

Usos y tendencias de las pruebas de desempeño y su aplicación en Colombia*

Diana María Bolívar Vergara**, Mario Fernando Cerón-Muñoz***, Edison Julián Ramírez Toro****, Divier Antonio Agudelo Gómez*****

Resumen

Las pruebas de desempeño (PD) son un importante componente de los programas de mejoramiento genético en ganadería de carne en muchos países. Aunque se realizan desde hace mucho tiempo, algunos cuestionamientos son hechos sobre su universalidad. Existe poca uniformidad en las metodologías que aplican las estaciones de prueba, con un amplio rango de prácticas alimenticias y de manejo. La presente revisión tiene como objetivo analizar la importancia de las PD en el mejoramiento genético. Se presentan los aspectos metodológicos a ser considerados, las características a evaluar, su análisis estadístico y su aplicación en Colombia. Dadas las condiciones en que se desarrollan los sistemas de producción de carne en Colombia, las pruebas de desempeño se presentan como una alternativa para iniciar el proceso de evaluación genética.

Palabras clave: Ganado doble propósito, interacción genotipo-ambiente, mejoramiento genético, selección artificial.

Applications and trends of performance tests and their application in Colombia

Abstract

Performance tests (PT) are an important component of breeding programs for beef cattle in many countries. Although they have been being applied for a long time, there are some questions about their universality. There is no much uniformity in the methodo-

logies applied by the test stations, with a wide range of dietary and management practices. This review aims to analyze the importance of PT's for the genetic improvement. The methodological aspects to be considered are showed, along with the characteristics, statistical analysis and their application in Colombia. Given the conditions under beef meat is produced in Colombia, the PT's are presented as an alternative to start the process of genetic evaluation.

Key words: Dual purpose cattle, interaction genotype-environment, genetic improvement, artificial selection.

Usos e tendências das provas de desempenho e sua aplicação na Colômbia

Resumo

As provas de desempenho (PD) são um importante componente dos programas de melhoramento genético em pecuária de carne em muitos países. Ainda que se realizam desde faz muito tempo, alguns questionamentos são fatos sobre sua universalidade. Existe pouca uniformidade nas metodologias que aplicam as estações de prova, com uma ampla casta de práticas alimenticias e de manejo. A presente revisão tem como objetivo analisar a importância das PD no melhoramento genético. Apresentam-se os aspectos metodológicos a ser considerados, as características a avaliar, sua análise estatística e sua aplicação na Colômbia. Dadas as condições

* Artículo derivado del proyecto: "Pruebas de desempeño en Baby búfalo y búfalos doble propósito, en procura de seleccionar los mejores individuos para características relacionadas a la producción y rendimiento de carne", realizado entre agosto de 2008 y diciembre de 2009 y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Universidad de Antioquia y la Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos.

** Zootecnista, Magíster en Sistemas Agroforestales, docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Es miembro del grupo de investigación Genética, Mejoramiento y Modelación Animal-GaMMA de la Universidad de Antioquia y realiza el doctorado en Ciencias Animales de la Universidad de Antioquia y la Fundación Universitaria San Martín.

*** Zootecnista, PhD., miembro del grupo de investigación Genética, Mejoramiento y Modelación Animal-GaMMA de la Universidad de Antioquia y docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia.

**** Zootecnista, miembro del grupo de investigación Genética, Mejoramiento y Modelación Animal-GaMMA de la Universidad de Antioquia y realiza la maestría en Ciencias Animales de la Universidad de Antioquia y la Fundación Universitaria San Martín.

***** Industrial Pecuario, Magíster en Ciencias Animales, docente de la Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias de la Corporación Universitaria Lasallista, es miembro del grupo de Investigación Desarrollo y Transformación Agropecuaria.

Correspondencia: Diana María Bolívar Vergara, e-mail: dmboliva@unal.edu.co
Artículo recibido: 15/01/2010; artículo aprobado: 05/04/2010

em que se desenvolvem os sistemas de produção de carne na Colômbia, as provas de desempenho se apresentam como uma alternativa para iniciar o processo de avaliação genética.

Palavras importantes: gado duplo propósito, interação genótipo-ambiente, melhoramento genético, seleção artificial.

Introducción

En los programas de mejora genética, uno de los aspectos críticos es la selección de los animales con mayor potencial genético para las características de interés. En especies para producción de carne, la identificación de los mejores individuos se basa en la evaluación genética mediante el análisis de bases de datos y modelos estadísticos complejos (datos provenientes de un número grande de hatos conectados) y el uso de pruebas de desempeño (PD), sometiendo a grupos de animales a las mismas condiciones ambientales. Estas pruebas permiten determinar cuáles son los individuos que mejor expresan su potencial genético en términos de crecimiento y deposición de tejidos, para posteriormente ser utilizados como reproductores. Tanto el análisis de bases de datos, como las pruebas de desempeño, constituyen herramientas importantes y complementarias para el montaje de sistemas de evaluación genética entre hatos.

Para lograr un buen progreso genético se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales: la eficiencia y la magnitud en la toma de datos fenotípicos y el registro genealógico, que permita establecer la conectabilidad genética de toda la información fenotípica recolectada. En muchos países se tienen limitantes para recolectar suficiente información de buena calidad que permita realizar evaluaciones genéticas con buena confiabilidad. Las PD son una alternativa para iniciar la evaluación de características de importancia económica en ganadería de carne. Estas pruebas permiten evaluar los animales por su propio desempeño, siendo indicadas para características de media a alta heredabilidad, en las que la producción individual indica con relativa precisión su valor genético, condición que cumplen muchas de las características de importancia económica en ganado de carne, además de su fácil medición en el animal ^{1,2,3}.

Las PD han sido un importante componente de los programas de mejoramiento en ganadería de carne en muchos países. Éstas han sido utilizadas como método de selección desde hace mucho tiempo. En Estados Unidos se iniciaron desde 1930⁴; en Sudáfrica en el año 1963¹ y en Brasil, en 1951⁵. Estas pruebas se presentan como una alternativa para iniciar un proceso de evaluación más complejo. Sin embargo, se pueden seguir utilizando para complementar las pruebas de progenie.

Aunque estas pruebas se vienen realizando desde hace mucho tiempo, algunos cuestionamientos comienzan a ser hechos sobre su universalidad debido a que existe poca uniformidad en las metodologías que aplican las estaciones de prueba, con un amplio rango de prácticas alimenticias y de manejo. ¿Cuál es la duración apropiada de la prueba? ¿Qué características debe tener la dieta utilizada? ¿Será posible eliminar completamente el efecto residual del hatos? ¿Qué duración debe tener el período de adaptación? ¿Se presentará interacción genotipo- ambiente? ¿Las pruebas se deben desarrollar en pastoreo o en confinamiento?. Estos son algunos de los cuestionamientos que se han planteado con relación a las PD, siendo importante discutir estos aspectos a partir de la información disponible y teniendo en cuenta las condiciones específicas de producción de carne en Colombia.

Dentro de los aspectos a tener en cuenta en el desarrollo de las PD en Colombia se resaltan: 1, necesidad de evaluar la duración de la prueba y del período de adaptación, ya que la gran diversidad de sistemas de producción de carne existentes en el país pueden conllevar a un efecto significativo del hatos origen por un largo período. 2, dieta a utilizar, la cual debe ser de mediana calidad para que no difiera ampliamente de la que se utiliza en los sistemas de producción, disminuyendo la posibilidad de presentarse interacción genotipo-ambiente. 3, estas pruebas pueden ser realizadas bajo pastoreo o confinamiento. En confinamiento se

tiene un mayor control del ambiente y permite medir la eficiencia en la utilización del alimento, característica de alta importancia económica. Sin embargo conlleva altos costos, lo cual puede limitar la implementación de estas pruebas en Colombia.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la presente revisión con el objetivo de analizar y discutir la importancia de las PD en el mejoramiento de características de valor económico en bovinos de carne. Se presentan los aspectos metodológicos a considerar para la realización de estas pruebas, la metodología utilizada en diferentes países, algunas consideraciones sobre las características que se pueden evaluar durante las pruebas, su análisis estadístico y su aplicación en Colombia.

Importancia de las pruebas de desempeño en el mejoramiento genético

La PD es un método de selección en el cual el animal es evaluado por su propio desempeño. Para esto, el grupo de animales a evaluar se tiene bajo las mismas condiciones ambientales, lo cual permite que la diferencia en el desempeño entre los animales esté altamente relacionada con las diferencias genéticas. Este método es indicado para características de media a alta heredabilidad, donde el desempeño individual indica, con relativa precisión, su valor genético. Este requisito lo cumplen la mayoría de características de importancia económica en ganado de carne, además de su fácil medición en el animal^{1,2}. Para obtener la mayor correlación posible entre el valor de cría estimado y el real, la característica debe ser medida en las condiciones bajo las cuales puedan ser mejor controlados físicamente los efectos ambientales, lo que se logra con las PD. Estas pruebas se pueden realizar sobre el propio animal independientemente del sexo antes de ser sometido a reproducirse, o sobre su descendencia, para recolectar los datos necesarios para ejecutar la prueba de progenie.

