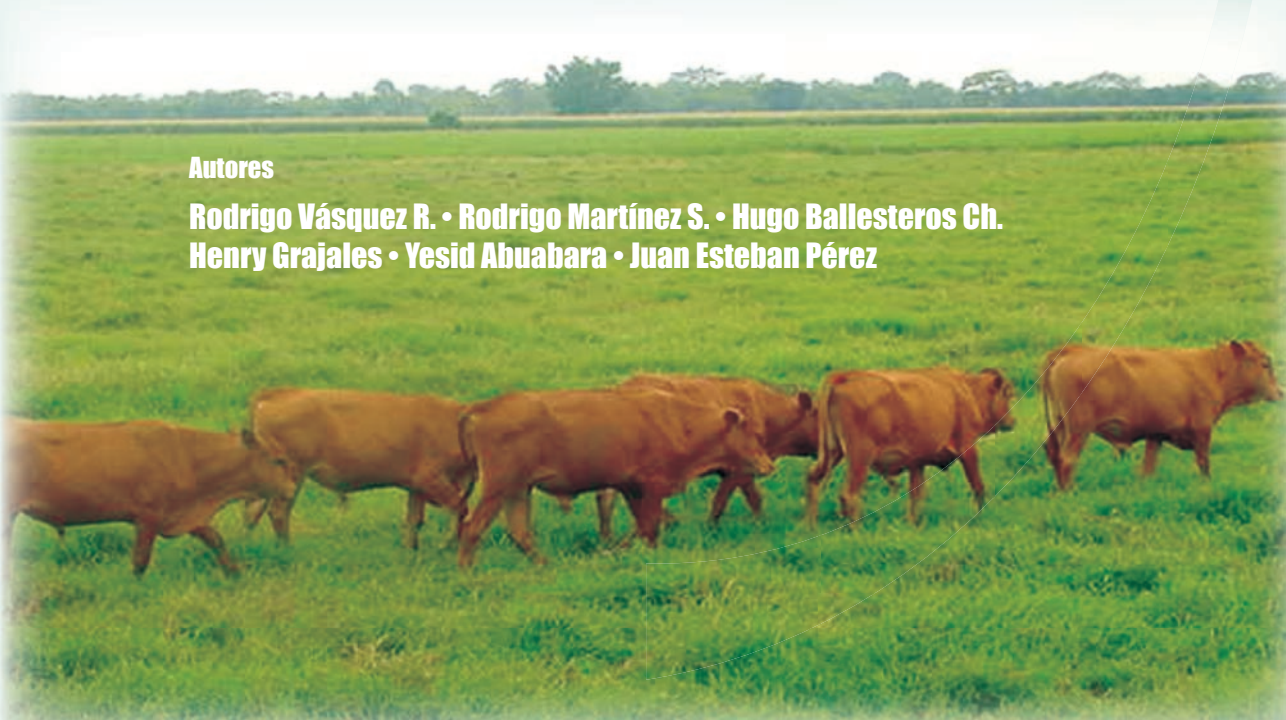


El ganado Ramosinuano en la producción de carne en Colombia

Autores

**Rodrigo Vásquez R. • Rodrigo Martínez S. • Hugo Ballesteros Ch.
Henry Grajales • Yesid Abuabara • Juan Esteban Pérez**



ISBN 978-958-8210
Código Único Interno: 38

© 2006, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA –
Subdirección de Investigación e Innovación
Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología Animal
C.I. Tibaitatá – Mosquera (Cundinamarca)

ASESORIA CIENTÍFICA: Tito Efraín Díaz M., Subdirector de Investigación e Innovación
EDICIÓN: Programas de Recursos Genéticos y Biotecnología Animal y de Transferencia de Tecnología
CONCEPTO Y DISEÑO GRÁFICO: markita

Tiraje: 500 ejemplares

PRODUCCIÓN EDITORIAL
Diagramación, armada, fotomecánica,
impresión y encuadernación



www.produmédios.com
Tel.: 288 5338 Bogotá, DC - Colombia

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

Contenido

Pág.

Capítulo 1	
INTRODUCCIÓN DE LOS BOVINOS EN COLOMBIA Y ORIGEN DE LA RAZA ROMOSINUANO	5
Capítulo 2	
RECURSOS GENÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA EN COLOMBIA	9
Descripción de la raza Romosinuano	10
Características externas	10
Características fisiológicas	12
Descripción de la raza Cebú	14
Origen y características de la raza Brahmán	15
Comportamiento productivo del Cebú Brahmán y de sus cruces F1 con razas taurinas	16
Capítulo 3	
EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA RAZA ROMOSINUANO	18
Capítulo 4	
PARÁMETROS GENÉTICOS PARA DESARROLLO CORPORAL Y EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL GANADO CRIOLLO ROMOSINUANO	23
Desarrollo corporal de los bovinos Romosinuano	23
Componentes de varianza y parámetros genéticos que influyen en el crecimiento de terneros Romosinuano	26
Desempeño reproductivo de las hembras Romosinuano	28
Edad al primer parto	28
Intervalo entre partos	29
Peso vivo al parto	30
Componentes de varianza y parámetros genéticos que influyen en los caracteres reproductivos en hembras Romosinuano	30
Capítulo 5	
CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN GANADO ROMOSINUANO	34
Edad y peso a la pubertad	34
Intervalo de recuperación posparto	36
Tasa de concepción	37
Duración del ciclo estral	38
Capítulo 6	
EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA CARNE BOVINA DE LAS RAZAS ROMOSINUANO, CEBÚ Y SUS CRUCES	41
Crecimiento y rendimiento al sacrificio en bovinos Romosinuano, Cebú y sus cruces	43
Ubicación y condiciones de producción	43
Curvas de crecimiento en Romosinuano, Cebú y sus cruces	44
Rendimientos al sacrificio, mermas de la canal y evaluación económica	47
Evaluación de la calidad organoléptica de la carne	52
Terneza de la carne	53
Evaluación de la resistencia al corte mediante la prueba de Warner-Bratzler	54
Evaluación del desplazamiento de la cuchilla a la fuerza máxima	57

	Pág.
Evaluación del desplazamiento total de la cuchilla	57
Relación fuerza máxima / desplazamiento	58
Energía total requerida	58
Pérdidas por cocción de las muestras de carne	59
Evaluación de la calidad nutricional de la carne de las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces	60
Perfil de ácidos grasos en carne procedente de los tipos raciales Romosinuano, Cebú y sus cruces	61
Caracterización molecular del gen de la leptina en ganado Romosinuano, Cebú y sus cruces	63
Frecuencias genéticas y fenotípicas	64
Uso del ultrasonido como método predictor de la calidad de la canal	66
Estimación de rendimientos cárnicos mediante ultrasonografía en bovinos Romosinuano, Cebú y sus cruces	68
Capítulo 7	
CONSERVACIÓN, PROMOCIÓN Y FOMENTO DE LA RAZA CRIOLLA ROMOSINUANO	70
El banco de germoplasma <i>in situ</i> de la raza Romosinuano	70
Tamaño efectivo de la población	71
Manejo genético	71
A. Número de machos reproductores	72
B. Apareamiento circular cíclico	72
C. Mantenimiento del tamaño de la familia	74
D. Tamaño constante de la población	74
E. Monitoreo de los índices de consanguinidad	76
F. Escogencia de animales para reproducción	76
El banco de germoplasma <i>in vitro</i> de la raza Romosinuano	77
Actividades de promoción y fomento de la raza	78
Tamaño actual y distribución de la raza Romosinuano	80
Capítulo 8	
EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE LA RAZA ROMOSINUANO	
EN OTROS AMBIENTES	82
Introducción de la raza colombiana Romosinuano en Estados Unidos	82
Tolerancia al calor en la raza criolla Romosinuano	83
Evaluación de rendimientos productivos de la raza Romosinuano y sus cruces en una región subtropical	85
Evaluación de características reproductivas de la raza Romosinuano y sus cruces en una región subtropical	89
Pubertad del macho y caracteres reproductivos en ambientes subtropicales	89
Desarrollo y pubertad en la hembra Romosinuano en ambientes subtropicales	92
Capítulo 9	
CONCLUSIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	102

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN DE LOS BOVINOS EN COLOMBIA Y ORIGEN DE LA RAZA ROMOSINUANO



Los bovinos fueron introducidos en América por los conquistadores españoles en 1493; en noviembre de ese año, durante el segundo viaje de Colón al continente americano, fueron desembarcados en las Antillas Mayores –específicamente en la isla La Española (actualmente Haití y República Dominicana)–, los primeros bovinos: cerca de 200 vacas y unos cuantos toros de las razas Gallega, Berrenda y Andaluz. Allí los bovinos encontraron un hábitat favorable para su reproducción y multiplicación, y dos décadas más tarde fueron llevados a Cuba, Puerto Rico y Jamaica, para finalmente llegar al territorio continental, lo que dio origen a los ganados criollos de norte, centro y Suramérica (Rouse, 1977).

Con relación a la llegada del ganado bovino a nuestro país, las crónicas relatan la importación de ganados procedentes de La Española a la Costa Atlántica colombiana poco después de las conquistas de Rodrigo de Bastidas. Una de esas importaciones fue realizada por Alonso Luis de Lugo, quien en 1542 introdujo un núcleo de bovinos por el Cabo de la Vela y llevó la mayor parte de estos animales hasta Valledupar, Tamalameque y luego, por el río Magdalena, hasta el Nuevo Reino de Granada (provincias de Vélez, Tunja y Tocaima). Otras importaciones más antiguas se atribuyen a los hermanos Heredia en 1533 y 1534, quienes importaron y criaron ganados en las regiones que descubrieron, es decir, las sabanas de Bolívar y Tolú, Calamarí, Turbaco y el Bajo Sinú (Figura 1).

Una segunda vía de importación ganadera durante la conquista, diferente de la Costa Atlántica, movilizó bovinos hasta la Nueva Granada y tuvo como origen los ganados llevados a Venezuela por Marcelo Villalobos en 1527. Éstos fueron la fuente que pobló a Colombia por el oriente, es decir por Cúcuta para Norte de Santander y por Arauca para Casanare y San Martín. El ingreso de estos ganados por el este colombiano fue muy importante, puesto que dio origen a las ganaderías de los Llanos Orientales; en efecto, se sabe que las importaciones sucesivas de Venezuela impulsaron la creación de grandes hatos en Arauca y Casanare, cuya influencia se extendió con el tiempo hasta los Llanos de San Martín, Boyacá y los Santanderes.



Figura 1.

Rutas de llegada de los ganados españoles al territorio colombiano durante la conquista española.

Tomada de: Beteta. 2003. VI Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas, Recife, Brasil (Balance de cinco años en pro de la conservación de razas iberoamericanas: Red Cyted-XII-H).

Una tercera vía de llegada y propagación de los ganados españoles en el territorio colombiano fue por el sur, procedente del Ecuador; así, se atribuye al colonizador y conquistador Sebastián de Belalcázar la fundación de algunas grandes ganaderías en el suroeste y sur del país (Figura 1).

Se estima que, por lo menos durante unos 30 años, tuvo lugar un cruce indiscriminado de las razas españolas en la isla La Española, hecho que ocurrió después en la Provincia de Santa Marta hacia 1543. Esto sucedía porque la minería ocupaba toda la atención de los pobladores españoles mientras los bovinos vagaban libremente por el campo; se cree un proceso similar ocurría simultáneamente en las inmensas llanuras de San Martín y Casanare (Gutiérrez, 1987).



Son varias las hipótesis sobre el origen de estas razas; una de ellas sostiene que cada raza es un conjunto de animales producto de una mezcla más bien indiscriminada de algunas de las ocho razas importadas de España durante la conquista de América, a saber: Gallega, Andaluza Negra, Pirenaica, Tudanca, Berrenda, Cacereña y Murciana. Estos animales se sometieron a los rigores del clima, al consumo de los alimentos naturales disponibles y a las múltiples causas de enfermedad que encontraron en las regiones en las cuales se localizaron, hasta que se adaptaron completamente a dichas regiones y de allí surgió su nombre (Pinzón, 1984). Así, los núcleos bovinos primigenios se desplazaron, adaptaron y multiplicaron paulatinamente por el territorio colombiano y este proceso originó, a lo largo de cinco siglos, las actuales razas criollas colombianas como la Romosinuano, la Blanco Orejinegro (BON), la Sanmartinero, el Hartón del Valle, el Casanareño y el Costeño con Cuernos (CCC), principalmente.

De esta manera, las razas Costeño con Cuernos primero, y posteriormente la Romosinuano, se originaron en la Costa Caribe y en la región del Sinú, respectivamente. La teoría de Pinzón (1984) acerca de la formación de las razas criollas, afirma que Romosinuano, Sanmartinero, Chino Santandereano y Hartón del Valle se derivan directamente del Costeño con Cuernos. Específicamente, con respecto al origen de la raza Romosinuano existen dos hipótesis: la primera propone la ocurrencia de una mutación en el Costeño con Cuernos, y la otra, el cruzamiento entre el Costeño con Cuernos y el Angus Rojo.

Estas poblaciones iniciales de bovinos, en proceso de adaptación a diversos ecosistemas y aisladas geográficamente, se aparearon entre sí de manera natural hasta comienzos del siglo XX; cabe recordar que las razas criollas fueron mantenidas durante gran parte de su permanencia en América bajo sistemas de crianza que se podrían llamar “silvestres” y sólo en los últimos lustros han recibido la atención debida por parte del hombre. Por tanto, la selección natural casi no fue perturbada en su trabajo de escoger los individuos más adaptados al ambiente tropical, por lo que el ganado criollo es la expresión de la adaptación animal a un ambiente inhóspito.

Hacia finales del siglo XIX, con el fin de mejorar la productividad de las razas criollas, se importaron animales de razas europeas como Holstein, Friesian (Overo Negro), Normando, Pardo Suizo y Jersey lo que mejoró notablemente los sistemas de producción de leche especialmente en clima frío.

A comienzos del siglo XX fue traído a Colombia el primer toro Cebú como centro de atracción de un circo, el cual fue comprado por un ganadero que

lo utilizó como reproductor para mejorar la producción de carne. Éste obtuvo resultados muy positivos debido a un efecto genético, desconocido en aquella época, que hoy en día se conoce como *'heterosis'* o *'vigor híbrido'*, pero no a causa de las cualidades genéticas de la raza introducida con relación a la cantidad y calidad de su carne o leche. Fue por esta razón que la raza Cebú se difundió tan rápidamente en el siglo pasado por todo el territorio nacional logrando gran aceptación por parte de los ganaderos; además, es notable su gran adaptación a los climas cálidos. Como consecuencia de ello, actualmente el 95% de los bovinos tienen sangre Cebú en los 40 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería en Colombia; ello ha ocasionado una disminución dramática de los inventarios de razas criollas originada en los cruzamientos absorbentes de dichas poblaciones.

Capítulo 2

RECURSOS GENÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA EN COLOMBIA

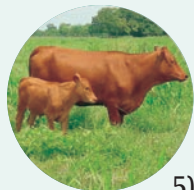


La producción de carne en el país se obtiene primordialmente a partir del ganado tipo Cebú comercial en sistemas dependientes del pastoreo. Por su parte, las razas criollas tienen en general poco impacto en el sector productivo nacional debido a que han sido objeto de cruces absorbentes que las han llevado casi a su extinción, en un proceso de sustitución con el ganado Cebú.

Respecto de las perspectivas del negocio ganadero, en los últimos años productos como la carne en canal, la carne deshuesada y los despojos cárnicos han tenido una participación creciente en las exportaciones. En la actualidad, se han ampliado los mercados externos para nuestros productos cárnicos y se abren enormes posibilidades de exportar canales bovinas, a condición de que cumplan con exigentes estándares de calidad. Ello impone interesantes retos a los ganaderos, los asistentes técnicos y los investigadores, quienes deben buscar la eficiencia en la producción cárnica utilizando sabiamente los recursos genéticos disponibles.

En el sistema de producción de carne colombiano los tipos de explotación más característicos son los siguientes:

- 1) Extractivo: la actividad ganadera de cría y levante se desarrolla en suelos de baja fertilidad, con muy poca infraestructura;
- 2) Cría tradicional: explotaciones compuestas por reproductores cuyas crías salen al mercado al destete;
- 3) Cría con recría: se desarrolla principalmente en áreas geográficamente apartadas, en donde existe la posibilidad de continuar el proceso de crecimiento hasta una edad y un peso que permite concluir su ceba;
- 4) Ciclo completo: fincas en las que se practica la cría, el levante y la ceba, actividades que tienen lugar en áreas donde hay mayor disponibilidad de recursos y las condiciones ofrecen potencial para llevar a cabo todo el ciclo, con presencia de mercados cercanos y medios de transporte suficientes;



- 5) Ceba: el tipo de explotación que utiliza ganado flaco para el engorde y la ceba final, la cual se realiza en zonas de mejores condiciones de fertilidad de suelos y calidad de pastos, además de una fácil comercialización (Gutiérrez y col., 2003).

Lo anterior demuestra la importancia de llevar al productor tecnologías probadas, mediante la utilización de razas bovinas que tengan buena adaptabilidad a las condiciones del trópico bajo colombiano y a los diversos sistemas de manejo, a fin de mejorar los sistemas productivos actuales. Este capítulo tiene como objeto describir cada una de las razas involucradas en el estudio y mostrar sus bondades y debilidades.

Descripción de la raza Romosinuano

Características externas

El ganado criollo colombiano Romosinuano debe su nombre a la combinación de los términos 'romo' y 'sinuano', que se refieren a su principal característica fenotípica –el no tener cuernos– y a su lugar de origen –el Valle del río Sinú– en la costa norte de Colombia.

Para explicar la carencia de cuernos de la raza Romosinuana existen varias teorías, pero todas ellas coinciden en que se originó en los ganados traídos por los conquistadores españoles. Según Pinzón (1981), se presentaban ejemplares acornes en forma esporádica en los ganados que poblaron la cuenca del río Sinú, los cuales se fueron popularizando a través del tiempo debido a la asociación del rasgo topo o romo con características deseables para matadero. Pinzón considera que se presentó una mutación en las poblaciones de ganado criollo colombiano Costeño con Cuernos (CCC) adaptadas a esta zona y que, por tanto, el Romosinuano es una raza auténtica colombiana. Por otra parte, la característica "topo", presentada en forma espontánea por mutación se ha presentado históricamente en diversas razas y no habría razón para considerar que el carácter topo sea esencialmente producto del cruzamiento, ya que en Colombia se reportan otros casos de ganados criollos acornes que han aparecido espontáneamente; al respecto, Martínez (1992) menciona una variedad 'topa' en ganado criollo colombiano Blanco Orejinegro (BON).

Por el contrario, Hernández (1976) considera que la hipótesis más probable es la de cruzamiento de vacas de la raza criolla colombiana Costeño Con



Cuernos con toros de razas europeas sin cuernos, los cuales, debido a la dominancia genética de este rasgo y a la preferencia que se mostró por este tipo de animales, diseminaron rápidamente dicha característica. Las razas más probables en la formación del carácter topo en el Romo, según la anterior hipótesis, son el Red Angus y el Red Poll.

Independientemente de cual haya sido el origen del Romosinuano lo más significativo es el proceso de adaptación que ha experimentado en el amplio rango de ambientes y niveles de manejo a que ha sido sometido en distintas regiones de la geografía colombiana; el Romo es la raza criolla más difundida en el país y la única que ha sido exportada, incluso a Estados Unidos de Norte América.

El color del pelo (capa) incluye la gama entre el amarillo claro (bayo) y el rojo encendido (castaño oscuro o cereza); también existen animales 'hoscos', es decir, bayos o castaños con cabeza y extremidades negras (Figura 2). El color del pelo es uniforme aunque algunos animales presentan pequeñas manchas circulares de color más intenso esparcidas en todo el cuerpo que le dan al animal un aspecto moteado que se conoce comúnmente como 'pataconeado'. Según el profesor J. C. Bonsma, citado por Pinzón (1981), el moteado, las estrellas de melanina o el pataconeado sobre la piel es un carácter que indica alta vascularidad cutánea.



Figura 2.

Características fenotípicas de un macho Romosinuano: obsérvese que el color del pelo es uniforme de un rojo encendido (castaño oscuro), con nariz y extremidades negras.



