

GUÍA TÉCNICA DE PROGRAMAS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO EN BOVINOS DE CARNE

NOVIEMBRE 2010



LIC. FRANCISCO JAVIER MAYORGA CASTAÑEDA
SECRETARIO

SECRETARIA DE AGRICULTURA,
GANADERIA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACION

LIC. JOSE DE JESUS LEVY GARCIA
OFICIAL MAYOR

SECRETARIA DE AGRICULTURA,
GANADERIA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACION

DR. EVERARDO GONZALEZ PADILLA
COORDINADOR GENERAL DE GANADERIA

SECRETARIA DE AGRICULTURA,
GANADERIA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACION

CONSEJO DIRECTIVO DEL CONARGEN AC:

PRESIDENTE: LIC. ADRIAN DE LA GARZA TIJERINA
VICEPRESIDENTE: DR. JUAN DE DIOS ARTEAGA CASTELAN
SECRETARIO: SR. ELIAS TORRES SANDOVAL
TESORERO: ING. ANTONIO MANUEL GARCIA GARZA
VOCAL: DR. EVERARDO GONZALEZ PADILLA
VOCAL: LIC. OSWALDO CHAZARO MONTALVO
VOCAL: DR. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ

CONSEJO DE VIGILANCIA:

PRESIDENTE: DR. FELIPE DE JESUS RUIZ LOPEZ
SECRETARIO: ING. JULIO CESAR LOZANO GARZA
VOCAL: MVZ. MANUEL BAEZA GARCIA

COMITÉ TÉCNICO DE BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE:

DR. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ (SECRETARIO EJECUTIVO)
DR. ALEJANDRO DEL BOSQUE
DR. RUBEN CERVANTES VEGA
M.V.Z. PATRICIA ADAME JENKINS

GERENTE DEL CONARGEN: MC. HEROLDO PALOMARES HILTON

EDITORES: DR. MOISES MONTAÑO BERMÚDEZ INIFAP
DR. GUILLERMO MARTÍNEZ VELÁZQUEZ INIFAP

Presentación

Este documento concretiza una actividad de gran importancia para el mejoramiento genético de los bovinos productores de carne en el país, y es el resultado de los esfuerzos que conjuntamente se vienen haciendo en esta materia por parte del Gobierno Federal, de los productores y de las instituciones académicas y de investigación, que conjuntan voluntades e instrumentan proyectos apoyados en el Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, A.C. (CONARGEN), que es un órgano consultor y auxiliar en la administración de políticas públicas referidas al mejoramiento genético en las poblaciones animales en el país.

Cualquier programa serio de mejoramiento genético en animales debe estar basado en la veracidad y consistencia de la información sobre la que se base la estimación de los diferentes valores genéticos y la evaluación de méritos individuales. En ese sentido, y considerando que los animales que aportan la información se encuentran ubicados en cientos o miles de Unidades de Producción diferentes, y que los datos productivos y de otra índole de cada individuo se obtienen por diferentes agentes, resulta imprescindible contar con una homologación, en cuanto a los criterios de cómo y cuándo medir los diferentes parámetros y, tener una clara definición de cada uno de ellos y de cada término que se vaya a utilizar en los procesos de captura, envío, procesamiento y notificación de los datos y de la información.

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 ha elaborado esta **“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.

Solamente con información veraz y comparable es posible hacer cálculos válidos de diferentes factores de ajuste, que permiten hacer comparaciones confiables entre individuos, regiones y otra serie de variables en las que se pueden agrupar los resultados que sean de utilidad para la toma de decisiones en materia de mejoramiento genético y del manejo del hato en general. El contar con una Guía Técnica ayuda también a reducir la cantidad de datos que no tienen la calidad suficiente para ser procesados y generar con ellos información utilizable.

Es entonces este instrumento, algo que ayuda a mejorar la precisión de las estimaciones de parámetros y permite acelerar el proceso técnico del mejoramiento genético. Por otro lado, facilita la certificación de todos los procesos que dan garantía a la oferta de semen, embriones y animales mexicanos de calidad, en los mercados nacionales y del extranjero.

Un aspecto sustantivo de gran importancia, es que para el caso de ganado productor de carne, la calidad y precisión de la información es importante para que la retroalimentación periódica que se tiene con los participantes en el sistema de información por estar aportando sus datos, los retroalimiente para que puedan comparar el desempeño de sus hatos en cada parámetro productivo al constatarlos con los promedios generales, identificándose así los de mejor desempeño en su región y bajo condiciones parecidas de producción.

La Guía Técnica que aquí se presenta es ciertamente temporal y transitoria, ya que debe dar paso a nuevas versiones con la introducción de nuevas tecnologías para el registro e identificación de los animales, sean estas mediante dispositivos o través de características propias del animal como su ADN, y también por los avances tecnológicos que permiten la objetivización o mayor precisión en la medición de variables importantes que actualmente se miden de manera subjetiva o con instrumentos que seguramente serán sujetos de mejora.

La SAGARPA y el CONARGEN han hecho el esfuerzo de reunir a diferentes especialistas de diversas instituciones de investigación y educación superior, con formación académica y trayectorias que les merecen un reconocimiento innegable, para la elaboración de esta Guía Técnica, proceso que sabemos se mantendrá, mejorándolo cada vez, para las actualizaciones de este importante documento.

Es evidente que falta mucho por hacer en nuestro país en materia de mejoramiento genético y de adopción de cada vez mejores prácticas de producción, para el mejoramiento de la producción y de la productividad de nuestros hatos de carne; afortunadamente, el país cuenta para esas tareas con la participación comprometida de productores líderes, científicos y especialistas, y con el interés del Gobierno por encauzar todos esos esfuerzos con miras a la excelencia, que la sociedad mexicana espera, de su sistema de producción de carne.

Dr. Everardo González Padilla
Julio 14, 2010.



CONTENIDO:

PRESENTACIÓN	iv
CONTENIDO	vi
INDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
INTRODUCCIÓN	1
1.- IMPORTANCIA DE LOS REGISTROS Y CARACTERISTICAS A EVALUAR	3
1.1- IDENTIFICACION Y CONTROL GENETICO	4
1.2.- CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO	5
1.2.1.- PESO AL NACIMIENTO	5
1.2.2.- PESO AL DESTETE	7
1.2.3.- CRECIMIENTO POSDESTETE	9
1.2.4.- TAMAÑO O ESTRUCTURA CORPORAL	10
1.3.- CARACTERISTICAS REPRODUCTIVAS	10
1.3.1.- CIRCUNFERENCIA ESCROTAL	10
1.3.2.- EDAD AL PRIMER PARTO	11
1.3.3- INTERVALO ENTRE PARTOS	11
1.3.4.- PERMANENCIA PRODUCTIVA	11
1.3.5.- FACILIDAD AL PARTO	11
1.4.- CAPACIDAD PROBABLE DE PRODUCCIÓN	13
1.5.- CARACTERISTICAS DE LA CANAL	14
1.5.1.- AREA DEL LOMO	14
1.5.2.- GROSOR DE LA GRASA DORSAL	14
1.5.3.- PORCENTAJE DE GRASA INTRAMUSCULAR	15
2.- BASES DEL MEJORAMIENTO GENETICO	16
2.1.- BASES DE LA HERENCIA Y PROPOSITO DE LAS EVALUACIONES GENETICAS	16
2.2.- AGRUPAMIENTO DE CONTEMPORANEOS PARA LA EVALUACION GENETICA	18
2.3.- REQUERIMIENTOS DE INFORMACION PARA EL AGRUPAMIENTO DE CONTEMP	22
2.4.- RECOMENDACIONES PARA EL AGRUPAMIENTO DE ANIMALES CONTEMP	22
2.5.- CONECTIVIDAD GENETICA DE GRUPOS CONTEMPORANEOS O RANCHOS	23
3.- BIOTECNOLOGIA	26
3.1.- TECNOLOGIA DEL ADN	27
3.2. TIPO DE MARCADORES DE ADN	27



3.3.- RECOPIACION DE ADN	28
3.4. USOS DE LAS TECNOLOGIAS DE ADN	28
3.5.- SELECCIÓN ASISTIDA POR MARCADORES	30
4.- EVALUACION GENETICA NACIONAL	32
4.1.- CARACTERISTICAS PRODUCTIVAS	32
4.2.- PREPARACION Y EDICION DE LA INFORMACION	36
4.3.- ANALISIS DE LA INFORMACION	36
4.4.- BASE GENETICA	39
4.5.- DIFERENCIAS ESPERADAS EN LA PROGENIE	40
4.6.- CONFIABILIDAD	41
4.7.- CAMBIO POSIBLE	41
4.8.- TENDENCIA GENETICA	42
4.9.- PERCENTILES	43
5.- UTILIZACION	45
5.1.- SELECCIÓN	45
5.1.1.- SELECCIÓN DEL SEMENTAL	45
5.1.2.- SELECCIÓN DE HEMBRAS DE REEMPLAZO	48
5.1.3.- DESECHO DE VACAS	49
5.2.- LOS SISTEMA DE PRODUCCION EN BOVINOS DE CARNE	49
5.2.1.- COMPATIBILIDAD ENTRE DE TIPOS DE ANIMALES Y AMBIENTES DE PROD	49
5.3.- PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO	50
6.- GLOSARIO	53



INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.1. EJEMPLO DE FACTORES DE AJUSTE (KG) PARA PESO AL NACIMIENTO Y AL DESTETE DE ACUERDO CON LA EDAD DE LA VACA Y EL SEXO	6
CUADRO 1.2. CATEGORIA DE LOS INDICES PORCENTUALES DEL PESO AL NACIMIENTO (PN) CON RESPECTO AL PROMEDIO DEL GRUPO CONTEMPORANEO (PGC)	6
CUADRO 1.3. CATEGORIA DE LOS INDICES PORCENTUALES DEL PESO AL DESTETE AJUSTADO (PD) CON RESPECTO AL PROMEDIO DEL GRUPO CONTEMPORANEO (PGC)	8
CUADRO 2.1. EJEMPLO DE REPORTE SELECTIVO O INCOMPLETO DE INFORMACION AL FORMAR LOS GRUPOS CONTEMPORANEOS PARA EL PESO AL DESTETE	20
CUADRO 4.1. AÑOS DE PUBLICACION DE SUMARIO DE SEMENTALES POR ASOCIACION DE CRIADORES DE REGISTRO	33
CUADRO 4.2. CARACTERISTICAS PARA LAS QUE SE HACEN EVALUACIONES GENETICAS EN LAS DIFERENTES RAZAS EN MEXICO	34
CUADRO 4.3. DIFERENCIAS ESPERADAS EN LA PROGENIE POR TIPO DE CARACTERISTICA Y RAZA CALCULADOS EN ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	35
CUADRO 4.4 EJEMPLO DE VALORES TIPICOS CAMBIO POSIBLE	42
CUADRO 4.5. TENDENCIA GENETICA	43
CUADRO 4.6. EJEMPLO DE TABLA DE DISTRIBUCION DE PERCENTILES PARA TOROS CON 10 O MAS HIJOS	43
CUADRO 5.1. POTENCIALES GENETICOS Y NIVELES DE PRODUCCION RECOMENDABLES EN DIFERENTES CONDICIONES DE DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO Y NIVELES DE STRES	50

Resumen Ejecutivo

Esta Guía Técnica describe la importancia del registro de la información genealógica y productiva de los animales, para realizar evaluaciones genéticas e implementar programas de mejoramiento en las razas bovinas productoras de carne en México. Se describe la información que se debe incluir en el registro genealógico, las características de importancia económica que pueden ser incluidas en un programa de mejoramiento genético, los lineamientos para su correcta medición, la información necesaria para hacer evaluaciones genéticas y el uso de las Diferencias Esperadas en la Progenie en la toma de decisiones de selección en las unidades de producción.

El registro genealógico debe contener información verídica sobre la identidad del animal. De cada animal se debe registrar la siguiente información:

- Identificación numérica (ID) del animal, padre y madre
- Fecha de nacimiento
- Raza o cruce del animal, padre y madre
- País de origen del padre y madre
- Fecha de servicio de la madre
- Tipo de parto (sencillo o gemelar)
- Tipo de servicio / gestación (MN, IA, TE)
- Sexo
- Identificación del criador
- Identificación del propietario

Para la identificación de los animales se recomienda el Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado (SINIIGA). Con el fin de garantizar la calidad de la información genealógica se recomienda realizar pruebas de paternidad con el uso de tecnologías de ADN de manera aleatoria. Los marcadores genéticos a utilizar en las pruebas de paternidad deberán ser los recomendados por La Sociedad Internacional de Genética Animal: BM1824, BM2113, CSSM36, ETH10, ETH225, ETH3, HEL1, INRA023, SPC115, TGLA122, TGLA126, TGLA227, quedando a juicio de las Asociaciones de Criadores de Ganado de Registro la incorporación de más marcadores. Para mayor información relacionada con las tecnologías de ADN y desarrollo en selección genómica se sugiere leer el capítulo 3 de esta guía técnica.

Las características a incluir en un programa de mejoramiento genético deben tener un impacto económico en la rentabilidad del hato. Con relación a las características del crecimiento, es indispensable registrar el peso al destete y al año de edad, aunque se recomienda incluir también el peso al nacimiento y a los 18 meses de edad. Las características reproductivas que se recomienda medir son: la circunferencia escrotal, la edad al primer parto, el intervalo entre partos y la permanencia productiva de la vaca. Las características de la canal que se recomienda medir son el área del lomo, el grosor de la grasa dorsal y el porcentaje de grasa intramuscular.

Para la medición de las características de crecimiento, reproductivas y de calidad de la canal se recomiendan los siguientes lineamientos:

Características del crecimiento:

- **Peso al nacimiento (PN).** Debe tomarse durante las primeras 24 horas de vida del becerro y en caso de no poderse obtener dentro de este período, no se debe registrar el peso al nacimiento.
- **Peso al Destete (PD).** Debe tomarse entre los 160 días y los 250 días de edad.
- **Peso al Año de edad (P365).** Debe tomarse entre los 320 días y los 410 días de edad.
- **Peso a los 18 meses de edad (P540).** Debe tomarse entre los 495 días y los 585 días de edad.

Características reproductivas:

- **Circunferencia escrotal (CE).** Debe tomarse junto con el peso al año entre los 320 y 410 días de edad, en el diámetro mayor del escroto, con una cinta métrica flexible, con ambos testículos colocados juntos en el fondo del escroto. El valor de la circunferencia escrotal debe reportarse en centímetros (cm).
- **Edad al primer parto (EPP).** La fecha del primer parto debe registrarse el mismo día del parto, incluyendo día, mes y año. En caso de no tener la seguridad del día del parto, no debe registrarse la fecha al primer parto.
- **Intervalo entre partos (IEP).** Las fechas de parto deben registrarse el mismo día del parto, incluyendo día, mes y año. En caso de no tener la seguridad del día del parto, no deben registrarse las fechas de parto.
- **Permanencia Productiva de la Vaca (PPV).** Es la probabilidad de que las hijas de un animal, que habiendo parido por primera vez a los dos o tres años, permanezcan en el hato hasta los cinco o seis años de edad. Esta característica se genera a partir de la información que se acumula de una vaca en la base de datos de la Asociación de Criadores.

Características de la canal:

La medición de las 3 características de la canal que se señalan a continuación deben ser tomadas e interpretadas por un técnico entrenado y certificado en el uso del equipo de ultrasonido en tiempo real, acreditado por el CONARGEN AC. ó por la Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA.

- **Área del lomo (AOL).** Su registro debe obtenerse entre los 320 y los 430 días de edad y el grupo contemporáneo no podrá exceder en ningún caso los 60 días. La medición debe tomarse entre la 12ª y 13ª costilla.
- **Grosor de la grasa dorsal (GGC).** Su registro debe obtenerse entre los 320 y los 430 días de edad y el grupo contemporáneo no podrá exceder en ningún caso los 60 días. La medición debe tomarse entre la 12ª y 13ª costilla.
- **Porcentaje de grasa intramuscular (M).** Su registro debe obtenerse entre los 320 y los 430 días de edad y el grupo contemporáneo no podrá exceder en ningún caso los 60 días. La medición debe tomarse entre la 12ª y 13ª costilla.

Se recomienda que todas las vacas del hato y todos los becerros que nacen en el rancho deben estar inscritos en el control de producción (independientemente de su situación genealógica; registro o certificado de pureza o equivalente, etc.).



Introducción

La producción de carne de bovino en México se desarrolla en condiciones muy diversas desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico. Además, dada la variabilidad de condiciones climatológicas, éstas adquieren características regionales matizadas por las tradiciones y costumbres de la población. Para el desarrollo de la producción de carne en México, se requiere mejorar el manejo alimenticio y reproductivo, utilizar razas o recursos genéticos que se ajusten a las condiciones agroecológicas, de mercado y de disponibilidad de recursos forrajeros, así como vigilar el cumplimiento de programas sanitarios para el control de enfermedades. Por lo anterior, se debe impulsar la adopción de nuevas técnicas y sistemas de manejo en las unidades de producción, con el fin de mejorar su eficiencia y productividad.

En los países desarrollados y en algunos en vías de desarrollo, se cuenta con programas estandarizados de control de producción para características productivas de importancia económica. Asimismo, llevan a cabo al menos una vez al año, evaluaciones genéticas nacionales y la publicación de los catálogos de sementales y vientres sobresalientes.

El registro ordenado de los eventos que ocurren en la unidad de producción, particularmente de las características de interés económico, es fundamental para que el ganadero diagnostique su situación actual, en cuanto a producción, inversiones y rentabilidad de la unidad de producción. Los registros son útiles para analizar los resultados técnico-económicos de las unidades de producción, proporciona un medio de control y mejora la eficiencia administrativa de las empresas agropecuarias, y es el insumo principal para predecir valores genéticos de los animales.


La Guía Técnica para Bovinos de Carne que aquí se presenta aborda temas que describen detalladamente qué registrar, cómo registrarlo y la importancia de cada uno de los registros. En una primera instancia se incluye la descripción de la información a considerar en el registro genealógico y las características a incluir en un programa de mejoramiento genético, clasificadas en tres categorías: crecimiento, reproductivas, de calidad de canal; posteriormente se incluyen los procedimientos para la correcta medición de características de interés; luego se muestran los procedimientos para el proceso de información; y finalmente, se presentan los procedimientos para la predicción de diferencias esperadas en la progenie, y la forma de expresarlos e interpretarlos.

Para el desarrollo de esta Guía Técnica se abordó una serie de temas con referencia a sistemas estandarizados y reconocidos a nivel internacional, con base en las directrices de organizaciones como la Beef Improvement Federation de los E.U., para promover el mejoramiento genético de bovinos productores de carne.

El contenido de esta Guía Técnica deberá ser revisado periódicamente, considerando la retroalimentación con base en las experiencias, dificultades y sugerencias que surjan en el proceso de aplicación de las presentes directrices por productores e integrantes de los Comités Técnicos de las Asociaciones de Criadores de Ganado de Registro.

Los objetivos de la Guía Técnica son:

1. Difundir la importancia de los registros para el control de producción en bovinos de carne
2. Contribuir a la eficiencia productiva de los ranchos a través de la implementación de sistemas de control de producción

- 
3. Utilizar la información genealógica y de comportamiento de los animales, con el fin de realizar evaluaciones genéticas, como base para la implementación de programas de mejoramiento genético en las razas bovinas de carne utilizadas en México
 4. Apoyar a las Asociaciones de Criadores de Animales de Registro en la certificación de la pureza racial y el valor genético de los animales.

Capítulo 1. Importancia de los registros y características a evaluar

Joel Domínguez Viveros.
Universidad Autónoma de Chihuahua.

La toma de decisiones para la administración y el mejoramiento genético, se fundamenta en la calidad y cantidad de información que se genera en los registros del control de producción. El buen desarrollo de un control de producción inicia con la implementación de un sistema confiable de identificación individual de los animales, que reúna las características de ser único, permanente y simple. El control de producción contempla registros sobre aspectos genealógicos, reproductivos, productivos, sanitarios y de manejo, entre otros. El control de producción permite conocer el estado actual e histórico del ganado, evaluar el manejo de la explotación y monitorear la evolución del hato. La calidad de la información que se genera en los registros del control de producción es primordial en tres aspectos fundamentales: 1) información completa, como un indicativo que se tiene la información necesaria para una adecuada toma de decisiones; 2) información precisa, dado que las decisiones están basadas en esa información; y, 3) información útil, para aprovecharse en su totalidad de forma efectiva, eficiente y sistemática.

Las características que se deben registrar en el control de producción son económicamente importantes (directa o indirectamente), propias de los sistemas de producción, propósitos y mercado de cada raza. Desde el punto de vista de mejoramiento genético y evaluaciones genéticas, las características que se deben de incluir en el control de producción están en función de los criterios y objetivos de selección de cada raza. Además de registrar las características de interés, hay que registrar toda aquella información que permita hacer los ajustes necesarios por factores no genéticos; como lo son, grupos de manejo o alimentación, prácticas reproductivas, tipo de parto, fechas de medición o manejo, definición de épocas ambientales, entre otros. Un punto importante en el desarrollo del control de producción, son los formatos y procedimientos para medir, tomar o registrar las características de interés. Las evaluaciones genéticas de bovinos para carne se fundamentan en el análisis de características de crecimiento, reproductivas y de calidad de la canal. Desde el punto de vista de producción animal, son características económicamente importantes y están influenciadas por dos factores principalmente: 1) el genético, que es el conjunto de genes que actúan para el incremento o decremento de una característica en particular; y, 2) el ambiental, que son los aspectos externos que influyen en el crecimiento, reproducción y mantenimiento de los animales. Las características importantes en la producción animal son influidas por muchos genes y generalmente son medidas en ciertas escalas métricas como kilogramos, litros o centímetros, denominadas características cuantitativas; algunas de estas características pueden ser influenciadas en gran parte por la presencia o ausencia de un gen en particular, denominados genes de características cuantitativas, QTL (por su nombre en inglés, Quantitative Trait Loci).

Dentro de las características de crecimiento se contempla el peso al nacimiento, peso al destete ajustado, generalmente a 205 días de edad, habilidad materna para peso al destete (leche y materno total, considerando crecimiento más leche), ganancia de peso posdestete, peso al año y peso a los 18 meses de edad. Con relación a las características reproductivas se ha evaluado la circunferencia escrotal en machos; en hembras se ha analizado la edad al primer parto, intervalo entre partos, días al parto y facilidad al parto. Recientemente se han incorporado a las

evaluaciones genéticas las características de la canal, tales como: peso de la canal, área del lomo, grasa dorsal, porcentaje de carne magra y grasa intramuscular o marmoleo.

