilidad y/o precisión, es el valor que acompaña a cada diferencia esperada de la progenie (DEP), indica en qué medida el valor de DEP se va a cumplir y en qué medida se reflejará en la

progenie. Los valores de precisión oscilan entre 0 y 1, cuanto más cercano a 1 el valor es más confiable. La precisión aumenta a medida que se incrementa la información de la progenie, hijos, nietos y el número de unidades de producción donde se prueba al reproductor. Por el contrario, cuando el valor de la precisión es bajo, el margen de error o variación genética es mayor.

Desde un punto de vista práctico las DEP permiten elegir los mejores toros en un hato y su confiabilidad, ayuda a determinar si ese reproductor podría ser utilizado en forma masiva. Asimismo, indica la cantidad de información disponible al determinar el valor de la DEP. Un alto valor de precisión significa que existía mucha información para calcular la DEP y en consecuencia dicha DEP es más probable que sea un reflejo fiel del mérito genético del animal. Mientras que las DEP con baja precisión son indicación de que pueden estar sujetos a cambios (ya sea mayor o menor), a medida que se va incorporando información. Este es el factor de riesgo asociado con la baja precisión de la DEP.

Programa de apoyo a la inversión en equipamiento e infraestructura, con el componente ganadero.

El objetivo específico es incrementar la capitalización de las unidades económicas de los productores

pecuarios (Cuadro 4), a través del apoyo subsidiario a la inversión en bienes de capital para la producción primaria, que incluyen producción y procesamiento de forrajes, y la conservación y manejo de áreas de apacentamiento (SAGARPA 2016).

Se podrá apoyar la adquisición de sementales, semen y embriones para las distintas especies animales, hasta por un monto máximo de 50% del valor de referencia sin rebasar \$41530,00 (cuarenta y un mil quinientos treinta USD) por persona física o moral. Para productores ubicados en localidades de alta y muy alta marginación, el monto máximo podrá ser de hasta el 75% del valor de los bienes (SAGARPA 2014).

Los elementos técnicos en materia de ganadería para precisar las características técnicas y los valores de referencia de los conceptos de apoyo del componente ganadero se presentan en el Cuadro 4. El proveedor podrá entregar la prueba de paternidad por ADN a más tardar el día 30 de junio de 2014 para lograr los valores de referencia. Todos los bovinos que se comercialicen con paternidad por medio de ADN a partir del primero de julio de 2014 en los citados Programas, deberán cumplir con la totalidad de los requisitos establecidos por norma.

CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y LOS VALORES DE REFERENCIA DE LOS CONCEPTOS DE APOYO DEL COMPONENTE GANADERO.

Componente	Valor de Referencia (\$ USD)
Sementales	
Bovino con Registro Genealógico, Evaluación Genética y Paternidad con ADN	1606
Bovino con Registro Genealógico y Evaluación Genética	1550
Vientres a Primer Parto	
Bovino Lechero Gestante con Registro Genealógico, Evaluación Genética y Paternidad con ADN	111
Bovino Lechero Gestante con Registro Genealógico y Evaluación Genética	997
Bovino Lechero Gestante sin Registro (grade)	858
Bovino Cárnico o Doble Propósito Gestante con Registro Genealógico, Evaluación Genética y Paternidad con ADN	997
Bovino Cárnico o Doble Propósito Gestante con Registro Genealógico y Evaluación Genética	886
Bovino Cárnico o Doble Propósito Gestante sin Registro	609

Fuente: SAGARPA (2014).

Pruebas de paternidad con ADN

El primer paso en los programas de mejoramiento genético animal, es el establecimiento preciso de las relaciones de filiación a través de los estudios de ADN (Arellano-Vera *et al.* 2010, León-Velasco *et al.* 2013). Existen numerosas fallas dentro de las que se pueden mencionar: la inadecuada identificación de los animales en la base de datos, errores en la asignación de los registros productivos a cada uno de los animales, paternidades incorrectas, entre otras. Esto provoca que los programas de mejora genética y la valoración genética de un individuo para utilizarlo como reproductor se vuelvan deficientes.