Las mucosas visibles (oral, nasal y ocular) y la piel son, por lo general, de tonos claros; no obstante, en los ejemplares hoscos éstas son de color negro (Figura 3). La piel es gruesa y bien adherida, el pelo es corto, brillante y lustroso, de talla mediana y cuerpo cilíndrico. La raíz de la cola es descarnada, de inserción alta y escasa borla (Hernández, 1976).



Figura 3.
Variaciones de color entre bovinos Romosinuano: a) Tono claro y b) tono oscuro. Nótese las diferencias en las mucosas y el color del pelo.

Características fisiológicas

Hay algunas características que son específicas de la raza criolla colombiana Romosinuano y que le confieren ventajas adaptativas sobre otras razas bovinas entre las que se cuenta su adaptabilidad, rusticidad, fertilidad, longevidad, mansedumbre y su vigor híbrido.

Adaptabilidad. El ganado Romosinuano está completamente adaptado a las condiciones medioambientales ofrecidas por el Valle del Sinú; en su parte baja, la región corresponde a la zona climatológica de Bosque Seco Tropical (BST), con una temperatura media de 27,5°C, humedad relativa del 83% y 1.200 milímetros (mm) de precipitación anual distribuidos en una época seca (diciembre a marzo) y otra con alta precipitación (abril a noviembre) (Hernández, 1976). La adaptación a estas condiciones medioambientales origina animales con excelentes índices de fertilidad, supervivencia y longevidad.



Rusticidad. Aunque los suelos del Valle del Sinú son muy fértiles y capaces de producir praderas de buena calidad a lo largo de gran parte del año, el Romosinuano –al igual que las otras razas criollas– se considera como una raza rústica por la respuesta adaptativa a las condiciones desfavorables propias del trópico: es notable su tolerancia a parásitos externo e internos, así como a la baja cantidad y calidad de los forrajes introducidos y nativos durante la época seca del año; además de su resistencia a las zonas húmedas y fangosas provocadas por la inundación de los valles durante el invierno (Pinzón, 1981).

Fertilidad. Esta cualidad zootécnica se refiere a la capacidad comprobada que tiene un animal para reproducirse normalmente en su medio y generar en cada ciclo reproductivo y de manera regular un gran número de crías normales y sanas. Esta es una de las características más apreciadas de la raza Romosinuano entre criadores y ganaderos. Varios autores han reportado el excelente comportamiento reproductivo que exhibe esta raza en múltiples ambientes del trópico colombiano. En 1940, Escobar –citado por Pinzón (1981)–, encontró que en el Valle del Sinú el 79% de las vacas entraban en celo antes de 60 días posparto y el 92%, antes de 69 días; posteriormente, en el C.I. Turipaná, Hernández (1970) reportó un promedio de 373,6 días de intervalo entre partos, con 54,3% de ellos inferiores a 365 días. Por otra parte, se ha registrado un promedio de eficiencia reproductiva de 85% durante los últimos 25 años en el núcleo de bovinos de la raza Romosinuano del Banco de Germoplasma *in vivo* ubicado en el C.I. Turipaná.

Longevidad. Otra de las cualidades fisiológicas notables del Romosinuano es su longevidad. Esta cualidad se manifiesta en forma destacada en esta raza criolla y es consecuencia del ajuste fisiológico del animal con el medio que lo rodea. Una raza adaptada necesariamente es resistente y sana, lo cual se refleja en una notoria longevidad. Según Hernández (1981), la longevidad y fertilidad del ganado Romosinuano compensan el aparente retraso en su desarrollo durante sus primeros meses de vida, ya que es común encontrar vacas de 15 o más años de edad con 12 o más partos, lo que tiene mayor impacto económico en un hato que tener vacas de gran velocidad de crecimiento pero con menor número de crías en su vida productiva.

Mansedumbre. Finalmente, se destaca la tranquilidad y buen temperamento del ganado Romosinuano, característica etológica que hace de esta raza muy dócil y apropiada para el manejo en los diferentes sistemas de producción, lo cual reduce la accidentalidad y el estrés de los animales (Figura 4).

Vigor híbrido. Además de las cualidades ya mencionadas, cabe destacar la habilidad combinatoria y la producción de heterosis con animales de la raza



Cebú principalmente, cruzamiento del que resultan ejemplares con excelentes parámetros zootécnicos.



Figura 4.
Hembra Romosinuano pastando en praderas en el C.I. Turipaná de CORPOICA (Cereté, Córdoba).

Descripción de la raza Cebú

El Cebú es una raza originaria de Asia que cuenta con una significativa variedad de líneas genéticas, algunas originarias de la India como la Guzerá, la Gyr y la Nelore principalmente, y otras creadas por el hombre por medio de cruzamientos como las variantes Indubrasil y Brahmán que fueron conformadas en Brasil y Estados Unidos, respectivamente.

Los animales cebuínos en general se caracterizan por la presencia de cuernos normalmente cortos, orejas caídas, joroba pronunciada sobre los hombros, amplia papada, pelo corto de color claro, con frecuencia blanco y uniforme, aunque existen diferencias propias de cada una de las líneas genéticas.



Origen y características de la raza Brahmán

Esta línea del Cebú se originó en el estado de Texas (EUA) como resultado del cruce de razas índicas como Nelore, Guzera y Red Sindi principalmente con la raza taurina Herdford; actualmente es la raza más difundida en nuestro país, ya que el 95% del total de los bovinos en Colombia tienen sangre Cebú. El Cebú Brahmán es un animal de gran porte, cabeza ancha y perfil recto, ojos 'achinados' negros, protegidos por arrugas de la piel; orejas de tamaño medio, pabellón externo amplio y terminadas en punta redondeada. El cuello es corto y grueso con papada bien desarrollada. Los cuernos son cortos medianamente gruesos, dirigidos hacia atrás y afuera; la giba es arriñonada, mediana, bien implantada y se apoya sobre el dorso. Las costillas son arqueadas y el vientre voluminoso lo que denota una gran capacidad corporal.

El tronco es cilíndrico con caderas amplias y musculosas, ancas ligeramente inclinadas, con una inserción alta y fina de la cola. Las hembras presentan una ubre bien desarrollada, con pezones bien dispuestos, lo que revela su capacidad lechera.

El color de pelo predominante es el blanco sobre una piel totalmente pigmentada; sin embargo, también existen ejemplares de color gris medio y gris oscuro, además del Brahmán Rojo que tiene sangre Gyr en su origen.

El Cebú Brahmán es una raza especializada para producción de carne y leche en el trópico, que gracias a su poder de adaptación a nuestro medio –con ecorregiones de temperatura elevada y extrema sequía–, presenta una rusticidad física adecuada para vivir en condiciones ambientales difíciles y tolerar la presencia de plagas y enfermedades; tiene, así mismo, la capacidad de caminar largas distancias en busca de agua y de transformar pastos de baja calidad en tejido muscular (carne). Su crecimiento y desarrollo es muy rápido, alcanzando pesos adecuados para sacrificio a una temprana edad. Su instinto maternal es muy fuerte, pues protege sus crías contra enemigos naturales y levantan terneros en excelentes condiciones.

Existen cruces de Cebú Brahmán con Holstein, Pardo Suizo, Jersey y Normando los cuales buscan aumentar la producción de leche en zonas de trópico bajo. Igualmente se realizan cruces con razas especializadas en carne como Angus, Charolais, Simmental y





Limousine como una estrategia para incrementar la productividad en la ceba de machos de primera generación (F1); finalmente, también se han intentado cruzamientos con algunas razas criollas colombianas, buscando aprovechar la rusticidad y adaptación de éste y la capacidad productiva de la raza Brahmán.

Comportamiento productivo del Cebú Brahmán y de sus cruces F1 con razas taurinas

En la actualidad es de gran interés para los sistemas de producción bovinos encontrar nuevas tecnologías que permitan incrementar su productividad, mejorando la calidad del producto final, la carne, sin incrementar sus costos; para lograrlo, es importante que los empresarios ganaderos utilicen en sus hatos razas que estén adaptadas a las condiciones hostiles particulares del trópico bajo colombiano, en especial en la Región Caribe.

En los últimos años muchos productores de carne han implementado el cruzamiento de vacas cebuínas con semen de machos de diversas razas *Bos taurus* tipo carne buscando, mediante inseminación artificial, aprovechar el vigor híbrido para la característica de crecimiento ofrecido por los ejemplares F1, y para mejorar el rendimiento en canal y la calidad de la carne. La tendencia generalizada en la ganadería de carne actual es buscar cruzamientos para lograr animales F1 como producto terminal (Plasse, 1985); por tanto, esta nueva dinámica de cruzamiento obliga a comparar y evaluar, de manera controlada y técnica, los parámetros zootécnicos de los diferentes grupos raciales, en este caso el Cebú, el Romosinuano y sus cruces respectivos.

Existen trabajos en los que se reporta la respuesta de los bovinos cruzados en cuanto su eficiencia en la producción de carne. Así, para el caso de cruces Blanco Orejinegro (BON) × Cebú presentaron un rendimiento aceptable (57.2%) en canal caliente, mientras que el cruce Romosinuano × Cebú obtuvo un rendimiento de 59.8% que superó al de novillos de otros cruces como Simmental × Cebú (56.6%), y al de razas puras como Normando (52.7%); no obstante, los rendimientos en canal caliente de todos estos cruces fueron menores al del híbrido F1 de Limousine × Cebú (60.7%) y al de novillos puros de la raza Cebú. Sin embargo, se enfatiza que los mejores porcentajes de rendimiento en cuanto la cantidad de carne aprovechable fueron para el cruce BON × Cebú (70.06%) en comparación con el resto de grupos raciales: Simmental × Cebú (67.35%), Romosinuano × Cebú (67%), Cebú puro blanco (67.5%), Normando (69.38%), Limousine × Cebú (65.7%). De esta experiencia



se concluye que el cruce más productivo, tanto para el ganadero como para el expendedor de carne, fue el mestizo de BON × Cebú , que fue también el más rentable (Figura 5).



Figura. 5.
*Cruzamientos mejorantes para carne; de izquierda a derecha: ejemplar Romosinuano, dos animales F1 resultado del cruce entre Romosinuano Cebú y ejemplar de la raza Cebú, pastando en pradera de *B. decumbens* del C.I. Turipaná de CORPOICA (Cereté, Córdoba).*



Capítulo 3

EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA RAZA ROMOSINUANO

El primer paso para establecer la definición racial de una población animal suele partir de la caracterización morfométrica de sus integrantes, la cual está representada por un conjunto de variables que suelen presentar alta heredabilidad y son indicadores confiables para la diferenciación con otras razas; además, permiten definir la uniformidad o variabilidad presente en las poblaciones en estudio.

En la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA– se llevó a cabo un trabajo de caracterización morfométrica que recolectó información de un total de 269 animales de las poblaciones de razas criollas Costeño con Cuernos (58), Romosinuano (63), Sanmartinero (37), Blanco Orejinegro (34), la raza Cebú (15) y de siete núcleos comerciales de la raza Caqueteño (62). En la Figura 6 se pueden observar las diferentes medidas morfométricas tomadas sobre un ejemplar Romosinuano.

Se registraron un total de 11 características morfométricas y dos adicionales para los machos; en términos generales, se encontraron diferencias significativas entre razas y sexos ($P < 0.001$). En la Tabla 1 (página 20) se muestra la estadística descriptiva para cada uno de los caracteres obtenidos de la población Romosinuano.

Con la información que se obtuvo de los bovinos integrantes de las poblaciones de razas criollas incluidas en el estudio morfométrico, se realizó un análisis multivariado utilizando el procedimiento discriminante, el cual permite determinar valores de distancia genética utilizando la metodología de Mahalanobis la cual mide las distancias genéticas basándose en caracteres morfométricos (Tabla 2, página 20). La distancia genética se define como el grado de diferenciación entre dos poblaciones que se atribuye a la acción de los genes.

Los mayores valores de distancias genéticas se encontraron entre la raza Cebú y las razas criollas, mientras la menor distancia se halló con la raza Caqueteño; a su vez, ésta se encuentra cercanamente relacionada con las razas BON, CCC y Romosinuano, como se hace evidente en el árbol de distancias genéticas (Figura 7).



1.	Altura a la cruz	Con bastón zoométrico; distancia entre el punto más culminante de la cruz y el suelo.
2.	Altura a la cadera	Con bastón zoométrico; distancia entre el punto más culminante del anca y el suelo.
3.	Altura al nacimiento de la cola	Con bastón zoométrico; distancia entre el punto más culminante de la cola y el suelo.
4.	Diámetro longitudinal	Con bastón zoométrico; distancia entre el punto más craneal y lateral de la articulación escapulo humeral (encuentro) y el punto más caudal de la tuberosidad isquiática (punta de nalga).
5.	Ancho de la grupa	Con bastón zoométrico; distancia comprendida entre las puntas de las tuberosidades isquiáticas.
6.	Longitud de la grupa	Con bastón zoométrico; distancia comprendida entre la tuberosidad iliaca (punta de anca) y la tuberosidad isquiática (punta de nalga).
7.	Ancho de la cabeza	Distancia entre los puntos más salientes de los arcos zigomáticos u órbitas.
8.	Longitud de la cabeza	Distancia entre el punto más culminante del occipital (nuca) y el más rostral o anterior del labio maxilar.
9.	Longitud de la oreja	Distancia comprendida entre el punto más distal de la oreja y la base del pabellón auricular.
10.	Perímetro torácico	Con cinta métrica; inicia en el punto más declive de la cruz, pasa por la región esternal en el punto situado inmediatamente por detrás del codo y llega nuevamente a la cruz.
11.	Longitud del ombligo (hembras) o longitud del prepucio (machos)	Medido en el vientre, desde la parte central del ombligo/prepucio hasta la parte más distal de éste.

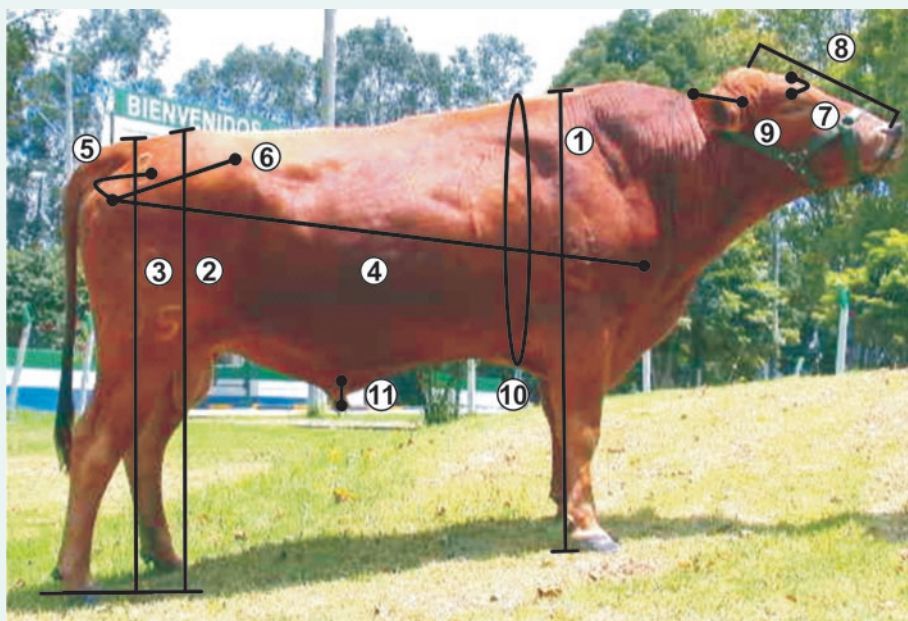


Figura 6.
Parámetros aplicados a la caracterización morfométrica de las razas criollas colombianas y ubicación de las diferentes medidas sobre un macho Romosinuano.



Tabla 1.
Estadística descriptiva de las características morfométricas en la población de Romosinuano.

Carácter	Sexo	n	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
1. Altura a la cruz (AC)	Macho	20	129.54	9.12	106.0	142.0
2. Ancho de grupa (AG)	Macho	20	28.49	4.38	20.0	34.0
3. Altura al nacimiento de la cola (ANC)	Macho	20	133.04	8.49	112.7	146.0
4. Longitud de la cabeza (LC)	Macho	20	51.83	3.94	42.0	57.0
5. Longitud de la grupa (LG)	Macho	20	44.03	4.35	36.0	51.0
6. Largo del ombligo (LO)	Macho	20	3.98	1.60	1.0	6.0
7. Perímetro torácico (PT)	Macho	20	185.65	22.86	140.0	216.0
8. Altura al anca (AA)	Macho	20	134.62	8.67	113.2	149.0
9. Ancho de la cabeza (ACa)	Macho	20	22.89	2.20	19.0	26.0
10. Altura a la cruz (AC)	Hembra	43	124.69	7.23	110.0	138.0
11. Ancho de grupa (AG)	Hembra	43	26.88	4.39	19.0	40.0
12. Altura al nacimiento de la cola (ANC)	Hembra	43	129.74	5.90	118.0	141.0
13. Longitud de la cabeza (LC)	Hembra	43	49.09	2.93	42.0	52.0
14. Longitud de la grupa (LG)	Hembra	43	41.79	5.14	27.0	53.0
15. Largo del ombligo (LO)	Hembra	43	1.32	1.20	0.1	5.0
16. Perímetro torácico (PT)	Hembra	43	175.10	14.64	148.0	202.0
17. Altura al anca (AA)	Hembra	43	131.29	5.93	120.0	141.5
18. Ancho de la cabeza (ACa)	Hembra	43	20.81	1.26	18.0	22.0
19. Profundidad del tórax (ProfT)	Ambos	63	178.45	18.17	140.0	216.0
20. Longitud de la oreja (LOR)	Ambos	63	14.33	0.86	12.0	16.0
21. Longitud del prepucio (LP)	Macho	20	8.43	1.54	6.0	12.0
22. Circunferencia escrotal (CE)	Macho	20	35.60	5.05	24.0	45.3

Tabla 2.
Medidas de distancias genéticas utilizando la metodología de Mahalanobis.

Raza	CCC	ROMO	SM	BON	CAQ	CEBÚ
CCC	0.000					
ROMO	0.708	0.000				
SM	71.259	67.424	0.000			
BON	14.916	15.580	68.196	0.000		
CAQ	70.947	74.222	141.079	30.448	0.000	
CEBÚ	216.592	220.368	219.603	123.110	58.341	0.000

CCC: Costeño con Cuernos; ROMO: Romosinuano; SM: Sanmartinero; BON: Blanco Orejinegro; CAQ: Caqueteño.