Importancia de los registros para la implementación de las evaluaciones genéticas:

- La base de datos debe incluir la información de todos los animales del hato. En ciertas ocasiones, por razones comerciales o de costos, los productores solo envían la información productiva de aquellos animales seleccionados para el registro (ejemplo: prospectos a sementales), excluyendo información de algunos animales (hembras, principalmente) que pueden ser registrados dado que cumplen con todas las especificaciones del patrón racial y reglamento técnico de la asociación.
- La estructura de la ganadería está dividida en criadores de ganado de registro y productores comerciales. Los criadores de ganado de registro son los responsables de implementar las evaluaciones genéticas y de ellos depende el mejoramiento genético. El objetivo de los criadores de ganado de registro es comercializar genética (semen, pie de cría, embriones, etc.) y su principal herramienta en mejoramiento genético es la selección.
- La información genealógica y productiva fluye del rancho a la asociación y de la asociación a la institución que se encarga de realizar las evaluaciones genéticas. Al analizar la información, los resultados son enviados a la asociación y de la asociación al rancho. El principal beneficiado es el criador, dado que tiene herramientas más objetivas para la selección de reemplazos y animales de desecho.
- Las asociaciones de criadores de registro deben de implementar controles que garanticen la calidad de la información. Por errores en la toma de datos y por información incorrecta o incompleta, en el proceso de edición se puede eliminar gran cantidad de registros, siendo en algunas ocasiones más del 50%. Puede ser irrelevante que las instituciones responsables de las evaluaciones genéticas cuenten con recursos tecnológicos y humanos, si no se cuenta con información precisa.

1.1 Identificación y control genealógico

El Registro Genealógico es específico de cada raza y se refiere al libro, fichero, base de datos o cualquier instrumento donde se asienta la información genealógica y de identificación única de los animales de raza pura que se someten a un estricto control genealógico; es decir, son animales de los que se conocen sus ancestros (padres, abuelos, bisabuelos, etc.), parientes (medios hermanos paternos y maternos) y descendientes (hijos, nietos, etc.). Las asociaciones de criadores de ganado de registro son las responsables de que la información genealógica sea completa y fidedigna, para lo cual deben establecer sistemas de control de calidad. Estos sistemas pueden incluir desde la inspección de los progenitores y animales a inscribir, hasta la comprobación de paternidad a través de pruebas de ADN.

Los objetivos del Registro Genealógico son: a) garantizar la pureza étnica de la raza; b) ser el instrumento en el que se apoye el esquema de conservación y mejora; c) identificar de manera única y permanente a cada uno de los animales en su sistema; d) mantener actualizado el inventario de animales vivos y una base de datos con la información de los animales muertos; e) servir de base para la identificación correcta de los animales en el control de producción; f) proporcionar la información necesaria para programar apareamientos que permitan optimizar la

mejora genética y fijar o mejorar las características importantes sin incrementar la consanguinidad; entre otros beneficios más.

La información genealógica es necesaria para apoyar al ganadero en la toma de decisiones a corto plazo como en la definición de empadres y reemplazo de animales; a mediano plazo en la selección de reproductores y definición de familias o líneas genéticas, y decisiones de largo plazo como la orientación estratégica de la explotación y tipo de productos a obtener. Estas decisiones, le permitirán optimizar el uso de los recursos, disminuir pérdidas en la operación diaria de la explotación, manejar el riesgo asociado a la toma de decisiones, incrementar ganancias de la explotación, y establecer metas y objetivos de producción que le permitan ser competitivo.

1.2 Características de crecimiento

1.2.1 Peso al nacimiento

El peso al nacimiento (PN) es el resultado del crecimiento durante la gestación, y su variación está determinada por los factores que influyeron sobre la madre en ese período; en bovinos más de la mitad del aumento del peso fetal ocurre durante los últimos dos meses de la gestación. El PN debe de ser tomado dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento del becerro; posterior a las 24 horas, queda fuera del contexto de PN. Si no se puede tomar en este período de tiempo es mejor no tomarlo.

Desde el punto de vista productivo, un PN intermedio es más adecuado, ya que pesos altos se asocian con distocia y otros problemas posparto; los pesos muy bajos se asocian con incrementos en la mortalidad predestete de los becerros. Por lo general el peso al nacimiento tiene una asociación positiva con el peso al destete, y posteriores medidas de crecimiento. En la edición de datos para las evaluaciones genéticas, tener pesos al nacimiento sin errores y adecuados es importante dado que se utilizan para ajustar el peso al destete, y este a su vez se usa para posteriores ajustes. En aquellos animales donde no es posible tomar el PN, se utiliza un PN promedio de la raza para realizar los ajustes.

El sexo del becerro y la edad de su madre afectan el peso al nacimiento. Los machos generalmente son en promedio más pesados que las hembras, mientras que típicamente vacas maduras tienen becerros más pesados que las jóvenes o viejas. La diferencia debidas al sexo de los becerros generalmente se ajustan al considerarlo en la definición de los grupos contemporáneos, mientras que las diferencias debidas a edad de la madre pueden ajustarse con el uso de factores de ajuste, o con su inclusión como covariable en los modelos de evaluación genética. Al respecto, se requiere investigación para generar factores de ajuste específicos de las razas bajo las condiciones de producción mexicanas. En el Cuadro 1.1 se muestra un ejemplo de factores de ajuste para edad de la madre en peso al nacimiento.

$$\text{Peso al nacimiento ajustado} = \text{peso al nacimiento original} + \text{factor de ajuste por edad la madre}$$

El año y la estación de nacimiento también tienen una influencia importante en el peso al nacimiento y sus efectos generalmente son considerados en la definición de los grupos contemporáneos. Estos efectos incluyen influencias de la temperatura, precipitación y otras que son impredecibles. En la práctica, los aspectos específicos de distribución de la precipitación, temperatura y humedad relativa deben considerarse para la definición de las épocas de nacimiento apropiadas a los casos particulares.

Cuadro 1.1. Ejemplo de factores de ajuste (kg) para peso al nacimiento y al destete de acuerdo con la edad de la vaca y sexo

Edad de la vaca, años	Peso al nacimiento	Peso al destete	
		Machos	Hembras
2	3.6	27	24
3	2.2	18	16
4	1.8	9	8
5 – 10	0.0	0	0
11 y más	1.4	9	8

Adaptado de BIF, 2006

Algunas asociaciones de criadores con base en la información del certificado de datos productivos o de crecimiento han generado los índices de comportamiento productivo, con el objetivo de comparar y analizar el crecimiento del individuo dentro del grupo contemporáneo. En el Cuadro 1.2 se describen las posibles categorías del índice del PN y el cálculo del índice es:

$$\text{Índice de PN} = \frac{\text{Peso al nacimiento del individuo}}{\text{Peso al nacimiento promedio del grupo contemporáneo}} \times 100$$

Cuadro 1.2. Categoría de los índices porcentuales del peso al nacimiento (PN) con respecto al promedio del grupo contemporáneo (PGC)

Índice	Descripción	Implicaciones
Mayor a 115%	PN en un 15% o más por arriba del PGC	PN muy elevados y en general no deseados por alta probabilidad de problemas al parto
Entre 101 y 115%	PN moderadamente elevado, entre 1 y 15% por arriba del PGC	PN con pocas probabilidades de problemas al parto. Puede ser un rango óptimo si se desea elevar el PN en vacas de dos o más partos
Entre 99 y 101%	PN muy cercanos al PGC	PN adecuado

Entre 85 y 99%	PN moderadamente liviano, entre 1 y 15% menor del PGC	PN sin problemas al parto; puede ser un rango optimo para reducir el PN en vaquillas de primer parto, con pocas probabilidades de presentar problemas en el crecimiento predestete.
Menor a 85%	PN en un 15% o más por abajo del PGC	PN muy livianos, pueden presentar problemas en el crecimiento predestete

1.2.2 Peso al destete

El crecimiento predestete tiene especial importancia debido a: 1) en esta fase el becerro tiene la tasa de crecimiento más alta de toda su vida, alcanzando alrededor del 25 al 35% de su peso final, posteriormente necesita alrededor de dos a cuatro años para alcanzar el peso adecuado para sacrificio; 2) constituye un indicador de la eficiencia económica de las explotaciones, ya que el sistema vaca – becerro involucra la venta de animales al destete; y, 3) es una medida del potencial de crecimiento del becerro y de las cualidades de la madre. El peso al destete es una de las primeras mediciones que se pueden hacer del potencial productivo de los bovinos para carne. Para evaluar las diferencias en pesos al destete, los registros individuales de los becerros deben ajustarse a una edad común. En la mayoría de las razas de bovinos para carne el ajuste del peso al destete se realiza a los 205 días de edad, con algunas excepciones en que, aún cuando no sea recomendable, los ajustes se realizan a otras edades, en cuyos casos deben utilizarse procedimientos no lineales. El ajuste del peso al destete (PD) a 205 días (PD205) se realiza con base en el promedio de ganancia diaria del animal desde el nacimiento hasta el destete, con la siguiente fórmula:

$$PD205 = \frac{PD \text{ real} - \text{Peso al nacer}}{\text{Edad al destete en días}} \times 205 + \text{Peso al nacer} + \text{factor de Ajuste por edad de la madre}$$

Con base en la definición de grupos contemporáneos y para realizar los ajustes adecuadamente, los destetes se deben realizar entre los 160 a 250 días de edad. En el PD es importante considerar los factores de ajuste por edad de la madre. El efecto de edad de la vaca sobre el PD es curvilíneo, los mayores pesos se observan en vacas con edades intermedias (de 5 a 9 años de edad) y los menores pesos se observan en vacas de edad avanzada o muy jóvenes; en bovinos para carne la edad de la vaca puede explicar el 25% de la variación del PD. En el Cuadro 1.1 se presenta un ejemplo de factores de ajuste de bovinos para carne; sin embargo, existe variación dependiendo de la población a evaluar, por lo tanto deben generarse factores de ajuste para cada raza o población específica.

En el Cuadro 1.3 se describen las posibles categorías del índice del PD, y el cálculo del índice se realiza de la siguiente forma:

$$\text{Índice PD205} = \frac{\text{PD205 individual}}{\text{PD205 promedio del grupo contemporáneo}} \times 100$$

Cuadro 1.3. Categoría de los índices porcentuales del peso al destete ajustado (PD) con respecto al promedio del grupo contemporáneo (PGC)

Índice	Descripción	Implicaciones
Mayor a 115%	PD en un 15% o más por arriba del PGC	PD muy elevados, indican un buen potencial de crecimiento y una buena habilidad materna para producción de leche
Entre 100 y 115%	PD moderadamente elevado, entre 1 y 15% por arriba del PGC	PD que señala un moderado potencial de crecimiento predestete
Entre 85 y 100%	PD moderadamente liviano, entre 1 y 15% menor del PGC	PD con problemas o restricciones en el crecimiento predestete
Menor a 85%	PD en un 15% o más por abajo del PGC	PD que refleja agudos problemas o restricciones, en la habilidad de crecimiento individual ó en la habilidad materna para producción de leche

Es importante una correcta definición del año y época en la formación de grupos contemporáneos de PD. Estos efectos ambientales definen la disponibilidad y calidad del alimento, así como los posibles efectos de estrés por los niveles de temperatura, humedad y precipitación, entre otros. La calidad y disponibilidad del alimento afectan el crecimiento predestete en dos aspectos fundamentales: 1) en el consumo y la ganancia de peso del becerro, y 2) en la capacidad para producir leche por parte de la madre.

En el crecimiento de los mamíferos, la madre tiene gran influencia en su desarrollo temprano o crecimiento predestete. La influencia materna no solo es través de los genes que heredó a la progenie, sino también al cuidado y la nutrición temprana con base en la leche. El PD comprende la habilidad de crecimiento del becerro y la oportunidad que proporciona la madre. Con la información del PD, sin requerir datos de la producción de leche por vaca, se pueden separar los efectos debido a las diferencias en habilidad materna para producción de leche y en proporcionar un ambiente adecuado. Con la producción de leche se puede predecir las diferencias en kilogramos de PD, de la progenie de las hijas de los sementales evaluados, debido a los genes para producción de leche que las hijas heredaron. Todos los efectos maternos se engloban en el peso al destete materno total; el cual refleja tanto la habilidad lechera de las madres como el potencial de crecimiento que heredaron a la progenie.

1.2.3 Crecimiento posdestete

El crecimiento posdestete es un indicador del potencial genético que el animal posee para crecimiento. La fase posdestete se puede evaluar a través de la ganancia de peso hasta cierta edad, durante un determinado periodo de tiempo, o mediante el peso ajustado a una determinada edad; definido principalmente por los sistemas de producción y las características del mercado. Las principales características analizadas en el crecimiento posdestete son el peso a los 365 y/o 540 días de edad. El crecimiento posdestete está determinado principalmente por el potencial del individuo, por lo que si se observan efectos maternos, generalmente se pueden atribuir a efectos residuales en el crecimiento predestete.

El ajuste del peso a los 365 (PA) y a los 540 (PM) días se realiza a partir del peso al destete conforme la siguiente fórmula:

$$P365 = \left[\frac{(PA - PD \text{ original})}{\text{Núm. de días entre el PD y PA}} \right] \times 160 + PD205$$

$$P540 = \left[\frac{(PM - PD \text{ original})}{\text{Núm. de días entre el PD y PM}} \right] \times 335 + PD205$$

De igual forma que el peso al destete, los pesos en la etapa posdestete se deben de tomar en un rango de ± 45 días con respecto a la edad de ajuste. Por ejemplo, para el ajuste del peso a los 365 días, es recomendable que se programen los pesos en un intervalo de 320 a 410 días de edad; asimismo, para el peso a los 540 días, es recomendable que se pesen los animales en un rango de 495 a 585 días de edad. Para calcular los índices de comportamiento productivo, en los grupos contemporáneos debe de considerarse el sexo, los grupos de manejo y las épocas en los periodos predestete y posdestete, así como todos los animales incluidos en los grupos contemporáneos del destete. En algunas ocasiones, sólo aquellos becerros seleccionados por comportamiento superior al destete, son evaluados en la fase posdestete; con esto, los índices de comportamiento productivo están subestimados. Algunas investigaciones han señalado que, con seleccionar el 75%, 50% o 25% de los becerros destetados para evaluarlos en el crecimiento hasta el año de edad, los índices porcentuales fueron subestimados en un 3, 6 y 9%, respectivamente. Para obtener índices de comportamiento productivo corregidos por el desbalance de información, se ha propuesto la siguiente fórmula:

$$\text{Índice porcentual del peso posdestete} = \frac{PD + GP}{PD_u + GP_s} \times 100$$

donde:

PD = peso ajustado a los 205 días del individuo

- GP = ganancia de peso total posdestete, calculada a los 160 o 335 días
- PD_u = peso promedio ajustado a 205 días de todos los becerros del grupo contemporáneo al destete
- GPs = ganancia de peso total posdestete promedio de todos los becerros del grupo contemporáneo posdestete

1.2.4 Tamaño o estructura corporal

Con la altura a la punta de la cadera (cm) y la edad del animal se determina el tamaño corporal. La asociación de criadores de registro, en colaboración con la institución que realiza las evaluaciones genéticas, define la función matemática para estimar el tamaño corporal de cada raza. Es una medida lineal determinada por el peso, grado de madurez y sexo; refleja el patrón de crecimiento y el potencial de peso adulto. Se puede medir a los 12 o 18 meses de edad, en los mismos intervalos de ± 45 días. El tamaño corporal óptimo está en función del sistema de producción y las características del mercado. Teóricamente, un animal mantiene la misma estructura corporal a través de su vida; sin embargo, los efectos genéticos y/o ambientales pueden alterar la tasa de crecimiento y modificar la estructura corporal.

Características comparativas con relación a la estructura corporal: a) pequeña: presenta dimensiones esqueléticas menores, animales livianos y precoces, mayor deposición de grasa, buena expresión muscular; b) mediana: buen potencial de crecimiento, buena estructura muscular; c) grande: animales más pesados en cualquier edad, mayor cantidad de carne magra y más tardíos para la finalización en engorda.

1.3 Características reproductivas

El comportamiento reproductivo es un componente muy importante en la eficiencia de producción y progreso genético en cualquier sistema de producción animal. La mayoría de las mediciones reproductivas están muy influidas por el ambiente (tienen baja heredabilidad) y no se han incluido en las evaluaciones genéticas mexicanas. Para analizar las características reproductivas, el control de producción se debe complementar con cierta información básica como la fecha de parto, fecha de empadre, confirmación de preñez, entre otras, que permita generar indicadores de los procesos reproductivos, como: edad al primer parto, número de días abiertos o intervalo parto concepción, tasa de concepción, intervalo entre partos, entre otros.

1.3.1 Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal (CE) es un buen indicador del potencial reproductivo que tendrá el futuro semental; además, el seleccionar un prospecto a semental por su tamaño testicular tendrá un efecto positivo en el comportamiento reproductivo de las futuras hijas, dado que se han reportado correlaciones genéticas de circunferencia escrotal con edad a la pubertad, intervalo entre partos y comportamiento reproductivo de las hembras. Esta medida se toma al momento de pesar al año de edad (la edad se expresa en días), y en el mismo rango de ± 45 días. La medida se toma en centímetros, con una cinta métrica en la parte más ancha de la bolsa escrotal, con

ambos testículos colocados juntos en el fondo del escroto. La forma de ajuste con base en la edad en días es:

$$CE_{365} = CE_{\text{real}} + [(365 - \text{edad}) \times \text{factor de ajuste por edad}]$$

Los factores de ajuste varían a través de cada raza, con valores de 0.0324 a 0.0708 (BIF, 2006); las asociaciones de criadores de ganado de registro, en colaboración con la institución que realiza las evaluaciones genéticas, deben de desarrollar los factores de ajuste acordes para la raza.

1.3.2 Edad al primer parto

La edad al primer parto (EPP) es una medida que permite evaluar la edad a la madurez sexual e inicio de la etapa reproductiva; cuando más precoz es la EPP mayor será la vida útil de la vaca. El cálculo se realiza en meses con base en la diferencia entre la fecha del primer parto y la fecha de nacimiento de la vaca.

1.3.3 Intervalo entre parto

El intervalo entre partos (IEP) representa el tiempo transcurrido entre dos pariciones sucesivas, determina el largo de los ciclos reproductivos y es parte fundamental de la eficiencia reproductiva. El IEP tiene dos componentes fundamentales, la gestación y los días abiertos. El periodo de días abiertos incluye varios factores importantes como la involución uterina y el primer estro posparto, entre otros. Al analizar la información de vacas con más de una observación se debe de utilizar el promedio. El cálculo del intervalo entre partos (IEP) se realiza de dos formas:

$$\text{IEP anual} = \text{fecha del parto inmediato al anterior} - \text{fecha del parto anterior}$$

$$\text{IEP vitalicio} = \frac{\text{edad al último parto} - \text{edad al 1er parto} + 365}{\text{Número de partos}}$$

1.3.4 Permanencia Productiva

Está definida como la probabilidad de que las hijas de un animal, que habiendo parido por primera vez a los dos o tres años, permanezcan en el hato hasta los cinco o seis años de edad. Esta característica se genera a partir de la información que se acumula de una vaca en la base de datos de la Asociación de Criadores. La capacidad de permanencia de una vaca en el hato refleja su buen desempeño reproductivo y es un buen indicador de la eficiencia de la vaca. Es una característica relevante para cuantificar la rentabilidad del hato. En función de la longevidad productiva, se define como el tiempo que una vaca es capaz de permanecer en producción (becerros producidos o becerros destetados), y sobrevivir al desecho o reemplazo voluntario o involuntario. En la selección o desecho de vacas es importante considerar de manera conjunta características productivas y reproductivas, dado el antagonismo genético que puede haber entre ellas. Selección de hembras para características productivas puede influir negativamente en el desempeño reproductivo; del mismo modo, selección intensiva para altos índices productivos

podría tener impactos no deseados en características de adaptación como reproducción o respuesta al estrés.

1.3.5 Facilidad al parto

Parto con distocia, es el término utilizado para describir el proceso de parto con complicaciones. Partos con distocia tienen repercusiones negativas sobre la vida productiva y reproductiva de la vaca; implica fuertes pérdidas económicas por el incremento en la mortalidad y disminución de la fertilidad. El peso y la posición del becerro, así como la raza, el sexo y la conformación son los factores más importantes para la presencia de parto con distocia. La selección por facilidad al parto permite reducir la presencia de partos con distocia. Para recabar la información de facilidad al parto e incluirla al proceso de evaluaciones genéticas se deben definir los tipos o clases de partos. Los partos son clasificados en una escala de 1 a 5, aumentando la dificultad y los requerimientos de ayuda conforme aumenta la clase. La entrada del feto dentro del canal de parto puede ser definido por los términos presentación y postura. La presentación se refiere a la forma en que el becerro entra al canal de parto, pudiendo ser de frente, al revés o de lado. La posición se refiere a si el feto está boca arriba o boca abajo. La postura es la relación de la cabeza y el cuello del becerro en posición adecuada o si las patas se encuentran en relación adecuada al cuerpo al momento del parto. La presentación, posición o postura inadecuadas pueden ocasionar distocia. En la Figura 1 se presenta la posición adecuada del becerro para un parto normal, mientras que en la Figura 2 se presentan algunos ejemplos de mala posición o presentación del becerro y repercutirá en un parto con distocia.

Clasificación de partos:

1. Parto sin ayuda o asistencia, la vaca para sola
2. Parto con ligera ayuda; leve tracción por no dejar que la vaca para sola
3. Parto difícil, la ayuda es necesaria; conlleva la ayuda de dos o más personas, la utilización de algún aparato de partos o maquinaria
4. Cesárea realizada debido al tamaño excesivo o mala posición del becerro. La vaca no puede parir sola
5. Fetotomía (realizada tras la muerte del becerro). Cesáreas motivadas por situaciones diferentes al tamaño excesivo del becerro; rotura de alguno de los huesos que integran el canal del parto; malformaciones del becerro. Malas presentaciones del becerro que obligan a realizar manipulaciones o correcciones.