Las PD cumplen un papel muy importante cuando se inicia un programa de mejora genética. Al inicio, generalmente no se tiene buena conectabilidad genética de los datos provenientes de

las diferentes explotaciones, perjudicando las evaluaciones entre hatos⁶. En Colombia este aspecto es muy importante, pues no se cuenta con suficiente información de alta calidad que permita realizar evaluaciones entre hatos con buena precisión. En los sistemas de producción de bovinos de carne es frecuente encontrar una baja implementación de programas de inseminación artificial, o, en su defecto, monta natural con paternidad responsable. Esta situación puede conllevar a que no se encuentre una buena conectabilidad genética entre los hatos. Además no existe un buen proceso de trazabilidad de los animales. Muchas de las ganaderías sólo hacen la fase de cría y venden sus animales para ser cebados en otros sistemas de producción, lo que conlleva a la pérdida de la continuidad del manejo de información, pudiéndose afirmar que nunca o pocas veces se registra la información *post mortem* de los animales para hacer evaluaciones de características de canal.

A nivel mundial, la aplicación de modelos mixtos sobre datos de genealogía y de desempeño constituye actualmente el proceso usual en la conducción de programas de evaluación genética de bovinos de carne. Con esta metodología se tiene la posibilidad de incrementar la exactitud con un mayor número de registros y de parientes, obteniendo valores genéticos de un alto número de animales. Sin embargo, en este tipo de evaluación se pueden tener problemas con respecto a la calidad de la información. Es necesario realizar una buena depuración de datos, ya que se pueden encontrar errores en las fechas de nacimientos, información faltante y pesos erróneos, entre otros problemas. Las mediciones son tomadas por diferentes personas y tipos de básculas, con y sin ayuno de los animales, lo que puede inducir a errores en la realización de los pesajes. La persona encargada de realizar la evaluación genética generalmente no es la que genera la información, por lo tanto es necesario confiar en la ética y el conocimiento de los ganaderos y técnicos. Por el contrario, la información generada en las PD es de alta calidad y confiabilidad, ya que es tomada directamente por una persona objetiva y capacitada para ello. Además estas pruebas presentan la ventaja de poder estimar el mérito genético del animal cuando es joven, viabilizando así su utilización precoz en el hato, lo

cual conlleva a una disminución del intervalo generacional.

Dadas las condiciones en que se desarrollan los sistemas de producción de carne en Colombia, las PD se presentan como una alternativa para iniciar el proceso de evaluación genética, pudiendo ser utilizadas para iniciar las pruebas de progenie. A los animales con mejores desempeños en la prueba se les puede recolectar semen, distribuirlo en diferentes fincas y así dar inicio a las pruebas de progenie. En las PD se puede contar sólo con la información del individuo, lo cual puede conllevar a una menor exactitud en la estimación de los valores genéticos en comparación con las evaluaciones en las que se considera la genealogía, además de obtener valores genéticos únicamente de los animales que participan en las pruebas. No obstante, en estas pruebas también se puede evaluar parientes utilizando la matriz de parentesco, además de incrementar la exactitud en la predicción de los valores genéticos de los animales.

Tradicionalmente las PD han sido enfocadas para evaluar machos, debido fundamentalmente a la mayor capacidad de estos para dejar descendencia. Con el avance en la biotecnología reproductiva en bovinos, el aporte genético de las hembras es relevante. En este sentido se debe considerar la posibilidad de someter hembras a PD en condiciones similares a las que se aplican para los machos.

Por último, es importante resaltar la importancia que tiene la participación de los criadores. Independiente de la metodología utilizada para realizar la evaluación genética, es necesario el compromiso de todos los productores que trabajan en el sector cárnico. Es necesario que los mejoradores y productores tengan criterios únicos y consistentes para que todo el gremio esté orientado hacia un mismo camino. En el caso de las PD se requiere un gran compromiso de parte de los ganaderos en el sentido de financiar los costos que conlleva la prueba por cada animal evaluado. Sin embargo, las ventajas que representan estas pruebas en términos de poner a disposición toros probados son grandes. Los animales evaluados y que obtengan buenos valores genéticos, alcanzan mayores precios. Utilizar animales que tengan una buena ganancia de peso, alcanzando el peso

al sacrificio más rápidamente, con una buena conversión alimenticia y una adecuada deposición de músculo y grasa, permiten obtener una mayor rentabilidad.

Características a evaluar en las pruebas de desempeño

Durante el desarrollo de las primeras PD se enfatizó sobre el promedio de ganancia diaria de peso desde el destete hasta un año de edad, debido a la importancia económica de esta característica. Actualmente, algunos países como Japón⁷ y Estados Unidos⁸ incluyen peso por día de edad, la cual es en parte una característica materna. También se han incorporando otras características importantes como consumo de alimento^{1,7,9}; conversión alimenticia^{7,9}; medidas bovinométricas y de tipo^{10,11,12}; deposición de diferentes tejidos utilizando la técnica de ultrasonido^{11,12,13} y algunas evaluaciones para el potencial reproductivo de los machos que pueden ser extrapoladas a las hembras, como perímetro escrotal^{7,10, 11,12}. En las PD se pueden evaluar características de gran importancia económica como la conversión alimenticia, la cual no es posible medir bajo las condiciones en que se desarrollan los sistemas de producción de carne en Colombia. El tiempo, esfuerzo y costos involucrados en el desarrollo de estas pruebas pueden ser bien justificados, si muchas características rentables pueden ser identificadas.

Tasa de crecimiento

La mayoría de investigaciones han evidenciado que el peso corporal a diferentes edades presenta de media a alta heredabilidad^{2, 15,16}. La implicación de esto es que se pueden obtener medidas seguras con base en el desempeño individual. Además existen altas correlaciones genéticas entre pesos tomados a diferentes edades, por lo tanto la selección por peso a cualquier edad contribuye, de manera efectiva, al aumento del tamaño corpora^{12,15}. La frecuencia con que se realizan los pesajes durante las pruebas difiere ampliamente entre países. En Canadá y Sudáfrica realizan pesajes semanalmente^{1,17}, mientras que en Brasil sólo realizan tres pesajes (al inicio y al final

de la prueba, con un peso intermedio a los 56 días)⁶ y en Colombia, en ganado cebú, se realizan pesajes cada 56 días¹⁸. Actualmente se vienen desarrollando las primeras PD de búfalos en Colombia bajo confinamiento realizando pesajes cada 14 días.

Eficiencia en la conversión alimenticia

Aumentar la eficiencia alimenticia contribuye a reducir significativamente el costo de producción de carne^{9,17}. Estudios de eficiencia en bovinos han demostrado que la selección de animales que consumen menos para el mismo peso y la misma ganancia resulta en progenies divergentes para esa misma característica, indicando que existe variación genética en la utilización de nutrientes¹⁹.

Las diferencias entre animales con la misma dieta son explicadas por diferencias en la capacidad de crecimiento de tejido magro, en las proporciones relativas entre el tejido magro y el graso, en la eficiencia en la síntesis de proteína y grasa, en los requerimientos para mantenimiento, en la eficiencia del tracto digestivo y en el consumo de alimento con relación al tamaño de los animales^{20,21,22}. La eficiencia en la conversión alimenticia es la característica de más difícil evaluación, exigiendo alimentación individualizada, siendo posible en pruebas en confinamiento. En pastoreo se puede evaluar mediante el empleo de métodos indirectos, que involucran la cuantificación simultánea de la producción fecal diaria y la digestibilidad del alimento^{23,24,25,26}, siendo necesaria la utilización de indicadores externos o internos.

En países como Estados Unidos, Canadá y Sudáfrica están evaluando conversión alimenticia y consumo residual de alimento^{1,7,9,17} como medidas de eficiencia de la utilización de los alimentos. En Sudáfrica realizan mediciones de consumo de alimento semanalmente¹, mientras que en Canadá las realizan a diario utilizando el sistema GrowSafe¹⁷, tecnología que permite identificar los animales con mayor crecimiento, menor consumo de alimento y menores tratamientos médicos, además de identificar animales que están listos para el sacrificio, sin causar estrés en el animal.

En países donde la ceba se realiza bajo sistemas de confinamiento, utilizando dietas de alta calidad y costosas, las medidas de eficiencia en la utilización de los alimentos (conversión y consumo residual de alimento) están cobrando más importancia que la ganancia de peso. En Colombia, donde la ceba se realiza principalmente bajo pastoreo, el costo del alimento no es tan limitante como si lo pueden ser otros costos de producción que se incrementan cuando el proceso de ceba es más largo. En estos sistemas se requiere de animales que ganen más peso, alcanzando el peso para sacrificio más rápido, aunque su consumo de forraje sea más alto. El costo financiero del inventario y el costo de oportunidad de la tierra, sumado al costo por mano de obra, vacunas, entre otros, pueden tener un mayor peso en los costos de producción que el alimento.

Calidad de la canal

Las características de canal y calidad de la carne están cobrando mucha importancia en los programas de mejoramiento genético. Dentro de las características a tener en cuenta está el rendimiento en canal y en carne, terneza de la carne y deposición de grasa y músculo, siendo estas últimas dos características frecuentemente medidas en las PD utilizando el ultrasonido^{27,28,29,30}. Según Sainz y Araújo (2002)²⁸, para la evaluación genética de la calidad de la canal el ultrasonido presenta muchas ventajas: Permite la evaluación precoz de los animales para selección sin necesidad de sacrificio y los resultados están disponibles antes de ponerlos a servir como reproductores. El costo de evaluación individual es bajo. En bovinos las características de la canal tienen heredabilidad de media a alta y en algunos casos las medidas de ultrasonido son superiores a las medidas directas.