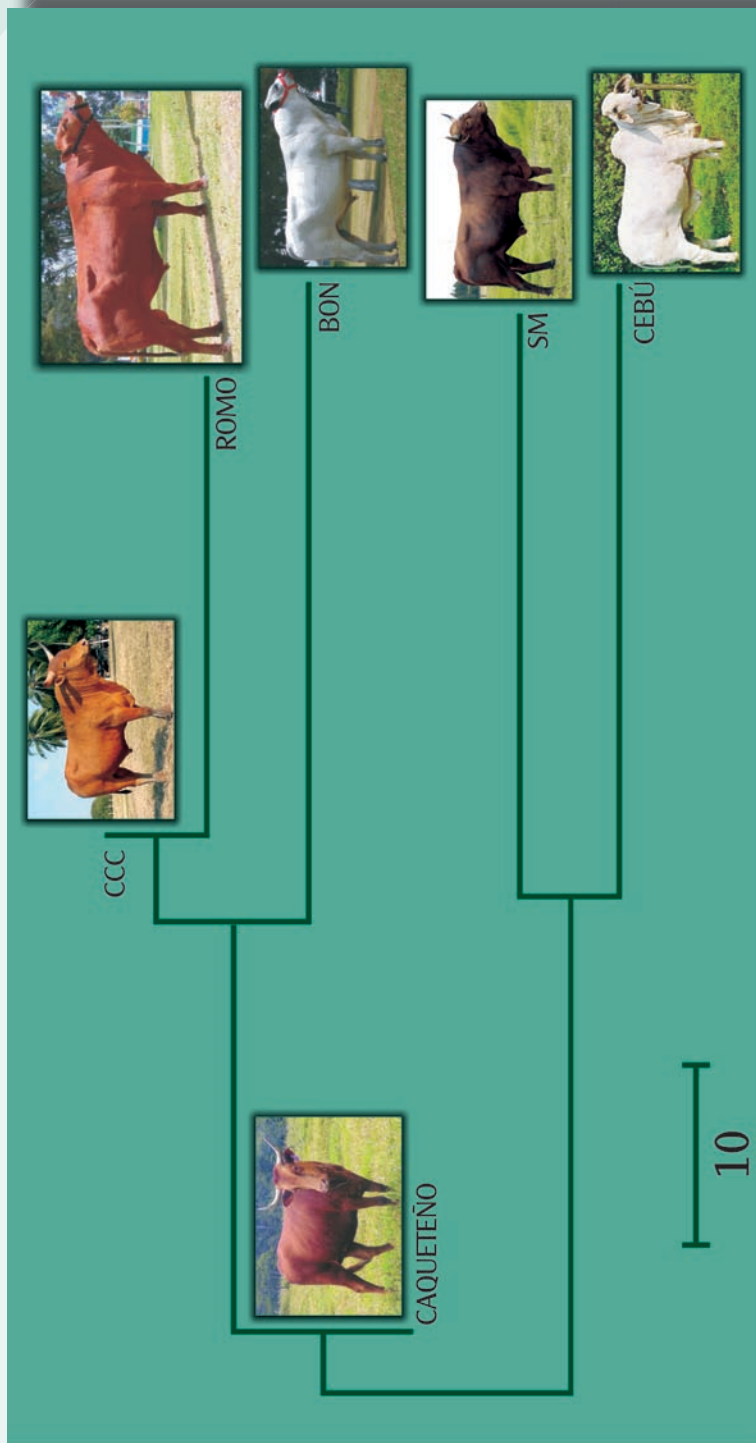


Figura 7.
Árbol de distancias genéticas entre las razas criollas, el Cebú y la raza Caqueteno, a partir del un estudio de medidas morfométricas.

El análisis discriminante permitió construir una tabla en la que cada animal analizado se incluyó en la clase que, según la función discriminante, mejor se ajustaba a las características propias de la raza; así mismo, se calculó el porcentaje de animales que correspondía a cada población (Tabla 3).

Tabla 3.

Clasificación realizada a 266 bovinos de diferentes razas utilizando la técnica del análisis discriminante.

RAZA	CCC	ROMO	SM	BON	CAQ	CEBÚ	TOTAL
CCC	42	15	0	1	0	0	58
%	72.41%	25.86%	0.00%	1.72%	0.00%	0.00%	100.00%
ROMO	24	39	0	0	0	0	63
%	38.10%	61.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
SM	0	0	37	0	0	0	37
%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
BON	1	0	0	33	0	0	34
%	2.94%	0.00%	0.00%	97.06%	0.00%	0.00%	100.00%
CAQ	0	0	0	0	59	0	59
%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
CEBÚ	0	0	0	0	0	15	15
%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
TOTAL	67	54	37	34	59	15	266
%	25.19%	20.30%	13.91%	12.78%	22.18%	56.40%	100.00%

CCC: Costeño con Cuernos; ROMO: Romosinuano; SM: Sanmartinero; BON: Blanco Orejinegro; CAQ: Caqueteño.

En este estudio, sólo las razas Romosinuano y Costeño con Cuernos presentaron más de 25% de individuos clasificados erróneamente (ver celdas sombreadas); por el contrario, en las demás poblaciones (Sanmartinero, Blanco Orejinegro, Caqueteño y Cebú), entre el 97 y el 100% de los individuos fueron clasificados dentro de su población. Obsérvese que para los 58 animales que se indicaron inicialmente como pertenecientes a la raza Costeño con Cuernos, según la función discriminante, 42 cumplen con las condiciones genéticas de la raza, lo que equivale al 72.41%, 15 se clasificaron como Romosinuano (25.86%) y solamente 1 como Blanco Orejinegro (1.72%).

Estos análisis morfométricos dan una idea general de las posibles relaciones genéticas que existen en la población de bovinos criollos colombianos y muestra que dichas poblaciones de animales presentan, en general, diferencias significativas con la raza Cebú para la mayoría de las características. En el Anexo 1 se presenta la estadística descriptiva de cada uno de los caracteres para las diferentes razas criollas y la raza Cebú.

Capítulo 4

PARÁMETROS GENÉTICOS PARA DESARROLLO CORPORAL Y EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL GANADO CRIOLLO ROMOSINUANO



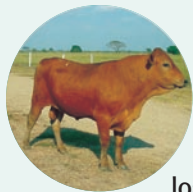
En el Centro de Investigación Turipaná (Cereté, Córdoba) se llevó a cabo un estudio retrospectivo que abarcó un período de 25 años en el que se evaluaron diversas características productivas y reproductivas del ganado Romosinuano del Banco de Germoplasma *in situ* a partir de los registros históricos de dicha población. A tal fin, se efectuaron análisis sobre la dinámica de crecimiento de los terneros y sobre el desempeño reproductivo de las vacas, valores a partir de los cuales se calcularon índices de heredabilidad y otros parámetros genéticos.

Para este estudio se analizaron un total de 4.308 datos respecto de las variables peso al nacimiento, peso al destete, ganancia diaria de peso para esta edad, peso a 16 meses y ganancia diaria de peso a la misma edad, más la información de tipo reproductivo.

Desarrollo corporal de los bovinos Romosinuano

En este estudio retrospectivo de la raza criolla Romosinuano se halló un promedio de peso al nacimiento de 30.59 ± 4.29 kg y se encontró que son más pesados los machos que las hembras con 31.24 ± 9.15 kg y 29.89 ± 8.82 kg, respectivamente; este mismo resultado ha sido reportado por muchos autores que atribuyen esta diferencia a la actividad de la testosterona que es secretada por los machos desde la vida fetal. Además, es común que el período de gestación sea más prolongado cuando la cría es un macho, lo que ocasiona un mayor desarrollo corporal que incrementa, a su vez, el peso al nacimiento.

Así mismo, se encontró que la edad de la vaca tiene un efecto significativo sobre el peso al nacimiento del ternero, ya que se presentan pesos bajos en los primeros partos, los cuales van aumentando en los partos subsiguientes hasta



los 96 meses de edad de la madre; luego de esta edad el peso al nacimiento del ternero disminuye progresivamente (Figura 8).

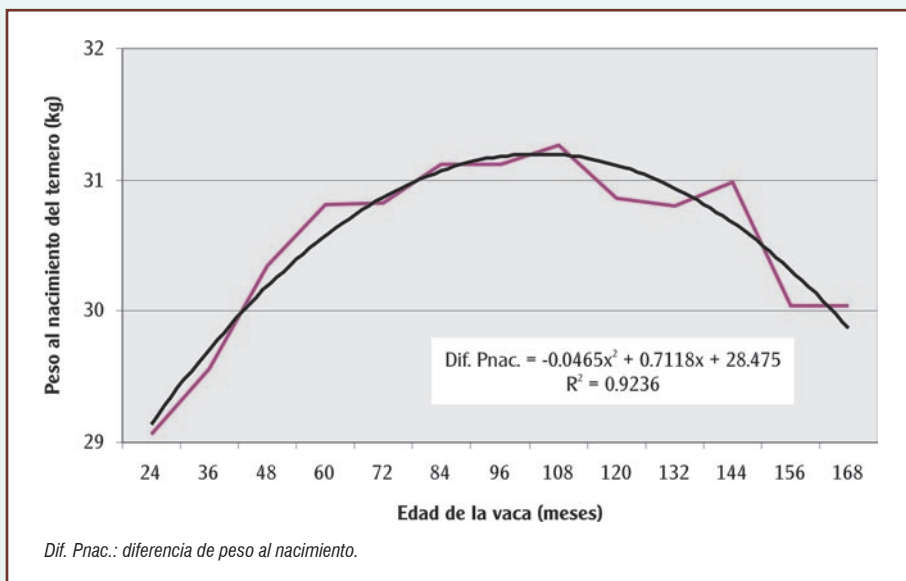


Figura 8.

Efecto de la edad de la vaca sobre el peso al nacimiento en ganado Romosinuano.

Respecto del peso al destete ajustado a 270 días se obtuvo un promedio general de 207.82 ± 45.10 kg; para este carácter, la condición sexual también presentó diferencias significativas, puesto que se encontraron promedios de 215.90 ± 46.45 kg para los machos y 199.38 ± 42.84 kg para las hembras. La edad de la vaca también afectó significativamente el peso al destete del ternero, el cual aumenta progresivamente hasta los 72 meses de edad de la madre después de lo cual tiende a disminuir (Figura 9).

Con relación al peso de los terneros ajustado a los 16 meses de edad se encontró un promedio general de 269.65 ± 53.58 kg y un coeficiente de variación de 19.87%. El sexo también tuvo un efecto significativo, pues se encontró un peso en machos de 283.79 ± 52.89 kg y de 255.16 ± 50.44 kg en hembras.

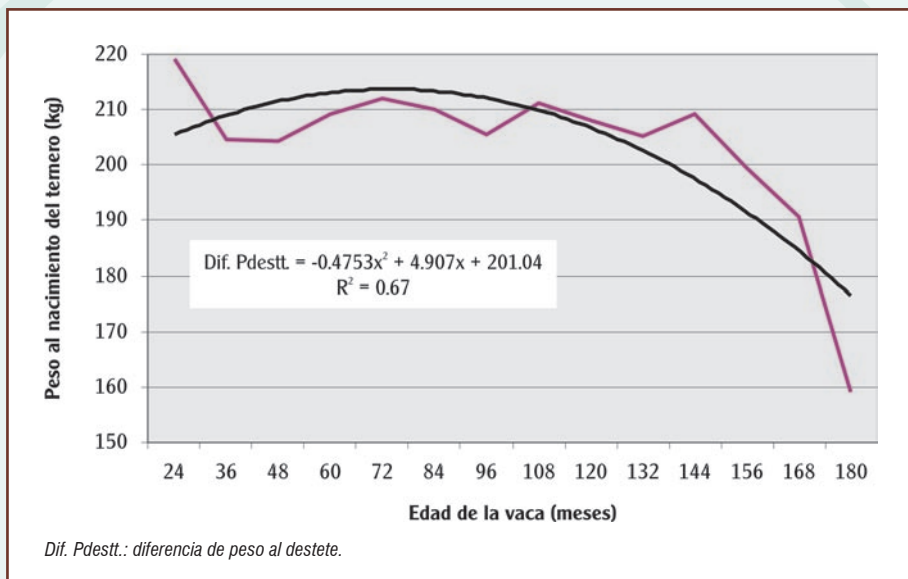


Figura 9.
Efecto de la edad de la vaca sobre el peso al destete en ganado Romosinuano.

En cuanto la ganancia diaria de peso entre el nacimiento y el destete se encontró un promedio general de 655.59 ± 163.14 g/día y un coeficiente de variación de 24.88%. Respecto de cada sexo, se reportan ganancias diarias de peso promedio de 682.86 ± 174.49 g para machos y 627.05 ± 161.29 g para las hembras.

En lo que se refiere a las ganancias diarias de peso entre el destete y los 16 meses de edad, en este estudio se obtuvo un promedio general de 327.54 ± 162.56 g/día, con un coeficiente de variación de 49.63%; se encontró que los machos ganaron 352.89 ± 159.87 g/día y las hembras, 301.57 ± 148.76 g/día, una diferencia entre sexos de 51.32 g/día a favor de los machos.

Por tanto, es evidente que las ganancias de peso diarias entre el nacimiento y el destete fueron mayores que entre el destete y los 16 meses de edad, hecho que se debe probablemente a que en la primera etapa de su vida el ternero recibe todos los cuidados y protección por parte de la madre, mientras que a partir del destete las ganancias de peso dependen de las condiciones del individuo y de su medio ambiente.



Componentes de varianza y parámetros genéticos que influyen en el crecimiento de terneros Romosinuano

Con base en la información anterior se estimaron los valores de componentes de varianza y algunos parámetros genéticos como la heredabilidad directa –materna y total– y la correlación entre efectos directos y maternos; además, se evaluó la contribución de la variación debida a efectos de ambiente permanente como proporción de la varianza fenotípica total para las características de crecimiento evaluadas en ganado criollo Romosinuano, resultados que se observan en la Tabla 4.

Tabla 4.
Componentes de varianza y parámetros genéticos estimados para características de crecimiento en terneros de la raza criolla Romosinuano.

Parámetro	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso a los 16 meses	Ganancia diaria de peso: nacimiento / destete	Ganancia diaria de peso: destete / 16 meses
σ_a^2	4.0250	465.8180	535.2500	5799.2300	3020.245
σ_m^2	1.0130	263.1516	161.8000	3632.6796	1194.9794
σ_{am}^2	-0.7400	-118.0210	-15.5	-235.2	-712.7834
σ_{pe}^2	0.4143	118.09	11.07	1425.19	274.56
σ_e^2	11.5219	644.78612	921.0300	8845.48	15918.327
σ_f^2	16.2342	1373.83343	1613.6500	19702.58	20408.111
h_d^2	0.25 ± 0.001	0.34 ± 0.063	0.33 ± 0.066	0.32 ± 0.062	0.17 ± 0.052
h_m^2	0.06 ± 0.003	0.19 ± 0.054	0.10 ± 0.046	0.20 ± 0.054	0.07 ± 0.040
r_{am}	-0.37 ± 0.002	-0.34 ± 0.133	-0.05 ± 0.219	-0.33 ± 0.135	-0.38 ± 0.232
h_t^2	0.28	0.435	0.380	0.42	0.205
p^2	0.026 ± 0.002	0.086 ± 0.031	0.069 ± 0.028	0.078 ± 0.031	0.016 ± 0.027
e^2	0.71 ± 0.003	0.47 ± 0.045	0.57 ± 0.05	0.49 ± 0.045	0.78 ± 0.043
t	0.335	0.616	0.438	0.551	0.220

σ_a^2 = varianza aditiva directa; σ_m^2 = varianza materna; σ_{am}^2 = covarianza entre efectos directo y materno; σ_{pe}^2 = varianza de ambiente permanente; σ_e^2 = varianza fenotípica total; σ_f^2 = varianza del error; h_d^2 = heredabilidad directa; h_m^2 = heredabilidad materna; r_{am} = correlación entre los efectos directo y materno; h_t^2 = heredabilidad total; p^2 = varianza de ambiente permanente como proporción de σ_f^2 ; e^2 = varianza del error como proporción de σ_f^2 ; y t = repetibilidad.

Para la característica peso al nacimiento se encontraron en la población Romosinuano valores de heredabilidad directa de 0.25, heredabilidad materna de 0.06 y heredabilidad total de 0.28; los dos primeros valores son considerados bajos, mientras la heredabilidad total fue considerada como media. Al analizar los valores reportados para las heredabilidades directa y materna se tiene



que el 25% de la varianza fenotípica total se debe al efecto de los genes de acción aditiva directa y solamente el 6% de dicha varianza fenotípica se debe a la acción producida por los genes maternos; el resto se atribuye a la acción genética no aditiva y al ambiente (Tabla 4).

Con relación al peso al destete de los terneros Romosinuano se obtuvieron valores de heredabilidad directa de 0.34, heredabilidad materna de 0.19 y heredabilidad total de 0.43. La heredabilidad materna se considera baja, lo que demuestra el reducido efecto que ejercen los genes maternos sobre el peso al destete en terneros Romosinuano; contrario a esto, las heredabilidades directa y total para esta característica de crecimiento son de tipo medio y muestran el efecto moderado ejercido por los genes del propio animal sobre la característica en mención. Así, el 43% de la heredabilidad del peso al destete en terneros Romosinuano depende de la actividad genética y el resto (57%), de los efectos no genéticos y el ambiente que rodea al animal (Tabla 4).

Respecto de la heredabilidad para el peso ajustado a los 16 meses en terneros Romosinuano, la de tipo directo fue de 0.33, mientras las heredabilidades materna y total fueron de 0.10 y de 0.38, respectivamente. Con estos valores de heredabilidad se corrobora que los caracteres de crecimiento en terneros Romosinuano se encuentran altamente determinados por las condiciones ambientales, si bien la acción aditiva de los genes también tiene una participación importante (Tabla 4).

Para la ganancia diaria de peso desde el nacimiento hasta el destete se encontró un valor de heredabilidad total de 0.42, mientras la heredabilidad directa fue de 0.32 y la heredabilidad materna de 0.10. Por otra parte, la ganancia diaria de peso entre el destete y los 16 meses de edad arrojó valores de heredabilidad directa de 0.17, heredabilidad materna de 0.07 y heredabilidad total de 0.20. Estos estimativos de heredabilidad directa y total indican que la ganancia diaria de peso del nacimiento al destete tiene una mediana heredabilidad y está influida principalmente por la acción aditiva de los genes del propio individuo y, en menor medida, por la acción de los genes de la propia madre, ya que para esta característica la heredabilidad materna encontrada es baja; para el caso de la ganancia diaria posdestete, se encontró una mayor influencia ambiental, dados sus modestos valores de heredabilidad (Tabla 4).

Los valores de covarianza entre los efectos genéticos aditivos directos y los efectos maternos fueron de signo negativo para las características de crecimiento peso al nacimiento, peso al destete y peso a los 16 meses (Tabla 4). La repetibilidad mide la asociación entre registros repetidos de un mismo animal. En el caso de la raza Romosinuano, para el peso al nacimiento se



reporta una repetibilidad de 0.335, para el peso al destete de 0.61 y para el peso a los 16 meses de 0.438, valores considerados medios, lo que indica que se requiere un número moderado de registros para poder seleccionar o descartar una hembra y para poder predecir su futuro productivo en el hatu respecto de las características de crecimiento de los terneros mencionadas. Por lo anterior se insiste en que se lleven juiciosamente los registros productivos y reproductivos de las fincas ganaderas con el fin de evaluar y fundamentar técnicamente procesos de selección que reporten resultados positivos en el menor tiempo posible.

Desempeño reproductivo de las hembras Romosinuano

Edad al primer parto

Con relación a la edad al primer parto (EPP), en este estudio retrospectivo se obtuvo un promedio general de $38,85 \pm 2,77$ meses y un coeficiente de variación de 7,13%, lo que indica que existe poca variación en cuanto a esta característica. Por otra parte, el efecto que tiene la edad de la vaca sobre la EPP de su descendiente es directamente proporcional, ya que cuando la edad de la madre aumenta, la edad de su descendiente también se incrementa.



Figura 10.
Hembra Romosinuano y su ternero en el C.I. Turipaná de CORPOICA (Cereté, Córdoba).