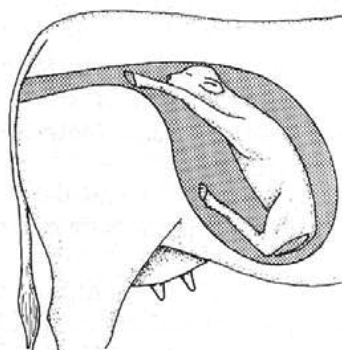


Figura 1. Presentación y posición del becerro en un parto normal

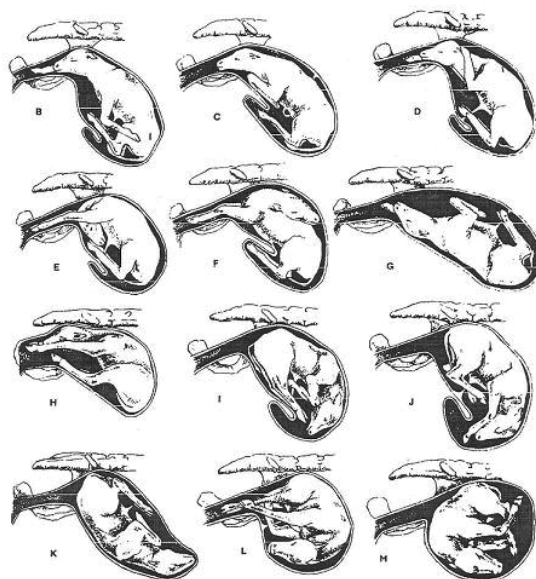


Figura 2. Casos de malas presentaciones al momento del parto

1.4 Capacidad probable de producción

Muchas de las características de interés económico en los bovinos para carne se manifiestan varias veces en la vida del animal. Cualquier característica es el resultado de la acción genética y ambiental. Si una vaca desteta tres becerros en su vida productiva, y el mismo genotipo afecta el crecimiento de esos becerros, las diferencias de los pesos al destete en los becerros producidos se debe atribuir a diferencias ambientales. Tratándose de la misma vaca, el genotipo será el mismo, no habiendo lugar a segregación o recombinación de genes; sin embargo, un genotipo puede causar diferentes efectos fenotípicos a distintas edades del individuo. A través del tiempo no actúan los mismos genes o pueden actuar con diferente intensidad. En términos de efectos ambientales, una parte de la varianza ambiental es permanente en el sentido que permanece igual durante la vida del animal, afectando a todas las medidas; otra parte de la varianza es temporal, porque afecta a las medidas en forma diferente y con distinta intensidad. El índice de constancia o repetibilidad es la correlación entre medidas repetidas sobre un mismo individuo, es decir entre medidas realizadas en dos momentos diferentes de su vida. Con base en la repetibilidad se puede estimar la capacidad probable de producción (CPP), la cual permite clasificar a los animales, al comparar su promedio individual con el promedio de producción de la población, para decidir sobre la permanencia o desecho. La CPP expresada como una desviación del promedio del hato se calcula como:

$$CPP = \frac{nr}{1 + (n - 1) r} \text{ (promedio individual - promedio del hato)}$$

donde: n es el número de registros por individuo y r es la repetibilidad del carácter.

El hecho de esperar registros adicionales, antes de decidir si se retienen o eliminan algunos animales del hato, puede resultar costoso si se retienen animales inferiores durante periodos prolongados. Por consiguiente, el conocimiento de la repetibilidad constituye una guía para determinar la magnitud de la eliminación en la selección que se puede hacer con seguridad con base en un solo registro.

1.5 Características de la canal

La información para evaluar las características de la canal proviene de dos fuentes de información, con ciertos requerimientos de capacitación, infraestructura, laboratorios y equipo. La primer fuentes de información se refiere a las mediciones de las canales de la progenie y parientes tomadas en el rastro; y la segunda fuente se refiere a las mediciones que se toman en vivo con ultrasonido. Las mediciones en el rastro corresponden al peso de la canal, rendimiento, porcentaje de carne magra, área del lomo, grosor de grasa dorsal y grado de marmoleo. Con el apoyo de laboratorios especializados se puede generar información para grasa intramuscular, pH, suavidad, color de la carne, entre otras características relacionadas con la calidad de la carne. Las mediciones que se pudieran realizar en vivo con equipo de ultrasonido serían área del lomo, grosor de grasa dorsal y porcentaje de grasa intramuscular. El rango de edad adecuado para tomar las imágenes por ultrasonido es de entre 320 y 430 días. Las imágenes deben ser tomadas e interpretadas por un técnico entrenado y certificado en el uso del equipo de ultrasonido en tiempo real, acreditado por el CONARGEN AC. ó por la Coordinación General de Ganadería de la SAGARPA. La definición de grupos contemporáneos para características de la canal debe considerar las condiciones de alimentación y manejo y que el rango de edad no sea mayor a 60 días.

1.5.1 Area del lomo

El área del lomo, es indicador de la musculatura total de la canal, permite estimar el rendimiento y con ello asignar un precio; además, algunos países demandan que el tamaño del área no rebasen un cierto límite. La medición se toma entre la 12^a y 13^a costilla, en el mismo lugar donde se cortan y clasifican las canales en los rastros.

1.5.2 Grosor de la grasa dorsal

Esta característica influye de manera importante sobre la cantidad de carne para venta. La progenie de animales con muy poca grasa de cobertura suelen requerir más días de engorda para alcanzar un buen grado de calidad, mientras que la progenie de animales con mucha grasa de cobertura suelen ser sujetos de descuentos por el exceso de grasa. Se mide entre la 12^a y 13^a costilla.

1.5.3 Porcentaje de grasa intramuscular

Es la cantidad de grasa entreverada en las fibras musculares y se evalúa en el área del lomo en un corte hecho entre las costillas 12ª y 13ª. Mientras el nivel de marmoleo sea mayor, la carne será de mayor calidad, puesto que ésta tendrá mejor sabor y será más jugosa. El marmoleo, sin embargo está también asociado, por consumidores en otros países, como un factor de riesgo para la salud. La correcta determinación del marmoleo depende en gran medida de la determinación del contorno del músculo longissimus dorsi.

Dependiendo del propósito del programa de cría y del tipo de canales que demanda el consumidor, el productor deberá poner más énfasis en aumentar el área del lomo y el marmoleo. Por otro lado, el productor debe buscar mantener o reducir los niveles de grasa, dependiendo de los animales que vaya a usar y lo que espera en los hijos producto de ese cruzamiento dirigido.

Capítulo 2. Bases del mejoramiento genético

Rodolfo Ramírez Valverde
Universidad Autónoma Chapingo

Las dos herramientas básicas para el mejoramiento genético de los bovinos para carne son la selección y el cruzamiento. La selección consiste en elegir los animales que van a ser los progenitores de la próxima generación y el cruzamiento considera la forma en que van a ser apareados los progenitores seleccionados.

En general, para la población de bovinos productores de carne podemos diferenciar dos tipos de ganaderos: los criadores de ganado de registro y los productores comerciales. Los criadores de ganado de registro tienen como propósito comercializar reproductores con mérito genético conocido (animales, semen y embriones); de ellos depende el mejoramiento genético en el ganado comercial y su principal herramienta para mejorar la calidad de su ganado es la selección. Los productores comerciales tienen como propósito producir carne, ya sea como animales después del destete o rendidos para el abasto; requieren de material genético de los criadores de registro para el mejoramiento de sus hatos, y su principal herramienta para mejorar su ganado y la rentabilidad de sus empresas es el cruzamiento.

La mayoría de las características importantes en bovinos productores de carne (como el peso al destete, la eficiencia alimenticia y la circunferencia escrotal) son llamadas cuantitativas, ya que su expresión depende de muchos pares de genes y tienen variación continua. Para estas características, el comportamiento observado o medido en los animales es función de los genes que poseen y el ambiente en que se desarrollan; en esta sección se discuten algunos conceptos básicos para separar estos dos componentes y estimar la superioridad o inferioridad genética de un animal que va a transmitirse o heredarse a sus hijos.

2.1 Bases de la herencia y propósitos de las evaluaciones genéticas

El comportamiento observado o medido en los animales (ganancia de peso, intervalo entre partos, peso al año, etc.), técnicamente denominado *fenotipo*, depende de sus habilidades genéticas para expresarlo, técnicamente denominado *genotipo*, y la oportunidad que le provea el *ambiente* para manifestar un determinado nivel de comportamiento. El concepto de *genotipo* se entiende como el arreglo o acomodo de los genes que tiene un animal, mientras que por *ambiente* entendemos como las causas externas (precipitación, temperatura, etc.) o internas (el sexo del animal, la edad de su madre, etc.) que influyen en la expresión de los fenotipos.

La clave para seleccionar a los mejores animales en cuanto a su calidad genética, es incrementar la certidumbre, la exactitud para identificar a aquellos que transmitirán los mejores genes a su descendencia. Sin embargo, dado que muy diversos factores del medio ambiente influyen en lo que observamos o medimos, en muchas ocasiones la superioridad en el comportamiento de un animal sobre otro, puede deberse a un mejor ambiente y esa superioridad no será trasmisible a su progenie. Por ejemplo, la superioridad o inferioridad de un becerro para peso al destete es función no sólo de su potencial genético para crecimiento, sino también del ambiente que tuvo durante su desarrollo, como el hato, año y la

estación en la cual nació y creció, su edad al destete, su acceso a alimentación suplementaria, y la producción de leche de su madre.

Un primer paso para evitar estas confusiones y poder comparar genéticamente dos o más animales, es mantenerlos bajo las mismas condiciones ambientales o ajustar los fenotipos a ambientes equivalentes. La separación de la parte ambiental es un elemento importante y básico para comparar fenotipos sin el efecto ambiental en una empresa ganadera que practica selección de animales; sin embargo, debido a que en un animal la mitad de los genes los recibe de su padre y la otra mitad de su madre, en muchas ocasiones la superioridad fenotípica de un animal sobre otro, es debida parcialmente a las combinaciones de genes en sus genotipos, lo que se conoce como dominancia o epistasis. Para conocer la parte genética que será transmitida a la progenie se requiere estimar los efectos individuales de los genes, los que son conocidos como efectos aditivos de los genes; por tanto, en la selección de animales se necesita separar y estimar estos componentes.

El principal propósito de las evaluaciones genéticas es separar la parte genética transmisible a la progenie (parte aditiva de los genes) de los demás componentes (dominancia, epistasis y ambiente). Los resultados de las evaluaciones genéticas son predicciones objetivas, basadas en metodologías científicamente probadas y utilizadas mundialmente, de lo que se podría esperar en diferencias en comportamiento entre los hijos de los animales a comparar (valores genéticos o DEPs). El comportamiento individual de la progenie un animal puede variar considerablemente, pero en promedio se puede predecir el comportamiento de los hijos de ese animal (el animal que lleva mejores genes tendrá más posibilidades de heredarlos a su progenie) comparados con hijos de otros animales.

La evaluación genética, por tanto, es una actividad sustantiva para apoyar la decisión de los ganaderos sobre qué animales reproducir, con el fin de mejorar el comportamiento de sus animales a largo plazo. Es importante reconocer que el mejoramiento genético por generación de la ganadería de un país, depende de la selección practicada en el ganado de registro. Lo mejor es evaluar a los animales bajo las condiciones en que estos se desarrollan, lo que además evita o disminuye la dependencia tecnológica y económica, y se pueden considerar objetivos de producción específicos y acordes con nuestros sistemas de producción. Para hacer más eficiente el flujo de genes del ganado de registro al comercial, es importante que el criador entienda que su cliente inmediato es el ganadero comercial, a quien debe tener bien informado.

El proceso de instrumentación de las evaluaciones genéticas comienza desde la toma de registros de datos de producción y genealógicos a nivel rancho (que requiere de alguna infraestructura mínima como báscula, división de potreros, inseminación artificial, etc.), su envío a la organización de criadores (que con ayuda de equipo de cómputo, capturan y depuran la información), y el envío de los archivos depurados a la institución donde se realizará el análisis de la información. El proceso es reversible, por lo que una vez analizada la información, ésta regresará a la asociación de criadores en forma de evaluaciones genéticas para su publicación y reenvío hacia los criadores para su utilización en selección o desecho de animales.

2.2 Agrupamiento de contemporáneos para la evaluación genética

Los registros de un animal son la expresión de su valor genético expresado en situaciones ambientales diferentes, por lo que la utilización de dichos registros sin eliminar los efectos ambientales particulares, constituye una herramienta inadecuada para elegir los animales de mayor potencial genético. El propósito principal de las evaluaciones genéticas es predecir el valor genético de los animales, a partir de un conjunto de registros propios y de sus parientes, ajustando los efectos no genéticos particulares de cada animal considerado (efectos ambientales). La utilización de modelos estadísticos permite eliminar parte de los efectos ambientales particulares de los animales y predecir con mayor precisión su valor genético; sin embargo, las decisiones más importantes deben ser realizadas por los ganaderos.

La evaluación genética apropiada de bovinos para carne es compleja; sin embargo, el principio básico para su evaluación es simple: los animales son evaluados individualmente basados en su comportamiento comparado con el de otros animales que crecieron en condiciones ambientales similares, es decir, que han tenido oportunidad similar para su desarrollo. El agrupamiento de contemporáneos en las evaluaciones genéticas de bovinos para carne es un intento de considerar los efectos ambientales similares, de forma tal que las diferencia restantes entre animales reflejen más fielmente las diferencias entre ellos que van a ser heredables (van a pasar a la siguiente generación). Un grupo contemporáneo es definido como un grupo de bovinos que tienen la misma composición racial y sexo, son de edades similares, y han crecido bajo las mismas condiciones de manejo. En forma más simple, un grupo contemporáneo es un grupo de animales que tuvieron oportunidades similares para manifestar un comportamiento dado.

Los registros del comportamiento de los animales en una determinada raza, generalmente definen las reglas para un agrupamiento de contemporáneos efectivo, de acuerdo con su composición racial, hato, sexo, año, estación, y el rango de edades dentro del grupo (90 días). Adicional al registro de esta información, los criadores o productores deben reportar otros efectos ambientales o de manejo que fueron diferentes para determinados animales en su rancho. Por ejemplo, cuando parte del hato fue expuesto a diferentes niveles de alimentación (preparación o asistencia a Ferias Ganaderas y acceso a pasturas mejoradas, entre otras), esto debe reportarse y los animales deben asignarse a un grupo contemporáneo distinto. Asimismo, los becerros cuyo comportamiento ha sido afectado por una enfermedad o daño físico deben tener grupos contemporáneos diferentes.

En teoría, el agrupar contemporáneos es fácil, pero su aplicación en la vida real puede presentar algunos desafíos. Un error común al asignar animales a grupos contemporáneos es que algunos criadores no consideran suficientes agrupaciones para ubicar a los becerros que tuvieron tratamiento diferencial; en otros casos, algunos criadores crean demasiados grupos contemporáneos. La recomendación en estos casos, es de hacer las asignaciones a los grupos tan simples como sea posible, siempre y cuando todavía se consideren las diferencias mayores en manejo. Un método útil para agrupar animales contemporáneos es que los criadores asignen distintos códigos de manejo de los animales que son excepciones a las prácticas regulares de manejo; por ejemplo, a los becerros que recibieron un manejo preferencial para exposiciones deben asignarles su propio código para la formación de su grupo contemporáneo. Cuando el criador considere que un grupo de becerros recibió ventajas debido al manejo u otra razón no

genética, entonces ésta deberá ser reportada; de esta forma los becerros pueden agruparse apropiadamente.

Existen dos maneras de agrupar animales incorrectamente: una es agrupar animales que no deben estar juntos y la otra es separar animales que deben estar juntos; el primer caso es un problema más serio que el segundo. Para la estimación de la exactitud de todos los animales en evaluación genética, los grupos contemporáneos deben ser tan grandes como sea posible y tener la agrupación contemporánea correcta. Los becerros no deben dividirse simplemente para tener más grupos, o porque no se desea que un becerro sea comparado con otro. En la práctica, dos animales pueden ser suficientes para formar un grupo contemporáneo; sin embargo, se ha demostrado que la exactitud de las evaluaciones mejora a medida que se aumenta el tamaño mínimo de los grupos contemporáneos. Al respecto, no se debe forzar el tener grupos más grandes para considerar su comportamiento en la evaluación genética, ya que los animales excluidos por grupos contemporáneos pequeños pueden ser evaluados a través de sus parientes.

Una recomendación importante para mejorar la definición apropiada de los grupos contemporáneos y la calidad de las evaluaciones genéticas de bovinos para carne, es tratar de destetar todos los becerros de un grupo contemporáneo el mismo día. La fecha del destete es un criterio usado para definir a un grupo contemporáneo de destete. Todos los becerros en un grupo contemporáneo deben tener la misma oportunidad de crecer. Algunos ganaderos destetan cada becerro cuando alcanza una edad definida (por ejemplo, 205 días); una mejor alternativa es destetar todas las crías del mismo sexo cuando su edad promedio es de 205 días. El peso al destete de los animales por abajo o por arriba de esa edad, puede ajustarse después como se mostrará posteriormente en este capítulo.

Es importante notar que los grupos contemporáneos nunca aumentan su tamaño después que la estación de partos ha terminado; sin embargo, si puede disminuir su tamaño. A medida que los becerros van creciendo, los grupos contemporáneos muchas veces pueden disminuir su tamaño, debido a: desechos, daños físicos, enfermedades, muertes, o asignación de becerros a diversos subgrupos que reflejen diferente manejo. Un aspecto importante que se tiene que evitar, es el recombinar grupos contemporáneos una vez que los animales ya fueron asignados a grupos diferentes.

El reportar información de todos los animales elegibles (no sólo los de registro) es un aspecto importante de grupos contemporáneos que merece atención especial. Los criadores pueden tener la idea de economizar registrando sólo los becerros que mejor comportamiento dentro del hato; además, ellos pueden también estar preocupados de que al registrar datos de becerros con un comportamiento inferior reflejará condiciones desfavorables de manejo en su rancho. Cuando se realizan reportes selectivos o incompletos, las evaluaciones genéticas son menos precisas de lo que serían con la información completa, y aún peor tendrán sesgos, ya que al reportar sólo los becerros con buen comportamiento, éstos no tendrán la valoración que realmente merecen.

Es importante recordar que los resultados de las evaluaciones genéticas se basan en las desviaciones o diferencias de los pesos individuales de los becerros con respecto al promedio de su grupo contemporáneo, y no en el peso ajustado de cada becerro directamente. Para mostrar cómo la evaluación genética puede sesgarse cuando se usa el reporte selectivo de registros de

comportamiento de los animales, en el Cuadro 2.1 se muestra un ejemplo hipotético de un grupo contemporáneo original de 10 becerros con sus pesos al destete ajustados (caso 1) y el del grupo contemporáneo después del reporte selectivo del 50% de los becerros superiores (caso 2).

En el caso 1 el peso promedio al destete de los 10 becerros es 302 kg. El becerro más ligero tiene 50 kg por debajo del promedio del grupo (índice de 83), mientras que el más pesado tiene 57 kg arriba del promedio (índice de 119). El becerro número 6 tiene 8 kg arriba del promedio del grupo (índice de 103). Suponga ahora que el productor ha reportado sólo el 50% de los becerros con valores más altos para el peso al destete (caso 2), entonces el promedio del grupo sería 327 kg. Dentro de este nuevo grupo contemporáneo, altamente seleccionado, el becerro más pesado tendría una desviación de sólo +32 kg y un índice de 110. El becerro 6, cuyo comportamiento es cercano al promedio en el grupo contemporáneo original, ahora tendría una desviación de -17 kg y un índice de 95. Lo anterior muestra que cuando los datos son alterados por la selección de los becerros, la selección subsiguiente, los desechos, y las decisiones de comercialización también se alterarán. Así, el reporte completo de la información de comportamiento en todos los animales dará un panorama más claro de las diferencias genéticas entre animales.

Un caso más de formación inapropiada de grupos contemporáneos que puede causar sesgos en los valores genéticos es la siguiente anécdota ocurrida en una evaluación genética. Para un toro en evaluación, su valor genético predicho en evaluaciones consecutivas fue muy diferente. El toro tenía 130 hijas en producción en la primera evaluación y 57 hijas adicionales en la segunda. La revisión de datos reveló desviaciones de grupos contemporáneos altamente negativas para la progenie del toro de un criador que había reportado información de 44 nuevas hijas. Este criador tenía dos ranchos en Estados diferentes, y las hijas del toro de interés se localizaron en el rancho con el ambiente más restrictivo. El ganadero reportó sólo un código de crianza y no un código de rancho. Las crías en ambos ranchos se pesaron aproximadamente en la misma fecha y, por tanto, aparecieron en el mismo grupo contemporáneo. El criador debería haber enviado la información de cada rancho por separado o tener un código diferente cada rancho. Sin embargo, el criador reunió datos de ambos sitios en una hoja de comportamiento sin especificar que se trataba de ranchos diferentes. Después de que el error fue corregido y los datos fueron re-analizados, el nuevo valor genético predicho del toro fue similar al de la evaluación anterior.

Cuadro 2.1. Ejemplo de reporte selectivo o incompleto de información al formar los grupos contemporáneos para el peso al destete.

Identificación del becerro	Peso ajustado a 205 días (kg)	Todos los becerros reportados (caso 1)		Mitad superior reportada (caso 2)	
		Desviación ¹	Índice ²	Desviación ¹	Índice ²
1	252	-50	83		
2	270	-32	89		
3	280	-23	93		
4	290	-12	96		
5	293	-9	97		
6	310	8	103	-17	95
7	313	11	104	-14	96

8	318	16	105	-9	97
9	335	34	111	8	103
10	359	57	119	32	110
Desviación e índices promedios		0	100	0	100
Peso promedio (kg)		302		327	

¹ Desviación_i = (peso del becerro i ajustado a 205 días) – (peso promedio).

² Índice_i = ((peso del becerro i ajustado a 205 días) / (peso promedio)) x (100).

Otro ejemplo para mostrar cómo la evaluación genética puede sesgarse cuando los animales se agrupan incorrectamente, se presenta el ejemplo siguiente. Suponga dos grupos de animales que están pastoreando en praderas diferentes, en el mismo rancho y época del año. En la pradera “A”, con pasto mejorado de alta calidad, hay 20 animales y se destetan con un promedio de 300 kg. En la pradera “B” hay 20 con pasto no mejorado de baja calidad y se destetan con un promedio de 250 kg. Si se agrupan los 40 animales, el peso promedio será de 275 kg. Un becerro de la pradera “A” con peso de 275 kg tendrá un índice de 100 $((275/275) \times 100 = 100)$. Un becerro de la pradera “B” con un peso de 275 kg también tendrá el mismo índice de 100. En realidad, las crías deberían haber sido agrupadas por separado, debido a las condiciones diferentes de las praderas. Si los becerros de la pradera “A” se hubieran agrupado por separado con un peso promedio de 300 kg, el becerro de 275 kg habría tenido un índice de 92 $((275/300) \times 100 = 92)$ y si los becerros de la pradera “B” hubieran sido agrupados por separado con un peso promedio de 250 kg, el becerro de 275 kg habría tenido un índice de 110 $((275/250) \times 100 = 110)$. Para ambos animales el índice fue de 100 cuando el efecto de las praderas no se tomó en cuenta para la agrupación, pero realmente deben tener índices de 92 y 110 si se agrupan por manejo alimenticio; como consecuencia de lo anterior, los valores genéticos predichos serán diferentes. La definición y reporte de si praderas diferentes producirán comportamientos diferenciales por ese efecto en los animales, debe ser responsabilidad del criador considerando su experiencia práctica.