La técnica de ultrasonido permite medir el espesor de la grasa dorsal (EGD), el área del ojo del lomo (AOL), el cual es un buen indicador del rendimiento en carne del animal, profundidad del lomo y del bíceps femoral³¹, grasa de la cadera (P8) y marmoreo³². Diferentes trabajos han reportado altas correlaciones entre las medidas obtenidas por ultrasonido y las tomadas directamente en la canal^{33,29,34,35}. Estas carac-

terísticas son de media a alta heredabilidad, pudiendo ser incluidas en las PD midiendo la deposición de músculo y grasa con la técnica de ultrasonido y otras características como terneza de la carne, a través de marcadores moleculares. Estas mediciones se vienen realizando en las PD en diferentes países. En Brasil se evalúa AOL, EGD y P8, en Estados Unidos y países de Europa, evalúan además el marmoreo³⁶.

Medidas bovinométricas

Varios estudios subtropicales y tropicales sugieren el uso de medidas corporales para complementar el proceso de selección del ganado de carne en el trópico³⁷. En la evaluación de la composición del bovino tipo carne se han utilizado, además del peso como predictor del crecimiento, altura al sacro, longitud corporal y perímetro torácico³⁸. Estas medidas han ayudado a esclarecer diferencias productivas sobre el biotipo cebuino tropical más adecuado para la producción de carne en Colombia³⁷. Medidas corporales son realizadas en las PD en países como Brasil, Estados Unidos (“Frame score”), países de Europa (imágenes digitales)³⁶ y Sudáfrica¹.

Características reproductivas

Se deben incluir todas las evaluaciones del potencial reproductivo que puedan ser hechas en los toros, según la edad a la que participan en estas pruebas. Durante los últimos años se ha incluido la circunferencia escrotal (CE), la cual está asociada al desarrollo testicular y características físicas y morfológicas del semen y pueden considerarse como una característica indicativa de la edad a la pubertad en machos, presentando también correlación genética favorable con la edad a la pubertad en las hembras³⁹. Teniendo en cuenta que esta característica es importante en la evaluación reproductiva y su fácil medición, países como Estados Unidos y Canadá⁷, Sudáfrica¹ y Brasil³⁶ la incorporaron en las PD^{7,1}. Sería adecuado incluir en las PD la evaluación de la calidad del semen, pero desafortunadamente, teniendo en cuenta la edad a la cual terminan los animales las pruebas en muchos países (11-14 meses),

pocos animales serán capaces de producir semen de calidad aceptable.

Características de tipo

Toros con altas ganancias y altos pesos al final de las pruebas deben ser sometidos a análisis físicos cuidadosos. Si presentan algunos problemas de conformación, de patas por ejemplo, puede limitar la vida útil del toro y algunas de estas condiciones limitantes de longevidad pueden ser pasadas a su descendencia. Adicionalmente, en algunos países como Colombia y Brasil se evalúan características de tipo como caracterización racial, musculatura, esqueleto y ombligo, entre otras^{18,12}. El problema de este tipo de características radica en que su evaluación es subjetiva. Además es importante determinar cuáles de estas características realmente tienen relación con características productivas.

Aspectos a tener en cuenta en el desarrollo de pruebas de desempeño

Aunque las PD se vienen realizando desde tiempo atrás, muchos cuestionamientos comienzan a ser hechos sobre su universalidad. Existe poca uniformidad en las metodologías que aplican todas las estaciones de prueba, con un amplio rango de prácticas alimenticias y de manejo. Se debe buscar un modelo adecuado y consolidado de pruebas para los países tropicales como Colombia, teniendo en cuenta sus condiciones de producción, razas y los objetivos del programa de mejoramiento genético. A continuación se analizarán cada uno de los aspectos que deben ser tenidos en cuenta en la realización de estas pruebas.

• Período de adaptación

Uno de los aspectos más importantes en la conducción de PD es la eliminación de los efectos del ambiente al que estuvieron sometidos los animales antes de ingresar a las pruebas. Los animales provienen de diferentes explotaciones, por lo tanto están sujetos a variaciones de alimentación y manejo entre las diferentes haciendas. Además existen diferencias debido

al efecto materno. Estos factores pueden conllevar a obtener resultados erróneos en las PD. A ese conjunto de diferencias se le denomina efecto residual del hato origen (HO), el cual se busca minimizar con el período de adaptación. La validez de las PD ha sido cuestionada debido a la permanencia de este efecto durante el desarrollo de las pruebas^{3,1}. Diferentes estudios han mostrado efectos importantes del HO sobre el desempeño de los toros en las pruebas después del período de adaptación^{40,3,41,42,43} y la existencia de correlaciones negativas entre ganancias de peso pre y posdestete, indicando ganancia compensatoria en la prueba^{41,44,45}.

Schenkel *et al.* (2004)³ y Nephawe *et al.* (2006)¹, argumentaron que el efecto del ambiente predestete sobre el desempeño durante las pruebas debe ser tenido en cuenta usando un modelo multicaracterístico que incluya características predestete (con los efectos: materno y HO-año) y características medidas al final de la prueba.

Con respecto al efecto del HO, se han reportado resultados variables. Liu y Makarechian (1993)⁴³ encontraron que este efecto fue responsable de una alta proporción de la varianza fenotípica del peso, disminuyendo de 52 a 35% y de 37 a 30% desde el inicio hasta el final de la prueba para razas pequeñas y grandes, respectivamente. Schenkel *et al.* (2002)⁴⁰ encontraron una variación asociada a la interacción entre HO y el año en que se realizó la prueba (HO-año) cercana al 8%, desde el inicio hasta el final de la prueba. Estos autores encontraron que la ganancia diaria de peso (GDP) hasta los 112 días y durante la prueba completa (140 días) fue similarmente afectada por el efecto HO-año. Para el caso particular de los datos analizados por estos autores, aumentar el período de adaptación aparentemente no reduciría este efecto. Nephawe *et al.* (2006)¹ encontraron que la proporción de la varianza fenotípica atribuible al efecto del HO-año fue de 9, 10, 6 y 5% para GDP, consumo diario de alimento, altura a la cruz y CE, respectivamente. Mantovani *et al.* (1999)⁴⁶, también reportaron un importante efecto del HO en todas las razas investigadas (Chianina, Marchigiana y Romagnola). El efecto de HO-año se debe principalmente al efecto de la habilidad materna y a diferencias ambientales (por ejemplo alimentación y prácticas de manejo).

Schenkel *et al.* (2004)³, encontraron que, al incluir el efecto HO-año en el modelo, éste mejora sustancialmente. La heredabilidad para GDP durante la PD es mayor cuando en el modelo no se tiene en cuenta este efecto, indicando que parte de éste fue atribuido al efecto genético directo. Igualmente, Mantovani *et al.* (1999)⁴⁶ encontraron una disminución de la heredabilidad para dos de las tres razas consideradas, cuando el efecto HO fue incluido en el modelo. También Schenkel *et al.* (2004)³, Nephawe *et al.* (2006)¹ y Mantovani *et al.* (1999)⁴⁶, encontraron que existe una reclasificación de los toros superiores cuando se tiene en cuenta el efecto HO-año en el modelo.

Schenkel, *et al.* (2004)³ afirmaron que el efecto HO-año es de naturaleza ambiental y no es debido al efecto materno y al ambiente permanente. Estos autores reportaron unas correlaciones ambientales entre ganancia de peso predestete y ganancia de peso posdestete (en las PD) cercanas a cero (entre 0,02 y 0,03) y no significativas para los modelos con y sin el efecto HO-año. Esto sugiere que no fue importante la ganancia de peso compensatoria durante la PD después de los 28 días de adaptación para aquellos terneros que no se desarrollaron bien hasta el destete, debido a pobres condiciones ambientales dentro de hato-año. Resultados similares fueron reportados por Nephawe *et al.* (2006)¹ para las características evaluadas (GDP, consumo diario de alimento, altura a la cruz y circunferencia escrotal).

Otros autores han reportado correlaciones ambientales negativas entre la GDP predestete y durante la PD, con valores entre -0.08 y -0.30, con un promedio de -0.19 (De Rose *et al.* 1988)⁴⁵ y entre -0.23 y -0.62 (Tong, 1982)⁴⁴, para diferentes razas. Estas correlaciones ambientales negativas sugieren que los animales que no tienen un buen desempeño durante el período predestete en el HO debido a limitaciones en el manejo, compensan con una mayor GDP durante la prueba, especialmente al inicio de ésta, y que el período de adaptación no removió completamente esta fuente de variación. Bajo estas condiciones se puede limitar la evaluación, ranqueo y selección de toros procedentes de diferentes hatos, con base en los resultados obtenidos en las PD. Sin embargo, es importante anotar que estos autores utilizaron

un modelo toro y no tuvieron en cuenta el efecto vaca, mientras que Schenkel, et al (2004)³ y Nephawe et al. (2006)¹ utilizaron un modelo animal, incluyendo el efecto vaca (efecto materno y ambiente permanente).