La tecnología del ADN está plenamente probada, aunque comúnmente los recursos Federales que se destinan al análisis de ADN se están empleando en el extranjero. Hoy en día existen en México laboratorios completamente equipados y funcionales que pueden llevar a cabo estas pruebas con toda fiabilidad y eficacia.

Tradicionalmente, la identificación o asignación de paternidad en la industria pecuaria, se ha basado en el uso de sistemas de tipificación sanguínea. Actualmente, el uso de marcadores moleculares basados en microsatélites ha demostrado ser una

herramienta altamente específica para la identificación de individuos (Salazar *et al.* 2004, Arellano-Vera *et al.* 2010, León-Velasco *et al.* 2013).

La ausencia o identificación errónea de cualquiera de los individuos que forman una familia, resultó en la falta de asignación de paternidad de la población analizada. La paternidad incierta causó una marcada diferencia en el ordenamiento de los sementales al comparar las DEP en cada una de las razas, lo que muestra la necesidad de utilizar las pruebas de paternidad basadas en microsatélites, como un sistema de identificación que asegure el éxito de los programas de manejo y mejoramiento genético de los hatos con empadre múltiple (Sifuentes *et al.* 2006).

CONCLUSIONES

- Los valores productivos encontrados en la población de ganado Cebú están dentro de los rangos publicados en la literatura para este tipo de ganado.
- Similarmente, los valores genéticos estuvieron dentro de los rangos que se citan en la literatura, pero con variaciones importantes dentro de razas para una misma característica. Esto se pudiera remediar si la colecta de información es más precisa,

responsabilidad que le corresponde a los productores.

- Parte importante de los programas de mejoramiento es que se incluya toda la información del ganado de registro y comercial para evaluar los sementales. Su uso incrementará la información en las bases de datos y la confiabilidad de las estimaciones genéticas.
- Se deben establecer épocas de empadre para hacer grupos contemporáneos con mayor uniformidad y utilizar la inseminación artificial para contar con sementales de referencia.
- Las pruebas de paternidad a través de ADN, son confiables para la asignación de filiación, además de ser un requisito para participar en la comercialización de vientres y sementales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejo, D; Campero, CM; Faverín, C; Fernández-Sainz, I. 2000. Caracterización de partos y mortalidad perinatal asociado a genotipos en ganado de carne. *Veterinaria Argentina* 17(5):333-340.

- AMCC (Asociación Mexicana de Criadores de Cebú). 2016. Estatutos de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (en línea). Consultado 01 abril 2016. Disponible <http://www.cebumexico.com/home/reglamentos/EstatutosAMCC.pdf>
- AMCC (Asociación Mexicana de Criadores de Cebú). 1996. Reglamento del Programa de Control de Desarrollo Ponderal. Primera Edición. Editorial Innova Multiplicare. México, D. F. p. 69.
- Arellano-Vera, W; Sifuentes-Rincón, AM; Garcidueñas-Piña, R; Parra-Bracamonte, GM. 2010. Importancia de la verificación-asignación de progenitores en sistemas extensivos de pie de cría. *Revista Científica FCV-LUZ* XX(1):53-60.
- Barbosa, ACB; Carneiro, PLS; Rezende, MPG; Ramos, IO; Martin-Filho, R; Malhado, CHM. 2017. Parâmetros genéticos para características de crecimiento e reproductivas em bovinos Nelore no Brasil. *Archivos de Zootecnia* 66(255):447-450.
- Bellows, RA; Genho, PC; Moore, SA; Chase Jr., CC. 1996. Factors affecting dystocia in Brahman-cross heifers in subtropical southeastern United States. *Journal of Animal Science* 74(7):1451-1456.
- BIF (Beef Improvement Federation, USA). 2002. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs. N. C. State University, Raleigh, N. C. USA. p. 88.
- Boldman, KG; Kriese, LA; Van Vleck, LD; Kachman, SD. 1993. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). Agricultural Research Servis, USDA. p. 64.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 1998. Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. p. 92.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 2000. Plan de Acción 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. p. 127.

- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 2010. Guía Técnica de Programas de Control de Producción y Mejoramiento Genético de Bovinos Productores de Carne. Monterrey, N. L. p. 68.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 2016. Evaluaciones genéticas en el ganado bovino de carne. (en línea). Consultado 01 abr. 2016. Disponible en <http://www.conargen.mx/>
- Gunski, RJ; Garnero del, VA; Borjas de los, RA; Becerra, FLA; Lôbo, RB. 2001. Estimativas de parámetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. *Ciência Rural* 31(4):603-607.
- Gurza, FN. 1998. Comportamiento del ganado Simbrah en el sistema de doble propósito en el trópico mexicano. Memoria. Cuarto Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito. SAGAR. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 74-77.
- Koots, KR; Gibson, JP; Smith, C; Wilton, JW. 1994. Analysis of published genetic parameter estimates for beef production traits, 1. Heritability. *Animal Breeding Abstracts* 62(3):309-338.
- Kriese, LA; Bertrand, JK; Benyshek, LL. 1991. Genetic and environmental growth trait parameter estimates for Brahman and Brahman-derivative cattle. *Journal of Animal Science* 69(6):2362-2370.
- León-Velasco, H; Ruiz-Hernández, H; Ruiz-Moreno, A; León-Velasco, O. 2013. ADN: Pruebas de paternidad en sementales bovinos. *Que hacer Científico en Chiapas* 8(1):44-45.
- Lopes, FB; Santos, GCJ; Marques, EG; Silva, MC; Ferreira, JL. 2012. Genetic trends for characteristics related to the growth rate in Nelore cattle from Northern Brazil. *Revista Ciência Agronômica* 43(2):362-367.
- Magaña-Monforte, JG; Ríos-Arjona, G; Martínez-González, JC. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14(3):105-114.
- Maniatis, N; Pollot, GE. 2003. The impact of data structure on genetic (co)

- variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. *Journal of Animal Science* 81(1):101-108.
- Martínez, GJ. 1991. Estrategias de mejoramiento genético en el ganado productor de carne. *Mundo Ganadero* 3(1):13-15.
- Martínez, GJC. 2002. Sistemas de cruzamiento para ganado de carne en Tamaulipas. Memoria. Curso de Capacitación y Entrenamiento Técnico en Sistemas de Producción de Bovinos, Ovinos y Caprinos. DGDAFyP, UAT, Fundación Produce Tamaulipas, Consorcio Técnico del Noreste. 23 al 28 de septiembre de 2002. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 203-213.
- Martínez, GJC. 2007. Animales cruzados y formación de razas sintéticas. Memorias. 1er Curso de Capacitación y Actualización para el Comité Técnico de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suiz-bú de Registro A. C. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 1-11.
- Martínez, GJC; García, FJE; Parra, GMB; Castillo, HJ; Cienfuegos, EGR. 2010. Genetic parameters for growth traits in Mexican Nellore cattle. *Tropical Animal Health and Production* 42(5):887-892.
- Martínez, JC; Castillo, SP. 1995. Factores ambientales y genéticos sobre el peso al año de edad de becerros Brahman en trópico seco. *Avances en Investigación Agropecuaria* 4(1):57-62.
- Martínez-González, JC; Castillo-Rodríguez, SP; Parra-Bracamonte, GM; Ortega-Rivas, E. 2014. Las evaluaciones genéticas y las nuevas reglas de operación en el programa de mejoramiento genético: caso razas Cebuinas. In Aké López, R; Chay Canul, AJ; Magaña Monforte, JG; Sandoval Castro, CA. Por una producción animal sustentable para el logro de la soberanía alimentaria y el combate a la pobreza. XLI Reunión de AMPA y VII Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México. pp. 78-85.
- Montaldo, VHH; Barria, PN. 1998. Mejoramiento genético de animales. *Ciencia al Día* 2(1):1-19.
- Parra, BGM; Martínez, GJC; Cienfuegos, REG; García, EFJ; Ortega, RE. 2007. Parámetros genéticos