Finalmente, es importante mencionar que un problema grave en la evaluación genética de animales, es que cuando existe reporte selectivo o falta de reporte de registros de comportamiento, mala definición de grupos contemporáneos, e identificación incorrecta de progenitores, los ganaderos pueden perder confianza en el uso de los valores genéticos como una herramienta de selección y mejoramiento genético. Así, el personal especializado encargado de realizar las evaluaciones genéticas puede hacer algunos ajustes pertinentes para la asignación correcta de los animales en los grupos contemporáneos; sin embargo, las decisiones más importantes deben ser tomadas por el ganadero o personal encargado de reportar la información; quien es la persona que conoce mejor el manejo de los animales y tiene más posibilidades de asignar correctamente a los animales en los grupos contemporáneos.

2.3 Requerimientos de información para el agrupamiento de contemporáneos

En bovinos para carne la información para formar grupos contemporáneos puede variar de acuerdo con la asociación de criadores de que se trate y con la característica específica a evaluar.

En general la información mínima para formar un grupo contemporáneo de Peso al Nacimiento o Dificultad al Parto son: el criador (código de hato), el sexo de la cría, y la fecha de nacimiento; además, donde aplique se debe considerar el tipo de servicio (becerros provenientes de transferencia de embriones, inseminación artificial o monta natural), el código de grupo de manejo hasta el nacimiento (alimentación de las vacas durante la gestación, por ejemplo en pradera o estabulada), y la composición racial de vacas y becerros (de acuerdo con las proporciones acordadas por la asociación de criadores respectiva).

Para formar grupos contemporáneos del Peso al Destete, en adición a los criterios mencionados para el peso al nacimiento, se debe reportar el código de manejo alimenticio de la madre de cada becerro (tipo de pradera), y la fecha y el peso al destete correspondiente; además, donde aplique se debe informar si el becerro tuvo acceso a alimento concentrado y si fue castrado antes de los tres meses de edad.

Algunos criterios básicos para la formación de grupos contemporáneos de Pesos Posdestete (al año o a los 18 meses), en adición a lo mencionado para peso al destete, se debe indicar el código de manejo alimenticio de los animales (tipo de pradera, concentrado, etc.), y la fecha y pesaje correspondiente. Para el caso de Circunferencia Escrotal, se recomienda se realice aproximadamente al año de edad, usando los mismos criterios de agrupamiento que con el peso al año.

2.4 Recomendaciones para la agrupación de animales contemporáneos

Algunas recomendaciones generales para la definición más correcta de los grupos contemporáneos por parte de los ganaderos son las siguientes:

- Numerar los grupos en los registros o en las formas de reporte de los datos de comportamiento.
- Utilizar códigos de grupo para identificar un becerro dañado o enfermo en un grupo contemporáneo, cuando la enfermedad o lesión afectó el comportamiento del becerro.
- Procurar que la medición de los pesos al destete de todas las animales se realicen el mismo día (cuando los becerros tengan entre 160 y 250 días de edad) incluyendo tantos becerros como sea posible en cada grupo contemporáneo y aprovechando para realizar otras prácticas de manejo rutinarias en el hato.
- Elegir dos o más fechas para pesar cuando el rango de edad de los becerros es mayor de 90 días.
- Pesar a todos los animales del grupo antes de separarlos para un manejo diferencial posterior al destete.
- Planear los apareamientos, de preferencia, para que tengan progenie de dos o más sementales en cada grupo contemporáneo.

- Aprovechar el día de pesaje de animales para registrar otras características importantes, por ejemplo, el peso al año y la circunferencia escrotal.
- Reportar la información generada por animales que fueron eliminados o vendidos, ya que ésta puede usarse para mejorar la exactitud con que serán evaluados los demás animales.
- Diferenciar los becerros que recibieron tratamiento especial con diferente codificación del grupo contemporáneo de los que no recibieron una oportunidad similar de desarrollo.

Los especialistas encargados de realizar la evaluación genética deben eliminar registros extremos de animales dentro de los grupos contemporáneos (registros a más de 3 desviaciones estándar de la media), con el propósito de eliminar registros de animales que pudieron estar enfermos, con tratamiento preferencial o que se agruparon en grupos contemporáneos incorrectos. Cuando los pesos de todos los animales en un grupo son iguales, el grupo debe excluirse de la evaluación. La edad de los animales debe verificarse para asegurar un rango razonable de edad dentro del grupo, y en caso de encontrar inconsistencias en las edades, los datos de los animales en forma individual o el grupo contemporáneo completo deben eliminarse. Los registros de crecimiento posdestete deben eliminarse si no está disponible la información al destete. En los registros de comportamiento de los animales dentro de un hato, debe revisarse la relación hembra:macho (1:1) en crías, y en caso de un desbalance muy acentuado deben eliminarse estos registros, pues pueden ser indicador de reporte selectivo de información.

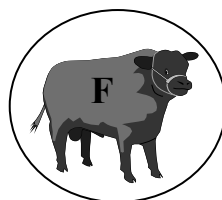
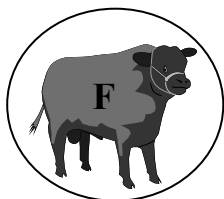
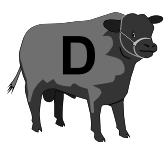
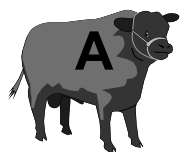
Finalmente, es importante destacar que la exactitud y el cuidado en la colecta y registro de la información de comportamiento, es por mucho el elemento más importante en los programas de evaluación genética. Los valores genéticos confiables sólo son posibles cuando los datos de campo son generados a tiempo, y en forma responsable y honesta por los criadores.

2.5 Conectividad genética de grupos contemporáneos o ranchos

Para que la evaluación genética de los animales de un rancho se pueda comparar con los de otro, debe existir una relación genética o parentesco mínimo entre algunos de los animales en ambos grupos, a través de ancestros comunes, lo que se le conoce como conectividad genética. Cuando no existe conectividad genética entre grupos, las evaluaciones genéticas se pueden utilizar únicamente dentro de ranchos o grupos contemporáneos. Normalmente, en las evaluaciones donde se consideran varios ranchos o grupos contemporáneos, los grupos desconectados se eliminan. Cuando las conexiones genéticas entre las unidades de manejo son insuficientes, las diferencias genéticas aditivas entre los animales de estas unidades pueden confundirse con diferencias ambientales.

El uso de la inseminación artificial incrementa la conectividad de los datos, al proporcionar mayor progenie y permitir mejor distribución de ésta entre los ranchos, con lo cual se aumenta la confiabilidad de las evaluaciones genéticas. Sin embargo, en poblaciones de bovinos para carne generalmente no existen programas extensos de inseminación artificial y el poco intercambio de sementales entre criadores limita el flujo de genes, generando una parcial o completa carencia de conectividad genética entre algunos ranchos o grupos contemporáneos.

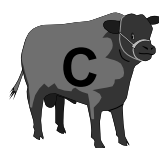
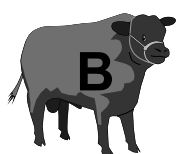
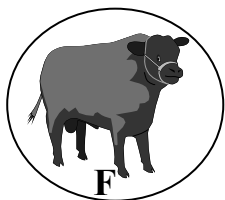
Una forma de reducir los problemas es crear conectividad entre los ranchos. Un ejemplo de lo anterior puede visualizarse en el esquema siguiente:



Rancho 1

Rancho 2

Rancho 3



En este ejemplo el uso del semental F, está siendo útil para lograr conectividades genéticas entre ranchos. Note que a pesar de no tener comparación directa, por ejemplo, entre el semental A del rancho 1 y el semental D del rancho 2, el semental F está sirviendo para conectarlos y entonces comparar indirectamente a A y D a través de F. Lo anterior, requiere de organización de criadores para lograr la conectividad.

La alternativa más utilizada para mejorar la conectividad genética entre grupos, es la utilización de programas cooperativos de apareamiento, dentro de los cuales se encuentran los esquemas de sementales de referencia. Los esquemas de sementales de referencia son programas cooperativos de apareamiento, en los cuales los productores colaboran para incrementar el tamaño efectivo de sus unidades de producción, por el uso de sementales comunes. El término semental de referencia o de enlace, se usa comúnmente en el caso de sementales que tienen progenie en más de un grupo, facilitando las comparaciones entre ellos. El incentivo principal de los criadores para establecer conexiones entre unidades, es aprovechar las ventajas de los recursos genéticos potencialmente mejores que los de ellos.

Normalmente la implementación de esquemas de sementales de referencia involucra los pasos siguientes: 1) selección de un grupo de sementales de referencia para uso entre los miembros del esquema; 2) uso de dos o tres sementales de este grupo (inseminación artificial o monta natural) con una proporción de las hembras de cada miembro del esquema; 3) registro de comportamiento de las crías producidas; 4) evaluación genética; y 5) uso de los resultados de la



evaluación genética para seleccionar la siguiente generación de sementales de referencia. Es importante señalar que para reforzar o crear conexiones entre grupos contemporáneos, no es necesario que el semental de enlace sea un animal “élite”, e incluso no es esencial que los animales de enlace sean sementales; ya que puede utilizarse progenie repetida de hembras en diferentes años o cualquier otra relación de parentesco.

Capítulo 3. Biotecnología

Vicente E. Vega Murillo
INIFAP

La biotecnología puede definirse como la aplicación del conocimiento biológico a las necesidades prácticas. Dentro de la perspectiva del mejoramiento genético animal se consideran dos categorías. La primera de ellas incluye tecnologías reproductivas, tales como la inseminación artificial (IA), transferencia de embriones (TE), y el control del sexo. La segunda categoría consiste en tecnologías moleculares, usadas para localizar, identificar, comparar, o manipular genes. Estas incluyen técnicas tales como las huellas ADN, la selección asistida por marcadores y la transferencia de genes.

La inseminación artificial es una tecnología reproductiva en la cual el semen colectado de machos es usado en fresco o congelado para fertilizar hembras. A través del uso del semen congelado es factible que un macho pueda tener una progenie numerosa, aumentando de esta manera la exactitud y la intensidad de la selección, además de ser una tecnología barata. Otros usos de la congelación de semen incluye la preservación de germoplasma y la detección de genes indeseables; también ayuda a mejorar la conectividad y en la formación de un gran número de grupos contemporáneos. Cuando varios sementales son utilizados por inseminación artificial en diferentes hatos, esto nos permite conectar genéticamente estas poblaciones y nos permite establecer una evaluación genética a gran escala con la tecnología del mejor predictor lineal insesgado.

La transferencia de embriones es hasta cierto punto, el equivalente en hembras de la IA en machos. Esta equivalencia no es perfecta, dado que a través de la IA un semental puede potencialmente producir miles de crías, sin embargo mediante la TE el número de hijos de una vaca es mucho menor. La TE consiste en la colección de embriones de hembras donadoras y la transferencia de estos embriones a hembras receptoras. Típicamente la hembra donadora es superovulada a través de una inyección de hormonas, causando en ella el desarrollo de un gran número de óvulos normales; posteriormente es inseminada y después de un intervalo de tiempo, los embriones son colectados y transferidos inmediatamente o congelados para ser utilizados posteriormente.

La TE es considerablemente más difícil y costosa que la IA; pero se han desarrollado otras técnicas de menor costo, como la fertilización *in vitro*. En esta tecnología los óvulos son colectados de la hembra donadora y posteriormente los óvulos maduros son fertilizados en laboratorio. Los embriones resultantes pueden ser transferidos inmediatamente a hembras receptoras o congelados. La principal ventaja de la fertilización *in vitro* en comparación con el método tradicional de la TE, es que incrementa el número posible de preñeces, reduciéndose el intervalo generacional. La incorporación de estas tecnologías dentro de núcleos de mejora, usando ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET por sus siglas en inglés), en teoría, podría disminuir el intervalo entre generaciones así como también incrementar substancialmente el progreso genético.

La aplicación de las tecnologías reproductivas a nivel de un hato en particular o en la ganadería del país, no implica que se está efectuando un proceso de mejoramiento genético en dichas poblaciones; sin embargo, estas tecnologías pueden ser complementarias a la predicción de los valores genéticos de los animales. Con la utilización de estas tecnologías reproductivas podemos hacer que los animales con altos valores genéticos dejen la mayor cantidad de genes posibles, a través de multiplicación de ellos y así aumentar la frecuencia de genes deseables dentro de una población. Así, por ejemplo, el hecho de utilizar la transferencia de embriones en una hembra campeona de una feria ganadera, sin que se conozcan sus valores genéticos, obtenidos de la población a la cual ella pertenece, no nos garantiza que sus crías serán excelentes animales productivamente. Sin embargo, como estas tecnologías están disponibles en el medio, es voluntad del ganadero usarlas en sus empresas ganaderas.

Las tecnologías reproductivas operan a nivel celular a través de los espermatozoides, óvulos o embriones. Las tecnologías moleculares operan a nivel de los genes, a nivel del ADN. Las huellas de ADN, la selección asistida por marcadores y la transferencia de genes pueden influir ampliamente en el mejoramiento animal.

Las huellas del ADN es un método de laboratorio que sirve para caracterizar gráficamente el ADN de un individuo, creando la "huella" genética única para cada individuo.

3.1 Tecnología del ADN

La tecnología del ADN se ha desarrollado rápidamente en la década pasada y actualmente tiene una variedad de aplicaciones. Las áreas principales de aplicación para el mejoramiento genético del ganado de carne, son la validación de pedigrís, la determinación del parentesco y la selección basada en genes.

La verificación individual y del parentesco son actualmente prácticas de rutina, mientras que la selección basada en genes esta en etapas tempranas de desarrollo.

3.2 Tipos de marcadores de ADN

Las técnicas analíticas para diferenciar el ADN de individuos o poblaciones requieren de marcadores genéticos. Los marcadores genéticos son segmentos identificables que difieren entre individuos en secuencias de nucleótidos. Dos de los tipos de marcadores más utilizados son: microsatélites y polimorfismos de nucleótido simple (SNPs), ambos crean patrones únicos e identificables de ADN que pueden ser utilizados para seguir la transmisión de regiones cromosómicas específicas de padres a su progenie.

Los microsatélites son segmentos de ADN cromosomal que incluye un número variable de secuencias de bases repetidas de dos a seis nucleótidos. Estos marcadores están distribuidos a través del genoma y generalmente se encuentran en regiones no codificadas. Estas regiones repetidas están sujetas a la adición y substracción en el número de repeticiones de los segmentos básicos de 2 a 6 nucleótidos y esto crea alelos únicos para su identificación en cada sitio dentro del genoma en donde se encuentra el microsatélite.

Los microsátélites rutinariamente han sido utilizados en análisis de parentesco debido a que los múltiples alelos que generalmente se encuentran en cada locus los hacen altamente informativos. Ellos proveen las bases para la identificación individual y de parentesco en humanos, perros, ganado de carne y otras especies. Los aproximadamente 2,100 loci de microsátélites que han sido identificados y mapeados en ganado están referenciado en la siguiente dirección de internet: (<http://locus.jouy.inra.fr/cgi-bin/lgbc/mapping/bovmap/Bovmap/main.pl>).

El otro tipo de marcadores son los polimorfismos de nucleótido simple, que como su nombre implica, son un cambio (mutación) de un nucleótido específico originalmente presente en una posición particular del ADN en un individuo a un nucleótido deferente en el mismo lugar y que puede ser transmitido de padres a su progenie, como cualquier otro gen. A través de la evolución, miles de SNPs han sido creados por mutación, de tal manera que actualmente pueden encontrarse cada 100 a 300 bases a través del genoma. Más de 2.8 millones de SNPs han sido puestos en la base de datos de SNP humana (<http://www3.ncbi.nlm.nih.gov/SNP/>), y es probable que exista un número similar en ganado.

Debido a que los SNPs están ampliamente distribuidos, es probable que cualquier gen de importancia económica esté localizado cerca o adyacente a varios de ellos y pueden ser utilizados para marcar su presencia. Los marcadores SNP prometen ser muy útiles en el futuro para el desarrollo de mapas de alta resolución, ya que se han vuelto muy populares debido a su gran volumen, capacidad y potencial bajo costo. Con la disponibilidad de secuencias en todo el genoma, se han identificado SNPs dispersos a través de todos los cromosomas, presentando ventajas importantes como marcadores para análisis del genoma. Algunos SNPs están localizados dentro de la región de codificación de un gen y puede afectar la estructura y función de una proteína. Este tipo de variación puede ser responsable directa de diferencias entre individuos en el mérito fenotípico para características de importancia económica. Otros SNPs ocurren por encima o por debajo de la región de codificación del gen, pero pueden influir la regulación o la expresión génica. Otros ocurren en lugares que no interfieren con la estructura o producción de una proteína. Los SNPs tiene la ventaja de ser menos propensos a mutación espontánea que los microsátélites, de esta manera son heredados con mayor estabilidad.

3.3 Recopilación de ADN

El ADN se encuentra en cada célula con núcleo de los organismos. Puede extraerse a partir de semen, músculo, grasa, células blancas de la sangre, leche, piel o de células epiteliales de la saliva. Cantidades diminutas de tejido, como una gota de sangre o varias células de mucosas, es todo lo que se requieren para un análisis de ADN de rutina. Se han desarrollado técnicas que permiten la rápida liberación de ADN a partir de células y el análisis inmediato de las muestras.

3.4 Usos de las tecnologías de ADN

Las tecnologías basadas en ADN han sido utilizadas para la identificación o fuente de verificación animal, identificación o verificación de parentesco, diagnóstico de enfermedades genéticas, genotipificación para características de herencia simple y selección asistida por marcadores. La identificación animal y la verificación de parentesco se han usado durante varios años y las

técnicas de análisis están bien desarrolladas. Algunos genotipos para enfermedades genéticas pueden identificarse mediante análisis de ADN y muchos otros están bajo estudio. La selección asistida por marcadores está todavía en fase de investigación y desarrollo, pero es probable que sea una importante tecnología en el futuro. El que un uso particular de la tecnología de ADN sea práctico, útil y rentable en la mejora del ganado de carne dependerá de los sistemas de producción y de los productores de ganado. Se debe alentar a que los productores evalúen los beneficios potenciales de las tecnologías individuales e incorporarlos cuando sean susceptibles de mejorar la rentabilidad de un sistema de producción.

La identificación animal y la verificación de origen están siendo cada vez más importantes en el mundo. Existen procedimientos estándar que permiten rastrear genotipos con marcadores específicos desde su nacimiento, con características del mismo animal más adelante en su vida. Los microsatélites o SNPs puede utilizarse con eficacia para comparar muestras de ADN y se puede calcular la probabilidad de que las dos muestras sean de la misma fuente. El ADN permanece constante en los tejidos de un animal a lo largo de la vida; no puede ser alterado, por lo tanto, es la base ideal para la identificación de un animal.

La tecnología de ADN se utiliza comúnmente para verificación de parentesco y la identificación. La verificación de parentesco proporciona la garantía del pedigrí y ha sido utilizado para garantizar el parentesco de becerros provenientes de transferencia de embriones y de toros registrados utilizados en programas de IA. Las asociaciones de registro pueden utilizar esta tecnología para garantizar la integridad de la información de pedigrí a los compradores de ganado. Las muestras de ADN del padre, madre y progenie se comparan con un número de marcadores para determinar la probabilidad de que el becerro haya sido producido por un apareamiento entre los que se asumen son sus padres. En muchas empresas comerciales, las madres son comparadas al nacimiento con su progenie, pero el padre es desconocido. En tales rebaños, el análisis de identificación de parentesco asigna padres a los becerros comparando el genotipo de la progenie con un número de marcadores de padres potenciales. Los toros son excluidos hasta que sólo quede uno cuyo genotipo sea consistente con el genotipo del becerro. Para poder hacer esto, se debe contar con muestras de ADN de todos los padres potenciales.

La tipificación del ADN puede utilizarse como una herramienta de la prueba de progenie, al asignar a los becerros con sus padres basándose en marcadores de herencia. Para características fácilmente medidas en los toros (como el peso al destete o al año de edad o la tasa de crecimiento), esta información adicional puede agregar poca confiabilidad a la estimación de mérito genético de un semental. Sin embargo, para aquellas características que no pueden medirse directamente en el semental (características de la canal o producción de leche), la verificación del parentesco puede proporcionar información adicional para la evaluación genética.

Los marcadores de tipo sanguíneo se han usado tradicionalmente para la verificación del parentesco y son confiables para la mayoría de controversias de este tipo. Sin embargo, con sólo 12 grupos sanguíneos disponibles para determinar el perfil genético de un animal, este método es limitado en controversias de parentesco sobre individuos estrechamente relacionados o en grandes grupos de apareamiento. Los marcadores de ADN ofrecen una serie prácticamente

ilimitada de determinantes genéticos que puede utilizarse para seguir la transmisión de segmentos cromosómicos concretos entre los padres y su progenie.

3.5 Selección Asistida por Marcadores

Los marcadores genéticos pueden utilizarse para identificar la transmisión de genes específicos de los padres a la progenie. En algunos casos, un marcador identificará un cambio en la secuencia de un nucleótido de ADN que causa un único fenotipo de interés, en tales casos puede utilizarse directamente en las decisiones de la selección. Ejemplos de esto son las pruebas de diagnóstico para defectos genéticos simples recesivos como la deficiencia de adhesión de leucocitos bovina, el doble músculo y el alelo recesivo responsable del color rojo del pelo en algunas razas. Muchas de estas pruebas han sido patentadas, por lo que para usar la prueba, se debe pagar una regalía al titular de la patente. Estas pruebas han sido invaluable en la identificación de animales (portadores) que son heterocigóticos para genes recesivos.