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que una de las mayores dificultades encontradas en la realización de las PD es conciliar el periodo de tiempo suficiente para que los efectos del ambiente anterior a la prueba puedan ser minimizados, de forma que se permita la correcta identificación de las diferencias genéticas individuales. Generalmente, cuanto menor sea la variación del peso de los animales al inicio de la prueba, menores serán los efectos del ambiente anterior a la misma y, por lo tanto, mayor será la garantía de éxito en su realización². Sin embargo, es importante tener en cuenta que la variación en el peso de los animales al iniciar la prueba es consecuencia tanto de las diferentes condiciones ambientales a las que han sido sometidos los animales, como de las diferencias genéticas, siendo imposible separar ambos componentes. Los animales que provienen de fincas que tienen una alta presión de selección tendrán, a una misma edad, pesos mayores que animales que provengan de fincas donde no se tenga un programa de selección. Estas diferencias pueden permanecer a lo largo de la prueba.

Con el fin de minimizar la variación del peso al inicio de las pruebas, algunas medidas que pueden ser tomadas son: a). Reducción en la variación de la edad de los animales, siendo la máxima diferencia permitida entre 60 y 90 días. b). Pre-selección de los individuos participantes con base en sus desempeños en los respectivos grupos contemporáneos en los hatos de origen, llevando los mejores animales a las PD. Los criterios a tener en cuenta en la pre-selección dependen del sistema de producción al que pertenecen los animales. En el caso de cría sin ordeño se debe tener en cuenta la ganancia de peso predestete y/o peso al destete. Para los sistemas doble propósito, además de las características anteriores, se debe tener en cuenta la producción de leche de la madre, lo cual se facilita en países que cuenten con programas de control lechero. c). Animales provenientes de sistemas de producción similares. Cuando la especie se maneja bajo diferentes

esquemas de producción, como cría sin ordeño y doble propósito, se deben realizar pruebas independientes para los animales provenientes de cada uno de estos sistemas.

La duración del período de adaptación es motivo de mucha controversia y varía ampliamente entre países. En Francia este período es de 56 días⁴⁷, mientras que en Canadá y en Sudáfrica es de sólo 28 días^{43,3,1}. En Colombia, en las pruebas realizadas por la Asociación de Criadores de Ganado Cebú, es de 70 días¹⁸. En Brasil, según lo descrito por Tundisi et al. (1962), citado por Razook et al. (1997)⁶ cuando iniciaron las pruebas de ganancias de peso para ganado vacuno, el período de adaptación era de 14 días. Para el año 1978 aumentaron el período de adaptación a 56 días, duración que persiste actualmente en las pruebas de confinamiento⁶. En este país, la Asociación Brasileira de Criadores Cebú, realiza pruebas de ganancias de peso a pasto con un período de adaptación de 70 días⁴⁸ y en confinamiento con un período de adaptación de 56 días⁴⁸. Cada país debe generar su propio período de adaptación para cada especie, raza y sistema de manejo.

• Duración de la prueba

La duración de la prueba es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que pruebas largas implican altos costos de administración y alimentación, además de la posibilidad de probar menos animales. Se debe identificar la duración apropiada de la prueba para reducir los costos de medición, sin comprometer la precisión y confiabilidad de los resultados¹. La duración de estas pruebas es un tema muy controvertido y, en gran parte, depende del sistema de producción.

La duración de la prueba ha ido cambiando con el tiempo. Warwick, en 1958⁴, realizó un resumen de las condiciones y resultados obtenidos durante 50 años en el Estado Central en USA. Cuando iniciaron las pruebas (hasta el año 1920), la duración era de 216 días. Entre los años 1921 y 1940 la prueba duraba 192 días en promedio y entre 1941 y 1957, 174 días. Posteriormente se consideró que la duración de la prueba adecuada para evaluar las ganancias de peso era 112 días^{49,50}. Archer et al. (1997)⁵¹ y Archer y Bergh (2000)⁵², su-

gieren que 70-84 días de prueba es un tiempo adecuado para obtener una medida precisa del consumo residual de alimento en toros de razas británicas y de otros tipos biológicos. Asimismo, en la Estación Central en Ontario, Canadá, la duración de la prueba hasta el año 1995 era de 140 días y después de 112 días³. En Sudáfrica, hasta 1990 las pruebas tenían una duración de 140 días. A partir de ese año las redujeron a 112 días y a partir de 1999 las recortaron a 84 días¹. En Francia la duración de la prueba es de 126 días⁴⁷, mientras que en Canadá es de 140⁴³. Las pruebas realizadas por la Asociación de Criadores de Ganado Cebú en Colombia tienen una duración de 294 días¹⁸.

Para las primeras pruebas realizadas en Brasil, las cuales iniciaron en el año 1951, la duración era de 140 ó 154 días en confinamiento. A partir de 1958 las pruebas fueron reducidas a 140 días (Tundisi et al. 1962, citado por Razook et al 1997)⁶. Después de 1978 el período de la prueba fue de 168 días (Razook et al. 1978, citado por Razook et al 1997)⁶, con pesajes intermedios cada 28 días, duración adoptada actualmente en la estación experimental de Zootecnia de Sertãozinho, pero con la realización de sólo un pesaje intermedio a los 56 días⁶. La Asociación Brasileira de Criadores Cebú realiza pruebas de ganancias de peso en pastoreo, con una duración de 294 días. Las pruebas en confinamiento realizadas por la Asociación Brasileira de Criadores Cebú, siguen los mismos delineamientos que en la estación experimental de Zootecnia de Sertãozinho⁴⁸.

En términos generales se puede afirmar que mientras más controladas se tengan todas las variables ambientales durante el desarrollo de las PD, más temprano podrán ser identificadas las diferencias entre animales debido al componente genético. Por lo tanto, las pruebas podrán tener menor duración. En las pruebas en confinamiento, en las cuales se tiene la posibilidad de ofrecer una dieta más homogénea, los animales no tienen que desplazarse para tener acceso al alimento y al agua o en búsqueda de sombra, las pruebas pueden ser más cortas. En pruebas en pastoreo la dieta es menos homogénea, hay un componente individual importante como es la selectividad que tengan los animales, además de existir una mayor competencia entre ellos. Esto conlleva a una

mayor duración en este tipo de pruebas, como las que realizan las Asociaciones Cebuistas de Colombia y Brasil.

Wang et al (2006)¹⁷ determinaron la duración óptima de la prueba para GDP, consumo de materia seca, conversión alimenticia y consumo residual de alimento, utilizando el sistema GrowSafe, el cual permite medir con alta precisión estas características. Los pesos se tomaron una vez por semana y el consumo de alimento se midió diariamente. Dichos autores determinaron que con una duración de 63, 35, 42 y 63 días para evaluar GDP, consumo de materia seca, eficiencia de la conversión alimenticia y consumo residual de alimento, respectivamente, es suficiente y hay poca pérdida en la precisión. Igualmente afirmaron que la adición de más pesos vivos, posiblemente, no reduzca la variación residual no explicada. Castilhos et al (2008)⁵³ realizaron un trabajo similar en machos de la raza Nelore recién destetados sometidos a PD en el Instituto de Zootecnia de Sertãozinho durante 112 días. Encontraron que el período de evaluación para estas cuatro características puede ser reducido a 56, 28, 84 y 84 días, respectivamente, sin reducir significativamente la precisión de las evaluaciones para animales alimentados en corrales individuales.

• **Edad y peso al inicio de la prueba**

Los efectos de la edad y peso inicial sobre el desarrollo de los animales a lo largo de la prueba son controvertidos, pudiendo ser confundidos con los efectos residuales de la hacienda de origen o con el efecto materno².

El peso inicial difiere en los diferentes países y ha ido cambiando a través de los años. En la Estación Central en Ontario, Canadá la edad promedio es de 212 ± 23 días, con una diferencia máxima de 90 días, siendo la máxima 280 días. El mínimo peso recomendado es de 181 kg.³ En Sudáfrica, la edad está entre 151 y 250 días, con un rango de peso permitido, dependiendo de la raza. Para la raza Bonsmara está entre 220 y 270 kg¹.

En Brasil, durante las pruebas realizadas hasta 1978, la edad inicial variaba entre 8 y 12 meses. Razook et al (1978 a b), citado por Razook et al 1997⁶, analizaron los datos de las pruebas de 1970 a 1975 de las razas Gir, Nelore y Guzarat

y comprobaron la influencia de la variación del peso y edad inicial sobre los desempeños de los animales en relación a los pesos finales, los cuales eran ajustados a 460 días. Teniendo en cuenta estos resultados, redujeron la edad inicial a 7 meses en promedio con una variación de tres meses (6 a 8 meses), ajustando el peso de entrada a la prueba a 210 días.

En Colombia la variación máxima de edad es de 60 días y la edad de inicio está entre 8 y 15 meses¹⁸. En Canadá la diferencia máxima permitida entre animales es de 90 días, con edades entre 181 y 307 días⁴³. En Brasil, la Asociación Brasileira de Criadores Cebú maneja una edad de ingreso a las pruebas, a pastoreo y a confinamiento, entre 7 y 10 meses. Para evaluar hijos de vacas participantes del control lechero oficial (pruebas para animales de doble propósito), la edad de ingreso es de 10 a 13 meses⁴⁸.

Aunque los animales ingresen a la prueba con una edad semejante, pueden existir altas diferencias en sus pesos iniciales. Esto ocurre en países como Colombia, donde existe una gran diversidad de climas, fertilidad de suelos, pastos y prácticas de manejo dentro de los sistemas de producción. Adicionalmente existen ganaderías con alta trayectoria donde se lleva a cabo algún proceso de selección, mientras otras son nuevas y no cuentan con un programa para el mismo proceso.