Intervalo entre partos

Respecto del intervalo entre partos (IEP) se obtuvo un promedio de $426,27 \pm 130,25$ días, lo que representa una eficiencia reproductiva del 85%, valor que –teniendo en cuenta que es el promedio de los pasados 25 años–, supera notablemente al promedio nacional (600 días). En la Figura 11 se muestran las tendencias del IEP y la eficiencia reproductiva a lo largo de 23 años en el

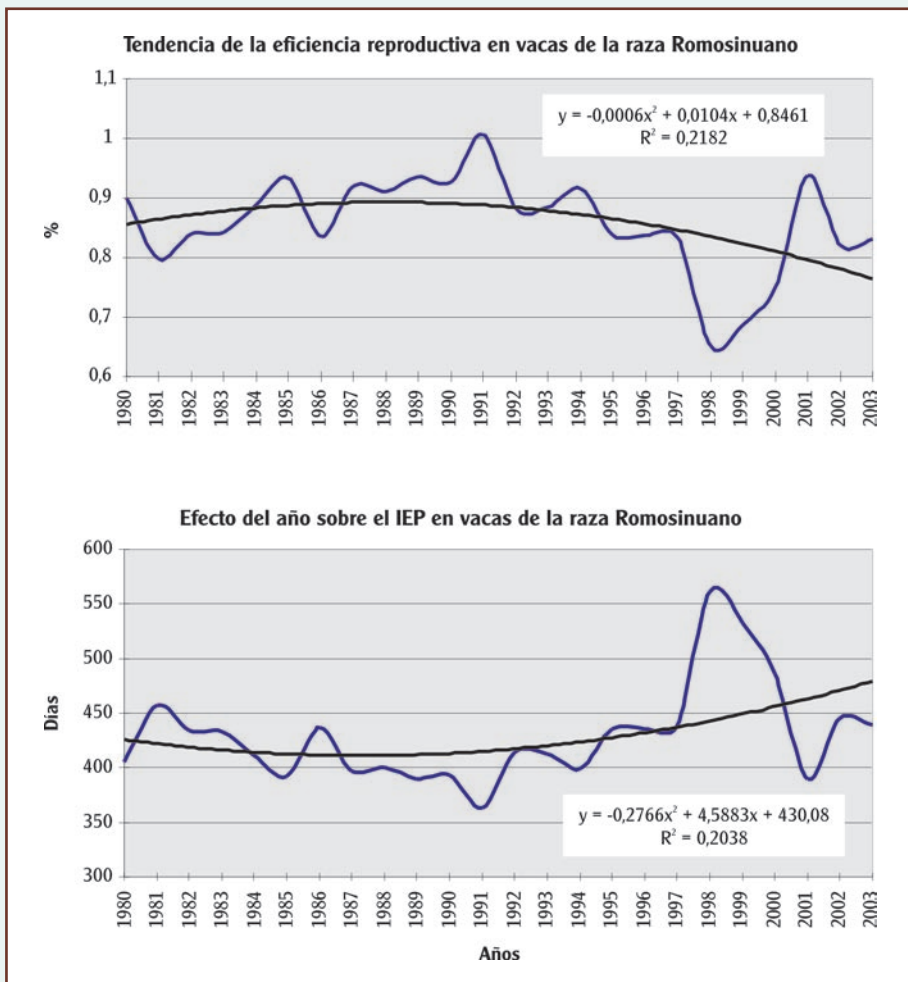


Figura 11.

Comportamiento retrospectivo de la eficiencia reproductiva y del intervalo entre partos (IEP) en vacas Romosinuano del Banco de Germoplasma *in situ* del C.I. Turipaná.



núcleo de bovinos de la raza Romosinuano del Banco de Germoplasma *in situ*. Se puede observar que la eficiencia reproductiva generalmente se encuentra por encima de 80%, e incluso, entre los años 1987 a 1992, presentó valores superiores a 90%, lo que significa valores de IEP inferiores a 400 días y da cuenta de la excelente capacidad reproductiva de esta raza criolla.

En cuanto al efecto de la edad de la vaca y el número de partos sobre el IEP y la eficiencia reproductiva, en este estudio fue evidente que en el período entre el primer y segundo partos la capacidad reproductiva de las hembras es discreta; no obstante, en todos los casos siempre fue superior a 80%, lo que señala un IEP de 460 días. Se observó que esta característica mejora progresivamente con la edad de la hembra: después del quinto parto la eficiencia reproductiva es superior a 90% , lo que equivale a un IEP inferior a 400 días (Figura 12).

Peso vivo al parto

Con relación al peso vivo al parto (PVP), también fue evaluada la incidencia de la edad sobre el peso al parto de vacas criollas Romosinuano; se encontró un promedio de 453.54 ± 63.15 kg y un coeficiente de variación del 13.92%, lo que indica que existe una variación baja para esta característica. La Figura 13 ilustra el efecto de la edad sobre el peso de las vacas al parto, peso que va aumentando progresivamente hasta la edad de 80 meses, en la que alcanzan una diferencia de 33 kg; no obstante, a partir de esta edad el peso empieza a disminuir paulatinamente.

Componentes de varianza y parámetros genéticos que influyen en los caracteres reproductivos en hembras Romosinuano

Con base en la información acumulada de índole reproductiva y los anteriores índices (EPP, edad al primer parto; IEP, intervalo entre partos; PVP, peso vivo al parto), se estimaron los valores de componentes de varianza y algunos parámetros genéticos. En el cálculo de los valores de heredabilidad no se tuvieron en cuenta los efectos maternos directos, pero si los efectos de ambiente permanente para las características IEP y peso al parto, con el fin de poder calcular valores de repetibilidad para estas características. En la Tabla 5 (página 32) pueden observarse dichos resultados.

En general, se encuentran valores de heredabilidad altos con baja desviación para la edad al primer parto (EPP), lo que permitiría aplicar con seguridad

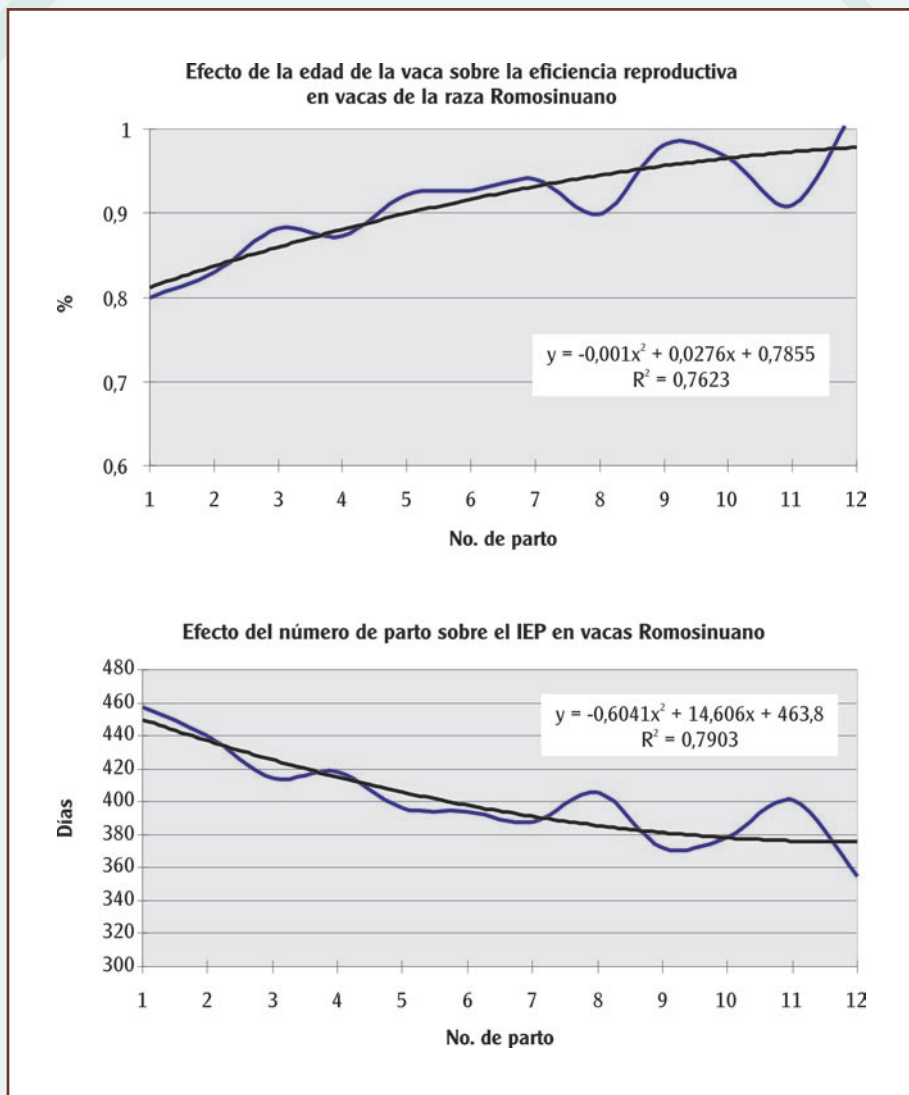


Figura 12.
*Comportamiento retrospectivo del número de partos y de la edad en vacas Romosinuano del banco de germoplasma *in situ* del C.I. Turipaná.*

estrategias de selección en esta población que busquen disminuir este índice cuyo comportamiento fenotípico presenta valores altos, con lo que pueden lograrse progresos genéticos apreciables en corto tiempo.

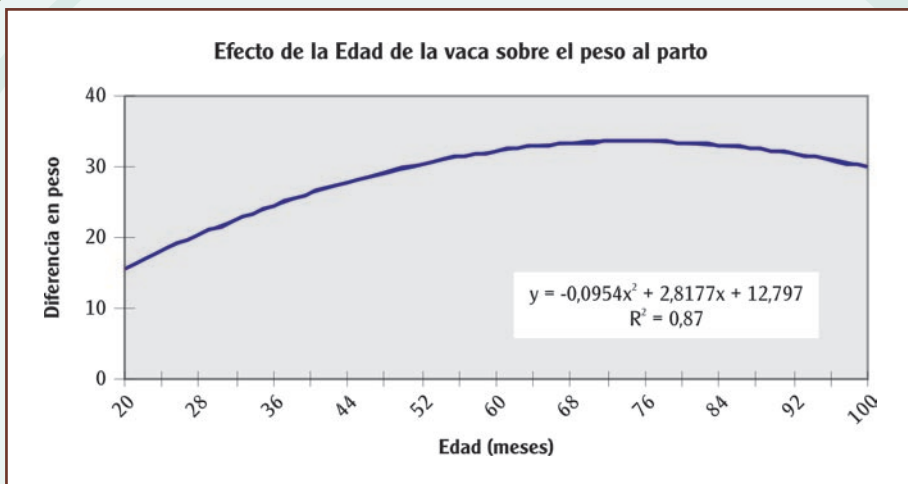


Figura 13.
Efecto de la edad de la vaca sobre su peso al parto en ganado Romosinuano.

Tabla 5.
Componentes de varianza y parámetros genéticos estimados para características reproductivas en hembras de la raza criolla Romosinuano.

Parámetro	EPP	IEP	PVP
σ_a^2	66.7490	764.4980	1528.0830
σ_{pe}^2	-	180	427.41
σ_e^2	12.0469	14289	753.7817
σ_i^2	78.7960	15233	2709.2787
h_d^2	0.850 ± 0.049	0.050 ± 0.022	0.560 ± 0.031
p^2	-	0.012 ± 0.025	0.16 ± 0.04
e^2	0.15 ± 0.049	0.94 ± 0.021	0.28 ± 0.029
r	-	0.062	0.72

EPP: edad al primer parto; IEP: intervalo entre partos; PVP: peso vivo al parto; σ_a^2 = varianza aditiva directa; σ_{pe}^2 = varianza de ambiente permanente; σ_i^2 = varianza fenotípica total; σ_e^2 = varianza del error; h_d^2 = heredabilidad directa; p^2 = varianza de ambiente permanente como proporción de σ_i^2 ; e^2 = varianza del error como proporción de σ_i^2 ; r = repetibilidad.

Para la característica intervalo entre partos (IEP) se encuentra un valor de heredabilidad muy bajo (0.05 ± 0.022); en este caso la varianza no aditiva y el ambiente juegan un papel importante en la variación de este carácter.



Igualmente, se nota que la varianza debida a efectos de ambiente permanente entre las vacas es muy reducida y por ello su valor como proporción de la varianza total fue de sólo 0.012 ± 0.025 . En este caso, la varianza ambiental llega a ser el 94% de la varianza total. Esto ocurre porque estos caracteres reproductivos están controlados en mayor medida por genes de acción no aditiva y por la interacción con otros genes, por lo que no sería recomendable incluir este parámetro en una estrategia de selección; por el contrario, mejoras en el ambiente pueden tener un mayor impacto en el desempeño del IEP.

Así mismo, los valores de repetibilidad para el IEP presentan valores muy bajos (0.062), lo que puede indicar que hay baja relación entre el comportamiento de las vacas para el intervalo entre partos a través del tiempo y que no sería recomendable descartar una vaca por valores altos de IEP en la época de sus primeros partos, ya que en partos sucesivos puede mejorar.

Por último, el peso de la hembra al parto (PVP) presentó un valor de heredabilidad alto y un bajo valor de desviación (0.56 ± 0.031); esta característica de comportamiento productivo se encuentra menos influida por efectos ambientales, aunque se aprecia que éstos afectan el 28% de la varianza total. En este caso, la varianza debida a efectos de ambiente permanente entre las vacas controla el 16% de la varianza total. Por su parte, la repetibilidad para esta característica alcanzó un valor de 0.72, lo que indica una correlación alta entre pesos en partos sucesivos; en efecto, se espera que vacas pesadas en primeros partos también lo sean en partos sucesivos.

En términos generales, la heredabilidad para el carácter netamente reproductivo (IEP) es baja, mientras se presentaron valores altos para los caracteres de peso vivo al parto (PVP) y edad al primer parto (EPP). Ello señala que para el IEP la variabilidad causada por los efectos de los genes que actúan sobre estos caracteres es baja, con poca varianza genética aditiva y mayores efectos genéticos no aditivos y del ambiente; por esta razón sería necesario reducir la influencia de los factores no genéticos o ambientales para mejorar este carácter. Por el contrario, respecto de la EPP y el PVP –así como para los caracteres de crecimiento–, es factible aplicar estrategias de selección dada la influencia significativa (moderada a alta) del componente genético.



Capítulo 5

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN GANADO ROMOSINUANO

En contraste con la abundancia de información referente a las características productivas y reproductivas de genotipos bovinos especializados para la producción de carne o leche, adaptados a las condiciones climáticas de las zonas templadas, la información sobre los recursos ganaderos adaptados a climas cálidos y/o húmedos en la zona tropical está generalmente limitada a las razas cebuínas (*Bos indicus*), principalmente al Brahmán americano (Hammond *et al.*, 1996); son pocos los estudios comparativos de comportamiento con adecuados controles en el manejo nutricional, tipos de cruzamiento, características de manejo y en el seguimiento de las condiciones climáticas, de tal manera que garanticen una verdadera respuesta fisiológica de los animales bajo las diversas situaciones medio ambientales del trópico (Navarrete *et al.*, 1995; González *et al.*, 1995).

Edad y peso a la pubertad

Atendiendo a la necesidad de generar información en el área reproductiva se llevó a cabo un trabajo de investigación en el Centro de Investigación Turipaná (Grajales *et al.*, 2006a), para lo cual se utilizaron 94 novillas destetadas (8 a 14 meses de edad) de los grupos 14 F1 Simmental × Cebú (SC); 28 F1 Holstein × Cebú (HC); 40 Romosinuano (R) y 12 Cebú (C), manejadas en potreros con máxima proporción de pasturas de Angleton (*Dichantium aristatum*) y Pará (*Brachiaria mutica*), se determinó la edad y peso a la pubertad (EP, PP) y su relación con la tasa de concepción en primera y segunda gestación (TC_1 , TC_2) y los intervalos de recuperación posparto (intervalo parto primer calor (IP_1Ca) e intervalo parto concepción (IPC)). Los resultados indican una edad y peso promedio a la pubertad de 372.07 ± 52.31 días y 283.07 ± 35.68 kg para el grupo HC, 424.15 ± 55.41 días y 320.23 ± 38.97 kg para el grupo SC, 601.29 ± 38.32 días y 315.47 ± 19.50 kg para el grupo R y de 713.27 ± 60.52 días y 400.18 ± 52.39 kg para el grupo C (Figura 14), presentándose diferencias significativas para la EP entre todos los grupos raciales evaluados ($P < 0.0001$), mas no para el PP ($P > 0.0001$) en donde los grupos SC y R presentaron un



comportamiento sin diferencias entre ellos e intermedio con respecto a los grupos HC y C.

Tanto para EP como para PP se observa el efecto de carácter genético que determina importantes variaciones en el comportamiento de los diferentes grupos raciales; así, en los grupos cruzados HC y SC se denota la participación de una raza especializada, donde se manifiestan efectos de la heterosis, por lo que se da el inicio de su actividad reproductiva a menor edad y peso con respecto a las poblaciones puras, como los grupos C y R, en los que evidentemente se obtiene más tarde la pubertad (Figura 14).

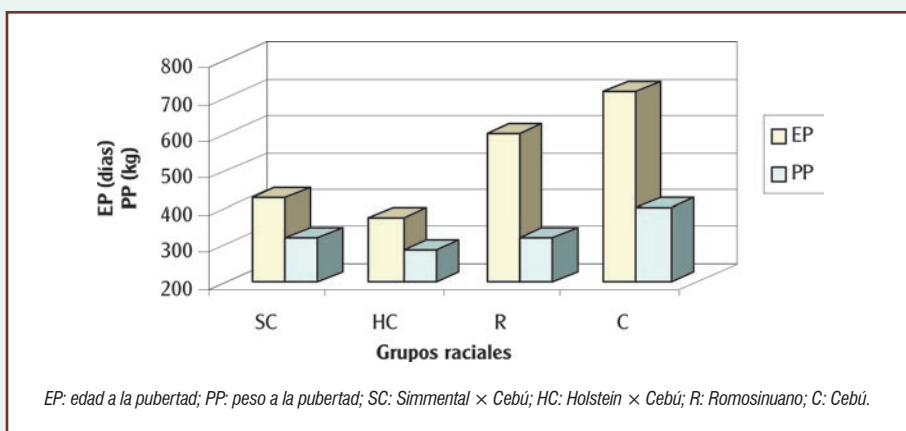


Figura 14.
Edad y peso a la pubertad en bovinos en el trópico cálido húmedo colombiano.

El grupo Romosinuano presenta un comportamiento con un mínimo nivel de variación respecto a los valores reportados para edad y peso a la pubertad (570 ± 23.4 y 587.9 ± 88 días; 301 ± 7.5 y 292.7 ± 43 kg) por Hammond *et al.* (1996) y González *et al.* (1995), respectivamente, insinuándose su mayor homogeneidad genética. Los datos indican que el grupo Romosinuano presenta una menor edad y peso a la pubertad con respecto al grupo Cebú, coincidiendo con lo observado por Hammond *et al.* (1996) quienes consideran que por este hecho el ganado Romosinuano puede contribuir con características reproductivas deseables como menor edad a la pubertad, mejor tasa de concepción, sin sacrificar características de adaptación tales como la tolerancia al calor.



Intervalo de recuperación posparto

En el mismo trabajo se pudo evidenciar que el grupo SC presentó un intervalo parto primer calor posparto (IP_1Ca) de 56.4 ± 41.13 días, sin encontrarse diferencias significativas con el grupo R con 82.5 ± 35.94 días ni con el grupo C que fue de 93.6 ± 73.23 días; sin embargo, el SC si tuvo diferencias significativas con el grupo HC, el cual presentó un IP_1Ca de 113.0 ± 72.94 días ($P < 0.0001$).

Se observa en general un amplio rango de variación para el IP_1Ca , denotándose la gran heterogeneidad genética dentro de los grupos SC, HC y C, y la mayor homogeneidad en el grupo R. Para el intervalo parto concepción (IPC) se presentó el menor número de días en la raza Romosinuano, con 86.3 ± 32.2 días (Tabla 6), lo cual demuestra su alta eficiencia reproductiva, que se debe en parte a la rápida recuperación ovárica posparto, comparado con otros grupos raciales manejados en las mismas condiciones.

Tabla 6.
Intervalos de recuperación ovárica posparto en bovinos en el trópico cálido húmedo colombiano.

	Intervalos de recuperación ovárica posparto	
	IP_1Ca (días)*	IPC (días)*
SC	56.4 ± 41.1 a	97.7 ± 79.9 ab
HC	113.0 ± 72.5 b	145.0 ± 77.0 b
R	82.5 ± 35.9 ab	86.3 ± 32.2 a
C	93.6 ± 73.2 ab	132.6 ± 111.0 ab

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.0001$).

* Promedios + desviación estándar.

IP_1Ca : intervalo parto primer calor posparto; IPC: intervalo parto concepción; SC: Simmental \times Cebú; HC: Holstein \times Cebú; R: Romosinuano; C: Cebú.

El efecto benéfico que determina la precocidad para edad a la pubertad (EP) en el grupo HC tiende a perderse cuando se evalúa el IPC. Las hembras HC y C, con los mayores IPC, presentan una menor eficiencia reproductiva con respecto a los grupos R y SC, las cuales podrían calificarse como de desempeño excelente.

Para los grupos evaluados en este seguimiento el IPC está dentro del rango que consideran Navarrete *et al.* (1995), Ruiz y Castillo (1995) y Norato y Simancas (1998) en sus trabajos con ganado doble propósito en el departamento de



Córdoba, de tal manera el comportamiento de las hembras en el grupo R se puede clasificar como “excelente” al estar 43 días por debajo de los 130 días, que sería el período óptimo para lograr una máxima eficiencia reproductiva en ganado tipo carne o doble propósito.