Cuando están disponibles, estas pruebas son más rápidas y mucho más económicas que un programa de prueba progenie para identificar portadores del gen mutante. En otros casos, el marcador no se encuentra físicamente dentro de un gen de importancia económica, pero está junto a él en el cromosoma. Una vez que un marcador de este tipo ha sido identificado y validado, puede servir como indicador de la presencia o ausencia de un locus para características cuantitativas o QTL en un individuo. (un QTL se define como un gen que tiene una influencia medible en el fenotipo de alguna característica, generalmente económicamente importante). La selección asistida por marcadores puede usarse dentro de una familia que contiene dos o más alelos en tal QTL, uno preferido sobre los demás. El marcador genético puede utilizarse para determinar si un individuo heredó la forma favorable. Este tipo de selección requiere el desarrollo de tres fases y un programa de pruebas. En primer lugar, en un procedimiento de examen preliminar se debe identificar la ubicación del QTL dentro del genoma, utilizando marcadores ampliamente distribuidos en una población de referencia con una estructura familiar conocida. En este examen inicial, el impacto de genotipos con loci marcados en fenotipos para la característica económicamente importante también se estima (si el QTL representa muy poca de la variación en la característica, no será rentable para usar la prueba en un programa de selección; la selección tradicional sería más rentable). A continuación la ubicación del QTL debe refinarse, identificando marcadores de acompañamiento a cada lado del QTL. Estos marcadores de acompañamiento deben estar muy próximos para garantizar una alta precisión en la identificación de la presencia del alelo favorable en los animales candidatos a seleccionarse.

En la segunda fase, la presencia y el impacto fenotípico de los QTLs deben ser verificados o validados en poblaciones comercialmente pertinentes. Sólo después que la ubicación y los efectos de la QTL se validan puede llevarse a cabo la tercera fase, esto es, la aplicación comercial de selección asistida por marcadores en la población en general.

Los mapas SNP ofrecen la oportunidad para crear una herramienta única para la identificación de QTLs sin depender de estudios de familias, y debido a que los SNPs se encuentran en mayor frecuencia que los microsatélites, se puede crear un mapa de marcadores SNP de tal densidad que los QTLs podría identificarse a través de una población comercial sin conocer su estructura familiar. Los QTLs pueden identificarse directamente en la población de interés, y todos los QTLs

que influyen en una característica podrían ser evaluados en un análisis individual. Estos tipos de estudios son llamados estudios de asociación y se han utilizado para identificar las variaciones que causan enfermedades en los seres humanos.

En el futuro, los productores podrán disponer de una multitud de marcadores genéticos sin embargo, queda por saber cómo se utilizarán en los programas de mejoramiento genético. Los marcadores pueden mejorar la confiabilidad de la selección de los animales cuando se combinan con los métodos cuantitativos de evaluación genética, pero el aumento de la confiabilidad puede no compensar el costo de su utilización masiva.

Para características medidas fácilmente y que sean altamente heredables, los marcadores probablemente no proporcionarán una ventaja económica sobre las estimaciones tradicionales del mérito genético. Incluso para características que no se miden fácilmente en el animal, a menos que exista un conjunto de marcadores que expliquen una parte sustancial de las diferencias genéticas, la selección asistida por marcadores puede no ser un buen predictor del mérito genético total.

Capítulo 4. Evaluación Genética Nacional

Ángel Ríos Utrera
INIFAP

Las evaluaciones genéticas nacionales tienen como propósito generar las mejores predicciones de los valores genéticos o Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs) para características de importancia económica en la producción comercial de carne de todos los animales disponibles en los hatos de cría de una raza determinada. Por lo tanto, es importante que las asociaciones mexicanas de criadores desarrollen evaluaciones genéticas nacionales, para proporcionar información a la industria de la carne que permita: 1) mejorar las decisiones de selección en las explotaciones comerciales y para pie de cría, y 2) facilitar el uso de esquemas de cruzamiento en las explotaciones comerciales. Un aspecto crítico en las evaluaciones genéticas nacionales es el uso de sementales comunes sobresalientes, mediante inseminación artificial, para producir descendientes en muchos hatos. El uso de sementales comunes o de referencia a través de hatos proporciona la base para las evaluaciones genéticas nacionales, permitiendo hacer comparaciones directas entre animales, aun cuando se encuentren en diferentes ranchos.

En México, las primeras pláticas entre investigadores y criadores de registro para la implementación de las evaluaciones genéticas nacionales en bovinos para carne se dieron durante los Foros (1997, 1998) realizados para la integración del Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. Como resultado de estos acercamientos entre investigadores y criadores, la Asociación Mexicana Simmental-Simbrah publicó, en 2001, el primer sumario de sementales Simmental que incluyó DEPs para peso al nacimiento, peso al destete directo, peso al destete materno, efecto materno total y peso al año. Posteriormente, en 2002, la Asociación Angus Mexicana, la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne, la Charolais-Charbray Herd Book de México y la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Beefmaster publicaron su primer sumario de sementales, lo que marcó el inicio de las evaluaciones nacionales de sus razas (Cuadro 4.1).

4.1 Características Productivas

Existen alrededor de 35 razas productoras de carne en México, de las cuales en 21 se han hecho evaluaciones genéticas nacionales. En el Cuadro 4.2 se presentan las características económicamente importantes para las que se estiman DEPs en nuestro país. Actualmente, todas las razas evaluadas disponen de DEPs para, por lo menos, pesos al nacimiento, al destete y al año, quizá porque estas características se han medido tradicionalmente en los hatos de cría, debido a su importancia económica y bajo costo de medición. Las asociaciones de criadores de registro de Beefmaster y Brangus Rojo son las únicas que están publicando DEPs para ganancia postdestete en sus sumarios de sementales. Por su parte, los criadores de Angus, Beefmaster, Brangus Rojo, Charolais, Charbray, Simmental, Simbrah y Suizo Europeo ya están en la posibilidad de seleccionar animales con base en las DEPs para circunferencia escrotal. Hasta ahora, las razas Charolais, Charbray, Simmental y Simbrah son las únicas que cuentan con DEPs para talla, las razas Simmental y Simbrah son las únicas que cuentan con DEPs para permanencia productiva, mientras que la raza Tropicarne es la única que ha publicado DEPs para peso a los

540 días de edad. Sin embargo, la eficiencia en la producción de carne es afectada por un gran número de características, por lo que la medición de dos o tres características podría no ser suficiente para caracterizar el mérito genético de los individuos. Las características relacionadas con la fertilidad (días al parto, tasa de preñez en vaquillas), calidad de la canal (espesor de la grasa dorsal, área del ojo de la chuleta, grasa intramuscular) y costos de mantenimiento también juegan un papel importante en la eficiencia de la producción de carne. Las mediciones de la canal se pueden realizar en el animal vivo antes del sacrificio, alrededor del año de edad, mediante ultrasonografía, o directamente sobre la canal durante el proceso de la matanza, o se puede tener información que combine los dos tipos de medición. Por otro lado, algunas razas podrían requerir DEPs para características como peso a la madurez, docilidad, facilidad de parto atribuible al becerro y facilidad de parto atribuible a la vaca, dependiendo en que componente de la producción de carne quieran especializarse o destacar. Las características que podrían ser de interés primordial para los criadores de algunas razas, no necesariamente son de interés para los criadores de otras. Cada asociación de criadores debe definir el prototipo de raza que desea y con base en ello definir lo que va a medir en sus animales para poder alcanzar su objetivo.

Cuadro 4.1. Años de publicación de sumario de sementales por asociación de criadores de registro.

Asociación	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Angus		X		X			X	X	
Beefmaster		X	X	X	X	X	X	X	
Brangus					X	X	X	X	
Brangus Rojo								X	
Cebú					X		X	X	
Charolais-Charbray		X	X	X	X	X	X	X	X
Hereford							X	X	
Limousin						X	X	X	X
Romosinuano y Lechero		X						X	
Tropical									
Salers					X	X	X	X	
Santa Gertrudis						X			
Simmental-Simbrah	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suiz-Bú							X	X	
Suizo			X	X	X	X		X	
Tropicarne		X	X						

Cuadro 4.2. Características^a para las que se hacen evaluaciones genéticas en las diferentes razas en México.

Asociación	PN	PD	PM	PA	P450	GPP	CE	Talla	PP
Angus	X	X	X	X					
Beefmaster	X	X	X	X					
Brangus	X	X	X	X					
Brangus Rojo	X	X	X	X					
Cebú									
Brahman	X	X	X	X					
Guzerat	X	X	X	X					
Gyr	X	X	X	X					
Indobrasil	X	X	X	X					
Charolais-Charbray									
Charolais	X	X	X	X			X	X	
Charbray	X	X	X	X			X	X	
Hereford	X	X	X	X					
Limousin	X	X	X	X					
Romosinuano		X	X						
Salers	X	X	X	X					
Santa Gertrudis	X	X	X	X					
Simmental-Simbrah									
Simmental	X	X	X	X			X	X	X
Simbrah	X	X	X	X			X	X	X
Suiz-Bú	X	X	X	X		X			
Suizo									
Suizo Europeo	X	X	X	X			X		
Tropicarne	X	X	X	X	X				

^aPN= peso al nacimiento; PD= peso al destete directo; PM= peso al destete materno; PA= peso al año; P540= peso a los 540 días de edad; GPP= ganancia posdestete; CE= circunferencia escrotal; PP= permanencia productiva.

En el Cuadro 4.3 se muestran las características para las que se calculan DEPs en Estados Unidos de América para cada una de las razas evaluadas. Es importante mencionar que, así como no es conveniente medir sólo dos o tres características, tampoco podría ser conveniente medir demasiadas; el criador no debe medir sólo porque alguien le ha dicho que es algo necesario para realizar mejoramiento genético en su hato, de ser así, podría estar desperdiciando su dinero, además, podría acumular demasiada información sin saber qué hacer con ella.

Cuadro 4.3. Diferencias esperadas en la progenie por tipo de característica y raza calculadas en Estados Unidos de América.

Raza	Crecimiento						Reproducción				Canal					Ultrasonido				Otras								
	Peso al nacimiento	Peso al destete	Leche	Peso al año	Materno total	Altura al año	Altura a la madurez	Peso a la madurez	Circunferencia escrotal	Duración de la gestación	Facilidad de parto directa	Facilidad de parto materna	Tasa de preñez en	Peso de la canal	Área del ojo de la chuleta	Espesor de la grasa dorsal	Marmoleo	Cortes primarios	Grado de rendimiento	Suavidad de la carne	Grasa intramuscular (%)	Área del ojo de la chuleta	Espesor de la grasa dorsal	Cortes primarios	Permanencia productiva	Energía de mantenimiento	Docilidad	
Angus	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x			x	x	x	x				
Blonde d'Aquitaine	x	x	x	x	x				x																			
Beefmaster	x	x	x	x	x				x																			
Brahman	x	x	x	x																								
Brangus	x	x	x	x	x				x													x	x	x				
Braford	x	x	x	x	x																							
Braunvieh	x	x	x	x	x						x	x																
Charolais	x	x	x	x	x				x					x	x	x	x											
Chianina	x	x	x	x	x									x	x	x	x	x										
Gelbvieh	x	x	x	x	x				x	x	x	x		x	x	x	x									x		
Hereford	x	x	x	x	x				x		x	x										x	x	x				
Limousin	x	x	x	x					x		x	x		x	x		x		x							x	x	
Maine-Anjou	x	x	x	x	x									x	x	x	x	x										
Angus Rojo	x	x	x	x	x						x	x	x		x	x	x									x	x	
Brangus Rojo	x	x	x	x	x																							
Romagnola	x	x	x	x	x																							
Salers	x	x	x	x	x				x					x	x	x	x	x								x	x	
Santa Gertrudis	x	x	x	x	x																							
Senepol	x	x	x	x	x				x																			
Shorthorn	x	x	x	x	x									x	x	x	x	x		x								
Simmental	x	x	x	x	x		x	x			x	x		x	x	x	x		x	x						x		
Tarentaise	x	x	x	x	x						x	x																

4.2 Preparación y Edición de la Información

La calidad de la información es un factor fundamental que afecta directamente las evaluaciones genéticas nacionales. Por lo tanto, una parte de los recursos que invierten las asociaciones de criadores para realizar adecuadamente sus evaluaciones genéticas, debe ser utilizada en la generación de un libro de hato veraz y confiable. En el proceso de generación y recolección de información en el campo, y en la creación de la base de datos general en la computadora es probable que se cometan diversos errores involuntarios. Por lo tanto, la edición es una parte importante de la preparación de la base de datos, antes de analizar la información. Durante el proceso de edición se deben hacer verificaciones rutinarias de la base de datos, de las cuales las más importantes son las siguientes:

1. Se verifica el pedigrí porque es necesario que todos los animales y sus progenitores estén identificados correctamente, para calcular de manera exacta el grado de parentesco que existe entre todos los animales que participan en la evaluación genética. Los errores más comunes que se cometen son: 1) la identificación de un animal es la misma que la de su padre, 2) el padre y la madre de un animal tienen la misma identificación, y 3) un mismo animal puede aparecer como hijo de dos o más sementales, o como hijo de dos o más vacas.
2. Se verifican las fechas de nacimiento para asegurarse de que: 1) los padres son más viejos que los hijos, y 2) las edades de las madres son congruentes con las edades de sus hijos. Otros errores relacionados con fechas incluyen: 1) la fecha de destete es igual o previa a la fecha de nacimiento, y 2) la fecha al año es igual o previa a la fecha de destete.
3. Se eliminan de la base de datos los registros duplicados, así como los registros de crías que proceden de un mismo parto (gemelos y cuates) o que son el producto de una transferencia embrionaria.
4. Se verifican los registros y las edades de los becerros. Una buena regla es eliminar primero los pesos que están fuera del intervalo aceptable de pesos para cada raza. Posteriormente, se deben eliminar los pesos muy extremos dentro de cada grupo contemporáneo. Es importante aclarar que los animales deben permanecer en el pedigrí aún cuando sus registros de peso, y de cualquier otro tipo, sean eliminados de la base de datos o no sean usados. Se recomienda que el intervalo de edad para peso al destete sea de 160 a 250 días, y para peso al año de 320 a 410 días. Similarmente, los pesos al destete y al año de edad (no los animales) son eliminados de la base de datos cuando fueron tomados fuera de sus intervalos correspondientes. Esto es porque el crecimiento de los becerros fuera de estos dos intervalos no es lineal, pero el ajuste para eliminar el efecto de la edad sobre los pesos se realiza asumiendo que el crecimiento de los becerros sí lo es.

4.3 Análisis de la Información

Modelo animal. Las evaluaciones genéticas nacionales se realizan mediante un procedimiento estadístico llamado Modelo Animal. Este procedimiento combina diferentes piezas de información para calcular las DEPs de toros y vacas. El Modelo Animal se caracteriza porque incluye información de todos los parientes y toma en cuenta los apareamientos dirigidos. Modelo

Animal es un término general que simplemente significa que todos los animales, hembras y machos, son evaluados al mismo tiempo, a diferencia de un procedimiento de dos fases que se usaba antes, en el que en una primera fase se evaluaban los toros, y en una segunda las vacas. En las evaluaciones genéticas para las características de importancia económica, la palabra “modelo” se refiere a la inclusión de varios factores a la vez, los cuales influyen sobre los registros productivos. Nosotros sabemos que existe una serie de factores que afectan el comportamiento productivo de un animal. Un modelo simple que muestra los factores que afectan un registro es:

$$\text{Registro del animal} = \text{Mérito genético del animal} + \text{Efecto del manejo y del ambiente}$$

Factores incluidos en el Modelo Animal. Los factores específicos que normalmente se consideran en el modelo animal pueden expresarse mediante una ecuación que describe a un registro productivo. Por lo tanto, el modelo puede representarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Registro} &= \text{Grupo contemporáneo} \\ &+ \text{Edad de la madre} \\ &+ \text{Efecto genético del animal} \\ &+ \text{Efecto genético materno} \\ &+ \text{Correlación genética entre los efectos animal y materno} \\ &+ \text{Ambiente materno permanente} \\ &+ \text{Ambiente temporal} \end{aligned}$$

Formación de grupos contemporáneos. Un grupo contemporáneo se define como un grupo de becerros de la misma composición racial, del mismo sexo, que nacieron en un periodo relativamente corto, no mayor a 90 días, que se criaron en el mismo ambiente y que se manejaron de la misma manera; es decir, se pesaron en la misma fecha, recibieron la misma alimentación, las mismas vacunaciones y desparasitaciones. Los grupos contemporáneos de un sólo becerro no tienen ningún valor o contribución en una evaluación genética nacional; sin embargo, el becerro debe permanecer en el pedigrí. Básicamente, la formación de los grupos contemporáneos se realiza durante las primeras tres etapas productivas de los animales, nacimiento, destete y año de edad.

1. La formación de grupos contemporáneos al nacimiento debe considerar hatos, año y época de nacimiento, sexo del becerro, tipo de concepción (monta natural, inseminación artificial, transferencia embrionaria) y grupo o código de manejo de las madres, en caso de que hayan sido mantenidas en diferentes potreros o hayan sido manejadas de diferente manera. Al definir la época de nacimiento, se recomienda que no haya más de 90 días de diferencia de edad entre el becerro más joven y el becerro más viejo dentro de cada grupo contemporáneo. La formación de grupos contemporáneos al nacimiento y al destete se debe realizar de manera separada, para que se puedan incluir los pesos al nacimiento de becerros que por alguna razón no se pesaron al destete (muerte, venta, desaparición). Los

grupos contemporáneos que no tienen variación; es decir, aquellos que están formados por becerros que pesaron “exactamente” lo mismo al nacimiento, son eliminados de la base de datos, pero los animales que lo integran deben permanecer en el pedigrí. Este criterio de eliminación de información también debe aplicarse en la formación de grupos contemporáneos al destete y al año de edad.

2. La creación de grupos contemporáneos al destete debe considerar hato, año, sexo, código de manejo previo al destete (suplementación vs no suplementación) y la fecha en la que todo el grupo contemporáneo fue pesado. Si existe información disponible, también se debe tomar en cuenta: 1) si las crías proceden de transferencia embrionaria, y 2) el potrero en que se mantuvieron. Es posible que en las grandes explotaciones los becerros no puedan ser pesados el mismo día; sin embargo, si los becerros son pesados al destete y al año de edad dentro de un periodo no mayor a tres días, estos pueden ser incluidos en el mismo grupo contemporáneo, siempre y cuando hayan sido manejados de la misma manera.
3. Los grupos contemporáneos al año de edad deben ser formados tomando como base el grupo contemporáneo al destete, más los códigos de manejo del destete al año de edad y la fecha de pesaje. Si existe información disponible, también se debe tomar en cuenta: 1) si las crías proceden de transferencia embrionaria, 2) el potrero en que se mantuvieron, y 3) si los machos fueron castrados después del destete, en cuyo caso los animales serían clasificados en tres condiciones fisiológicas diferentes: toretes, vaquillas y novillos.

Edad de la madre. Las características que son afectadas por la madre son ajustadas habitualmente por la edad de la madre. La edad de la madre es un factor que puede ser medido año con año y de un hato a otro; por lo tanto, los registros pueden ser ajustados para controlar la variación debida a este factor. El ajuste por edad de la madre se realiza porque las vacas de primer parto tienen becerros que son menos pesados al nacimiento que becerros de vacas con un mayor número de partos. Además, las vacas de primer parto producen menos leche durante la lactancia que vacas de dos o más partos, lo que resulta en becerros menos pesados al destete. Este es un factor no genético y no debería ser atribuido al comportamiento productivo del animal.

Efecto genético del animal (directo). Este componente del modelo animal se refiere al mérito genético total del animal para una determinada característica. El mérito genético incluye las contribuciones genéticas de todos los parientes que se conocen del animal. Los parientes contribuyen al mérito genético del animal dependiendo del grado de parentesco que tienen con él. Los animales están emparentados a través de ancestros comunes. Los individuos que tienen un mayor parentesco con el animal tienen un mayor impacto sobre la DEP del animal. Los parientes lejanos también contribuyen a la DEP del animal, pero en un menor grado. Por supuesto, los individuos que no tienen ningún parentesco con el animal, no contribuyen en nada a la DEP del animal.

Efecto genético materno. En ganado productor de carne, la madre proporciona un ambiente prenatal y posnatal a su cría, y la variación en la habilidad materna para proporcionar este ambiente tiene parcialmente una base genética. El efecto genético materno es un efecto ambiental para la cría, pero es genético para la madre que lo proporciona. Para características

como peso al destete que son afectadas por la habilidad materna, se debe incluir un efecto genético materno en el modelo para obtener mejores predicciones de las DEPs directas y para poder predecir DEPs maternas. El valor genético materno sólo es expresado en las hembras que llegan a ser madres, pero los genes responsables de este valor genético son transmitidos por el padre y la madre a la descendencia; por lo tanto, el modelo animal puede predecir DEPs maternas para machos y hembras.

Correlación entre los efectos genéticos del animal (directo) y materno. Este efecto influye principalmente sobre las DEPs maternas de los animales que no son madres o de los que tienen progenie que no son madres. Cada asociación de criadores necesita usar la correlación más apropiada en las evaluaciones genéticas de su raza.

Ambiente materno permanente. Esta parte del modelo incluye factores no genéticos que afectan permanentemente un registro. Ejemplos de efectos permanentes del ambiente podrían ser vacas que por diversas causas 1) tienen un pezón que no produce leche, 2) perdieron dientes, y 3) tienen un órgano interno (pulmón, riñón) que fue dañado en algún momento de su vida. Lógicamente, estos factores afectan los registros, pero no son transmitidos a su descendencia. La inclusión en el modelo de los efectos permanentes del ambiente materno permite estimar con mayor precisión las DEPs.

Ambiente temporal. Este factor se refiere a diferencias que todavía existen entre los registros de los animales, que no han sido explicadas por los otros factores que existen en el modelo. Factores temporales que no afectan permanentemente a un registro de un animal, tales como una diarrea que puede afectar temporalmente la ganancia diaria de peso, caen dentro de esta categoría. En realidad, es prácticamente imposible que los modelos que se utilizan para describir los registros de las características productivas (e.g., peso al destete, circunferencia escrotal) incluyan todos los factores que los afectan. Todo lo que no sea explicado por los demás factores, pasa a formar parte del ambiente temporal.

4.4 Base Genética

Una evaluación genética puede expresarse como un valor genético o una DEP (mitad del valor genético). Ambas expresiones son mediciones de comportamiento relativas a una base poblacional. Una base genética es un punto de referencia a partir del cual se expresan las DEPs. Típicamente, se seleccionan los animales que nacieron en un año determinado, y el promedio de sus DEPs se fija en cero. Por lo tanto, una DEP indica la diferencia en comportamiento que se puede esperar de un animal relativo a la base. Para una característica "X", una DEP positiva para un toro significa que la DEP promedio de su descendencia será mayor que la DEP promedio de la base. Independientemente de cómo se exprese, la evaluación genética de un toro sólo debe usarse para predecir: 1) la posición de un toro en relación con la de otros, y 2) la diferencia entre toros en la misma evaluación. Cuando utilizamos DEPs, las diferencias entre toros son lo importante, y afortunadamente estas diferencias no dependen de la base genética. Existen varios tipos de base genética: fija, anual y periódica. Sin embargo, la más usada a nivel mundial es la base genética periódica. Esta es una combinación de las bases genéticas fija y anual, en la cual la

población base se actualiza en periodos regulares mayores a un año, por ejemplo, cada cinco años.