Más dramática puede ser la situación de los animales que provienen de sistemas doble propósito. Entre estos sistemas existe una gran diversidad en el manejo del ordeño, lo cual afecta directamente el desarrollo de los terneros. En algunas ganaderías el ordeño se inicia más temprano. Se puede dejar o no un cuarto a los terneros durante el primer mes de vida o hacer un ordeño profundo. Se ordeña la vaca hasta el momento del destete, o se deja de ordeñar un tiempo antes de éste para favorecer al ternero. Estas diferencias pueden tener efecto a lo largo de las pruebas. Por ejemplo, en el caso de terneros cuyas madres hayan sido sometidas a un sistema de ordeño más profundo, se pueden analizar tres situaciones: Primero, que debido a la alta restricción en el amamantamiento los terneros se vean obligados desde temprana edad a consumir forraje, lo cual puede fa-

vorecer el desarrollo temprano de su rumen y acostumbrarse a estar solos y, por lo tanto, que presenten menos estrés al momento del destete. Estas situaciones pueden favorecer el desempeño de los animales cuando ingresan a las pruebas, debido a que pueden aprovechar mejor el alimento ofrecido y afrontar mejor el destete. Segundo, se puede presentar crecimiento compensatorio, el cual podrá o no ser eliminado durante el período de adaptación. Tercero, si la restricción alimenticia es muy severa, puede afectar el crecimiento del ternero de una manera definitiva.

• Calidad de la dieta

Existen diferencias de opinión en cuanto a la calidad de la dieta que debe ser suministrada en las pruebas, existiendo dos posiciones contrarias:

1. La dieta debe ser adecuada para establecer correctamente la habilidad de los animales para ganar peso. Cuando se limitan las condiciones ambientales, como por ejemplo una baja oferta alimenticia, se hace más difícil encontrar variabilidad genética. Cuando se quiere tratar de inferir la capacidad genética de un animal para ganar peso, se debe garantizar hasta donde sea posible que el alimento o el ambiente en general no sea limitante para esta expresión. Las dietas para las PD deben cumplir con este requisito. Según lo anterior, la dieta debe satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, los cuales dependen de su capacidad de producción, en este caso de carne. Las PD están diseñadas para tratar de predecir precisamente esa capacidad de producción. En este sentido no se conocen los requerimientos reales de los animales, por lo tanto sería imposible definir la dieta exacta para un animal según su patrimonio genético.
2. Las dietas no deben divergir ampliamente de las que se utilizarán en la descendencia de los animales probados. Si se utilizan dietas de alto valor nutritivo es posible que se presente una interacción genotipo-ambiente, es decir, que probablemente la descendencia de los mejores animales, bajo unas condiciones específicas de alimentación, no tenga un buen desempeño bajo otras condiciones. En países o regiones como Estados

Unidos y Europa, donde la ceba se realiza bajo confinamiento o en su defecto en pastoreo con pastos de alto valor nutritivo más suplementación, es muy poco probable que se dé esta interacción. Situación muy diferente ocurre en países como Colombia, donde la producción de carne se desarrolla en pastoreo, con pastos de mediana y baja calidad y sin suplementación (en algunos casos en bajos niveles). Adicional a la dieta ofrecida es importante tener en cuenta los aspectos sociales, anatómicos y fisiológicos que determinan la capacidad de pastoreo, lo cual se ve reflejado en la capacidad para ganar peso. Bajo este escenario, sí existe una alta probabilidad de que se presente interacción genotipo-ambiente.

Algunos aspectos más específicos que se deben tener en cuenta para tomar la decisión sobre la dieta a utilizar en este tipo de pruebas son: 1) Edad y peso de los animales al ingresar a la prueba. Si se someten a la prueba animales más jóvenes se requieren dietas de mayor concentración de nutrientes y más altas en proteína. Animales de cría sin ordeño requerirán dietas de mejor calidad que aquellos que proceden de hatos doble propósito. 2) Periodo de adaptación necesario para eliminar el efecto residual del hato origen. Cuando se comparan en el mismo grupo animales provenientes de hatos con bajas condiciones ambientales, con animales provenientes de hatos con muy buenas condiciones, una dieta de mejor calidad puede reducir el tiempo de crecimiento compensatorio. 3) Duración de la prueba. Actualmente se busca realizar pruebas de corta duración (menores costos) y que su vez permita tener resultados con buena precisión^{17,53}. Lo anterior se puede lograr con dietas con altos niveles de energía. Generalmente se reportan estimativos de heredabilidad para ganancias de peso posdestete más bajos en pruebas en pastoreo con dietas con una alta proporción de forraje que en pruebas realizadas con altos niveles de concentrado en la dieta⁵⁴. Esto puede ser debido a un bajo consumo de energía para permitir la mayor expresión de las diferencias genéticas⁵⁴. Sin embargo, el uso de dietas con altos niveles de energía puede llevar a problemas reproductivos. Problemas en la espermatogénesis, presencia de laminitis subclínica y disminución en la libido, han sido reportados

en animales que han sido sometidos a sobrealimentación por largos periodos⁷. Esta situación es muy poco probable que ocurra en países tropicales como Colombia, teniendo en cuenta sus condiciones de producción. Dado lo anterior, se puede afirmar que para cada prueba será necesario analizar las condiciones específicas para tratar de identificar la dieta más adecuada.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los animales al llegar a la estación de prueba enfrentan condiciones de estrés. Requieren conocer el sitio, aprender a comer otro tipo de alimentos, socializarse con un grupo de animales diferentes, enfrentar el encierro. Lo más probable es que los animales cuando ingresan a la estación de prueba disminuyan el consumo total de alimento, por lo cual es adecuado ofrecer un alimento con mayor concentración de nutrientes para que el animal enfrente con mayor probabilidad de éxito dichas condiciones estresantes.

Existe un amplio rango de dietas utilizadas en las pruebas. Los niveles de nutrientes digestibles totales usados para toros en crecimiento están entre 60 y 80%⁸. Se puede hablar de diferencias generales según las condiciones en que se desarrollan los sistemas de producción en cada país. En Brasil utilizan dietas con un valor nutritivo similar a la de un pasto de mediana calidad. En Estados Unidos y Europa se utilizan dietas de alta calidad y balanceadas de acuerdo con las exigencias de cada raza, permitiendo obtener máximas ganancias de peso³⁶. El 97% del hato bovino de Brasil es manejado exclusivamente en pastoreo con algún tipo de suplementación mineral, con pastos de baja y mediana calidad, mientras que en Estados Unidos y Europa, la producción bovina se maneja en confinamiento suministrando dietas con una alta proporción de concentrado y pastos de alto valor nutricional.

• Sistema de alimentación

Uno de los aspectos que generan más controversia en el desarrollo de PD es si éstas deben ser conducidas bajo confinamiento o en pastoreo. En este sentido es importante analizar las ventajas que presentan cada uno de estos sistemas. En las pruebas bajo confinamiento se obtiene un mayor control de las variables

ambientales, se tiene un mayor conocimiento acumulado sobre el desarrollo de este tipo de pruebas, se pueden medir características relacionadas con eficiencia alimenticia y es indicada para evaluar características en la fase prepúber. En las pruebas bajo pastoreo se necesita menos infraestructura, se tienen menos costos por animal evaluado, son indicadas para evaluar características en la fase de la pubertad y posterior, se obtiene una menor interacción genotipo-ambiente y los animales presentan una edad más adecuada para la comercialización al finalizar la prueba.

Dentro de los aspectos mencionados es importante hacer especial énfasis en la interacción genotipo-ambiente. La duda más común entre mejoradores y ganaderos y motivo de controversia es si en países como Colombia, con sistemas de explotación de carne en pastoreo, las PD conducidas en confinamiento pueden reflejar el desempeño de los animales. Algunos autores en la década de los 40 opinaban que los animales debían ser seleccionados en ambientes favorables, donde fuera posible la expresión plena de la característica en evaluación². Posteriormente, Falconer y Mackay (1960)⁵⁵ afirmaron que existen varios potenciales genéticos, dependiendo del ambiente de explotación, lo cual indica que las pruebas deben ser realizadas en los ambientes en los que las progenies de los reproductores se manejen.

La posible interacción genotipo-ambiente implica que los animales superiores en la PD en confinamiento no necesariamente sean los superiores en condiciones de pastoreo. Desde la década de los 60 se verificó que la ganancia de peso de los terneros a pasto estaba relacionada positivamente con la ganancia registrada en confinamiento de sus padres⁵⁶. Sin embargo, todos los trabajos se referían a hatos europeos, en clima templado, donde se manejan sistemas de producción intensivos con especies forrajeras de alto valor nutritivo. Faltaban, sin embargo, datos sobre el desempeño en hatos tropicales.