En el medio colombiano, para las explotaciones ganaderas de la costa noroccidental, donde prevalecen sistemas con manejo tradicional y sin ningún tipo de tecnología, la mayoría de los IPC están próximos al valor máximo del rango reportado por Pareja (1994) que va de 70 a 508 días o por Kleemann (1992) que, para ganaderías doble propósito en la costa norte de Colombia, reporta valores entre 207 y 488 días; en el caso de la investigación que se presenta, las hembras SC tuvieron un IPC con un rango de 20 a 225, las HC de 33 a 299, las R de 30 a 167 y las C de 45 a 354, siendo notable la mayor homogeneidad demostrada por el grupo Romosinuano.

Tasa de concepción

Cuando se evalúa la tasa de concepción en la primera gestación, se destaca la eficiencia reproductiva, determinada por una tasa de concepción en la primera gestación (TC_1), primer servicio de 78.95% y segundo servicio de 15.79% demostrada por el grupo Romosinuano, con diferencias significativas ($P < 0.0001$) con los otros grupos, que tuvieron 61.55% primer servicio y 15.38% segundo servicio para el grupo SC, 64.0% y 12.0% respectivamente para el HC, y 54.55% y 27.27% respectivamente para el C (Tabla 7).

Para la tasa de concepción en la segunda gestación, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre el desempeño del grupo Romosinuano con respecto a los demás grupos y entre el C con respecto a los grupos SC y HC, siendo drástica la disminución de la eficiencia reproductiva de los dos últimos, por un incremento en la presentación de hembras con dificultades para quedar preñadas (síndrome de hembra repetidora de calor o de servicio). Es de resaltar la mayor eficiencia reproductiva del grupo Romosinuano, con una tasa de concepción en la segunda gestación (TC_2) de 80.0% (a primer servicio) y de 14.3% (a segundo servicio), en contraste con una significativa disminución del valor para los demás grupos raciales, que no superaron el 45% (a primer servicio) (Tabla 7).

Una de las maneras de indicar la adaptación de una raza a un ambiente determinado, es por medio de su eficiencia reproductiva, la que se detecta por



Tabla 7.
Eficiencia reproductiva evaluada por la tasa de concepción para novillas y vacas en el trópico cálido húmedo colombiano.

	TC ₁ (%)		TC ₂ (%)	
	1er Serv.	2do Serv.	1er Serv.	2do Serv.
SC	61.55	15.38	36.36	9.09
HC	64.0	12.0	42.3	19.2
R	78.95	15.79	80.0	14.3
C	54.55	27.27	45.45	36.36

TC₁ = tasa de concepción primera gestación; TC₂ = tasa de concepción segunda gestación; 1er Serv. = primer servicio; 2do Serv. = segundo servicio; SC: Simmental × Cebú; HC: Holstein × Cebú; R: Romosinuano; C: Cebú.

características como porcentaje de preñez e intervalo entre partos (Arboleda, 1996). Porcentajes de preñez menores al 75% para grupos de cría en ambientes tropicales, se pueden considerar desfavorables; el comportamiento observado para los grupos Romosinuano y Cebú, es superior a los reportes previos de Hernández (1996), que refiere un 59.3% para ganado Cebú y hasta un 65.5% para cruces Cebú × Criollo.

Se denota el efecto del ambiente tropical sobre el desempeño animal, demostrándose el comportamiento sobresaliente de individuos, como lo es el grupo Romosinuano, en donde muy probablemente la potencialidad de la respuesta obedece a un proceso de ajuste y adaptación de su genotipo a las condiciones ambientales del trópico.

Duración del ciclo estral

Aunque las características del ciclo estral son similares para la mayoría de las razas bovinas, se han reportado diferencias entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, indicando, que el comportamiento estral para los *Bos indicus* es de más corta duración, lo que disminuye el intervalo entre el inicio del estro a la ovulación. La mayoría de los datos indican que la eficiencia reproductiva en vacas Cebú es menor que en las razas europeas, siendo mejor el desempeño de las razas “criollas” no obstante, no se ha definido cómo estas diferencias son debidas a la raza *per se*, al efecto determinado por el medio ambiente dado o a fenómenos fisiológicos de “adaptación” aún no reconocidos.



Grajales *et al.* (2006b) realizó estudios para determinar la duración del ciclo estral (DCE), la eficiencia en la detección de calores (EDC) y el comportamiento de los niveles de progesterona (NP) durante la pubertad y las fases del ciclo estral (CE): fase folicular (FF) y fases luteales temprana, media y tardía, respectivamente (FLtp, FLm y FLtr), comparando su comportamiento entre novillas de cuatro grupos bovinos: Simmental × Cebú (SC), Holstein × Cebú (HC), Romosinuano (R) y Cebú (C), bajo las condiciones propias del Centro de Investigación Turipaná.

El promedio general de duración del ciclo estral fue 18.84 ± 3.29 días, siendo 18.87 días para el grupo R de 19.18 días, sin diferencias significativas ($P < 0.001$) ni entre razas ni entre ciclos dentro de razas. La variación en la duración promedio de los ciclos, permitió su clasificación en ciclos de corta (≤ 17 días), normal (18 – 22 días) y larga duración (> 23 días). Los datos indican que no existen diferencias significativas ($P < 0.001$) entre razas para esta clasificación del tipo de ciclo, con un 73.56% de ciclos de duración normal en la raza R y un 65.79% para la raza C. Para el porcentaje de animales que presentan ciclo estral de duración corta o larga no se presentaron diferencias significativas entre razas (Tabla 8).

Tabla 8.

Tipo de ciclo de acuerdo con su duración para novillas en los grupos raciales bovinos evaluados en el trópico cálido húmedo colombiano (%).

	Tipo de Ciclo (%)		
	Corto (≤ 17 días)	Normal (18 a 22 días)	Largo (> 23 días)
SC (14)	18.33	66.67	15.00
HC (28)	20.00	66.67	13.33
R (20)	14.94	73.56	11.49
C (12)	28.95	65.79	5.26

SC: Simmental × Cebú; HC: Holstein × Cebú; R: Romosinuano; C: Cebú.

Los resultados muestran que el grupo Romosinuano mantiene una mayor tendencia a la normalidad en la duración de los ciclos estales, demostrando una mejor regularidad y posiblemente acondicionamiento a las condiciones medio ambientales, como podría ser los efectos de las altas temperaturas, que provocarían “estrés térmico”, que se ha indicado puede conllevar a una más rápida regresión luteal (Gil *col.*, 1980).

Las hembras Romosinuano presentan la mejor tasa de concepción (TC) en primera y segunda gestación (sumatoria de los dos primeros servicios), demostrando que son un grupo racial con una baja incidencia de hembras problema y con un desempeño reproductivo superior a otros grupos evaluados bajo las mismas condiciones. Las hembras del grupo Romosinuano presentan un 87.6% de perfiles de progesterona tipo "normal", es decir, muestran actividad hormonal y funcionalidad reproductiva antes del día 100 posparto, en comparación con un 63.6% del grupo SC y un 41.7% del grupo HC, lo cual puede ser una razón que justifique el excelente comportamiento reproductivo de las hembras Romosinuano.

Capítulo 6

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA CARNE BOVINA DE LAS RAZAS ROMOSINUANO, CEBÚ Y SUS CRUCES



La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA–, se ha propuesto el objetivo de realizar investigaciones que propendan por el mejoramiento de los indicadores de productividad y calidad de la carne con fines de exportación; en desarrollo de tal objetivo, se han venido desarrollando trabajos que buscan evaluar el desempeño del ganado criollo Romosinuano en forma pura y en cruzamientos con la raza Cebú comercial y con razas europeas (Figura 15).



Figura 15.
Animal resultante del cruce Romosinuano Cebú en el C.I. Turipaná de CORPOICA (Cereté, Córdoba).



Ha sido posible demostrar que el vigor híbrido en los bovinos produce mayores aumentos de peso en los animales cruzados en comparación con las razas parentales, lo cual se define en términos de crecimiento como una mayor precocidad: los novillos alcanzan el peso apropiado para el sacrificio a una edad más temprana, es decir “más carne en menos tiempo”. En el caso colombiano, los animales resultantes del cruce entre el Cebú y los diferentes bovinos criollos existentes a nivel nacional, alcanzan un incremento promedio notable en su peso corporal a los 18 meses de edad (16.2%) comparado con el peso promedio de sus progenitores (Hernández, 1981).

Cuando se aparea el toro criollo Romosinuano con vacas Cebú comercial se incrementa la ganancia de peso en los híbridos con relación a las razas puras (Hernández 1981; Jiménez y col., 1988). Según Jiménez y col. (1988) el mayor peso al sacrificio se obtiene con el cruce Romo × Cebú, seguido por el $\frac{3}{4}$ Cebú × $\frac{1}{4}$ Romo y el $\frac{3}{4}$ Romo × $\frac{1}{4}$ Cebú con 467.7, 429.1 y 399.2 kg, respectivamente, en animales de menos de 30 meses. En cuanto al rendimiento en canal caliente, el cruce F1 Romo × Cebú obtuvo el 60% superando los rendimientos de las canales $\frac{3}{4}$ Romo × $\frac{1}{4}$ Cebú (56.5%) y $\frac{3}{4}$ Cebú × $\frac{1}{4}$ Romo (58.3%).

Con relación a la calidad, diversos autores coinciden al definir la carne proveniente del ganado *Bos indicus* como “menos tierna” que la carne proveniente del ganado *Bos taurus* y esto tiene que ver con el proceso de proteólisis del músculo (Crouse y col., 1989, Riley y col., 1986).

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos por CORPOICA en un estudio desarrollado en el año 2005, en los C.I. Turipaná y Tibaitatá, en el que se evaluaron los patrones de crecimiento (ganancia de peso) en novillos puros Romosinuano, Cebú comercial y sus cruces F1.

Así mismo, se presentan los resultados obtenidos en pruebas analíticas implementadas para desarrollar parámetros tecnológicos que definan la calidad de la carne en Colombia: a) calidad organoléptica o sensorial (terneza y jugosidad); b) calidad nutricional (bajos niveles de grasa y perfil de ácidos grasos) y c) caracterización molecular del gen de la leptina, prueba que se realizó con el fin de comprobar las características de calidad obtenidas.

Finalmente, se reportan los resultados de una evaluación de la composición y calidad de carne de los animales *in vivo* mediante la técnica del ultrasonido, la cual proporciona ventajas para acceder a sistemas de comercialización con alto valor agregado (ver página 66).



Crecimiento y rendimiento al sacrificio en bovinos Romosinuano, Cebú y sus cruces

Ubicación y condiciones de producción

El C.I. Turipaná de CORPOICA y la empresa ganadera COPIAGROS (finca “El Diamante”) se encuentran ubicadas en la microrregión Valle del Sinú, la cual presenta las algunas condiciones agrofísicas especiales: en este nicho predomina el clima subhúmedo y húmedo tropical, con precipitaciones mensuales que oscilan entre 110 y 182 mm; la pluviosidad anual promedio en el norte del Valle se calcula en 1.000 mm y en más de 2.000 mm hacia el sur, con un período lluvioso entre los meses de abril y noviembre. La temperatura promedio es de 28°C, exceptuando algunos sitios elevados como el Nudo de Paramillo y el cerro Murrucucú. La humedad relativa promedio es de 80%.

Por su parte, el C.I. Turipaná está localizado en la costa Caribe de Colombia, a una latitud de 8° y 25' Norte, longitud 75° 53' Oeste y una altitud 13 msnm, con topografía plana, temperatura anual de 28°C, humedad relativa promedio de 82% y pluviosidad promedio de 1.200 mm anuales. El suelo presenta un pH de 5.5, con 5.9% de materia orgánica, 25.8 ppm de fósforo y 282.3 ppm de azufre; se reportan 14.0 cmol*kg de Ca, 10.2 cmol*kg de Mg, 2.85 cmol*kg de K y 0.5 cmol*kg de Na.

En el C.I. Turipaná se utilizó un área de cuatro hectáreas (ha) con pasto Mulato y cinco hectáreas de pasto *B. decumbens*; ambos potreros fueron manejados bajo el sistema rotacional, con un esquema de 22 días de descanso y dos días de ocupación durante la época de lluvias, y 33 días de descanso y tres de ocupación durante la época seca. No se utilizaron fertilizantes y el control de malezas se hizo manualmente con machete y barretón.

La Finca el Diamante, ubicada en la vereda El Totumo, kilómetro 2 vía Cereté – Lórica, municipio de Cereté, departamento de Córdoba, tiene una altura de 10 msnm, topografía plana, con una temperatura promedio anual de 28°C, humedad relativa promedio de 82% y pluviosidad promedio anual de 1.200 mm, de los cuales aproximadamente el 80% se precipitan en el periodo comprendido entre los meses de mayo a noviembre. El área utilizada para la evaluación fue un potrero de 6.5 ha, con predominio de pasto Angleton (*Dichanthium aristatus*) y presencia de leguminosas nativas, especialmente de los géneros *Desmodium* y *Centrocema*, además de gramíneas no deseables como la Hierba agria (*Paspalum conjugatum*); el lote fue dividido en 13 potreros



($\frac{1}{2}$ ha cada uno) por medio de cerca eléctrica de dos hilos a los cuales se les llevó agua para el consumo animal por medio de tuberías.

Curvas de crecimiento en Romosinuano, Cebú y sus cruces

A fin de establecer las curvas de crecimiento estándar, se evaluó el comportamiento de la ganancia de peso en diferentes etapas del ciclo productivo: al nacimiento, al destete (270 días) y al sacrificio (730 días), comparando los tres tipos raciales considerados en el estudio.

Peso al nacimiento. En cuanto a esta característica no existieron diferencias estadísticas significativas entre grupos raciales ($P > 0.05$), siendo el promedio general para estos tres tipos raciales de 31.23 ± 2.14 kg (C.V. de 6.85%) (Tabla 9). Estos valores concuerdan con lo reportado por Lucero (2003), quien encontró pesos al nacimiento de 33.1 kg para animales de la raza Cebú, 30.59 kg para el tipo racial Romosinuano y 29.9 kg para animales cruzados. Mientras que en trabajos realizados por Custodiar S.A. en la hacienda "La Leyenda" reportan para el Romosinuano pesos de 29.5, para el Romo \times Cebú 27.5 y para el Cebú 28.5 kg.

Tabla 9.

Pesos promedio obtenidos al nacimiento para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	Peso (kg)
Romosinuano \times Cebú	29.56 ± 2.09
Romosinuano	31.62 ± 4.53
Cebú	33.00 ± 3.31

Peso al destete ajustado a los 270 días. Para esta característica es preciso resaltar el excelente comportamiento que presenta el cruce Romosinuano \times Cebú, el cual alcanza un peso de 228.0 ± 25.3 kg lo que significa una ganancia de peso diaria de 0.735 kg. Por otra parte, el peso al destete ajustado a los 270 días para la raza Romosinuano concuerda con lo reportado en el capítulo 4 (207.8 ± 45.1 kg) (Tabla 10). Esto muestra el efecto benéfico de la heterosis en el sistema de cruzamiento implementado, el cual produce una mejora del crecimiento cuando se cruzan animales especializados en la producción de carne (Cebú) con animales que tienen un amplio grado de adaptación al medio ambiente tropical (razas criollas); ello representa una alternativa adecuada para optimizar los indicadores productivos de las ganaderías comerciales del país.



Tabla 10.

Peso ajustado al destete (270 días) para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	Peso (kg)	Ganancia diaria de peso (kg)
Romosinuano × Cebú	228.0 ± 25.3	0.735 ± 0.086
Romosinuano	207.4 ± 20.2	0.651 ± 0.058
Cebú	180.3 ± 12.8	0.546 ± 0.035

Peso ajustado a los 730 días. El mejor comportamiento para este rango de edad se encontró en los animales cruzados F1 que presentaron un valor promedio de 422.7 ± 31.3 kg, seguidos por los animales puros de la raza Romosinuano con 404.4 ± 18.8 kg y por la raza Cebú que presentó el menor rendimiento a esta edad con aproximadamente 24 kg menos que el Romo (Tabla 11). No obstante, se observa un mejor comportamiento en la ganancia diaria de peso de los animales de la raza Cebú con 0.474 kg, demostrando la habilidad de esta raza en la producción de carne, seguido por los animales Romosinuano y el cruce (Romo × Cebú) los cuales llegan a los 0.428 y 0.423 kg. de ganancia de peso por día.

Tabla 11.

Peso ajustado a los 730 días y ganancia de peso diaria entre 270 y 730 días para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	Peso (kg)	Ganancia diaria de peso (kg)
Romo × Cebú	422.7 ± 31.3	0.423 ± 0.062
Romosinuano	404.4 ± 18.8	0.428 ± 0.042
Cebú	398.5 ± 11.6	0.474 ± 0.027

En la Figura 16 se pueden observar las curvas de crecimiento de cada uno de los grupos raciales evaluados y su respectiva ecuación de predicción; cabe destacar que el mayor peso durante todo el tiempo de estudio se presentó en los animales cruzados, seguidos por los ejemplares Romosinuano y, por último, el grupo racial Cebú.

Rouquette y col. (2001) encontraron que los cruces obtienen mejores rendimientos que los animales puros y presentan una mejor conversión alimenticia, pues reportan ganancias diarias de peso de 1.93 kg en animales



Hereford × Brahmán con una conversión alimenticia de 3.01, seguidos por animales Romo × [½ Romo × (¼ Angus × ¼ Brahmán)] con 1.60 kg de ganancia diaria de peso y 3.22 de conversión alimenticia; por último, encontraron animales del grupo racial Brahmán con una ganancia diaria de peso de 1.10 kg y una conversión alimenticia baja de 4.19. Es preciso aclarar que estos

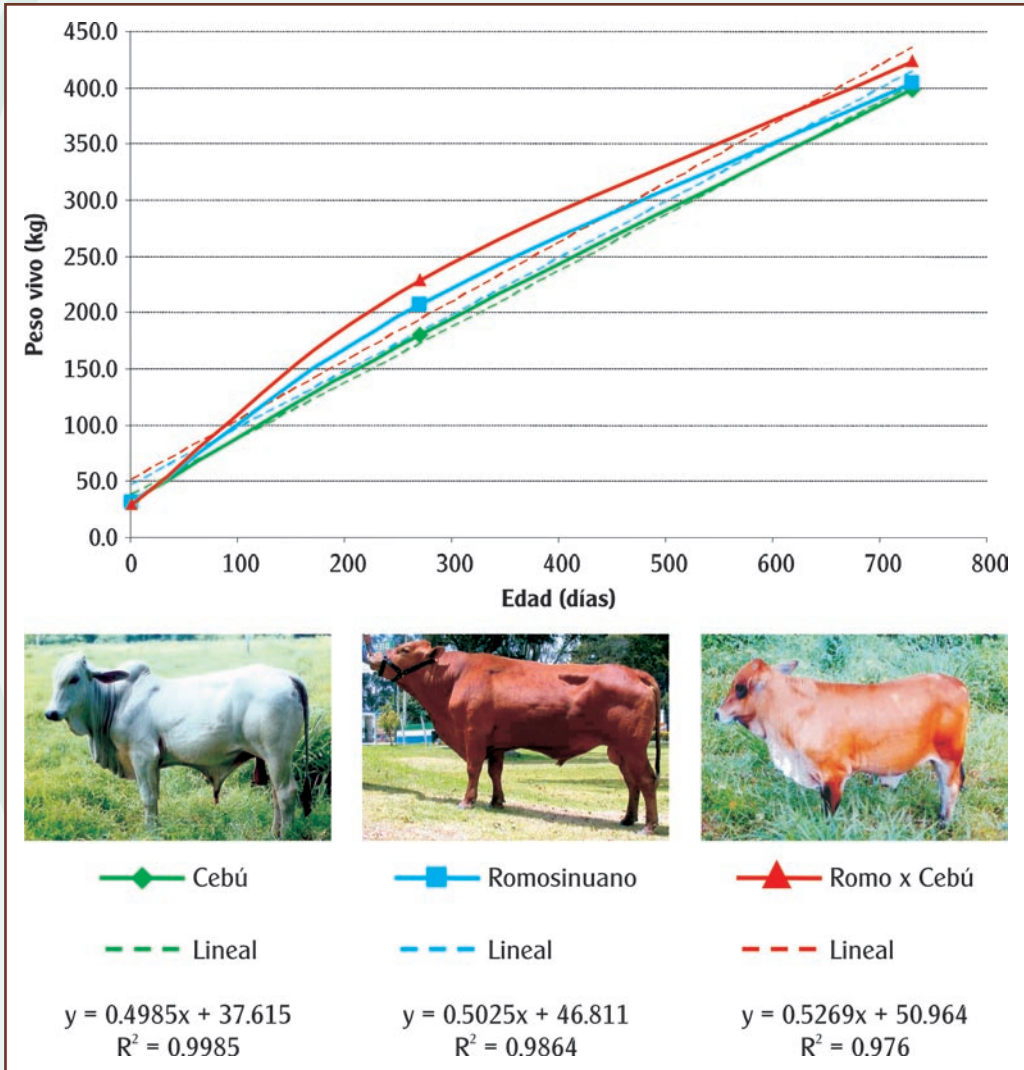


Figura 16.
Curvas de crecimiento obtenidas para los grupos raciales Romosinuano, Cebú y sus cruces.



animales fueron manejados bajo estabulación y alimentados con dietas ricas en energía, por lo cual presentan mejores ganancias de peso que los animales del presente estudio.