4.5 Diferencias Esperadas en la Progenie

Los valores genéticos que resultan de las evaluaciones genéticas nacionales de los bovinos para producción de carne y que son usados por la industria se denominan Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs). Una DEP es una predicción de la mitad del valor genético de un animal y es lo que se espera que un progenitor herede a su futura descendencia. Las DEPs se calculan a partir de información disponible del propio animal, ancestros (bisabuelos, abuelos, padres), parientes colaterales (hermanos completos, medios hermanos, primos) y descendientes (hijos, nietos, bisnietos). Estas se expresan en las mismas unidades en las que se mide la característica de importancia económica correspondiente. Por ejemplo, una DEP para peso al destete se expresa en kilogramos, una DEP para circunferencia escrotal se expresa en centímetros, y una DEP para área del ojo de la chuleta se expresa en centímetros cuadrados. Como se indicó anteriormente, las DEPs por sí mismas no tienen mucha utilidad, pues son predicciones relativas, las cuales pueden tomar valores positivos, negativos o cero. Por el contrario, cuando las DEPs se comparan entre ellas son de gran utilidad. La diferencia entre las DEPs de dos toros es una predicción de la diferencia entre el comportamiento productivo promedio de los futuros hijos de los dos toros que se están comparando, si estos se aparearan al azar con un gran número de hembras del mismo nivel genético.

Ejemplo 1. Comparación de dos toros con base en sus DEPs para peso al nacimiento (PN).

DEP PN Toro A - DEP PN Toro B = (-2.4 kg) - (+1.6 kg) = -4.0 kg.

Interpretación. Los hijos del Toro A pesarán 4 kg menos al nacimiento, en promedio, que los hijos del Toro B.

Ejemplo 2. Comparación de dos toros con base en sus DEPs para peso al destete (PD).

DEP PD Toro C - DEP PD Toro D = (+7.5 kg) - (+1.2 kg) = +6.3 kg.

Interpretación. Los hijos del Toro C pesarán 6.3 kg más al destete, en promedio, que los hijos del Toro D. Es importante enfatizar que es el peso al destete promedio de los hijos del Toro C el que será mayor que el peso al destete promedio de los hijos del Toro D; la diferencia obtenida no significa que cada uno de los hijos del Toro C pesará más que cada uno de los hijos del Toro D, algunos hijos del Toro D podrían ser más pesados al destete que algunos hijos del Toro C.

Finalmente, es importante destacar que por la manera en que se calculan actualmente, las DEPs no se pueden usar para comparar animales de diferentes razas. Por ejemplo, la DEP para peso al destete de un toro Limousin no se puede comparar con la DEP para peso al destete de un toro Angus.

4.6 Confiabilidad

Las DEPs son predicciones del mérito genético de un animal. No son valores exactos conocidos del verdadero valor genético. Por lo tanto, existe cierto riesgo asociado con el uso de las DEPs. Además, las DEPs no se calculan exactamente de la misma manera porque los animales contribuyen con cantidades variables de información para el cálculo de las mismas. Entre más información se use en el cálculo de las DEPs, estas serán más exactas y el riesgo asociado con el uso de ellas será menor. Además, la información es ponderada de manera diferente si proviene de padres, hijos, nietos y otros parientes. Por lo tanto, es necesaria una medida que nos indique que tan confiable es una DEP. Esta medida se conoce como confiabilidad. En teoría, la confiabilidad puede tomar cualquier valor entre 0 y 1. La confiabilidad es 0 cuando no se tiene información del animal, por el contrario, la confiabilidad es 1 cuando se conoce su verdadero valor genético. Una confiabilidad alta o cercana a 1 indica que existe mayor probabilidad de que la DEP refleje el verdadero valor genético del animal, en comparación con una DEP que tiene una confiabilidad baja o cercana a cero.

4.7 Cambio Posible

El cambio posible es el cambio que se puede esperar en una DEP basándonos en su confiabilidad. Entre más alta es la confiabilidad, menor es la probabilidad de que la DEP cambie a medida de que se agrega más información. Con confiabilidades bajas, es más probable que la DEP cambie. El Cuadro 4.4 muestra valores típicos de cambio posible; sin embargo, estos valores son variables y específicos para cada población de animales evaluada. El cambio posible se expresa en las mismas unidades en que se mide la característica correspondiente. Para peso al nacimiento, peso al destete y peso al año, el cambio posible se expresa en kilogramos, pero para circunferencia escrotal el cambio posible se expresa en centímetros. Si un toro tiene una DEP para peso al nacimiento de +3.2 kg con una confiabilidad de 0.90, de acuerdo con el Cuadro 4.4, se espera que esta DEP cambie ± 0.87 kg la próxima vez que se realice la evaluación. Esto significa que la DEP del toro puede tomar cualquier valor entre 2.33 y 4.07 kg en una futura evaluación genética. El 2.33 se obtiene restando a la DEP 0.87 kg, y el 4.07 se obtiene sumando a la DEP 0.87 kg. Este intervalo se conoce como intervalo de confianza al 68%, y nos indica que existe una probabilidad del 68% de que el verdadero valor de la DEP se encuentre entre 2.33 y 4.07 kg. Es interesante destacar que conforme aumenta la magnitud de la medición de la característica, el cambio posible también aumenta. Por ejemplo, con una confiabilidad de 0.90 el cambio posible para peso al nacimiento es de ± 0.87 kg, pero para peso al destete es de ± 5.18 kg. El cambio posible no es una garantía de que la DEP de un animal estará dentro del intervalo especificado, pero se espera que el 68% de las veces la DEP se encuentre dentro de este intervalo; por el contrario, se espera que el 32% de las veces esté fuera de él.

Cuadro 4.4. Ejemplo de valores típicos de cambio posible

Confiabilidad	Peso al nacer	Peso al destete	Peso al año
0.1	2.38	13.99	19.88
0.2	2.25	13.68	19.46
0.3	2.17	13.25	18.82
0.4	2.07	12.60	17.94
0.5	1.93	11.79	16.83
0.6	1.76	10.72	15.25
0.7	1.54	9.40	13.38
0.8	1.25	7.65	10.92
0.9	0.87	5.18	7.55

4.8 Tendencia Genética

Las DEPs cambian a través del tiempo a medida que los criadores ejercen selección sobre diferentes características para mejorarlas. Este tipo de selección resulta en tendencias genéticas que se crean año con año. La tendencia genética es un indicador de la dirección en la que se mueven las características y la rapidez con que lo hacen. La tendencia genética para cada característica se genera usando las DEPs promedio de todos los animales nacidos en cada año y que tienen un registro individual o que son padres o abuelos. Es importante mencionar que cada DEP se ajusta por la base genética, previo al cálculo de la tendencia genética. La tendencia genética puede ilustrarse mediante el ejemplo que se presenta en el Cuadro 4.5. Observe que el peso al nacimiento aumentó 4.2 kg de 1975 a 2000, pero no presentó ningún cambio de 2000 a 2005. Por el contrario, las DEPs para peso al destete, peso al año, leche y circunferencia escrotal han aumentado 31.6 kg, 56.4 kg, 12.8 kg y 1.5 cm, respectivamente. Esto indica que los criadores están seleccionando animales para aumentar los valores de las DEPs en estas últimas cuatro características. Las tendencias genéticas deben usarse para determinar si las características de las razas se están moviendo en congruencia con los objetivos de los productores.

Cuadro 4.5. Tendencia genética

Año	DEPPN	DEPPD	DEPPA	DEP Leche	DEPCE
1974	-0.5	6.9	9.2	2.1	-0.8
1980	0.1	10.5	15.6	3.1	-0.6
1985	1.3	17.7	28.2	5.0	-0.3
1990	2.7	24.8	40.8	6.1	0.0
1995	3.4	29.7	49.4	8.9	0.3
2000	3.7	33.3	55.8	11.9	0.4
2005	3.7	38.5	65.6	14.9	0.7

PN= peso al nacimiento; PD= peso al destete;
PA= peso al año; CE= circunferencia escrotal

4.9 Percentiles

Los percentiles se muestran en tablas que se conocen como tablas de percentiles. Estas tablas tienen el propósito de ayudar a los técnicos y criadores a determinar la posición de la DEP de un animal en relación con el resto de la población. El Cuadro 4.6 muestra la distribución percentil para características de crecimiento de una población de bovinos de carne. Por ejemplo, en el Cuadro 4.6, en el percentil 10, en la columna PDD se observa un valor de 6.79; esto significa que el 10% de los toros con 10 o más hijos tienen DEPs para peso al destete directo de 6.79 o más. Este razonamiento es válido para las características en las que mayor es mejor (peso al destete materno y peso al año). En el caso de peso al nacimiento, en el percentil 10 se observa un valor de -0.79, lo que significa que el 10% de los toros con 10 o más hijos tienen DEPs para peso al nacimiento de -0.79 o menos. Así, si un toro que tiene 22 hijos tiene una DEP para peso al año de 1.35 kg, significaría que se encuentra en el 35% superior de los toros con más de 10 hijos (el 1.35 se encuentra entre 1.89, que es la DEP mínima del 30% superior de los toros, y 1.32, que es la DEP mínima del 35% superior). En los sumarios de algunas razas se presentan tablas de percentiles para diferentes tipos de animales; toros con 10 o más hijos, toros con menos de 10 hijos, machos sin crías, hembras con crías (madres) y hembras sin crías, por ejemplo.

Cuadro 4.6. Ejemplo de tabla de distribución de percentiles para toros con 10 o más hijos

Percentil	PN	PDD	PA	Leche
1	-2.43	33.32	27.38	22.08
2	-1.76	13.47	12.75	9.10
3	-1.49	11.21	10.08	7.66
4	-1.31	10.14	8.70	6.68
5	-1.20	9.06	7.89	5.97
6	-1.10	8.26	7.23	5.38
7	-1.02	7.99	6.43	4.98
8	-0.92	7.65	5.97	4.54
9	-0.86	7.19	5.68	4.18
10	-0.79	6.79	5.29	3.95
15	-0.57	5.38	4.14	2.91
20	-0.42	4.43	3.14	2.24
25	-0.30	3.57	2.45	1.77
30	-0.21	2.86	1.89	1.33
35	-0.14	2.12	1.32	0.97
40	-0.05	1.58	0.82	0.58
45	-0.01	0.96	0.42	0.23
50	0.05	0.44	0.05	-0.10
55	0.13	0.03	0.05	-0.46
60	0.20	-0.27	-0.22	-0.88
65	0.26	-0.72	-0.73	-1.25



70	0.35	-1.27	-1.24	-1.94
75	0.45	-1.90	-1.68	-2.42
80	0.55	-2.57	-2.37	-3.09
85	0.76	-3.48	-3.17	-3.94
90	1.05	-4.79	-4.40	-4.90
95	1.54	-6.46	-6.34	-6.29
100	3.25	-12.98	-11.90	-10.45

Capítulo 5. Utilización

Guillermo Martínez Velázquez
INIFAP

Alejandro S. del Bosque González
Universidad Autónoma de Nuevo León

5.1 Selección

La selección de toros y hembras de reemplazo es de vital importancia para mejorar la rentabilidad de la ganadería productora de carne. Lo anterior considerando que la selección adecuada de individuos sobresalientes se reflejará en el incremento de la eficiencia productiva del hato, y si esto se hace en todos los hatos de una región o un país, entonces se mejorará la eficiencia productiva de la industria ganadera. Otro factor clave para mejorar la eficiencia productiva en los hatos de bovinos carne es la habilidad que los productores tengan para combinar la composición genética de sus animales con los recursos nutricionales disponibles y las condiciones de producción de cada región o de cada rancho en particular.

El cambio genético en el hato puede ser a través de la selección del semental y de las vaquillas de reemplazo en conjunto con el desecho de vacas improproductivas. Considerando una sola cría, la selección del semental y la hembra tienen la misma importancia puesto que ambos contribuyen por igual a la composición genética del animal. Sin embargo, la selección del semental es una decisión que reviste especial importancia para el ganadero por la cantidad de crías que puede procrear un toro. Lo anterior considerando que el semental puede gestar a un gran número de hembras, ya sea por monta natural o inseminación artificial.

La importancia de seleccionar correctamente al semental también se explica al entenderse que para un rancho que produce sus hembras de reemplazo, el 87.5% de la composición genética de cada vaquilla proviene de los tres últimos sementales registrados en su pedigrí (padre, abuelo y bisabuelo). Por lo tanto, en caso de ser efectiva, la selección de los últimos tres sementales es responsable de alrededor del 90% del mejoramiento genético ocurrido en el hato.

5.1.1 Selección del semental

Se recomienda que las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs) sean la base para la selección de los sementales. Sin embargo, el proceso de selección debe complementarse con la información disponible para aquellas características productivas que no cuenten con DEPs. Adicionalmente, cuando se desea adquirir un semental debe reconocerse también la importancia de otros factores como la evaluación física del animal, de sus órganos reproductores y de su capacidad para realizar la monta y preñar a las vacas. Existe información que señala que alrededor del 20 % de los sementales utilizados en los hatos de bovinos carne en Estados Unidos y México presentan algún grado de infertilidad, por lo que se recomienda que se realicen exámenes por un Médico Veterinario o personal técnico calificado, para verificar la capacidad

reproductora del semental antes de comprarlo, antes de iniciar la temporada de empadre o cuando se detecten bajas tasas de gestación en el hato.

La evaluación de la estructura física del toro debe ser sistemática y minuciosa para poder detectar cualquier problema real o potencial. El semental debe examinarse parado, caminando, trotando y montando. La evaluación del aparato locomotor incluye un examen de las extremidades para detectar fallas que afecten los aplomos, pezuñas o rodillas, entre otros problemas de estructura física. Los problemas de estructura física impiden o disminuyen la capacidad del semental para la monta natural e interfieren con su desplazamiento en los agostaderos, lo que disminuye su capacidad para buscar alimento o vacas para montar. Por otro lado, es muy importante la evaluación minuciosa de los sementales jóvenes porque muchos problemas de estructura física empeoran con la edad y con el incremento de peso que ocurre al alcanzar los toros su peso adulto. Lo anterior se refleja en la reducción de la vida útil del semental.

Considerando que muchos problemas estructurales son heredables es inconveniente mantener como reemplazos a las hijas de sementales con este tipo de problemas, sin embargo, esto no representa mayor inconveniente cuando los sementales se utilizan en cruzamientos terminales y sus descendientes no se utilizan para la cría. La evaluación física de los candidatos a sementales permite también conocer su docilidad, que es una característica de mediana heredabilidad, lo que significa que toros nerviosos y difíciles de manejar tienden a producir vaquillas que darán problemas en el corral de manejo.

Para las características para las que están disponibles, las DEPs representan la herramienta más eficaz para la comparación genética de sementales y se recomienda ampliamente su utilización tanto por los productores de ganado de registro como por los ganaderos comerciales. Para el cálculo de las DEPs se utiliza toda la información productiva disponible del semental y de sus parientes. Las DEPs representan la mitad del valor genético del semental y permiten predecir el comportamiento relativo de las crías de los toros candidatos a sementales.

En caso de que no se tengan DEPs disponibles para todas las características a considerar en la selección, entonces se recomienda utilizar los Índices de Comportamiento relativos al Grupo Contemporáneo (ICG) para aquellas características que no cuenten con DEPs. Los ICG expresan el comportamiento de cada animal en relación al promedio del Grupo Contemporáneo con el que se desarrollaron. Cabe señalar que utilizar los ICG tiene la desventaja de no utilizar la información productiva disponible de los parientes del semental que pertenecen a otros grupos contemporáneos. Es importante mencionar que los ICG sirven solo para hacer comparaciones dentro de un mismo rancho.

El uso apropiado de los registros productivos a través de herramientas como las DEPs y los ICG permite a los ganaderos incrementar la rentabilidad de la industria ganadera a través del mejoramiento genético.

En general el mejoramiento genético se entiende como el cambio genético que se promueve en una población hacia una dirección determinada. Para bovinos carne algunos ejemplos de lo anterior son el mejoramiento genético para incrementar el peso al destete o para incrementar la fertilidad en el hato. Sin embargo, para ciertas características lo anterior no es válido y

mejoramiento genético no significa promover el cambio genético direccional en la población sino incrementar en ésta la proporción de animales con un comportamiento óptimo deseable que se encuentra en los valores intermedios de las características.

A continuación se presentan algunas características cuyo nivel deseable se encuentra en el comportamiento óptimo intermedio.

1. **Peso al nacer.** Pesos altos al nacimiento pueden provocar partos difíciles que afectan negativamente el comportamiento reproductivo de las vacas, aumentan la mortalidad perinatal de las crías e incrementan los costos de producción asociados al manejo de vacas y crías durante el parto y después del mismo. Pesos al nacimiento bajos también están asociados a menores crecimientos hasta el destete y al incremento en la mortalidad perinatal de las crías.
2. **Edad a la pubertad.** Hembras de reemplazo que llegan a la pubertad a edades tempranas pueden quedar gestantes sin tener un desarrollo corporal adecuado. Lo anterior predispone a partos distócicos y a problemas reproductivos subsecuentes. Hembras para el abasto que alcanzan la pubertad muy jóvenes pueden llegar gestantes al corral de engorda lo cual las hace tener una menor eficiencia alimenticia y bajas tasas de crecimiento. En contraste con lo anterior, hembras que alcanzan la pubertad a edades avanzadas producen menos crías durante toda su vida productiva.
3. **Tamaño adulto.** La selección encaminada a la producción de animales con mayor desarrollo corporal y mayor tamaño adulto contribuye a mejorar la productividad de la actividad ganadera. Sin embargo, con el aumento de la tasa de crecimiento y del tamaño corporal adulto también se incrementan los requerimientos nutricionales y el costo de mantenimiento del hato de cría.

Es importante tomar en cuenta el efecto que sobre el progreso genético y la rentabilidad de la industria tienen los antagonismos genéticos entre características. Este antagonismo provoca que la selección para mejorar algunas características se refleje en el retroceso de otras. Los efectos desfavorables de los antagonismos genéticos pueden disminuirse a través de la selección de sementales sobresalientes para ciertas combinaciones de características. Cabe señalar que para estos esquemas de selección múltiple se requiere conocer la importancia relativa de cada característica incluida en el programa de mejoramiento genético.

Algunos ejemplos de antagonismo genético entre características son:

1. **Producción de leche y peso corporal vs requerimientos nutricionales.** La selección para aumentar la producción de leche de las vacas y el peso al destete de las crías también se refleja en el aumento de los requerimientos nutricionales de los animales. Es importante que el ingreso adicional obtenido mediante el incremento de los pesos al destete sobrepase al aumento en los costos de alimentación causado por el incremento de los requerimientos nutricionales.
2. **Tasa de crecimiento vs facilidad de parto.** La selección para incrementar la tasa de crecimiento generalmente resulta en un incremento, a cualquier edad, del tamaño de los animales. Cuando la selección para aumentar la tasa de crecimiento se refleja en mayores pesos al nacer también aumentan las posibilidades de que se presenten dificultades al parto.

3. Rendimiento de carne magra **vs** calidad de la canal. La selección para disminuir la grasa dorsal aumenta el rendimiento de la canal al incrementar el rendimiento de carne magra, sin embargo, de manera simultánea se disminuye la calidad de la canal al producirse carne con menor marmoleo.
4. Producción de canales magras **vs** fertilidad. Sementales seleccionados para producir novillos con canales magras también producen vaquillas que alcanzan la edad a la pubertad de manera tardía. Estas vaquillas requieren más servicios por concepción y tienen una primera gestación más larga lo que favorece crías grandes al nacer y la posibilidad de partos distócicos.

Es importante señalar que los antagonismos genéticos entre características no son absolutos. Esto significa que se pueden identificar sementales sobresalientes, por sus combinaciones favorables de DEPs, para mejorar simultáneamente características con antagonismo genético o para disminuir o evitar los retrocesos causados por estos antagonismos.

5.1.2 Selección de hembras de reemplazo

Muchas de las consideraciones para la selección de sementales también aplican para la selección de hembras de reemplazo. En general, la intensidad de selección en las hembras es menor que en los machos, por lo que el mayor progreso genético se logra a través de la selección de sementales. Sin embargo, para el mejoramiento genético de los hatos de bovinos carne también se requiere seleccionar hembras de reemplazo que tengan su primer parto a los dos años de edad, que continúen pariendo anualmente y que tengan una vida productiva larga.

Un evento importante para las hembras de reemplazo es el inicio de la pubertad y este depende del peso y la edad de las hembras. Se recomienda que las vaquillas lleguen a la pubertad y presenten varios estros antes del inicio de su primer empadre y que pesen entre el 55 y el 60 % de lo que será su peso adulto. Lo anterior para que queden gestantes lo más pronto posible y el parto ocurra al inicio de la época de parición, para así contrarrestar el prolongado intervalo parto-concepción que afecta a las vaquillas después de su primer parto.

Al igual que para los machos, las DEPs también representan la mejor opción para la selección de hembras de reemplazo. Sin embargo, definir las DEPs óptimas para la selección de hembras en bovinos carne requiere que los ganaderos evalúen de manera crítica los recursos con lo que se cuenta en el rancho, en especial aquellos recursos relacionados con el alimento disponible a través del año y las condiciones ambientales de la región. Lo anterior considerando que para la expresión del potencial genético de los animales se requieren condiciones adecuadas de nutrición y ambiente, entre otras. Así, DEPs altas para crecimiento o producción de leche son inadecuadas bajo condiciones de escasa disponibilidad de alimento.

Además de la capacidad reproductora que se debe reflejar, idealmente, en un parto por año, la selección de vaquillas debe contemplar aspectos relacionados con una estructura física funcional que garantice su permanencia como vientres en el hato. Es importante que tengan una estructura apropiada en características relacionadas con aplomos, pezuñas y rodillas, entre otras. Las ubres deben estar bien desarrolladas, ser de tamaño pequeño a mediano e implantadas con

firmeza, son indeseables los pezones excesivamente largos. Considerando que la funcionalidad de la ubre se deteriora con el tiempo se requiere poner especial atención en esta característica al seleccionar los reemplazos.

5.1.3 Desecho de vacas

El desecho de vacas vientre tiene poco impacto sobre el mejoramiento genético del hato. Es una decisión basada en criterios de disminución de productividad de las vacas asociados, en gran medida, a problemas para gestar o destetar crías saludables y con pesos al destete óptimos.