- de variables de crecimiento de ganado Brahman de registro en México. *Revista Veterinaria México* 38(2):217-229.
- Pico, BA; Naser, FWC; van Wyk, JB. 2004. Genetic parameters for growth traits in south African Brahman cattle. *South African Journal of Animal Science* 34(Suppl 2):44-46.
- Pimenta, FEC; Martins, AG; Sarmiento, RJL; Ribeiro, MN; Martins Filho, R. 2001. Estimativas de herdabilidade de efeitos directo e materno de características de crecimiento de bovinos Guzerá, no estado de Paraíba. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30(4):1220-1223.
- Plasse, D; Arango, J; Fossi, H; Camaripano, L; Llamozas, G; Pierre, A. 2004. Genetic and non-genetic trends for calf weights in a *Bos indicus* herd upgraded to pedigree Brahman. *Livestock Research Rural Development* 16(7):1-18. (en línea). Consultado 06 abr 2016. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd16/7/plas16046.htm>
- Quintero, JC; Triana, JG; Quijano, JH; Arboleda, E. 2007. Influencia de la inclusión del efecto materno en la estimación de parámetros genéticos del peso al destete en un hato de ganado de carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(2):117-123.
- Rodríguez, FA. 1997. Estrategias para el establecimiento de programas de evaluación genética del ganado bovino para carne. Memoria. Primer Foro de Análisis de los Recursos Genéticos de la Ganadería Bovina. SAGAR. México, D. F., México. pp. 49-69.
- Rouse, JE. 1977. *The Criollo: Spanish cattle in the Americas*. University of Oklahoma Press, Norman. USA.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX). 2014. Reglas de Operación del Programa de Fomento Ganadero (en línea). Consultado 15 abr 2014. Disponible en http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/2014_Programa_de_Fomento_Ganadero/Reglas_de_Operación_del_Programa_de_Fomento_Ganadero_2014.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX). 2016.

- Reglas de Operación del Programa de Fomento Ganadero (en línea). Consultado 6 abr. 2016. Disponible en <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44530/Reglas-Operacion-2016-sagarpa.pdf>.
- Salazar, MEL; González, PM; del Bosque, GA; Reséndez, PD; Barrera-Saldaña, HA; Sifuentes-Rincón, AM. 2004. Evaluación de microsatélites para la verificación de paternidad de las razas Beefmaster y Charolais en el noreste de México. *Técnica Pecuaria en México* 42(3):429-435.
- Salces, J; Bondoc, OL; Lambio, AL; Supandgo, EP; Laude, RP; Perilla, MV. 2002. Variance component estimation of production traits of Brahman (*Bos indicus*, Linn.) raised in The Phillipines. Proceedings of 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Aug 19-23. Montpellier, France. Communication N° 02:69.
- Sifuentes, RAM; Parra, BGM; de la Rosa, RXF; Sánchez, VA; Serrano, MF; Rosales, AJ. 2006. Importancia de las pruebas de paternidad basadas en microsatélites para la evaluación genética de ganado de carne en empadre múltiple. *Técnica Pecuaria en México* 44(3):389-398.
- Thompson, VA; Barioni, LG; Rumsey, TR; Fadel, JG; Sainz, RD. 2014. The development of a dynamic, mechanistic, thermal balance model for *Bos indicus* and *Bos taurus*. *Journal of Agricultural Science* 152(3):464-482.
- Van Vleck, LD; Nuñez-Domínguez, R. 1992. Evaluación genética de toros y vacas lecheras con el modelo animal. *Agrociencia. Serie Ciencia Animal* 2(1):33-57.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú las facilidades prestadas y la información con la cual se derivó parte de este trabajo.