Rendimientos al sacrificio, mermas de la canal y evaluación económica

Como se dijo anteriormente, los sistemas de cruzamiento se recomiendan para aprovechar el vigor híbrido cuando dos razas de diferente origen se aparean, pues el promedio de producción de estos animales es superior al promedio de sus progenitores. Sin embargo, en nuestro país los híbridos son los productos más relegados en el mercado de la carne, lo cual ha desincentivado a los productores. En la actualidad se ha visto la importancia que tienen los cruces de razas criollas con Cebú, ya que con ello se puede alcanzar los rendimientos ideales que demanda el frigorífico.

En estudios adelantados por CORPOICA se demostró que animales F1 suplementados llegan con pesos al sacrificio de 470 kg a una edad promedio de 24 meses, mientras que animales de la raza Cebú alcanzaron este peso a los 29 meses (Lucero, 2003).

Peso ajustado al sacrificio. Al ajustar el peso al sacrificio tomado en frigorífico (730 días) se observó que los animales cruzados (Rimosinuano × Cebú) presentaron el mayor peso (406.9 kg), seguidos por los animales de las razas Rimosinuano y Cebú, con pesos de 390.0 y 386.2 kg, respectivamente (Tabla 12).

Tabla 12.

Peso ajustado al sacrificio (730 días) para las razas Rimosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	Peso ajustado al sacrificio (kg)
Romo × Cebú	406.9 ± 30.1
Rimosinuano	390.1 ± 18.1
Cebú	386.2 ± 11.2

Merma del peso corporal entre el corral y el frigorífico. No existieron diferencias entre razas en la merma del peso corporal durante el transporte de los animales de la finca al frigorífico; se obtuvieron promedios generales de 14.17 ± 1.76 kg de merma (C.V. 12.44%), lo que indica una pérdida de peso de 3.46 ± 0.34% (C.V. 9.69%) (Tabla 13). Estos datos son inferiores a los reportados



por Carrillo (1982), donde las mermas fueron del 8% y esto causado muy probablemente por el transporte (mayor distancia recorrida).

Tabla 13.

Peso de la merma por transporte y su porcentaje para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	Peso (kg)	Porcentaje de merma (%)
Romosinuano × Cebú	15.8 ± 1.17	3.74
Romosinuano	14.3 ± 0.66	3.54
Cebú	12.3 ± 0.36	3.09

Pesos ajustados y porcentajes de merma en canales caliente y fría. Al hacer el ajuste del peso de la canal fría se obtienen mejores valores en el ganado de la raza Romosinuano y los cruzados con 225.5 kg y 220.4 kg, respectivamente; les siguen los animales del grupo racial Cebú con 209.5 kg. Esta misma tendencia se observa para el peso de la canal caliente (Tabla 14).

Tabla 14.

Pesos en canal caliente y canal fría ajustados a 730 días para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	PCC (kg)	PCF (kg)	Merma de peso (kg)	Porcentaje de merma (%)
Romosinuano × Cebú	223.8 ± 16.6 ^a	220.4 ± 16.3 ^a	3.40 ± 0.25 ^c	2.00 ^a
Romosinuano	231.7 ± 10.8 ^a	225.5 ± 10.5 ^a	5.14 ± 0.24 ^a	1.67 ^b
Cebú	213.1 ± 6.2 ^a	209.5 ± 6.1 ^a	4.00 ± 0.12 ^b	1.50 ^c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P < .0001)

PCC: Peso de la canal caliente; PCF: Peso de la canal fría.

Por otra parte, se verificaron diferencias estadísticas significativas entre razas (P < 0.001) para las pérdidas de peso de la canal durante el período de enfriamiento en frigorífico, obteniéndose un promedio general de 4.25 ± 0.26 kg (C.V. 6.20%); para esta variable la mayor merma la obtuvo la raza Romosinuano con 5.14 ± 0.17 kg, seguida por la raza Cebú con 4.00 ± 0.48 kg y por el cruce Romosinuano × Cebú que obtuvo la menor merma con 3.40 ± 0.56 kg.

En términos del porcentaje de merma se reporta un promedio general de 1.74 ± 0.11% (C.V. 6.28%); el mayor porcentaje lo obtuvo la raza Romosinuano con 2.00 ± 0.01%, seguido por la raza Cebú con 1.67 ± 0.24%; el cruce Romo × Cebú obtuvo el menor porcentaje de merma con 1.50 ± 0.40%.



Rendimiento en canal. Se presentaron diferencias estadísticas significativas entre razas ($P > .0001$) para el rendimiento de la canal (%); así, se obtuvo un promedio general de $55.56 \pm 1.61\%$ (C.V. 2.90%). El mayor rendimiento en canal lo obtuvo la raza Romosinuano con $57.81 \pm 2.36\%$, seguido por el cruce Romo \times Cebú y la raza Cebú con $54.17 \pm 0.61\%$ y con $54.25 \pm 0.38\%$, respectivamente. Estos resultados son muy similares a lo reportado por Lucero (2003), quien indica que el rendimiento en canal de animales cruzados se ubica entre 54.71% y 55.98%; por su parte, Piñeros (2000) indica que el rendimiento de estos animales cruzados está entre 52 y 54% y para el ganado Cebú entre 54 y 56% (Tabla 15). En trabajos realizados por Custodiar S.A., en la hacienda “La Leyenda”, reportan para el cruce de Romosinuano \times Cebú un rendimiento en canal de 56.1%, para el Cebú 56.3% y para otros cruces [Romo \times (Angus \times Cebú)] del 55.3%.

Tabla 15.

Rendimiento de la canal para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza o cruce	Rendimiento (%)
Romosinuano \times Cebú	54.17 ± 4.01^b
Romosinuano	57.81 ± 2.68^a
Cebú	54.25 ± 1.57^b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P < .0001$)

Jiménez y col. (1996) estudiaron la producción de carne desde el nacimiento hasta el sacrificio de animales Cebú y sus cruces con Romosinuano, evaluando el F1 Romo \times Cebú, el $\frac{3}{4}$ Cebú y el $\frac{3}{4}$ Romo; hallaron rendimientos en canal de 60%, 58.3% y 56.5%, respectivamente, valores muy por encima de los encontrados en el presente estudio.

Rendimiento de diferentes componentes de la canal. En cuanto al rendimiento en carne, se constató un mejor comportamiento de los animales Romosinuano y su cruce con Cebú (156.50 y 153.44 kg., respectivamente); además, la cantidad de grasa fue menor en el Romosinuano (11.95 kg) pero presentó una mayor cantidad de hueso (57.06 kg). El ganado Cebú y el cruce Romo \times Cebú presentaron las menores cantidades de hueso con 51.10 y 52.47 kg, respectivamente; en cuanto a la grasa se reportaron 15.75 y 14.51 kg, respectivamente (Tabla 16).



Tabla 16.

Pesos en frigorífico de carne, grasa y hueso para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza	Extra (kg)	Primera (kg)	Segunda (kg)	Tercera (kg)	Total carne (kg)	Hueso (kg)	Grasa (kg)
Romosinuano × Cebú	13.56	47.25	37.00	56.07	153.44	52.47	14.51
Romosinuano	15.48	47.58	50.77	44.08	156.50	57.06	11.95
Cebú	12.35	44.01	36.02	51.69	142.66	51.10	15.75

En términos de porcentaje, los resultados obtenidos indican que son muy similares los rendimientos en carne (cerca al 70%), hueso (entre el 23 y el 26%) y grasa (cerca al 5%) entre los diferentes grupos raciales considerados en el estudio.

Estos resultados se asemejan a lo reportado por Piñeros (2000) para la raza Cebú, quien indica que el rendimiento de carne magra se encuentra alrededor del 70%, pero difiere de los animales cruzados Cebú × criollo para los que el rendimiento en carne se ubica alrededor de 65%, mientras en el presente estudio los cruces obtuvieron rendimientos mayores de 69%.

Por otra parte, si se comparan estos resultados con lo reportado por Jiménez y col. (1996) se encuentra un rendimiento en carne como porcentaje de la canal muy similar al logrado en el presente estudio: reportan para los cruces Romosinuano × Cebú, $\frac{3}{4}$ Cebú y $\frac{3}{4}$ Romosinuano rendimientos de 70%, 70.5% y 70.9%, respectivamente, mientras los resultados obtenidos por CORPOICA fueron de 69.61%, 69.40% y 68.09% para los animales Romosinuano × Cebú, Romosinuano y Cebú, respectivamente (Tabla 17).

Tabla 17.

Porcentaje de carne, grasa y hueso con respecto al peso de la canal fría (PCF) para las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces. C.I. Turipaná, 2005.

Raza	Extra (%)	Primera (%)	Segunda (%)	Tercera (%)	Carne total (%)	Hueso (%)	Grasa (%)
Romo × Cebú	6.15	21.44	16.79	25.44	69.61	23.80	6.58
Romosinuano	6.86	21.10	22.51	19.55	69.40	25.30	5.30
Cebú	5.89	21.00	17.19	24.67	68.09	24.39	7.52



Respecto del rendimiento en hueso, Piñeros (2000) señala un 20% en animales Cebú y 25% en animales Cebú × Criollo; los resultados obtenidos en este estudio fueron muy similares para los tres grupos raciales. Así mismo, indica que el rendimiento de la grasa llega al 10% en animales Cebú y al 5% en animales cruzados Cebú × Criollo y en el presente estudio los rendimientos de grasa fueron muy similares (Tabla 18).

Tabla 18.

Comparación de los porcentajes de carne, grasa y hueso del presente estudio con los reportados por Piñeros (2000) para cada uno de los grupos raciales considerados. C.I. Turipaná, 2005.

Tipo	Cebú		Cebú × Criollo	Romo × Cebú	Romosinuano
	Piñeros	Estudio retrospectivo	Piñeros	Estudio retrospectivo	Estudio
Carne	70	68.09	65	69.61	69.40
Hueso	20	24.39	25	23.80	25.30
Grasa	10	7.52	5	6.58	5.30

Por otra parte, al hacer la evaluación del valor comercial de la carne producida para cada uno de los diferentes tipos raciales del estudio se observó que el ganado cruzado alcanzó un mayor valor, lo cual es causado por una mayor cantidad de carne magra (Tabla 19); al comparar el dinero obtenido por el total de la carne en los bovinos híbridos con el obtenido por la carne de las razas Cebú y Romosinuano, este valor es 3.23% y 2.66% mayor.

Tabla 19.

Valor comercial de la carne para cada uno de los diferentes tipos raciales considerados en este estudio retrospectivo. C.I. Turipaná 2005.

	Grupos raciales					
	Romosinuano × Cebú		Romosinuano		Cebú	
	kg	\$	kg	\$	kg	\$
Carne Extra	15.48	71,835	13.56	62,925	12.35	57,302
Carne 1 ^{ra}	47.58	213,174	47.25	211,687	44.01	197,144
Carne 2 ^{da}	50.77	219,342	37.00	159,854	36.02	155,622
Carne 3 ^{ra}	44.08	183,381	56.07	233,250	51.69	215,037
TOTAL	157.9	687,731	153.9	667,715	144.1	625,106
Precio / Kg		4,355		4,339		4,339
Diferencia con respecto al cruce (%)			-2.62	-3.00	-9.61	-10.02

Costo de la carne, según su categoría : Extra (\$ 4,640), Carne 1^{ra} (\$ 4,480), Carne 2^{da} (\$ 4,320) y Carne 3^{ra} (\$ 4,160).



Evaluación de la calidad organoléptica de la carne

La carne es uno de los alimentos más nutritivos para consumo humano debido a su contenido de proteínas de alto valor biológico, grasas, vitaminas y minerales. Provee calorías procedentes fundamentalmente de sus lípidos, pero su contribución vital a la dieta son las proteínas, las vitaminas del complejo B, ciertos minerales como hierro, zinc y fósforo, y ácidos grasos poli-insaturados esenciales de cadena larga como Omega 3 (Ω -3) y Omega 6 (Ω -6) (Hedrick y *col.*, 1994; Pearson y Dutson, 1994; Pearson y Tauber, 1984).

La industria de la carne bovina ha venido cambiando de acuerdo con las nuevas exigencias del consumidor; en general, se desean carnes de buena calidad con poca cantidad de grasa a un precio razonable (Pearson, 1966; Pearson y Dutson, 1994). Así mismo, prevalece una fuerte competencia de otras industrias cárnicas como la porcícola y la avícola, las cuales han venido incrementando su consumo *per capita* en los últimos años. Por tal razón, los productores de carne bovina actualmente están implementando estrategias para estimular y aumentar el consumo de carne bovina, mejorando la calidad del producto final por medio de la implementación de tecnologías aplicadas a la producción de carne con los siguientes objetivos (Wilson y *col.*, 1981):

- Disminuir el exceso de grasa en la carne.
- Realizar selección y manejo genético de los animales.
- Mejorar los planos nutricionales, el manejo y el transporte de los animales a los frigoríficos.

La calidad organoléptica o sensorial sigue siendo otro aspecto muy importante para definir las preferencias de consumo de la carne. La experiencia del mercado en otros países (Forest y *col.*, 1989) demuestra que la calidad de la carne bovina percibida por la mayoría de los clientes finales se refiere en mucho al carácter sensorial; es decir, a los atributos que se captan del producto con los órganos de los sentidos. Por tanto, diferentes atributos organolépticos –percibidos como un todo– gobiernan la aceptabilidad del producto por parte del consumidor y su disposición a pagar un buen precio para repetir la experiencia.

Entre los atributos que más influyen en la satisfacción del consumidor se destacan el carácter tierno (terneza), la jugosidad y el sabor de la carne cocida (Forest y *col.*, 1989). De estos tres factores la terneza juega el papel más decisivo (Shackelford y *col.*, 1991, 1995, 1997). Las otras sensaciones, especialmente



la jugosidad y la cantidad de tejido conjuntivo (residuo al masticar), están estrechamente vinculados con la terneza evaluada por catadores (Jerez y col., 1994; Huerta-Leidenz *et al.*, 1997).

Terneza de la carne

La terneza de la carne se define como la dificultad o la facilidad con la que ésta se puede cortar o masticar. Según Barton y col. (1988) la terneza se relaciona principalmente con los siguientes factores, los cuales son susceptibles de experimentar cambios ocasionados por la variación genética y/o por el medio ambiente:

- La degradación de la fibra muscular.
- El estado contráctil del músculo.
- La cantidad de tejido conectivo.
- La cantidad de grasa intramuscular o marmóreo¹.

Entre los factores enumerados, el marmóreo o grasa intramuscular se considera un atributo determinante de la jugosidad de la carne y, por tanto, también se relaciona con la terneza, razón por la cual la industria norteamericana le otorga importancia en la clasificación de las canales. Otros autores cuestionan la importancia del marmóreo, pues las revisiones clásicas de literatura (Preston y Willis, 1975; Dikeman, 1987) indican que sólo del 5 al 10 % de la variabilidad en palatabilidad se puede atribuir al marmóreo. Estos autores también afirman que los animales *Bos indicus* presentan niveles menores de marmóreo que los animales *Bos taurus* y que esta es una de las razones de la dureza de la carne del ganado Cebú. Además, Rouquette (2001) encontró que la carne de animales tipo *Bos indicus* presentan una mayor resistencia al corte, además de una mayor pérdida de agua durante el proceso de cocción (Tabla 20).

Otro factor importante que afecta la terneza es la madurez, cualidad que se refiere a la edad fisiológica y no a la edad cronológica. La edad cronológica se evalúa por la anatomía de la canal observando los tejidos óseos, musculares y adiposos. La relación entre edad cronológica y edad fisiológica varía entre razas y entre individuos de una misma raza. La inmadurez al sacrificio generalmente se relaciona con carnes blandas. A medida que los animales maduran

¹ N del E. Según el Diccionario de uso del español de María Moliner (Gredos, 1998), el término 'marmóreo-a' es un adjetivo derivado del latín que se refiere a la cualidad de un material que lo hace semejante a la apariencia del mármol. En industria cárnica se refiere al entreveramiento de vetas de grasa en las fibras musculares.



Tabla 20.

Pérdidas por cocción y resistencia al corte en muestras de carne procedentes de diferentes grupos raciales (Rouquette, 2001).

Tipo racial	Pérdidas por cocción (%)	Resistencia al corte (kgf)
Romo × [½ Romo × (¼ Angus × ¼ Brahmán)]	26.8 ^b	3.66 ^b
Herford × Brahmán	27.4 ^b	4.01 ^{ab}
Brahmán	32.6 ^a	4.17 ^a

Letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas (P < .001). kgf: kilogramos-fuerza.

la organización de las fibras de colágeno se hace más compleja y, por tanto, menos soluble al calor de la cocción, haciendo que las carnes cocidas sean más duras al corte (Cross *et al.*, 1984).

Entre los factores que inciden en la ternura de la carne se cuentan:

- Factor genético.
- Factor condición sexual.
- Factor alimentación.
- Factor edad.
- Factor posición anatómica.
- Factor estrés.
- Factor marmóreo, el cual se considera un atributo determinante de la jugosidad de la carne.

Evaluación de la resistencia al corte mediante la prueba de Warner-Bratzler

La estandarización de la metodología para la evaluación de la resistencia al corte, según la técnica de Warner Bratzler, se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad Organoléptica de Alimentos de CORPOICA, basándose en protocolos obtenidos del USDA – Meat Animal Research Center (1994, 1995, 1998, 1999). En la Figura 17 se describen las diferentes medidas que fueron realizadas en las muestras de carne.

Una carne puede ser catalogada según la fuerza al corte que opongan las fibras musculares por medio de la cuchilla de Warner Bratzler (WB) de la siguiente forma:

- “Ligeramente tierna” si la resistencia al corte según WB es menor de 6 kgf.

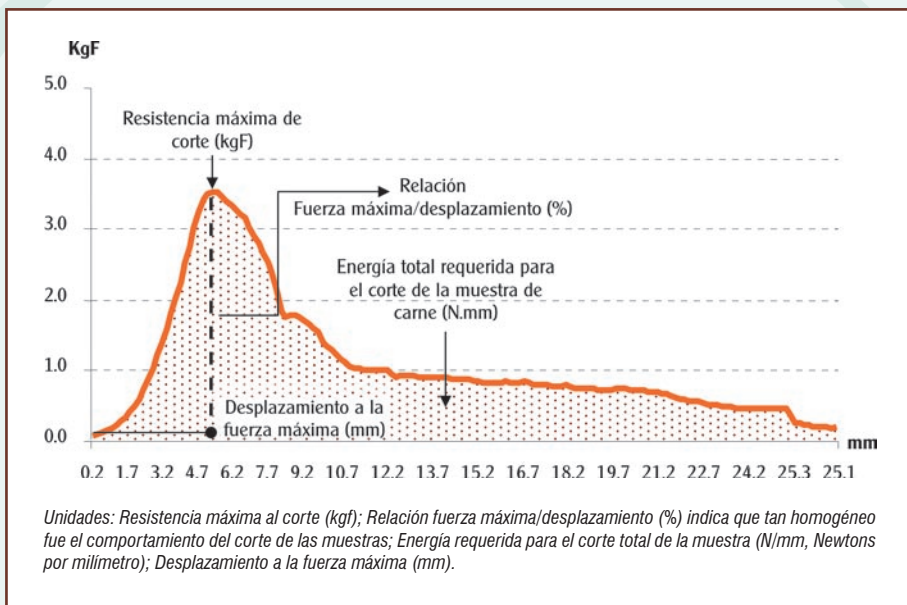


Figura 17.