Otras causas para el desecho de vacas son las ubres caídas o pezones demasiado grandes que dificultan la alimentación del becerro y los problemas bucales que les impiden a las vacas una nutrición adecuada, que se refleja en crías con bajos pesos al destete. Cabe señalar que la edad es un factor determinante en la disminución de la productividad de las vacas reconociéndose que, en general, vacas con ocho o más años de edad destetan crías con menores pesos al destete. Con base en lo anterior, la edad óptima recomendada para el desecho de vacas en ranchos comerciales está entre los 8 y los 11 años. Aunque siempre es preferible tener una vaca de 11 años que destete una cría liviana que una de 6 años sin cría.

5.2 Los Sistemas de Producción en Bovinos Carne

Utilizar el concepto de enfoque de sistemas es un desafío para los ganaderos dedicados a la producción de bovinos carne. Para el ganadero comercial el desafío consiste en combinar de manera eficiente la composición genética de sus animales con el ambiente, con las alternativas de manejo y con los recursos que tenga disponibles. Para el criador de ganado de registro el desafío consiste en producir el tipo de ganado que mejor se adapte a las condiciones de producción del ganadero comercial y que le permita a éste, generar el tipo de animales que le demanda el mercado. Lo anterior significa que el criador de ganado de registro debe producir animales para determinados ambientes o propósitos teniendo en mente las necesidades de su cliente, el ganadero comercial, y éste debe tener la habilidad para identificar el material genético adecuado que sea compatible con su sistema de producción y su mercado objetivo.

Para mejorar la eficiencia en los sistemas de producción de bovinos carne se requiere entender las interacciones que existen entre los factores de cada sistema y como estas interacciones contribuyen a la rentabilidad del mismo. La compatibilidad entre el genotipo de los animales y el ambiente en que éstos se desarrollan es una de las interacciones más importantes a evaluar cuando se desea determinar la productividad de las explotaciones de bovinos carne.

5.2.1 Compatibilidad entre tipos de animales y ambientes de producción

Como un apoyo en la toma de decisiones y considerando la importancia que tiene para los productores estimar la compatibilidad entre el potencial genético de los animales, el ambiente en el que se desarrolla el proceso productivo y los niveles de producción deseados, a continuación se presentan diferentes combinaciones de ambientes, niveles de producción y potencial genético para algunas características relevantes en la producción de bovinos carne (Cuadro 5.1). Cabe señalar que la caracterización de ambientes está en función del alimento disponible (considerando calidad, cantidad y disponibilidad de forraje, y uso de complementos alimenticios)

y del grado de estrés ambiental (causado por altitud, calor, humedad, parásitos y enfermedades, entre otros factores).

Cuadro 5.1. Potenciales Genéticos y Niveles de Producción¹ recomendables en diferentes condiciones de disponibilidad de alimento y niveles de estrés.

Ambiente		Características					
Disponibilidad de alimento	Estrés ²	Producción de leche	Tamaño adulto	Habilidad para almacenar energía ³	Resistencia al estrés ⁴	Facilidad de parto	Rendimiento carne magra
Alta	bajo	M a A	M a A	B a M	M	M a A	A
	alto	M	B a A	B a A	A	A	M a A
Media	bajo	M a A	M	M a A	M	M a A	M a A
	alto	B a M	M	M	A	A	A
Baja	bajo	B a M	B a M	A	M	M a A	M
	alto	B	B	A	A	A	B a M

¹B = bajo; M = medio; A = alto.

²Altitud, calor, humedad, parásitos y enfermedades, entre otros factores.

³Habilidad para almacenar grasa y regular los requerimientos de energía conforme cambia, a través del año, la disponibilidad de alimento para bovinos en pastoreo.

⁴Tolerancia fisiológica a altitud, calor, humedad, parásitos externos e internos y enfermedades, entre otros factores.

En el cuadro anterior se muestran niveles óptimos de producción para diferentes características en función de los ambientes en los que ocurre el proceso productivo. Esto permite visualizar diferentes escenarios y facilita la toma de decisiones encaminadas a mantener o modificar determinado sistema de producción.

A continuación se mencionan, a manera de ejemplo, algunas recomendaciones que se desprenden de la información que se muestra en el Cuadro 5.1.

- ✓ No es recomendable utilizar animales de gran tamaño corporal y con alto potencial para producción de leche bajo condiciones de escasez de alimento y altos niveles de estrés.
- ✓ No es recomendable utilizar animales de tamaño corporal pequeño con bajo potencial para producción de leche en regiones donde existe disponibilidad de alimento barato todo el año.
- ✓ Es recomendable utilizar animales con alta habilidad para almacenar energía en condiciones de escasez de alimento y altos niveles de estrés.

5.3 Pruebas de Comportamiento

Las pruebas de comportamiento se han usado para comparar animales provenientes de diferentes hatos que se reúnen en un sitio para someterse a las mismas condiciones de manejo y alimentación durante el tiempo que dura la prueba. El objetivo primario es comparar el

comportamiento productivo posdestete de machos jóvenes prospectos a sementales. Aún cuando las condiciones sean las mismas para todos los animales en una prueba, no es posible eliminar los efectos de las condiciones anteriores a la prueba. Asimismo son útiles para educar a los ganaderos sobre la importancia y uso de los registros productivos y las Diferencias Esperadas en la Progenie; y sirven como herramienta para la comercialización de los toretes.

Las características comúnmente evaluadas en las pruebas de comportamiento son: ganancia diaria de peso durante la prueba (GDP), ganancia por día de edad (GDE), conversión alimenticia, talla y circunferencia escrotal, al final de la prueba también se realizan exámenes para evaluar la capacidad reproductiva de los toretes. Parte de la información obtenida se utiliza para generar índices de comportamiento productivo, como el de GDP, el de GDE y el final de la prueba. Las fórmulas para estimar GDP, GDE, y los índices son:

$GDP = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{días en la prueba.}$

$GDE = \text{peso final} / \text{edad final}$


$\text{Índice GDP} = (GDP / \text{promedio del grupo para GDP}) \times 100$

$\text{Índice GDE} = (GDE / \text{promedio del grupo para GDE}) \times 100$

$\text{Índice final de la prueba} = (\text{índice GDP} + \text{índice GDE}) / 2$

Es importante mencionar que las pruebas de comportamiento se limitan a pocas características y no permiten comparaciones totalmente confiables entre los animales participantes. A continuación se presentan algunas objeciones a la utilización de pruebas de comportamiento como herramienta para la comparación genética entre animales:

1. Con las pruebas de comportamiento se busca, fundamentalmente, identificar machos sobresalientes para crecimiento posdestete. Sin embargo, en la selección de un semental se deben considerar otras características que también son importantes para la eficiencia productiva del hato y que no se evalúan en una prueba de comportamiento. Cabe mencionar que la selección basada exclusivamente en el crecimiento posdestete puede resultar en la disminución de la capacidad reproductiva del hato y en el incremento en la incidencia de partos distócicos.
2. La evaluación genética está basada únicamente en la información que el animal genera durante la prueba. El que sólo se utilice la información del individuo y no se aprovechen los registros productivos de sus parientes resulta en una baja confiabilidad del valor genético estimado.
3. Dentro de cada prueba de comportamiento los animales se mantienen bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación para que las diferencias detectadas entre ellos puedan atribuirse a causas genéticas. La comparación no es válida entre animales participantes en diferentes pruebas considerando la imposibilidad de replicar las mismas condiciones de manejo y alimentación. Otro factor que impide una comparación válida entre animales participantes en pruebas hechas en diferentes localidades o en diferentes épocas es la variación ambiental que sucede a través de los meses y los años y que se traduce en un ambiente único para cada prueba.

- 
4. La cantidad de toretes participantes en una prueba de comportamiento es muy reducida si se compara con la cantidad de toretes disponibles de una raza en el país. En consecuencia, la selección de un animal que proviene de un reducido grupo de candidatos disminuye la intensidad de la selección lo que se refleja en un menor cambio genético.
 5. Las comparaciones que se hacen entre los animales en una prueba de comportamiento están contaminadas por factores ambientales y por condiciones de manejo y alimentación ocurridas en el hato de origen. Esto significa que el efecto del hato de origen influye de manera importante en el comportamiento de los animales durante la prueba. Así, la comparación entre animales incluye efectos genéticos y ambientales conjuntos bajo los cuales se desarrollaron los animales antes de la prueba y que no se pueden separar para su medición.

Los puntos previamente mencionados indican que el cambio genético que se puede lograr seleccionando sementales con base solamente en los resultados de pruebas de comportamiento es mínimo. Sin embargo, se puede justificar su realización por su utilidad para educar a técnicos y ganaderos sobre la importancia de utilizar registros productivos y Diferencias Esperadas en la Progenie, y su importancia como herramienta para la comercialización de los animales.

Para mejorar la calidad de las pruebas se hacen las siguientes recomendaciones:

- Los animales participantes deben contar con información veraz sobre su edad y comportamiento hasta el destete.
- La edad de los animales debe estar entre 180 y 270 días al inicio del período de adaptación de la prueba.
- Los animales a compararse deben conformar un grupo con una diferencia máxima de 90 días entre la edad del más joven y el más viejo.
- Los animales en la prueba deben provenir de ranchos que estén participando en programas nacionales de control de registros de producción.
- Los becerros en la prueba debieron terminar su desarrollo hasta el destete como parte de un grupo contemporáneo en el rancho de origen, contribuyendo así con información al programa de control de registros de producción.
- Se recomienda medir circunferencia escrotal y características de la canal con ultrasonido cuando los animales tengan en promedio 365 días de edad.
- Al final de la prueba los animales deben ser evaluados en su capacidad reproductiva y en su estructura corporal
- En el informe final de la prueba y el catálogo de venta respectivo se deben incluir para cada individuo la información disponible sobre Diferencias Esperadas en la Progenie (DEP) y sus confiabilidades.

GLOSARIO

Acido desoxirribonucleico (ADN).- Compuesto químico que contiene, dentro de cada célula, información genética única de cada individuo. Una molécula de ADN está compuesta por dos series de nucleótidos unidos por enlaces químicos entre pares de bases complementarias (Adenina - Timina y Guanina - Citosina). La molécula tiene apariencia de una escalera retorcida. La secuencia de las bases en la molécula de ADN determina la secuencia de aminoácidos, controla el desarrollo y define el potencial genético para producción del individuo.

ADN complementario (ADNc).— Una copia de ADN que resulta de la transcripción inversa de ARN.

Acido ribonucleico (ARN).- Molécula compuesta de una cadena sencilla de ribonucleótidos. El ARN difiere del ADN en que contiene la base Uracilo en lugar de Timina. El ARN se produce por transcripción del ADN. Está asociado con los procesos de transferencia y traducción del mensaje genético de un gen a un producto proteico con una función fisiológica específica.

Alelos.- Formas alternas de los genes. Debido a que los genes se encuentran en pares en las células de los seres vivos, un gen de un par puede tener un efecto y el otro gen del mismo par (alelo) puede tener otro efecto diferente en una misma característica.

Ambiente.- Todas las condiciones externas (no genéticas) que influyen en la reproducción, producción y características de la canal del ganado. Si en las evaluaciones genéticas no se consideran los efectos ambientales sobre el mérito fenotípico de manera adecuada, se reduce la precisión en la estimación del valor genético y el mejoramiento subsecuente.

Antagonismo genético.- Correlación genética en la que un cambio genético deseable en una característica viene acompañado de un cambio indeseable en otra. Por ejemplo, debido a la correlación genética positiva entre el potencial de producción de leche y las necesidades de mantenimiento, la selección para aumentar la producción de leche resulta en un aumento en el costo de alimentación para mantenimiento.

Apareamiento al azar.- Sistema de apareamiento en el que cada hembra tiene la misma probabilidad de ser asignada a cualquier toro de los usados en una época de apareamiento.

Asociación de Criadores.- Organización que registra la información genealógica y productiva de animales y promueve las evaluaciones genéticas de los animales de la raza. Estas asociaciones también regulan el registro de animales y promueven la raza.

Bos indicus.- Subespecie de ganado bovino originaria del sur de Asia. También se le llama Cebú.

Bos taurus.- Subespecie de ganado bovino originaria del oeste de Asia, con frecuencia se le refiere como "europeo". Las cruzas *Bos indicus* x *Bos taurus* son fértiles y expresan

cantidades importantes de heterosis.

Cambio posible.- El cambio, en cualquier dirección, que es razonablemente esperar en la DEP de un animal a medida que se tiene más información en evaluaciones nacionales de ganado subsecuentes. Esta medida del error en la predicción disminuye conforme aumenta el número de descendientes del animal.

Capacidad corporal.- Estimación subjetiva de la capacidad de consumo de alimento de un animal o raza, que se hace con una evaluación visual de la longitud y profundidad del cuerpo y de la amplitud de las costillas.

Característica cualitativa (categórica).- Características en las que hay una diferencia marcada entre los fenotipos, como blanco y rojo o con y sin cuernos. En la expresión de estas características se involucran sólo uno o pocos pares de genes.

Característica cuantitativa.- Características en las que no hay una clara distinción en el rango de fenotipos; hay una variación gradual de un extremo al otro. Generalmente hay muchos pares de genes involucrados, así como efectos ambientales que influyen en la variación de este tipo de características.

Características de relevancia económica (CRE).- Características que tienen importancia económica directa para los productores.

Características indicadoras.- Características que no tienen importancia económica directa, pero ayudan en la predicción de características de importancia económica.

Cesárea- Proceso quirúrgico en el que un becerro a término se extrae del útero haciendo una incisión en el flanco de la vaca.

Circunferencia escrotal.- Medida del tamaño de los testículos que se obtiene con una cinta circular. Tiene relación con la capacidad de producción de semen y la edad a la pubertad de las medias hermanas e hijas.

cM (centiMorgan).- Unidad de longitud usada para indicar la localización de genes en los cromosomas. En un cM hay aproximadamente un millón de nucleótidos. El largo total del ADN en una célula de una vaca es de aproximadamente 3000 cM. El tamaño de un gen es de .001 a .005 cM. Un cM representa un 1% de recombinación entre loci.

Codón.- Una secuencia específica de tres bases en el ADN que codifica para un aminoácido específico en la síntesis de una proteína.

Complementariedad.- La combinación de razas o animales con características que se complementan, por lo que resultan descendientes con las características deseables de ambos progenitores.

Condición corporal.- Calificación en escala de 1 a 9, en función de la cantidad de grasa en

el cuerpo de una vaca, donde 1 = muy flaca y 9 = extremadamente gorda.

Conformación.- Una descripción de la forma de partes del cuerpo de un animal.

Confiabilidad (de la selección).- Correlación entre el valor genético real (no conocido) de un animal y un valor genético predicho en una característica.

Congénito.- Condición que se adquiere en la vida prenatal y se observa al o desde el nacimiento. Este término se usa con frecuencia en relación con defectos presentes al nacimiento.

Coefficiente de consanguinidad.- Medida del nivel de consanguinidad de un animal; varía entre cero y 1.0; representa la proporción de loci en el individuo en los que ambos genes son copias idénticas de un gen ancestral.

Consanguinidad.- Apareamiento de animales emparentados en mayor grado que el promedio de la población. La consanguinidad reduce la proporción de pares de genes heterocigóticos en los descendientes y aumenta la proporción de pares de genes homocigóticos; aumenta la frecuencia de manifestación de defectos genéticos causados por genes recesivos. La consanguinidad puede aumentar la prepotencia en características con herencia simple o altamente heredables.

Conversión alimenticia (eficiencia alimenticia).- Cantidad de alimento consumido por unidad de peso ganado o producción de carne o leche por unidad de alimento consumido.

Correlación.- Una medida que varía entre -1.00 y +1.00 y describe la relación entre dos características. Una correlación positiva alta significa que a medida que una característica aumenta, la otra también aumenta. Por ejemplo, animales con pesos al año mayores al promedio generalmente tendrán mayor tamaño maduro. Cuando hay correlación negativa entre las características, si una está arriba del promedio es probable que la otra este abajo del promedio. Por ejemplo, a medida que aumenta el peso al nacimiento hay menor facilidad de parto. Una correlación cercana a cero entre dos características significa que no hay relación entre ellas.

Correlación genética.- Correlación entre los valores genéticos para dos características, que se debe a que algunos genes influyen en las dos características. Cuando entre dos características (peso al destete y al año, por ejemplo) hay una correlación genética positiva, al cambiar genéticamente una característica la otra cambia en el mismo sentido. Cuando entre dos características (peso al nacimiento y facilidad de parto, por ejemplo) hay una correlación genética negativa, al cambiar genéticamente una característica la otra cambia en el sentido opuesto; a esto se le conoce como antagonismo genético.

Correlación fenotípica.- Correlación entre los valores fenotípicos de dos características, debido a factores tanto genéticos como ambientales que influyen de manera simultánea a ambas características.

Cosecha.- Sacrificar un animal.

Cromosoma.- Los cromosomas son hilos de ADN en los que se localizan los genes, junto con estructuras proteicas. En ganado bovino hay 30 pares de cromosomas, en cada par un cromosoma se hereda del padre y el otro de la madre. Un cromosoma de cada par se transmite al azar a cada óvulo o espermatozoides producido por un animal.

Cruzamiento.- Apareamiento de animales no emparentados. El apareamiento de vacas con un toro no emparentado de su propia raza se puede considerar como un cruzamiento estrecho y se hace con el fin de ampliar la base genética del hato y reducir la acumulación de consanguinidad. El apareamiento de animales de dos razas *Bos taurus* es un cruzamiento más amplio y se obtendrán los beneficios de la heterosis (vigor híbrido) en algunas características de importancia económica. El apareamiento de un *Bos taurus* con un *Bos indicus* es un caso más extremo. Estas dos subespecies han estado aisladas genéticamente por mucho tiempo, por lo que se espera que la heterosis sea mayor que cuando se hacen cruces entre razas de la misma subespecie. El apareamiento más extremo es el que se hace entre especies genéticamente diferentes, como bovino y bisonte; las crías de estos cruzamientos aún cuando sean viables, frecuentemente son sub-fértiles o infértiles.

Cruzamiento rotacional.- Sistema de cruzamiento de dos o más razas en el que las hembras cruzadas se aparean con toros de la raza que contribuye con la menor proporción de genes de dichas hembras. Los sistemas de cruzamiento rotacionales permiten el uso de niveles relativamente altos de heterosis y la producción de hembras de reemplazo dentro del mismo sistema.

Criador de pie de cría.- Productor cuyo objetivo principal es producir reproductores y no animales para la engorda y sacrificio. Los productores de pie de cría progresistas tienen programas diseñados para producir animales con mérito genético óptimo para la combinación de características que aumente las ganancias de los productores comerciales.

DEP directo.- DEP que representa el efecto de los genes propios del animal para la característica de interés. Un DEP directo para facilidad de parto, por ejemplo, indica la facilidad de parto de los hijos de un individuo.

DEP Materno.- Una DEP que representa el efecto de los genes de las hijas de un animal en una característica de interés.

DEP Permanencia productiva.- La diferencia esperada entre animales en la probabilidad de que una hija permanezca en el hato hasta los seis años de edad. Como la mayoría de las vacas que se desechan antes de los 6 años de edad se debe a que no quedan gestantes, la DEP es una predicción de la fertilidad sostenida de las hijas.

Depresión por consanguinidad.- Disminución del nivel de producción en algunas características de importancia económica que resulta del aumento en el coeficiente de consanguinidad.

Desechar.- Proceso de eliminación de los animales menos productivos o deseables de un hato.

Desviación.- Diferencia entre el registro de un animal y el promedio para esa característica en el grupo contemporáneo correspondiente. La suma de las desviaciones de todos los animales de un grupo contemporáneo es de cero, cuando se usa el promedio correcto.

Diferencia Esperada en la Progenie (DEP).- Diferencia en el comportamiento productivo esperado de los futuros hijos de un animal en comparación con el comportamiento productivo esperado de los futuros hijos de un animal con mérito genético promedio en una misma evaluación genética. Las DEPs se estiman a partir del mérito fenotípico de un individuo y todos sus parientes. Se estiman como la mitad del valor genético y se expresan en las unidades en las que se mide la característica (kg, cm, etc).

Diferencial de selección.- Diferencia entre el promedio para una característica en los animales seleccionados y el promedio para la misma característica del grupo del que provienen. La respuesta esperada a la selección para una característica es igual al diferencial de selección por la heredabilidad de la característica.

Dificultad al parto (distocia).- Parto anormal o difícil en la expulsión del feto y/o la placenta. Los partos difíciles aumentan la mortalidad de vacas y becerros y reducen la fertilidad subsecuente de la vaca.

Disposición (temperamento).- Medida de la docilidad o agresividad de un animal a situaciones no familiares, humanos o manejos.

Doble músculo.- Condición heredable que se caracteriza por un gran desarrollo muscular con gran definición de los sistemas musculares, particularmente notable en la pierna.

Dominancia incompleta.- Situación en la que ninguno de los dos alelos en un locus es totalmente dominante, los dos se expresan. El fenotipo del heterocigótico es intermedio entre el de los dos genotipos homocigóticos

Dominante.- Un alelo es dominante cuando su presencia impide que un alelo recesivo afecte el fenotipo de un individuo heterocigótico para el locus en cuestión. Por ejemplo, el alelo para ausencia de cuernos (C) es dominante y el alelo que permite el crecimiento de cuernos es recesivo (c), de tal manera que un animal con genotipo (Cc) no tiene cuernos.

Efecto directo.- Para peso al destete, la porción del crecimiento predeste que se explica por los genes del animal.

Efecto materno.- En peso al destete, la habilidad de la madre (producción de leche principalmente) que influye en el crecimiento predeste de la cría.

Efectos no aditivos de los genes.- Los efectos no aditivos ocurren cuando el valor fenotípico del heterocigótico no resulta ser el promedio de los valores fenotípicos de los dos homocigóticos.

Las combinaciones homocigóticas indeseables conducen a la depresión por consanguinidad; mientras que las combinaciones heterocigóticas deseables resultan en heterosis.

Electroforesis.- Proceso usado para separar fragmentos de ADN por tamaño. Los fragmentos de ADN se ponen en el extremo de un gel al que se le aplica una corriente eléctrica. Esto hace que los fragmentos migren por los poros del gel a una velocidad proporcional al tamaño del fragmento. La localización resultante del fragmento en el gel puede visualizarse usando técnicas de tinción apropiadas.

Enzima de restricción (endonucleasa).- Una de más de 150 enzimas que reconocen y cortan el ADN en sitios específicos.

Epoca de partos.- La época del año en la que nacen los becerros. Una época de partos limitada es el primer paso para consolidar las prácticas de manejo y facilitar la obtención de información confiable.