El país tropical que más ha desarrollado y evaluado las PD es Brasil. En este país se ejecutan pruebas bajo los dos sistemas (confinamiento y pastoreo) en diferentes instituciones. En la Estación Experimental de Zootecnia de Sertão-

zinho se realiza la selección de un hato Nelore desde el año 1976 con base a dos criterios: 1, En los machos por peso al año corregido para 378 días de edad (P378) (por PD en confinamiento) y 2, en las hembras por peso corregido a los 550 días de edad (P550) evaluadas en pastoreo (Mercadante et al. 2007)⁵⁷ no encontraron la presencia de interacción genotipo-ambiente entre los grupos de animales mencionados anteriormente. Este hecho le da credibilidad a la escogencia de toros para reproducción evaluados en confinamiento y cuyas progenies estén en sistemas de pastoreo. Igualmente, en la Universidad Estadual de San Pablo en Botucatu han observado que los toros que sobresalen en las pruebas realizadas en pastoreo son los mejores en las pruebas en confinamiento (Ramos, comunicación personal)⁵⁸.

Otro aspecto importante a resaltar es la precisión que se obtiene en la evaluación genética de los animales bajo los dos sistemas. Investigaciones han mostrado que la heredabilidad para crecimiento en condiciones de pastoreo es más baja^{2,54}, debido a que se tiene un menor control de las variables ambientales. Bajo estas condiciones se presenta una mayor variación en la dieta ofrecida, jugando un papel importante la selectividad de los animales. En estas circunstancias, la evaluación de los animales es menos precisa^{2,54}. De esto se desprende la necesidad de realizar pruebas de mayor duración en pastoreo, lo que va en contra de lo que se busca actualmente: realizar pruebas de corta duración, para incurrir en menores costos, y que su vez permitan tener resultados con buena precisión.

Impacto de las pruebas de desempeño

La eficiencia de las PD depende de varios factores: 1, Las características tenidas en cuenta para seleccionar los mejores individuos. 2, la utilización de los mejores animales como reproductores en las diferentes fincas. 3, que los animales que no tienen buen desempeño durante la prueba no se reproduzcan. 4, la presencia de interacción genotipo-ambiente, si las condiciones en que se realizan las pruebas difieren ampliamente de las condiciones en que serán manejadas las descendencias.

Cates (1991)⁸ presentó un análisis de los datos obtenidos de PD realizadas durante 22 años en la estación de Saskatoon, en Canadá. Encontró que únicamente la raza Angus mostró un incremento significativo de la ganancia de peso durante este período de tiempo. La explicación de estos resultados es la percepción que se tiene con respecto a la contribución de las pruebas. Muchas personas pueden ver estas pruebas como una oportunidad de mercadear los animales y no como un método de selección de individuos genéticamente superiores. Este autor observó que únicamente el 35% de los toros que finalizaron la prueba pasaban los criterios de selección para ser escogidos como toros para la venta. De los toros que no calificaban, del 10% al 12% eran vendidos directamente para sacrificio desde la estación, siendo los demás vendidos por sus propietarios como reproductores.

Mercadante et al. (2007)⁵⁷ estimaron la tendencia genética entre los años 1981 y 2005 para diferentes características de crecimiento en un hato Nelore, en el cual los criterios de selección fueron P378 para machos (PD en confinamiento) y P550 días para hembras (desempeño en pastoreo). Encontraron una ganancia genética por año de 2.35 y 2.08 kg para P378 y P550, respectivamente. De igual forma reportaron una ganancia de 0.23 y 2.02 kg para peso al nacimiento y peso adulto. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que es posible alcanzar un significativo y constante progreso genético en características de crecimiento seleccionando con base en el desempeño individual del peso posdestete.

Nardon (1998)⁵⁹ evaluó el efecto de la selección a partir de PD en la raza Nelore para peso a los 378 días de edad, sobre características de crecimiento, composición corporal y composición de la canal. El Nelore seleccionado (NeS) fue superior para el consumo de materia seca por unidad de peso metabólico, GDP y peso de la canal carne comestible, que el Nelore control (NeC). Estos resultados indican que es posible obtener progreso genético para características de crecimiento y canal utilizando las PD como método de selección.

Razook et al (1988)⁶⁰ evaluaron las respuestas directas y correlacionadas en características de

crecimiento de dos hatos Nelore seleccionado (NeS) y Guzerat seleccionado (GuS), con respecto a un hato de Nelore control (NeC) en la Estación Experimental de Zootecnia de Sertãozinho, cuyos criterios de selección de machos y hembras fueron explicados anteriormente. Las características analizadas fueron peso al nacimiento (PN), peso al destete ajustado a los 210 días (P210), peso de los machos al final de la prueba (P378), ganancia de peso diaria en la prueba (G112), peso de las hembras ajustado a los 550 días (P550), desvíos de P378 en relación al hato control (DP378) y la relación entre P378 y la media del hato control (P/MC). Los hatos NeS y GuS presentaron siempre las mayores medias ajustadas en todas las características de machos, lo que comprueba que hubo una respuesta genética tanto en la característica de selección directa (P378), como en las correlacionadas (PN, P210 y G112). En hembras, las menores medias fueron para GuS y las mayores para NeS.

Estos autores reportaron para PD378 y P/MC en NeS y GuS unas medias de 18.4 y 12.3 kg y 6.9 y 4.8%, respectivamente, comprobando una respuesta genética directa significativa en machos y mayor para NeS. En hembras el desvío medio del control en P550 fue de 4.6 y -4.2 kg para NeS y GuS respectivamente, evidenciando una respuesta genética inferior. El cambio genético anual para P378 estimada por diferentes metodologías estuvo entre 0.94 y 2.73 kg/año en NeS y 1.16 y 2.65 kg/año en GuS. Estos autores concluyeron que hubo un razonable progreso genético tanto en características de selección directa, como indirecta en machos. La respuesta en hembras fue menor, o prácticamente inexistente en GuS, debido probablemente a las condiciones de manejo a que son sometidos esos animales, principalmente durante la época seca, impidiendo una manifestación adecuada de los genotipos para crecimiento.

Análisis estadístico

La forma de analizar los resultados obtenidos en las pruebas de desempeño se puede considerar bajo dos situaciones diferentes. **1. Análisis sobre los datos obtenidos en una PD en particular.** En el desarrollo de estas pruebas

se realizan varias mediciones sobre el mismo animal. Wang et al. (2006)¹⁷ afirmaron que la utilización de modelos mixtos con medidas repetidas con una adecuada estructura de covarianzas es una buena elección para analizar este tipo de datos, para tener en cuenta las autocorrelaciones inherentes a éstos.

Datos de esta naturaleza frecuentemente tienen las siguientes características inherentes: a). Las medidas realizadas sobre el mismo animal están probablemente más correlacionadas que las medidas tomadas en diferentes animales. b). Las medidas más continuas en el tiempo sobre un mismo animal, frecuentemente están más correlacionadas que las medidas apartadas en el tiempo. c). Las varianzas de las medidas repetidas frecuentemente cambian con el tiempo^{61,62}. El análisis de medidas repetidas requiere, por lo tanto, tener en cuenta las correlaciones entre las observaciones hechas sobre el mismo animal y las varianzas heterogéneas entre observaciones a través del tiempo. Adicionalmente, debido a la capacidad limitada en cuanto al número de animales que se pueden tener en cada prueba, es necesario formar grupos contemporáneos. Se pueden tener varios grupos contemporáneos dentro de un mismo año y a través de los años. Los grupos contemporáneos pueden presentar diferencias en cuanto la edad y peso al inicio de la prueba, las cuales deben ser ajustadas en el análisis estadístico¹⁷. Dentro de los efectos fijos que pueden ser considerados en el modelo se pueden citar: la edad y peso inicial del animal, número de parto de la madre, día de medición, finca y la interacción de día de medición con finca. El efecto aleatorio sería el animal. Si existen relaciones de parentesco entre los animales participantes de la prueba, se puede incluir la matriz de parentesco al análisis.

Con la realización de mediciones frecuentes durante la prueba y la utilización de un análisis de medidas repetidas, se puede disminuir la duración de las pruebas sin reducir significativamente la exactitud de las éstas. Según Wang et al. (2006)¹⁷, con la utilización de análisis de medidas repetidas se pueden representar las correlaciones y covarianzas entre diferentes medidas del mismo individuo y en cada medición se puede utilizar toda la información de otras mediciones realizadas sobre el mismo

animal a través de las correlaciones entre ellas. Así con relativamente poco número de mediciones se puede obtener la misma cantidad de información que con más mediciones tomadas en un período más largo de prueba en el que no se utilice el análisis de medidas repetidas¹⁷. Este es un aspecto importante a tener en cuenta, ya que disminuir el período de evaluación sin disminuir significativamente su exactitud representa menores costos y la posibilidad de evaluar un mayor número de animales. Otro aspecto importante a resaltar es que en el caso de tener datos perdidos, el análisis de medidas repetidas permite obtener la misma exactitud, que cuando se cuenta con todos los datos¹⁷. Este análisis es capaz de utilizar las correlaciones entre diferentes medidas sobre el mismo animal y sus registros anteriores.

Para este tipo de análisis se utilizan modelos mixtos lineales o no lineales, con medidas repetidas del mismo individuo, utilizando el procedimiento MIXED del programa SAS (2006)⁶³, el cual tiene en cuenta efectos aleatorios y permite modelar la estructura de covarianza de los datos^{61,62}. La estructura de covarianzas se refiere a las variaciones individuales de los tiempos y a la correlación entre las medidas en diferentes tiempos sobre un mismo animal. Hay dos aspectos básicos de correlación. Primero, dos medidas sobre el mismo animal están correlacionadas simplemente porque ellas comparten una contribución común del animal. Esto es debido a la variación entre animales. Segundo, las medidas más continuas en el tiempo sobre un mismo animal frecuentemente están más correlacionadas que las medidas apartadas en el tiempo^{61,62}. Existen numerosas estructuras de covarianzas, siendo recomendable compararlas utilizando alguno de los criterios de bondad de ajuste que se generan con cada prueba (Máxima verosimilitud, AIC, AICC, BIC), seleccionando la estructura de covarianza que presente los valores más pequeños.