Medidas tomadas en la prueba de resistencia al corte de la carne según la metodología de Warner-Bratzler.

Obsérvese que la línea naranja inicia en 0 para ir aumentando a medida que la cuchilla va cortando la muestra de carne hasta llegar a punto máximo (Resistencia máxima al corte) la cual para este caso es de 3.5 kgf, luego inicia el descenso hasta cuando termina de cortar totalmente la muestra, en la gráfica se observa que terminó el corte a los 25.3 mm.

- “Terneza intermedia” si la resistencia al corte según WB está entre 6 y 9 kgf.
- Por encima de los 9 kgf. la carne debe ser declarada “dura”.

Otros autores (Shackelford y col., 1997; Tatum y col., 1996; Huertas-Leindenz y Rodas-González, 1998; Sharon, 1995) han indicado que el umbral de 6 kgf no coincide con valoraciones de terneza propias de mercados más exigentes, como si lo son valores por debajo de 4,6 ó 3,8 kgf y, en consecuencia, proponen la siguiente clasificación:

- Carne “tierna” menor de 2,27 kgf.
- Carne “medianamente tierna” mayor de 2,27kgf y menor de 3,63 kgf.
- Carne “dura” mayor de 3,63 y menor de 5,44 kgf.
- Carne “extremadamente dura” mayor 5,44 kgf.



Por las anteriores razones se recomienda desarrollar estándares propios para definir los diferentes umbrales de terneza; en este sentido, CORPOICA está realizando nuevas investigaciones que permitan disponer de parámetros aplicables en Colombia para clasificar la terneza de las canales.

En este estudio se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.0001$) de la fuerza máxima de resistencia al corte con respecto al tipo genético utilizado, siendo el promedio general de 4.25 ± 0.91 kgf (C.V. 21.45%); este valor indica que en Colombia se están produciendo carnes del tipo *dura* según las clasificaciones de Shackelford y col. (1997), Tatum y col. (1996) y Huerta - Leindenz y col. (1998), y del tipo *ligeramente tierna* según la clasificación de Warner Bratzler.

En cuanto al coeficiente de variación (C.V.) obtenido, el estudio muestra una alta variabilidad y esto mismo ha sido expresado por Alvarado y col. (2001) quienes indicaron que la mayor fuente de variabilidad proviene de la propia falta de homogeneidad de las muestras.

Es necesario destacar la mejor terneza que exhibe la carne de los animales puros Romosinuano y los animales cruzados con 4.21 ± 0.96 kgf y 4.29 ± 0.85 kgf, respectivamente, seguidos por los animales del grupo racial Cebú con 5.10 ± 1.09 kgf; esto concuerda con lo reportado por Crouse y col. (1989) y Riley y col. (1986) quienes han demostrado que la carne de *Bos indicus* es menos tierna que la de *Bos taurus* y que esto tiene que ver con el proceso enzimático de proteólisis del músculo (ablandamiento de la carne por la rotura de partes del componente miofibrilar).

Así, la extensión de la proteólisis inducida por las calpaínas en bovinos (*Bos indicus*) y el vacuno europeo (*Bos taurus*) se correlacionan con la textura, siendo mayor la proteólisis en el *B. taurus*, cuya carne es, por lo general, más tierna. Los bovinos de tipo *Bos indicus* presentan en sus músculos actividades más altas del inhibidor calpastatina (Shackelford y col., 1991); siendo el ganado criollo Romosinuano de origen europeo (*Bos taurus*), y a pesar de haber experimentado un proceso de adaptación a las condiciones del trópico, ha mantenido las características de terneza que lo hacen una alternativa adecuada para la producción de carne de calidad.

También muy importante observar que esta característica se transmite a los animales cruzados Romosinuano \times Cebú. En estudios realizados por Vásquez y col. (2005) se presentaron valores muy similares (Tabla 21).



Tabla 21.

Resistencia al corte obtenida para cada una de las razas y comparación con otro estudio y diferentes clasificaciones.

Raza o cruce	Resistencia al corte obtenida en el estudio (kgf)	Resistencia al corte obtenida en otros estudios (kgf)	Clasificación WB
Romosinuano	4.21 ^a	4.78 ^a	"Ligeramente tierna"
Romo × Cebú	4.29 ^a	3.95 ^a	"Ligeramente tierna"
Cebú	5.10 ^b	5.16 ^b	"Ligeramente tierna"

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P<.0001).

Estos resultados de ternura pueden ser mejorados realizando un mejor manejo de la canal bovina durante las fases de faenamiento y almacenamiento, lo que mejora su calidad sensorial y reduce la resistencia al corte.

Evaluación del desplazamiento de la cuchilla a la fuerza máxima

Además del valor de resistencia máxima al corte obtenido, se evaluó el desplazamiento que debe experimentar la cuchilla de Warner Bratzler para ejercer la máxima fuerza de corte, el promedio obtenido fue 10.52 ± 1.19 mm (C.V. 11.30%), el cual no presentó diferencias estadísticas significativas (Tabla 22).

Tabla 22.

Desplazamiento de la cuchilla de Warner Bratzler para cada una de las razas consideradas en el estudio.

Raza o cruce	mm
Romosinuano	11.07
Romosinuano × Cebú	10.03
Cebú	10.10

Evaluación del desplazamiento total de la cuchilla

Así mismo, para corroborar que la cuchilla de Warner Bratzler presentaba un desplazamiento igual en todas las muestras, se evaluó su desplazamiento total encontrándose que no existieron diferencias estadísticas significativas (P>.0001). Se registró un promedio general de 25.24 ± 0.12 mm con un coeficiente de variación (C.V. 0.48%) que se considera bajo e indica la homogeneidad de la prueba para todas las muestras (Tabla 23).



Tabla 23.

Desplazamiento total de la cuchilla de para cada una de las razas consideradas en el estudio.

Raza o cruce	mm
Romosinuano	25.29
Romo × Cebú	25.19
Cebú	25.22

Relación fuerza máxima / desplazamiento

Por otra parte, se determinó la relación existente entre el valor obtenido de la fuerza máxima de resistencia al corte con respecto al desplazamiento de la cuchilla (%), con el fin de hallar el sector de la curva en el cual se encuentra este punto. Los resultados obtenidos indican que para los grupos raciales Romosinuano y Romo × Cebú no existen diferencias estadísticas significativas, pues la relación fuerza máxima/desplazamiento se ubica entre el 38 y el 44% del sector del área donde siempre se encontrará la mayor fuerza ejercida por el corte de la carne, pero si fue diferente con respecto a la raza Cebú (51.88%). El promedio general fue de $41.67 \pm 4.66\%$ (C.V. 11.18%), lo que señala que siempre la fuerza máxima se encontrara entre el 37 y el 47% del sector del área de la gráfica (Tabla 24).

Tabla 24.

Relación fuerza máxima / desplazamiento (%) para el corte de muestras de carne de cada una de las razas evaluadas en este estudio.

Raza o cruce	Relación fuerza máxima / desplazamiento (%)
Romosinuano	39.65 ^a
Romosinuano × Cebú	43.94 ^a
Cebú	51.88 ^b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P < .0001$).

Energía total requerida

Otro parámetro evaluado fue el de la energía necesaria para cortar totalmente la muestra de carne, el cual presentó un promedio general de 207.02 ± 67.75



N/mm (Newtons por milímetro) (C.V. 28.87%); se presentaron diferencias estadísticas significativas para esta medida, siendo mayor la energía requerida por las muestras de carne procedentes de los animales de la raza Cebú, lo cual correlaciona con la resistencia de corte reportada (Tabla 25).

Tabla 25.
Energía total usada para el corte de muestras de carne en cada una de las razas evaluadas en este estudio.

Raza o cruce	Energía total (N/mm)
Romosinuano	162.76 ^a
Romosinuano × Cebú	183.80 ^a
Cebú	274.99 ^b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P < .0001$).

Pérdidas por cocción de las muestras de carne

En cuanto a las pérdidas por cocción, no se observaron diferencias estadísticas significativas para cada uno de los grupos raciales en evaluación; en general, se constató una menor merma por cocción en la carne de animales cruzados, con $25.52 \pm 4.26\%$ (C.V. 16.68%), lo que incide positivamente sobre la jugosidad de la carne (Tabla 26). La raza Romosinuano presentó una merma por cocción de $27.53 \pm 4.95\%$ (C.V. 17.98%), mientras el Cebú mostró la mayor merma con $28.83 \pm 4.17\%$ (C.V. 14.47%). Estos datos son muy similares a los reportados por Rouquette (2001) e inciden directamente sobre la terneza final de la carne cocinada.

Tabla 26.
Pérdida de peso por cocción obtenida de muestras de carne de los grupos raciales evaluados en este estudio.

Raza o cruce	Pérdidas por cocción (%)
Romosinuano	27.53
Romo × Cebú	25.52
Cebú	28.83



Evaluación de la calidad nutricional de la carne de las razas Romosinuano, Cebú y sus cruces

La carne es una fuente de proteínas de alta calidad, así como de vitamina B-12, niacina, potasio, fósforo, hierro de alta absorción, zinc y otros minerales. Sin embargo, en la actualidad se atribuye a las carnes rojas –y en especial a la del bovino–, un contenido importante de grasas saturadas y colesterol cuya ingestión se vincula con niveles elevados de colesterol sérico y, por tanto, con las enfermedades cardiovasculares. No obstante, es preciso destacar que los ácidos grasos saturados de la carne bovina contienen el ácido esteárico, único ácido que tiene un efecto neutral sobre los niveles de colesterol en sangre; por su parte, el ácido oleico parece ser benéfico para reducir el colesterol total en plasma y el total de colesterol en las lipoproteínas de baja densidad en humanos (Grundy, 1986, 1989); finalmente, el ácido linoleico conjugado (CLA), un ácido graso con propiedades anticancerígenas, se concentra más en la carne de animales sometidos a dietas ricas en forrajes (Kazala y col. 1999).

En cuanto a la composición de los ácidos grasos, varios autores expresan que existen factores que la influyen tales como la raza, la alimentación, la disposición particular de los lípidos en los diferentes músculos y en los depósitos corporales, el sexo y la edad del animal que hacen variar, en mayor o menor grado, el perfil de los ácidos grasos (Marchello, 1968; Huertas-Leidenz, 1991). También es necesario saber que la composición de los ácidos grasos de la carne afecta su vida útil, palatabilidad y valor nutritivo. Sin embargo, mucho de lo que se sabe acerca de la composición nutritiva de la carne bovina se basa en datos obtenidos de la cría de ganado gordo en países no tropicales (Huertas-Leidenz, 1993).

Por otra parte, se ha demostrado que el tipo de grasa de la dieta influye poco sobre el perfil de ácidos grasos de los tejidos del rumiante, ya que una vez el alimento –sean pastos, cereales o semillas de oleaginosas– pasa al rumen del bovino, la actividad fermentativa de la microflora se encarga de biohidrogenar extensamente los ácidos grasos insaturados (Huertas-Leidenz y col. 1993).

Lo anterior hace necesario evaluar el perfil de ácidos grasos del ganado producido en el trópico bajo colombiano con el fin de establecer posibles fortalezas de nuestra carne y así lograr acceder a mercados de calidad (carne gourmet) con un producto altamente diferenciado y con valor agregado.



Perfil de ácidos grasos en carne procedente de los tipos raciales Romosinuano, Cebú y sus cruces

Se evaluó la presencia y la concentración de cinco ácidos grasos (palmitico C16:0, esteárico C18:0, oleico C18:1, linoleico C18:2, linolénico C18:3) en la carne de los grupos raciales bovinos en estudio, mediante análisis de muestras del músculo *Longissimus dorsi* (lomo). Cada análisis fue realizado por duplicado en el laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA en el C.I. Tibaitatá.

Según Huertas-Leidenz y Ríos (1993), para los análisis químicos nutricionales sobre perfil de ácidos grasos se elimina de las muestras de carne la grasa de cobertura y la intermuscular envolvente, tal como lo hacen muchos de los consumidores y como lo recomiendan los profesionales de la salud hoy día. Por lo anterior, en el laboratorio se extrajeron los lípidos de las muestras de carne de manera que quedaran sin grasa, capa de cobertura ni marmóreo, utilizando la técnica del extracto etéreo; una vez obtenida esta fracción se determinó la cantidad de los cinco ácidos grasos mencionados anteriormente mediante cromatografía de gases.

En este trabajo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.005$) entre razas para la grasa intramuscular, encontrándose una mayor cantidad en animales de la raza Cebú y en menor magnitud en ejemplares cruzados Romosinuano \times Cebú, seguidos por los animales puros Romosinuano. Cabe destacar el excelente comportamiento que presentó la raza Romosinuano respecto de los contenidos de los ácidos grasos poli-insaturados linoleico (Ω -6) y linolénico (Ω -3). En la Tabla 27 se pueden observar los resultados de AG totales en grasa intramuscular en los tipos raciales evaluados.

Tabla 27.
Perfil de ácidos grasos totales obtenidos en muestras de *Longissimus dorsi* en los grupos raciales evaluados.

Tipo racial	Grasa ¹	Palmitico ² C16:0	Esteárico ² C18:0	Oleico ² C18:1	Linoléico ² C18:2 (Ω -6)	Linolénico ² C18:3 (Ω -3)
Romosinuano	3.4 \pm 0.2 ^c	15.2 \pm 4.1 ^b	14.1 \pm 2.9 ^a	19.8 \pm 5.1 ^c	3.6 \pm 0.3 ^a	3.0 \pm 0.1 ^a
Romo \times Cebú	3.5 \pm 0.8 ^b	15.1 \pm 3.8 ^a	13.7 \pm 1.9 ^b	21.4 \pm 6.1 ^b	3.1 \pm 0.2 ^b	2.2 \pm 0.3 ^b
Cebú	4.0 \pm 1.2 ^a	17.2 \pm 4.8 ^c	11.6 \pm 2.4 ^c	25.8 \pm 5.2 ^a	2.7 \pm 0.4 ^c	2.0 \pm 0.3 ^c

¹ Cantidad de grasa intramuscular en %.

² mg del ácido graso por cada 100 g de grasa intramuscular.

Letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($P < .0001$).



En trabajos realizados por Custodiar S.A., en la hacienda “La Leyenda”, se reporta un porcentaje de grasa intramuscular del 4% en carne del cruce Romosinuano × Cebú.

Además, se calculó la cantidad de ácidos grasos totales saturados (AGS) y poli-saturados (AGPI) en las muestras de músculo para cada una de los grupos raciales evaluados y se encontró que la mayor cantidad de AGS totales lo obtuvo la raza Romosinuano, seguida por su cruce con Cebú y, por último, la raza Cebú (Tabla 28); algo similar ocurrió en el contenido de AGPI totales. Es necesario resaltar que los mayores contenidos de Omega 6 y 3 (linoleico, Ω -6 y linolénico, Ω -3) de los animales de la raza criolla colombiana Romosinuano, tendencia que trata de mantenerse en su cruce con Cebú; estos valores son muy similares a los reportados por Vásquez y col. en el 2005.

Tabla 28.

Promedios de los totales de ácidos grasos obtenidos en muestras de *Longissimus dorsi* en los grupos raciales evaluados.

Tipo racial	Total AGS	Total AGI	Total AGMI	Total AGPI
Romosinuano	29.3 ± 0.8 ^a	26.5 ± 1.1 ^c	19.8 ± 5.1 ^c	6.5 ± 0.4 ^a
Romo × Cebú	28.9 ± 1.0 ^b	26.7 ± 2.0 ^b	21.4 ± 6.1 ^b	5.4 ± 0.6 ^b
Cebú	28.8 ± 4.0 ^c	30.4 ± 1.7 ^a	25.8 ± 5.2 ^a	4.7 ± 0.5 ^c

AGS: ácidos grasos saturados; AGI: ácidos grasos insaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos poliinsaturados.

Datos expresados en mg del ácido graso por cada 100 g de grasa intramuscular.

Letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($P < .0001$).

El perfil de los ácidos grasos está influido, en mayor o menor grado, por múltiples factores. Waldman y col. (1968) afirman que dicho perfil está determinado por el régimen dietario, mientras David (1979) y Uzcátegui y col. (1999) además consideran las variables sexo y raza; por otra parte los animales *Bos taurus* presentan una mayor predisposición a acumular grasas intramusculares que el *Bos indicus* (Huertas-Leidenz y col. 1991). Lo anterior contribuye a explicar la variación encontrada en los perfiles de AG en la carne de los diferentes tipos raciales del presente estudio.

En cuanto a la relación de AGPI con respecto a AGS (AGPI:AGS) se observó que esta razón es mejor en los animales del grupo racial criollo Romosinuano, seguidos por los animales cruzados y por último en los animales Cebú (Tabla 29); por otro lado, si se compara esta relación con respecto a un estudio realizado por Vásquez y col. (2005) se observa que los resultados presentan una



tendencia similar. La relación AGPI:AGS se hace para conocer los contenidos de ácidos grasos benéficos (AGPI) en el total de AGS de la muestra de carne.

Tabla 29.

Proporciones de los ácidos grasos insaturados/saturados obtenidos para la variable raza en el presente estudio y su comparación con resultados de Vásquez y col. (2005).

Tipo racial	AGI:AGS		AGMI:AGS		AGPI:AGS	
	Estudio	Vásquez	Estudio	Vásquez	Estudio	Vásquez
Romosinuano	0.90 ^c	0.73	0.68 ^c	0.56	0.23 ^a	0.17
Romo × Cebú	0.92 ^b	0.87	0.74 ^b	0.64	0.19 ^b	0.22
Cebú	1.06 ^a	0.92	0.90 ^a	0.77	0.16 ^c	0.15

Letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas (P < .0001).

Caracterización molecular del gen de la leptina en ganado Romosinuano, Cebú y sus cruces

Uno de los principales parámetros para evaluar la calidad de la carne se basa en el marmóreo, parámetro que influye en el sabor y determina la jugosidad después de la cocción. En Canadá y otros países existen bonificaciones para los ganaderos que produzcan carnes de calidad triple AAA o Premium. En la Figura 18 se reproduce una guía visual para clasificar la carne según su grado de grasa intramuscular.

Basándose en el grado de marmóreo se han diseñado estrategias para evaluar genéticamente esta característica de las canales bovinas; en efecto, existen estudios que relacionan polimorfismos en el gen que codifica la síntesis de la hormona leptina con el grado de engrasamiento de la carne. La importancia de la hormona leptina radica en que actúa en el metabolismo de los lípidos y afecta la cantidad de la grasa que se deposita en músculo.