Estimador de la heredabilidad.- Estimador de la proporción de la variación fenotípica total entre animales para cierta característica que se debe al mérito genético transmisible. Es la proporción de la variación total para cierta característica debida a diferencias entre individuos en valor genético. El estimador es específico para una población en particular.

Evaluación multicaracterística.- Predicción genética en la que, de manera simultánea, se utiliza información fenotípica de dos o más características correlacionadas genéticamente (por ejemplo, pesos al nacimiento, destete y año) para estimar valores genéticos para cada una de las características. En comparación con la evaluación para una sola característica, se obtienen DEPs con confiabilidades más altas y con menos sesgo por selección.

Evaluación multirracial.- Predicción genética en la que se utiliza información de animales puros y cruzados de manera simultánea. Para ello, se toman en cuenta no sólo diferencias entre animales en valores genéticos heredables (DEPs) sino también diferencias entre razas y efectos de heterosis.

Evaluaciones Nacionales de Ganado.- Evaluaciones de ganado conducidas por Asociaciones de razas para calcular el mérito genético estimado en una población de animales. Las evaluaciones nacionales de ganado resultan en estimadores insesgados de diferencias esperadas en la progenie (DEPs). Estas evaluaciones se hacen con datos de campo y el cálculo se hace con información disponible del individuo, sus parientes y descendientes.

F₁- Individuo resultante del apareamiento de un toro puro con hembras puras de otra raza.

Facilidad de parto.- En un parto fácil no se necesita ayuda y no hay esfuerzos innecesarios de la vaca o del becerro.

Factores de ajuste aditivos.- Cantidad que se debe sumar al registro de un animal para reflejar el comportamiento en caso de que el animal perteneciera a un grupo de referencia base. Por ejemplo, se podría sumar 25 kg al peso al destete de becerros machos hijos de vacas de dos años

de edad para representar el peso al destete esperado en caso de que la madre fuera de 5 a 9 años de edad. El uso de factores de ajuste aditivos no modifica la variabilidad de la característica después del ajuste

Factores de ajuste multiplicativos.- Valor con el que se multiplica el registro de un animal para estimar el comportamiento que se esperaría si el animal perteneciera a cierto grupo de referencia. Por ejemplo, si los hijos de vacas maduras pesaran en promedio 8% más que los hijos de hembras de dos años de edad, el factor multiplicativo para ajustar los pesos de crías de hembras de dos años de edad a un equivalente maduro sería 1.08. El uso de factores de ajuste multiplicativos afecta la variabilidad de la característica después del ajuste, aumentándola cuando el factor multiplicativo es mayor de 1.0 y disminuyéndola cuando es menor de 1.0.

Fenotipo.- La expresión visual o medible de una característica como peso al destete, ganancia posdestete o intervalo inicio del empadre-parto. El fenotipo está determinado por el genotipo y el ambiente.

Fertilización.- Unión de los gametos masculino y femenino para formar un individuo nuevo, genéticamente único. En bovinos, el espermatozoide y el óvulo, cada uno con 30 cromosomas, se combinan para formar un cigoto con los 60 cromosomas normales de la especie.

Fingerprint (huella genética).- Patrón de fragmentos de ADN únicos para un individuo. Frecuentemente se producen usando enzimas de restricción para cortar el ADN en fragmentos de secuencias específicas de nucleótidos. Estos fragmentos pueden, usando electroforesis, ordenarse y visualizarse, formando una "huella genética" única para cada animal.

Ganancia compensatoria.- Ganancias de peso altas observadas en animales que se alimentan adecuadamente después de un período de subalimentación.

Ganancia diaria promedio (GDP).- Medida del promedio diario de cambio de peso corporal de un animal en un período especificado.

Ganancia predestete.- Ganancia de peso observada entre el nacimiento y el destete.

Gel.- Substancia porosa que permite la migración de fragmentos de ADN a una velocidad inversamente proporcional a su tamaño, con lo que se logra la separación de los fragmentos de ADN.

Gen.- Un gen es un segmento de la molécula de ADN, localizado en un sitio específico (locus) de un par de cromosomas. Hay dos copias de cada gen en cada célula diploide de un animal. Sólo un gen de cada par se trasmite al azar a la progenie a través del gameto. La secuencia de nucleótidos única de cada gene determina su papel biológico específico. Muchos genes codifican para la secuencia de amino ácidos de un producto proteico. Otros generan productos que controlan eventos metabólicos.

Gen letal.- Gen o genes que causan la muerte de cualquier animal en el que se expresan.

Genoma.- Todo el conjunto de ADN, característico de los individuos de una especie.

Genotipo.- Los dos alelos presentes en un locus en un individuo. Para un locus con solamente dos alelos, es posible encontrar tres genotipos. Por ejemplo, en el locus para sin/con cuernos, los dos alelos son S (el alelo dominante que previene el crecimiento de cuernos) y s (el alelo recesivo que permite el crecimiento de cuernos). Los tres genotipos posibles son SS (homocigótico dominante), Ss (heterocigótico o portador), y ss (homocigótico recesivo).

Gestación.- Periodo transcurrido entre la concepción y el nacimiento de la cría, en bovinos es de aproximadamente 285 días.

Grado de facilidad de parto.- Calificación numérica para indicar el grado de facilidad (dificultad) de parto de 1, para un parto fácil y sin ayuda, a 5, para una presentación anormal.

Grupo contemporáneo.- Grupo de animales de la misma raza y sexo, similares en edad, y que se han mantenido en el mismo grupo de manejo (misma ubicación, misma alimentación y potrero). Los grupos contemporáneos deben incluir tantos animales como sea posible.

Habilidad productiva probable. – Estimador de la superioridad o inferioridad futura de una vaca para una característica repetible, como el peso al destete de las crías, con base en la producción conocida de la vaca en comparación con sus contemporáneas, el número de registros conocidos y la repetibilidad de la característica en cuestión.

Hato cerrado.- Un hato en el que no se introducen animales para cría de otros lugares.

Heredabilidad.- La proporción promedio de la diferencia entre animales, medida u observada, que se transmite a la descendencia. La heredabilidad para las diferentes características puede variar entre cero a uno. Entre mayor sea la heredabilidad para una característica, mayor es la precisión con la que se predice el valor genético a partir del comportamiento productivo y mayor es la respuesta a la selección.

Heterocigótico.- Genotipo en el que los dos alelos de un locus son diferentes, Ss.

Heterosis (vigor híbrido).- Diferencia en el comportamiento promedio para una característica entre animales cruzados y animales puros de las razas usadas para producir los cruzados.

Heterosis materna.- Diferencia en el comportamiento promedio para una característica entre las crías de vacas cruzadas y las de vacas puras de las razas usadas para producir las vacas cruzadas.

Homocigótico.- Genotipo en el que los dos alelos de un locus son iguales, SS o ss.

Índice de selección.- Fórmula que combina el comportamiento productivo de varias características o diferentes medidas de la misma característica en un valor para cada animal. Los índices de selección asignan énfasis diferentes a las características de acuerdo con su importancia económica relativa, las heredabilidades, y la asociación genética entre ellas.

Índice de comportamiento productivo.- Expresión del comportamiento productivo de un animal para una característica en relación con el promedio del hato o del grupo contemporáneo. Generalmente se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Registro del individuo} \times 100}{\text{Promedio del grupo}}$$

Inseminación artificial (IA).- La técnica de introducir el semen del macho en el tracto reproductivo de la hembra por otros medios diferentes a la monta directa.

Intensidad de selección.- Diferencial de selección expresado en unidades de desviación estándar fenotípica de la característica seleccionada. Es inversamente proporcional al porcentaje de animales disponibles que se seleccionan para ser padres de la siguiente generación. Por ejemplo, en comparación con la monta natural, cuando se usa inseminación artificial se necesita seleccionar una menor proporción de toros, y tanto la intensidad como el diferencial y la respuesta a la selección son mayores.

Interacción genotipo-ambiente.- Se presenta cuando la diferencia en comportamiento productivo entre grupos genéticos depende del ambiente en el que se comparan. Por ejemplo, es probable que la raza más redituable en Chihuahua no sea la más redituable en Tabasco.

Interacción semental x ambiente.- Cuando la diferencia en comportamiento productivo de la progenie de toros depende de algún factor del ambiente en el que se comparan. Por ejemplo, los toros pueden tener un ordenamiento diferente de acuerdo al comportamiento de sus descendientes en diferentes grupos contemporáneos, hatos o regiones.

Intervalo entre generaciones.- Edad promedio que tienen los animales cuando nacen los hijos destinados a reemplazarlos. Se debe calcular separadamente para machos y hembras. Cuando los otros factores se mantienen constantes, el intervalo entre generaciones está inversamente relacionado con la tasa de cambio genético. Es decir, entre más corto el intervalo entre generaciones mayor la respuesta a la selección.

Intervalo postparto.- Días transcurridos entre el parto y el primer estro postparto.

Lactación.- Período de amamantamiento del becerro entre el nacimiento y el destete.

Libido.- Deseo sexual. En toros, la capacidad para detectar y montar hembras en celo.

Ligamiento.- La presencia de dos o más loci de interés en el mismo cromosoma a una distancia no mayor de 50 cM de distancia entre ellos.

Locus.- La ubicación específica de un gen en un cromosoma.

Locus de característica cuantitativa (QTL, en inglés) – Locus con genes que influyen directamente en una característica cuantitativa. La secuencia de nucleótidos no se conoce y la selección se hace a través de un marcador genético ligado.

Madurez.- Estimación de la edad fisiológica de un animal o de una canal. Se determina con base en las características musculares y la madurez de los huesos.

Mapa de ligamiento genético.- Diagrama con la ubicación de genes y marcadores en un cromosoma.

Marcador genético.- Secuencia específica de nucleótidos fácilmente detectable y que puede usarse para identificar diferentes alelos en un locus.

Matriz de relaciones.- Cuadro con los valores de las relaciones genéticas entre pares de animales en una población. Se utiliza en procedimientos para predecir el mérito genético de los animales a partir de su mérito fenotípico y el de sus parientes.

Medios hermanos.- Individuos que tienen el mismo padre pero diferente madre (o menos común la misma madre pero diferentes padres).

Mejor predicción lineal insesgada (BLUP, en inglés).- Una metodología de predicción genética que resulta en una evaluación genética lo más exacta y precisa posible, con la información y estructura familiar disponibles.

Microsatélite.- Un tipo de marcador genético. Consiste en secuencias repetidas de nucleótidos en el ADN, en un locus específico y variable en el número de repeticiones de la secuencia.

Minisatélite.- Tipo de marcador genético ampliamente usado en huellas (fingerprinting) de ADN que consiste de series de nucleótidos repetidos altamente polimórficos y ampliamente distribuidos en todo el genoma.

Modelo animal.- Un procedimiento de predicción genética en el que los DEPs se calculan directamente para todos los animales de la población.

Modelo animal reducido.- Procedimiento para predicción genética en el que se calculan DEPs para todos los padres en la población, los de las crías se calculan a partir de los de los padres. Las predicciones son equivalentes a las obtenidas de un modelo animal.

Modelo semental.- Procedimiento de predicción genética en el que se calculan las DEPs para los toros con hijos en la población.

Niveles de selección independientes.- Selección en la que los animales deben tener un comportamiento productivo por encima de un nivel específico en todas las características

incluidas en el programa de selección. Por lo tanto, se desechan los animales que no cumplen con el nivel mínimo para alguna característica en el programa. Por ejemplo, un productor podría desechar todas las vaquillas con pesos al destete de menos 190 kg (o las que están en el 20% inferior en peso al destete) y con pesos al año de menos de 320 kg (o las que están en el 40% inferior).

Nucleótido.- Una subunidad de ADN compuesta de un azúcar de cinco carbonos, una de cuatro bases nitrogenadas (Adenina, Timina, Citosina, o Guanina), y un grupo fosfato.

Número de contemporáneos.- El número de animal de la misma raza, sexo y edad con los que un animal se compara en producción. Entre mayor el número de contemporáneos mayor es la confiabilidad de la comparación.

Objetivos de selección.- La meta del programa de selección, por ejemplo producir carne de alta calidad al menor costo. También puede incluir una lista de las características que se consideran como criterios de selección para alcanzar la meta. Los objetivos pueden diferir entre criadores debido a los recursos genéticos y físicos disponibles y el mercado particular de cada criador.

Ovulación.- Liberación de la célula germinal femenina (huevo u óvulo) en el ovario. Las vacas ovulan algunas horas (hasta 15 horas) después de finalizado el estro.

Par de bases.- Las bases complementarias que se encuentran en la molécula de ADN. Hay cuatro bases diferentes: Adenina (A), Timina (T), Citosina (C), y Guanina (G). A siempre se liga con T, y C siempre se liga con G. La secuencia de las bases determina el efecto del gen.

Parientes colaterales.- Parientes de un individuo que no son ancestros o descendientes. Un ejemplo de parientes colaterales son los hermanos.

Pedigrí.- Diagrama con los nombres de los ancestros de un animal, generalmente sólo de las 3 a 5 últimas generaciones. La información de pedigrí se usa para establecer relaciones genéticas entre individuos para usarlas en evaluaciones genéticas.

Pedigrí productivo.- Pedigrí que incluye información productiva del animal, ancestros, parientes y descendientes. También puede incluir Diferencias Esperadas en la Progenie.

Peso al año ajustado (PAajst).- Peso al año ajustado a 365 días de edad.

Peso al destete ajustado (PDajst).- Peso al destete ajustado a 205 días de edad y a equivalente maduro de edad de la madre

Peso al nacimiento (PN).- Peso del becerro dentro de las primeras 24 horas después del nacimiento. Pesos al nacimiento altos tienden a estar relacionados con problemas al parto, junto con otros factores.

Peso de canal caliente.- Peso de la canal antes del enfriado.

Peso metabólico.- El peso de un animal elevado al exponente $3/4$ ($W^{0.75}$); indicador de la cantidad de alimento necesaria para satisfacer las necesidades metabólicas y mantener el peso corporal.

Peso por día de edad.- Peso de un individuo dividido por su edad en días.

Polimerasa.- Sistema de enzimas que facilita la replicación de ADN o ARN. **Polimorfismo.-** La existencia de dos o más genes en un locus en una población.

Porcentaje de destete.- Porcentaje de vacas y vaquillas de un hato, expuestas a toro o inseminadas en un año que producen una cría.

Portador.- Individuo heterocigótico, con un alelo dominante y otro recesivo en un locus. Por ejemplo, un animal con un gen para pelaje negro y uno para rojo, fenotípicamente será de pelaje negro pero puede tener descendientes rojos si se aparea con otros animales que tengan el gen para rojo.

Prepotencia.- La habilidad de un animal para transmitir sus características a su descendencia, de tal manera que las crías se parecen más de lo usual al padre y entre ellas. Un animal homocigótico para el alelo dominante expresará prepotencia para la característica controlada por ese alelo, pero no para cualquier otra característica. Los animales consanguíneos, que tienen un mayor grado de homocigosidad pueden ser más prepotentes que animales no consanguíneos, pero sólo para características con herencia simple o características altamente heredables.

Progenie.- Los hijos de un animal.

Prueba de progenie.- Evaluación del genotipo o estimación del valor genético de un animal usando el mérito fenotípico de los hijos,

Productor comercial.- Productores cuyo objetivo principal es producir reemplazos y animales para el abasto. Los productores comerciales progresistas buscan usar toros o semen de productores de pie de cría con programas diseñados para producir animales con mérito genético óptimo para la combinación de características que aumenta la eficiencia y productividad en su sistema de producción

Pubertad.- Edad en la que los órganos reproductivos empiezan a funcionar y las características sexuales secundarias se empiezan a desarrollar.

Raza.- Animales con origen e historia de selección comunes. Los animales de una raza tienen características físicas que los distinguen de otras razas o grupos de animales de la misma especie.

Razas británicas.- Razas de ganado como Angus, Hereford y Shorthorn originarias de Gran Bretaña.

Raza continental (europea).- Razas desarrolladas en el continente Europeo. Por ejemplo Simmental, Limousin y Charolais.

Raza pura.- Animal con ascendencia conocida en alguna de las razas reconocidas, elegible para ser registrado en los libros oficiales de dicha raza.

Raza sintética.- Raza que resulta del cruzamiento estabilizado de otras razas.

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR en inglés).- Proceso para amplificar el ADN. El ADN se calienta para separar las cadenas; se agregan iniciadores específicos que se pegan a las cadenas sencillas; la polimerasa agrega nucleótidos al iniciador, formando una nueva cadena de ADN. El proceso puede repetirse para producir muchas copias.

Recesivo.- Los alelos recesivos se expresan solamente en homocigosis. Tanto el padre como la madre deben transmitir un gen recesivo a la descendencia para que se presente el fenotipo con el que se asocian. En el caso del locus que afecta la presencia/ausencia de cuernos, un animal homocigótico recesivo ss tiene cuernos, mientras que los individuos SS y Ss no tienen.

Registro total de hato.- Sistema de información en el que se registra la información productiva de todos los animales en el hato de cría y sus descendientes. En cambio, en los sistemas basados en las crías, la información productiva de los becerros se puede registrar de manera selectiva y no se capta la información de hembras que no producen un becerro vivo. El registro total de hato es necesario para obtener información para hacer evaluaciones genéticas de algunas características reproductivas.

Regresión.- Medida de la relación entre dos variables que expresa el cambio esperado en una de las variables por unidad de cambio en la otra. Usando métodos de regresión, el valor de una característica se puede predecir conociendo el valor de la otra. Por ejemplo, algunas características de la canal que pueden obtenerse de manera relativamente fácil (peso de canal, grasa dorsal, y área de la chuleta) se usan para predecir el rendimiento en cortes.

Retrocruza.- Apareamiento de un animal cruzado de dos razas con uno de las razas parentales. Ejemplo: de una hembra Suizo Pardo-Cebú con un toro Suizo Pardo.

Selección.- Elección de algunos animales y eliminación de otros como padres de la siguiente generación. Elección como padres de animales con mérito genético estimado superior para características de interés.

Selección asistida por marcadores.- Uso de marcadores genéticos para seleccionar para alelos específicos ligados a QTLs (loci asociados a características cuantitativas) y en consecuencia a características específicas.

Selección en tándem.- Selección para una característica a la vez. Cuando se alcanza el nivel deseado en una característica, se selecciona para otra característica.

Sincronización de calores (estros).- Inducir a un grupo de vacas o vaquillas a iniciar el ciclo

estral en un período corto de tiempo con el uso de hormonas.

Sitio de restricción.– El sitio específico en el que una enzima específica corta el ADN.

Superovulación.– Proceso por el que una vaca se trata con hormonas reproductivas para inducir la producción de más óvulos que lo normal.

Tasa de mejoramiento genético.– Unidades de mejoramiento por unidad de tiempo (año). La tasa de mejoramiento depende de: 1) heredabilidad de la característica; 2) diferenciales de selección; 3) correlaciones genéticas entre las características consideradas; 4) intervalo de generación en el hato, y (5) el número de características para las que se hace selección.

Temperamento (disposición).– Medida de la docilidad, nerviosismo o agresividad de un animal ante humanos, manejos normales y situaciones no familiares.

Tendencia genética.– Estimador del cambio anual en el mérito genético de los individuos de una raza para una característica. Se calcula a partir de las diferencias promedio en valor genético estimado de animales nacidos en una serie de años adyacentes.

Tipo biológico.– Grupo de razas de bovinos similares en origen geográfico, historia de selección y potencial genético para características de importancia económica. Por ejemplo, las razas británicas tienen potencial genético moderado para crecimiento, muscularidad y producción de leche; mientras que las razas europeas continentales de doble propósito tienen alto potencial genético para producción de leche y crecimiento.

Toro de referencia.– Toro evaluado con buenos DEPs y alta confiabilidad que se utiliza para inducir conexiones genéticas entre hatos que permitan evaluar toros usados en monta natural.

Toros maternos.– Toros cuya función principal es producir hijas (generalmente cruzadas) con mérito genético sobresaliente para características reproductivas y maternas, adaptabilidad, y longevidad. Idealmente, estas hembras se utilizarán con toros de una raza terminal y todas las crías se enviarán al sacrificio.

Toro terminal.– Toros usados en un sistema de cruzamiento en el que todos los descendientes, machos y hembras, se engordan y sacrifican. Por ejemplo, hembras cruzadas F1 apareadas con toros terminales y todos los becerros se engordan. Este sistema permite el máximo de heterosis y complementariedad entre razas, pero las hembras de reemplazo tienen que venir de otros hatos.

Traducción.– Proceso por el que los ribosomas usan la secuencia de nucleótidos del ARN para sintetizar proteínas.

Transcripción.– Proceso por el que de un gen se hace una copia de ARN.

Transferencia de embriones.– Recuperación de óvulos fertilizados (embriones) de una vaca (la

donadora), utilizando superovulación como respuesta a tratamiento hormonal, y depósito de estos embriones en otras vacas (las receptoras). Usando este procedimiento se pueden obtener más crías de vacas con valor genético superior.

Ultrasonido.- Método no invasivo usado para medir características de la canal y registrar eventos reproductivos. Se basa en el principio de que las ondas sonoras rebotan de manera diferentes dependiendo de la densidad del tejido.

Valor económico.- Ingreso neto en un hato por unidad de cambio (kilogramo o unidad porcentual) en una característica de importancia económica bajo selección.

Valor económico relativo.- Cambio en el ingreso neto en una empresa ganadera por unidad de cambio en el mérito genético de una característica.

Valor genético.- Mérito genético heredable de un individuo, es decir, el valor de un individuo como padre. Las predicciones genéticas se expresan como diferencias en la progenie. Debido a que cualquiera de los padres contribuye con la mitad de los genes de cualquiera de los hijos, la diferencia en la progenie de un individuo es la mitad del valor genético.

Valor genético estimado (VGE).- Una estimación del valor genético real de un animal para una característica con base en la información de esa misma característica, y algunas veces de características correlacionadas genéticamente, en el individuo y en parientes cercanos. El VGE es una manera sistemática de combinar la información productiva disponible del individuo y de sus hermanos y descendientes. El VGE generalmente se expresa como Diferencia Esperada en la progenie.

Varianza.- Estadístico que describe las diferencias entre animales para una característica en una población. Sin variación, no sería posible tener progreso genético, ya que no se podría distinguir entre animales genéticamente superiores e inferiores.



GUÍA TÉCNICA DE PROGRAMAS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y MEJORAMIENTO GENÉTICO EN BOVINOS DE CARNE

Editores Técnicos

Ph. D. Moisés Montaña Bermúdez
Ph. D. Guillermo Martínez Velázquez

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de
Diciembre del 2010 en los talleres de
ALFA DESIGN AND PRINTING. Monterrey, NL, Mex.
Su tiraje constó de 2,000 ejemplares.