2. Análisis sobre los datos obtenidos durante el desarrollo de un alto número de pruebas y con información genealógica. En este caso, generalmente se utiliza el modelo animal cuya estructura matemática se basa en las ecuaciones del modelo mixto desarrolladas por Henderson en la década de los 60. Este modelo proporciona soluciones directas en tér-

minos de valor genético aditivo para los individuos que tienen registros de producción y para individuos sin datos mediante la inclusión de la matriz de parentesco. Esto permite valorar animales jóvenes o sin información de producción. Este tipo de análisis puede ser utilizado para determinar el efecto que tienen diferentes factores como el hato origen, la vaca (efecto materno y ambiente permanente), peso y edad de los animales al inicio de la prueba y edad de la madre, sobre el desempeño de los animales durante las PD. También permite evaluar la posibilidad de disminuir la duración de la prueba, sin reducir significativamente la precisión de las evaluaciones de los animales^{50,43,3,1}. Este tipo de análisis es muy importante, ya que permite evaluar permanentemente los procedimientos de las pruebas para realizar los respectivos ajustes, garantizando así el cumplimiento de los objetivos que se tienen con las PD.

Índices

Actualmente se utiliza una gran diversidad de índices para clasificar a los animales de acuerdo con su desempeño durante las pruebas, para cada una de las características evaluadas. Algunos índices son sencillos como el utilizado en la Estación Experimental de Zootecnia de Sertãozinho en Brasil, donde únicamente tienen en cuenta la GDP y el peso al final de la prueba³⁶. Otros índices involucran un alto número de características, como el utilizado en el Centro de Desempeño CP CRV Lagoa en Brasil. En este Centro analizan 12 características (peso, GDP, perímetro escrotal, AOL, EGD, conformación, marmóreo, precocidad, musculatura, ombligo, temperamento y tipo). El índice combina todas las DEPs obtenidas ponderadas por un factor de importancia para cada característica, de acuerdo con la raza¹². Otros países como, USA, combinan evaluaciones genéticas para características predestete obtenidas por prueba de progenie, con evaluaciones para características posdestete obtenidas en las PD³⁶.

En muchas ocasiones estos índices carecen de soporte científico, obedeciendo únicamente a la importancia económica que puede tener cada característica. El índice utilizado en la Estación Experimental de Zootecnia de Sertãozinho en

Brasil ha tenido una serie de cambios, como consecuencia de diversas investigaciones. Al inicio de la década de los 70, el índice consistía en el peso final ajustado a los 460 días (P460), siendo la edad al inicio de la prueba de 9 a 14 meses. En 1978 comprobaron la gran influencia de la variación de la edad y peso inicial sobre el desempeño de los animales en relación al P460. Según lo anterior, la edad inicial pasó a ser entre 6 y 8 meses, siendo ajustada a los 210 días (P210). El índice consistía en el peso a los 378 días (P378), el cual era la suma del P210, la GDP durante el período de adaptación (G56) y la ganancia de peso durante 112 días (G112). En 1985 se eliminó la G56. En 1991, encontraron que animales que llegan con un alto peso a la prueba tienen un buen P378, pero podían presentar una G112 insatisfactoria. En 1996 se buscó un índice que involucrara P378 y G112. Encontraron una correlación del peso de entrada con P378 y G112 de 0.65 y 0.13, respectivamente. Las correlaciones entre edad al ingreso y P378 y G112 fueron bajas (0.09). Igualmente, al realizar regresiones, encontraron un mayor efecto del peso y edad al inicio de la prueba sobre P378 que sobre G112. Gongalves en 1996, citado por Razook et al 1997⁶, diseñó un índice conformado por G112 (60%) y P378 (40%), encontrando correlaciones de este índice con peso inicial de 0.27 y con edad inicial de 0.08, verificando una disminución sustancial con respecto a la correlación obtenida con P378 (0.65 vs 0.27). Este índice se sigue utilizando actualmente.

Una de las características más utilizadas dentro del índice para clasificar los animales es el peso al final de la prueba, el cual está afectado por el peso inicial (correlación del 0.65, en el caso de la Estación Experimental de Zootecnia de Sertãozinho en Brasil). Esto está indicando que los animales que ingresan con mayor peso a la prueba serán los más pesados al final de esta, y no necesariamente son los que ganan más peso durante la PD. Como se discutió anteriormente, el mayor peso inicial de los animales es reflejo tanto de las condiciones ambientales a las cuales ha sido sometido el animal, como de su genética. Las diferencias en el peso inicial pueden ser grandes. En el caso de la primera PD de búfalos en Colombia, los animales ingresaron con una edad prome-

dio de 281 días y con una diferencia máxima de sólo 73 días y, sin embargo, la diferencia máxima de peso fue 91 kg, la cual se conservó hasta el final de la prueba (116 días). Teniendo en cuenta lo anterior se plantean varios interrogantes: ¿cuál característica, GDP o peso final es más importante para darle mayor ponderación en el índice? ¿Cómo separar el componente ambiental y genético del peso inicial de los animales?

Es de vital importancia continuar con evaluaciones de los resultados obtenidos en las PD, para revalidar metodologías y poder diseñar índices de clasificación de los animales con validez científica. Esta evaluación debe ser permanente y probablemente nunca se tengan normas definitivas.

Consideraciones finales

Se presentan las PD como una buena alternativa para iniciar un programa de mejoramiento genético y apoyar el desarrollo de las pruebas de progenie. Estas pruebas permiten evaluar muchas características de importancia económica que presentan una heredabilidad media o alta, permitiendo predecir los valores genéticos de los animales, con buena precisión. Estas pruebas permiten obtener valores genéticos de parientes de los animales participantes de las PD si se logra construir la genealogía e incorporarle en el análisis. Sin embargo, para obtener resultados confiables, se debe prestar especial atención a los efectos que pueden tener el hato origen, el peso y edad inicial sobre el desempeño de los animales durante toda la prueba. Se deben analizar muy bien la dieta utilizada y el sistema de alimentación. Si bien es importante ofrecer a los animales las mejores condiciones ambientales y nutricionales para que puedan manifestar su potencial genético, estas condiciones no deben divergir ampliamente de las que tendrán sus descendientes, para evitar la presencia de interacción genotipo ambiente. Es importante evaluar de manera permanente las metodologías utilizadas para el desarrollo de las pruebas para poder realizar los ajustes pertinentes y buscar un modelo adecuado y consolidado de pruebas para los países tropicales, como Colombia.

Referencias

1. Nephawe, KA; Maiwashe, A and Theron, HE. The effect of herd of origin by year on post-weaning traits of young beef bulls at centralized testing centres in South Africa. En: South African Journal of Animal Science. 2006. vol. 36, no. 2, p. 33-39.
2. Pereira, JCC. Melhoramento Genético Aplicado a Produção Animal. FEP-MVZ editora-belo Horizonte. 1999; 403 p
3. Schenkel, FS; Miller, SP; Wilton, JW. Herd of origin effect on weight gain of station-tested beef bulls. En: Livestock Production Science. 2004. vol. 86, p. 93-103.
4. Warwick, EJ. Fifty Years of Progress in Breeding Beef Cattle. En: Journal of Animal Science. 1958. vol. 17, p. 922-943.
5. Montgomery, JL. et al. Supplemental vitamin D3 improves beef tenderness. En: Journal of Animal Science. 2000. vol. 78, no. 1, p. 2615-2621.
6. Razook, AG, et al. Prueba de Ganancia de Peso Normas adoptadas por la Estación Experimental de Zootecnia de Sertãozinho. Nova Odessa (SP), Instituto de Zootecnia. 1997. Boletín Técnico n° 40. p. 42.
7. Uchida, H, et al. Estimation of Genetic Parameters Using an Animal Model for Traits in Performance and Progeny Testing for Meat Production of Japanese Black Cattle Herd in Miyagi Prefecture. En: Animal Science. 2001. vol. 72, no. 2, p. 89-96.
8. Cates, WF. Some nutritional and genetic considerations in the performance testing of beef bulls. En: Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 1991. vol. 7, no. 1, p. 59-76.
9. Westhuizen, RRV; Westhuizen, JV and Schoeman, SJ. Genetic variance components for residual feed intake and feed conversion ratio and their correlations with other production traits in beef bulls. En: South African Journal of Animal Science. 2004. vol. 34, no. 4, p. 257-264.
10. Josahkian, LA. As provas de ganho de peso da ABCZ. En: I workshop sobre prova de ganho de peso. 9 de outubro de 2008. Centro APTA bovinos de corte. Sertãozinho-SP, Brasil.
11. Carvalheiro, RO. Centro de Performance da CRV Lagoa. En: I workshop sobre prova de ganho de peso. 9 de outubro de 2008. Centro APTA bovinos de corte. Sertãozinho-SP, Brasil.
12. Abreu, RAM. O Teste de Performance da CRV Lagoa. En: I workshop sobre prova de ganho

- de peso. 9 de outubro de 2008. Centro APTA bovinos de corte. Sertãozinho-SP, Brasil.
13. Mercadante, MYZ et al. Medidas de ultra-sonido del área del ojo del lomo y espesor de grasa de cobertura de vacunos en prueba de ganancia de peso. En: Reunión anual de la sociedad brasileña de zootecnia, 36, 1999, Porto Alegre, RS. *Anales...* Porto Alegre, RS: SBZ.
 14. Carrero, JC. El búfalo asiático: un recurso inexplorado para producir proteína animal. Venezuela: Ed. Lito formas. 2000; 210 p.
 15. Garnero, AV, et al. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto en la raza Nelore. *Livestock Research for Rural development*. 2001. vol. 15, no. 2.
 16. Martínez, GJC, et al. Influencias ambientales y heredabilidad para características de crecimiento en ganado Sardo Negro en México. *Zootecnia Tropical*. 2007. vol. 25, no. 1, p. 1-7.
 17. Wang, Z, et al. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. *Journal Animal Science*. 2006; 84:2289–2298.
 18. Asociación colombiana de criadores cebú (ASOCEBÚ). Reglamento de pruebas de comportamiento y selección de pastoreo. Comité técnico. 2007. p.10.
 19. Herd, RM; Archer, JA; Arthur, PF. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. *Journal of Animal Science*. 2003. vol. 81, no. 1, p. 9-17.
 20. Pires, CC et al. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. II-Exigências de energia para manutenção e ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1993. vol. 22, p. 121-132.
 21. _____ Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. I-Composição corporal e exigências de proteína para ganho de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1993. vol. 22, p. 110-120.
 22. Freitas, JA. et al. Composição corporal e exigências de energia de manutenção em bovinos Nelore, puros mestiços, em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006. vol. 35, p. 878-885.
 23. Bargo, F. et al. Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. *Journal of Dairy Science*. 2003. vol. 86, p.1–42.
 24. Lascano, C. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En: nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación. IICA: Costa Rica. 1990. p. 159-168.
 25. Schneider, BH and Flatt, WP. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. Univ. of Georgia Press, Athens. 1975. p. 169.
 26. Mejía, HJ. Consumo voluntario de forraje por bovinos bajo pastoreo. *Acta Universitaria*. 2000. vol. 12, no. 3, p. 56 – 63.
 27. Kemp, DJ; Herring, WO; Kaiser, CJ. Genetic and environmental parameters for steer ultrasound and carcass traits. *Journal of Animal Science*. 2002. vol. 80, no 6, p. 1489-1496.
 28. Sainz, RD y Araújo FRC. Uso de tecnologías de ultra-som no melhoramento do produto final carne. In: 5º Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas. Uberaba. Anais. Uberaba. MG. Brasil. 2002. p.1-8.
 29. Silva, SL; Leme, PR; Putrino, SM. Estimativa do peso e do rendimento de carcaça de tourinhos Brangus e Nelore, por medidas de ultrasonografia. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2003. vol. 32, no. 5, p. 1227-1235.
 30. Wilson, DE. Application of ultrasound for genetic improvement. *Journal of Animal Science*. 1992. vol. 70, no.3, p. 973-983.
 31. Warris, PD. *Meat Science. An Introductory Text*. CABI Publishing – a division of CAB International. Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK. 2003.
 32. Jorge AM, et al. Características quantitativas da carcaça de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2005. vol. 34, no. 6, p. 2376-2381 (supl.).
 33. Urdapilleta, T. et al. Relação entre Medidas Ultra-Sônicas e a Espessura de Gordura Subcutânea e a Área de Olho de Lombo na Carcaça em Bovinos de Corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2005. vol. 34, no. 6, p. 2074-2084.
 34. May, G; Mies, WL; Edwards, JW. Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability. *Journal of Animal Science*. 2000. vol. 78, no. 5, p. 1255-1261
 35. Jorge, AM; Vargas, ADF; Cervieri, R. Correlations among carcass traits taken by ultrasound and after slaughter in Mediterranean (*Bubalus bubalis*) bulls fed in feedlot. In: 7º World Buffalo Congress, Makati. International Buffalo Federation. V II. 2004. p. 199-201.
 36. Cyrillo JNSG. As provas de ganho de peso no mundo. En: I workshop sobre prova de ganho

- de peso. 9 de outubro de 2008. Centro APTA bovinos de corte. Sertãozinho-SP, Brasil.
37. Manrique C. Análisis bovinométrico de pruebas de ganancia de peso en pastoreo. *El Cebú*. 2003. vol. 331:18-26.
 38. Velásquez, JC; Álvarez, LA. Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal *in vivo* con el peso de la canal en novillos Brahman en el valle del Sinú. 2004. *Acta Agronómica* N° 53.
 39. Evans, JL, et al; Additive Genetic Relationships Between Heifer Pregnancy and Scrotal Circumference in Hereford Cattle. *Journal Animal Science*. 1999. vol. 77, no. 10, p. 2621–2628.
 40. Schenkel, FS, et al. Two-step and random regression analyses of weight gain of station-tested beef bulls. *Journal of Animal Science*. 2002. vol. 80, no. 6, p. 1497– 1507.
 41. Tong, AKW; Newman, JÁ; Rahnefeld, GW. Pre-test herd effects on station performance test. *Canadian Journal of Animal Science*. 1986. vol. 66, no.4, p. 925– 935.
 42. Amal, S; Crow, GH. Herd of origin effects on the performance of station-tested beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science*. 1987. vol. 67, p. 349– 358.
 43. Liu, MF; Makarechian, M. Optimum test period and associations between standard 140-day test period and shorter test periods for growth rate in station tested beef bulls. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 1993. vol. 110, no. 4, p. 312– 317.
 44. Tong, AKW. Effects of initial age and weight on test daily gains of station-tested bulls. *Canadian Journal of Animal Science*. 1982. vol. 62, no.3, p. 671– 678.
 45. De Rose, EP; Wilton, JW; Schaeffer, LR. Estimation of variance components for traits measured on station-tested beef bulls. *Journal of Animal Science*. 1988. vol. 66, p. 626– 634.
 46. Mantovani, R, et al. The effect of herd of origin on selection of Chianina, Marchigiana and Romagnola performance tested young bulls. *Zootecnica Nutrizione Animale*. 1999. vol. 25, p. 109– 121.
 47. Fouilloux, MN, et al. Genetic correlation estimations between artificial insemination sire performances and their progeny beef traits both measured in test stations. *Genetics Selection Evolution*. 2000. vol. 32, p. 483-499.
 48. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. Programa de melhoramento genético das raças zebuínas Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. *Elaboração do manual Luiz Antônio Josahkian, Carlos Henrique Cavallari Machado, William Koury Filho*.2003. p.96.
 49. Kemp, RA. Relationships among test length and absolute and relative growth rate in central bull tests. *Journal Animal Science*. 1990. vol. 68, p.624–629.
 50. Brown, AH, et al. Effects of 84-, 112-, and 140-day postweaning feedlot performance tests for beef bulls. *Journal Animal Science*. 1991. vol. 69, p. 451–461.
 51. Archer, JA, et al. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake and feed efficiency in British breed cattle. *Journal Animal Science*. 1997. vol. 75. no. 8, p. 2024–2032
 52. Archer, JA and Bergh, L. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. *Livestock Production Science*. 2000. vol. 65, no. 1-2, p.47–55.
 53. Castilhos, AM, et al. Duração do período de avaliação pós-desmame para medidas de desempenho, consumo e eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore. VII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. 10 e 11 de julho de 2008. São Carlos, SP.
 54. Gregory, KY. Symposium of performance testing in beef cattle, evaluating postweaning performance in beef cattle. *Journal Animal Science*. 1965. vol. 24, no. 1, p. 248-54.
 55. Falconer DS and Mackay, TFC. *Introducción a la genética cuantitativa*. Editorial Acribia. 1960; p. 494.
 56. Urick, J J; Macneil ,MD; Reynolds, W L. Biological type on postweaning growth, feed efficiency and carcass characteristics of steers. *Journal Animal Science*. 1991. vol. 69, no. 2, p. 490-497.
 57. Mercadante, ME, et al. Análise genética multivariada e tendências genéticas de características de crescimento em rebanhos experimentais da raça nelore. *ALPA-Cuzco-Perú*. 2007. p. 5.
 58. Ramos, A de A. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Estadual de San Pablo (UNESP), Botucatu (Brasil)*. 2008.
 59. Nardon, RM. Seleção de bovinos para desempenho: ‘Composição corporal e características de carcaça’. Jaboticabal, SP, 1998, 107 p. Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal – UNESP.
 60. Razook, AG, et al. Seleção para peso pós-desmame em bovinos nelore e guzerá. II: Respostas direta e correlacionadas. *B. Industr. anim*. 1988. vol. 45, no. 2, p.273-315

61. Littell, RC; Henry, PR and Ammerman, CB. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. Journal Animal Science. 1998. vol. 76, no.4, p.1216-1231.
62. Littell, RC; Pendergast, J; Natarajan, R. Modelling covariance structure in the Analysis of Repeated Measures Data, In Statistical Modelling of Complex Medical Data in Medicine. Edited by R. B. D'Agostino. USA. Vol 2. 2004; 159 – 186.
63. Statistical Analysis Systems (SAS®) Versión 9.1 para windows, User's guide Statistics. Statistical Analysis System Institute. Inc; Cary, NC. 2006.