En el ganado bovino existen variantes del gen de la leptina que alteran la formación de esta hormona, lo que afecta la cantidad de grasa que se deposita en la musculatura; así, los bovinos que poseen la variante C del gen se han reportado como animales que almacenan poca grasa intramuscular, mientras aquellos con mayor grado de marmóreo presentan el alelo T. Existen tres posibles genotipos para el ganado basados en este polimorfismo (TT, TC y CC). Debido a que la variante T del gen de la leptina es heredable (todas las

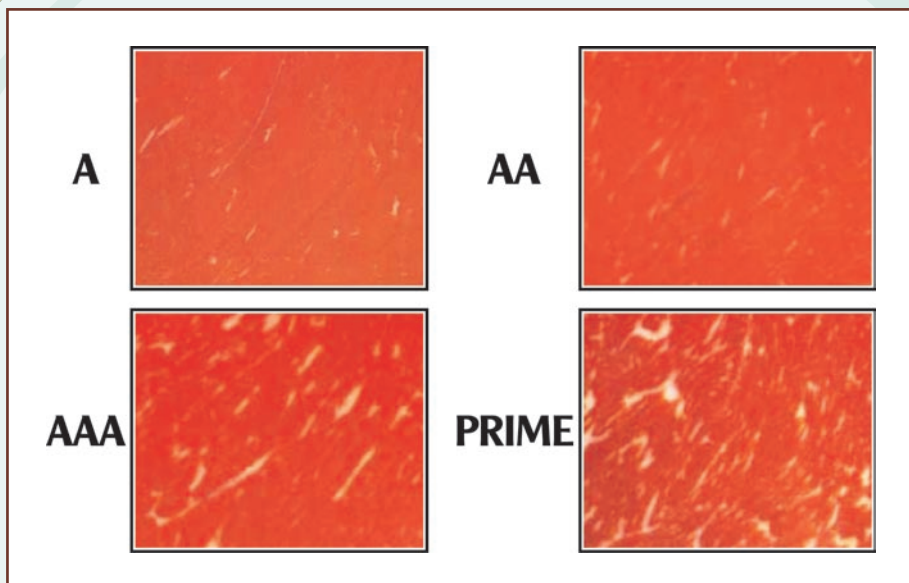


Figura 18.

Clasificación de calidad de carne en Canadá según el grado de marmóreo.

Fuente: Department of Animal and Poultry Science, University of Saskatchewan.

variantes así mismo de alta heredabilidad), un productor podría seleccionar sus toros con el genotipo TT con el objetivo de asegurar que este alelo se herede a la descendencia y así aumentar la posibilidad de producir carne con un mayor grado de marmóreo.

Frecuencias genéticas y fenotípicas

En este estudio se estimó inicialmente la frecuencia de los alelos C y T descritos por Buchanan y *col.* en el 2002, en una población de 17 animales de la raza Cebú, 91 animales de la raza criolla Romosinuano y 26 animales resultado de su cruce, mediante la técnica molecular PCR-RFLP (reacción en cadena de la polimerasa – restricción de fragmentos polimórficos) (Tabla 30).

Por otra parte, en la Tabla 31 se observa que 70.6% de la población de animales Cebú consta de individuos heterocigóticos (TC) aunque no se hallaron individuos homocigóticos (TT) y se reportó un 29.4% de individuos homocigóticos (CC), lo cual indica que animales pertenecientes a este grupo racial presentarán una menor grado de marmóreo.



Tabla 30.
Frecuencia de los alelos T y C en animales Cebú, Romosinuano y sus cruces.

Raza o cruce	N	Frecuencia del alelo T	Frecuencia del alelo C
Cebú	17	35.3%	64.7%
Romo × Cebú	26	51.9%	48.1%
Romosinuano	91	53.3%	46.7%

Tabla 31.
Frecuencia de genotipos TT, CC y TC en animales Cebú, Romosinuano y sus cruces.

Raza	Frecuencia del genotipo TT	Frecuencia del genotipo CC	Frecuencia del genotipo TC
Cebú	0.0% (n = 0)	29.4% (n = 5)	70.6% (n = 12)
Romo × Cebú	34.6% (n = 9)	30.8% (n = 8)	34.6% (n = 9)
Romosinuano	28.6% (n = 26)	22.0% (n = 20)	49.5% (n = 45)

Las muestras de carne de la raza criolla Romosinuano y la de su cruce con Cebú presentaron la mayor frecuencia de individuos heterocigóticos (TC) con 49.5 y 34.6%, respectivamente; aunque en menor proporción, también se presentaron individuos homocigóticos (TT) con 28.6 y 34.6%, respectivamente, lo cual permite predecir que animales pertenecientes al grupo racial Romosinuano presentarán un mayor grado de marmóreo y sus cruces con animales Cebú mantendrán esta característica. Esto concuerda con lo reportado por Huertas-Leidenz y col. (1991) quienes afirman que los animales *Bos taurus* presentan una mayor predisposición a acumular grasas intramusculares que el *Bos indicus*.

Los diferentes genotipos obtenidos indican la alta frecuencia de individuos homocigóticos (TT) para los grupos raciales Romo × Cebú y Romosinuano puro; al estar relacionado este genotipo con una mayor distribución de la grasa intramuscular, presenta una clara posibilidad de mejorar la calidad de la carne por el logro de un adecuado grado de marmóreo. Es necesario enfatizar que es necesario realizar estudios que relacionen las variantes alélicas del gen de la leptina con las características de calidad de la canal.

Desde el punto de vista práctico, la determinación del genotipo en poblaciones bovinas permitiría seleccionar aquellos toros que porten dos copias del gen Leptina-T para ser utilizados en cruzamientos que incrementen la frecuencia de individuos con genotipo deseable (TT o TC); debido a la asociación de la variante T con una mejor distribución de la grasa intramuscular en los bovinos,



se presentaría una mayor cantidad de individuos con canales de alta calidad por las que se pueden obtener mejores precios en el mercado.

Uso del ultrasonido como método predictor de la calidad de la canal

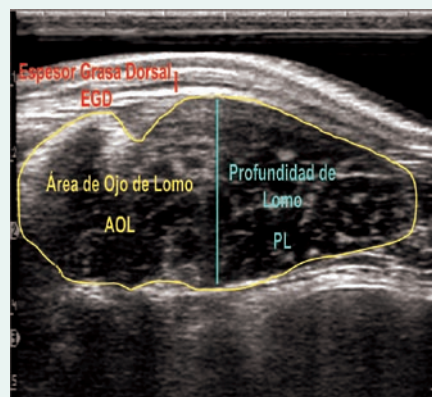
El estudio de la composición y la calidad cárnica de los animales de producción, atendiendo especialmente a la proporción entre carne magra y grasa, es uno de los parámetros que se utiliza actualmente como herramienta de clasificación de las canales en sistemas de comercialización con alto valor agregado (ver Figura 18). A tal fin se han desarrollado numerosos métodos para estimar dicha proporción, ya sea con medidas sencillas o utilizando procedimientos sofisticados (Warris, 2003). Una técnica en particular, que se ha usado en animales vivos, consiste en la medición de áreas obtenidas con el ultrasonido cuando éste viaja a través de los tejidos corporales.

Con el uso de la ultrasonografía es posible obtener los siguientes beneficios:

- Seleccionar los animales de mejor eficiencia en la transformación de los alimentos que lo incorporan a su cuerpo como músculo y grasa, siendo una expresión genética que se debe aprovechar para escoger los futuros reproductores que hereden esta condición a su progenie.
- Formar grupos homogéneos de animales con características fenotípicas semejantes lo cual sería una gran ventaja para el mercadeo de los mismos.
- Predecir el tiempo que necesitarán los animales para alcanzar el peso y los porcentajes de grasa y músculo de manera que satisfagan las necesidades del mercado, teniendo en cuenta el tipo de alimentación que recibe.

Esta técnica para predecir la calidad de las canales bovinas implementa la medición ultrasonográfica de la grasa de cobertura o subcutánea del lomo, el área de ojo del lomo o bife (*Longissimus dorsi*), la grasa del anca o P8 australiano, y la distribución de

Ecografía del músculo del lomo en donde se pueden apreciar las diferentes medidas (AOL, EGD y PL) usadas para estimar la calidad de la canal.





la grasa intramuscular (grado de marmóreo); puede ser aplicada en dos puntos de la cadena productiva de la carne: ya sea en la selección de los mejores individuos de las razas tipo carne para reproducción y en la comercialización del animal para sacrificio.

Por otro lado, tanto el grado de engrasamiento como la longitud de la canal, dan una aproximación subjetiva de la conformación muscular y pueden constituir guías útiles para predecir el rendimiento en carne magra de una canal (Kempster y Harrington, 1980; Colomer-Rocher y *col.*, 1980; Bass y *col.*, 1981).

En sistemas de producción en confinamiento es importante producir canales cuya composición y calidad sea homogénea y continua; en tales sistemas de producción la técnica de ecografía de la grasa de cobertura o de la grupa, ha probado ser eficaz para evaluar diferentes grados de terminación en animales de peso y edad similares, mientras que la medición del área del ojo de lomo puede darnos una estimación bastante certera de la composición de la canal.

Se sabe que la medición ecográfica de la grasa de cobertura en bovinos tiene una correlación más alta con la calidad de la canal que las estimaciones visuales (Tabla 32). Además, existen desarrollos informáticos (*software*) que, aplicando sistemas de alimentación a los lotes de ceba, utilizan las mediciones del ecógrafo como dato de entrada para predecir el tiempo de alimentación y la terminación requerida por los animales que ingresan al cebadero. A continuación se presentan resultados obtenidos en Norteamérica en cuanto la correlación que existe para algunas medidas ultrasonográficas respecto del desarrollo de bovinos tipo carne; se destaca el coeficiente de correlación positivo medio obtenido para

Tabla 32.
Coefficientes de correlación para atributos cárnicos obtenidos por ultrasonografía en toros de la Estación de Pruebas de Tennessee (EUA).

Variable	PV	AA	GD	CE	GC	AOL	GI	EPD
Peso Vivo Final (PV)	1.00	0.51	0.49	0.5	0.26	0.33	0.3	0.09
Altura de Anca (AA)		1.00	0.22	0.32	-0.19	0.22	-0.14	0.27
Ganancia Diaria Promedio (GD)			1.00	0.27	0.08	0.22	0.26	0.06
Circunferencia Escrotal (CE)				1.00	0.08	0.11	0.16	0.06
Grasa de Cobertura en 12 ^{ava} costilla (GC)					1.00	-0.11	0.43	0.1
Area de Ojo de lomo en 12 ^{ava} costilla (AOL)						1.00	-0.07	-0.21
Grasa Intramuscular (GI)							1.00	0.44
Marmóreo (EPD)								1.00

Fuente: Stouffer (1988).



el peso vivo (PV) y el área del ojo del lomo (AOL): el PV será el resultado de una mayor cantidad de carne a causa de una AOL mayor.

Estimación de rendimientos cárnicos mediante ultrasonografía en bovinos Romosinuano, Cebú y sus cruces

Respecto de las variables evaluadas (área de ojo del lomo, espesor de grasa dorsal, espesor de grasa del anca y profundidad del bíceps), no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tipos raciales evaluados para el área de ojo de lomo (AOL) y la profundidad del lomo (PL); no obstante, se destacan valores ligeramente superiores de AOL y PL en los animales de la raza Cebú (Tabla 33). En trabajos realizados por Custodiar S.A., en la hacienda “La Leyenda”, se reportan animales con pesos mayores de 400 kg y AOL promedio de 50.7 cm².

Tabla 33.

Medidas de área de ojo de lomo (AOL) y profundidad del lomo (PL) para diferentes razas.

Raza o cruce	AOL (cm ²)	PL (cm)
Cebú	51.76	5.61
Romo × Cebú	49.44	5.02
Romosinuano	48.74	5.10

En cuanto a la variable espesor de grasa dorsal (EGD) se encontraron diferencias estadísticas significativas en la raza ($P < 0.0001$), siendo mayor en animales Cebú con 0.40 ± 0.09 cm (Tabla 34). En trabajos realizados por Custodiar S.A., en la hacienda “La Leyenda”, se reportan animales con más de 400 kg con un EGD de 0.32 cm.

Tabla 34.

Medidas de espesor de grasa dorsal (EGD) para diferentes razas.

Raza o cruce	EGD (cm)
Cebú	0.40 ± 0.09^a
Romosinuano	0.38 ± 0.08^{ab}
Romo × Cebú	0.37 ± 0.09^{ab}

Letras diferentes señalan diferencias estadísticas significativas ($P < .0001$).



Se ha reportado que el espesor de la capa grasa de cobertura sobre el lomo de las canales de animales bien conformados fue menor de 1 cm en 137 de las 149 muestras estudiadas, lo cual evidencia canales relativamente magras que son representativas de la oferta de reses en el trópico latinoamericano (Huertas-Leidenz y col., 1996). Por su parte, en novillos Angus × Hereford alimentados con concentrados en Estados Unidos, el espesor de grasa de cobertura se acerca a 1 cm y puede fluctuar de 0.3 a más de 2.0 cm, según la extensión del período de ceba (0 a 196 días) (Duckett y col., 1993).

Para la variable espesor de grasa del anca (EGA) se encontraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la raza y la condición sexual del animal ($P < 0.0001$); los mayores valores los obtuvo la raza Cebú con 0.42 ± 0.12 cm, seguida del cruce Romo × Cebú con 0.39 ± 0.12 (Tabla 35).

Tabla 35.
Medidas de espesor de grasa anca (EGA) para diferentes razas.

Raza o cruce	EGA (cm)
Cebú	0.42 ± 0.12^a
Romo × Cebú	0.39 ± 0.12^a
Romosinuano	0.32 ± 0.07^{ab}

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Por último, al observar que en algunas razas –e incluso entre individuos de una misma raza– el músculo bíceps femoral es más cóncavo al observarlo en la imagen del ecógrafo se tomó una nueva medida la cual se llamó profundidad del bíceps (PB).

En cuanto a la raza se puede destacar el mayor PB de animales de la raza Cebú con 7.83 ± 0.89 cm, seguido por las razas criolla Romosinuano con 6.88 ± 1.03 cm y la raza Pardo × Cebú con 6.47 ± 0.85 cm; para la condición sexual se resalta la mayor PB de los animales castrados con 7.58 ± 1.03 cm (Tabla 36).

Tabla 36.
Medidas de profundidad del bíceps (PB) para algunas razas y cruces.

Raza o cruce	PB (cm)
Cebú	7.83 ± 0.89^a
Romosinuano	6.88 ± 1.03^b
Pardo × Cebú	6.47 ± 0.85^b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.



Capítulo 7

CONSERVACIÓN, PROMOCIÓN Y FOMENTO DE LA RAZA CRIOLLA ROMOSINUANO

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA– ha sido encargada de preservar, mantener y fomentar el uso de los recursos genéticos de animales domésticos del país conformados por las razas criollas bovinas, ovinas y porcinas. Para ello dispone de los bancos de germoplasma animal (*in vivo* o *in situ*), es decir, núcleos de población seleccionados y agrupados por su pureza genética, además de bancos de germoplasma *in vitro* o *ex situ* en donde se conserva el semen (pajillas) y los embriones de las razas criollas, proyecto financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en convenio con el Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

Con relación a los bovinos criollos de la raza Romosinuano, el núcleo de conservación se encuentra en el Centro de Investigación (C.I.) Turipaná, ubicado en el Valle del Sinú y está compuesto por cerca de 400 ejemplares, machos y hembras, de todas las edades. Con el fin de dar el mejor manejo a este valioso recurso genético se han diseñado algunas estrategias de las que se ocupa este capítulo.

El banco de germoplasma *in situ* de la raza Romosinuano

La adaptación de los animales está íntimamente ligada a la heterocigosis (Variabilidad genética entre individuos dentro de poblaciones y entre poblaciones (Heywood & Watson, 1995)) y, por tanto, a la variabilidad genética. En consecuencia, la estrategia básica de conservación se fundamenta en un sistema de apareamientos que evite el aumento excesivo de la consanguinidad (*inbreeding*) y la pérdida de variabilidad genética.

Las poblaciones de la raza criolla Romosinuano tradicionalmente han sido de tamaño pequeño y han permanecido aisladas, lo cual ha creado cierto grado de deriva genética que incrementa la homocigosis (similitud genética) y disminuye la heterocigosis. Estos núcleos criollos permanecieron durante muchos años sin un plan definido de apareamientos que mantuviera al



mínimo la pérdida de variabilidad genética, aunque afortunadamente no han sufrido un proceso intensivo de selección artificial que hubiera mermado su nivel de adaptación al trópico.

Actualmente, CORPOICA propaga un núcleo de conservación cercano a 400 animales en el C.I. Turipaná, ubicado en el Valle del Sinú, con el cual se busca conservar la variabilidad genética de la raza y realizar actividades de investigación, promoción y fomento. Las actividades relacionadas con la conservación de la variabilidad genética de la raza se rigen por las siguientes estrategias y conceptos: tamaño efectivo de la población, manejo genético, número de machos reproductores, apareamiento circular cíclico, mantenimiento de la familia, tamaño constante de la población, monitoreo de los índices de consanguinidad y selección y evaluación de los reproductores machos y hembras.

Tamaño efectivo de la población

El tamaño efectivo de una población es el promedio de individuos que contribuyen con genes a las siguientes generaciones. El tamaño efectivo es más pequeño que el tamaño del grupo de animales en apareamiento debido a que muchos individuos no dejan descendencia mientras la descendencia de otros animales no sobrevive hasta la madurez sexual. Para calcular el tamaño efectivo de una población de animales domésticos se ha utilizado la fórmula:

$$E_e = \frac{4(N_m \cdot N_f)}{N_m + N_f}$$

Donde, N_m es el número de machos en apareamiento y N_f el número de hembras.

Los siguientes factores disminuyen el tamaño efectivo de una población:

- La variación en el número de descendientes de los reproductores machos y hembras.
- La variación en el tamaño de la población a través de las generaciones.
- El alto grado de consanguinidad de la población.

Manejo genético

De acuerdo a lo expuesto hasta ahora, el manejo genético de los bancos de germoplasma se basa en los siguientes pilares:



1. Uso de la mayor cantidad posible de reproductores machos.
2. Apareamiento circular cíclico.
3. Mantenimiento del tamaño de las familias.
4. Tamaño constante de la población o banco a través de las generaciones.

A. Número de machos reproductores

En las poblaciones de animales domésticos los dos sexos no están igualmente representados como reproductores, ya que es más conveniente utilizar menos machos que hembras. El tamaño efectivo de una población depende mucho más del sexo que tiene el menor número que del sexo más numeroso. Se sabe que el aumento del número de reproductores machos es el factor más importante para evitar el crecimiento de los niveles de consanguinidad y, por tanto, para conservar la variabilidad genética. El incremento de la consanguinidad por generación (ΔF) se puede calcular mediante la fórmula:

$$\Delta F = \frac{1}{8(N_m)} + \frac{1}{8(N_h)}$$

Donde, N_m es el número de machos que se usan y N_h es el número de hembras.

El sistema de manejo del banco de germoplasma de la raza Romosinuano está diseñado para que cada año se utilicen dos reproductores por familia como mínimo, con lo cual se estarán utilizando 16 reproductores (existen 8 familias) que dejan un número similar de descendientes. Así, por intervalo generacional (de 4 años que es la edad promedio de los padres cuando nace su descendencia), se tendría un total de 64 machos reproductores utilizados por generación y, en consecuencia, el valor de ΔF se mantiene constante en el tiempo.

B. Apareamiento circular cíclico

Consiste en dividir el hato o rebaño en familias de acuerdo con el grado de relación o parentesco existente entre ellos. El número de familias en que se divide el grupo de animales depende de las facilidades o infraestructura que se tenga, como lo es la división de lotes para el manejo de un alto número de machos y hembras en reproducción, siendo el número mínimo de cuatro (4) machos por familia. Entre mayor sea el número de familias o grupos de apareamiento permanentes será más efectivo el control de la consanguinidad. Se considera que un número de ocho (8) familias es el adecuado.



Una vez conformadas las ocho familias o lotes de apareamiento se marcan de 1 a 8 procurando que las familias más relacionadas entre sí no queden seguidas. El apareamiento circular cíclico comienza con el apareamiento de machos de la familia 1 con hembras de la familia 2, los machos de la familia 2 con hembras de la familia 3 y así sucesivamente hasta cerrar el círculo. El diseño del apareamiento se cambia cuando los primeros animales nacidos del apareamiento vigente están en capacidad de reproducirse. En el caso de los bovinos, cada diseño de apareamientos dura 3 años. El siguiente diseño consiste en saltar una familia en la rotación de los machos, lo que significa que los reproductores de la familia 1 se aparean con vacas de la familia 3, los machos de la familia 3 con vacas de la familia 5, así sucesivamente, siempre en forma circular. En el diseño que sigue se saltan 2 familias y así hasta que se llega al primer diseño en donde se inicia un nuevo ciclo. En la Figura 19 se muestra el diseño del sistema de apareamiento circular cíclico para las ocho (8) familias y dos diseños.

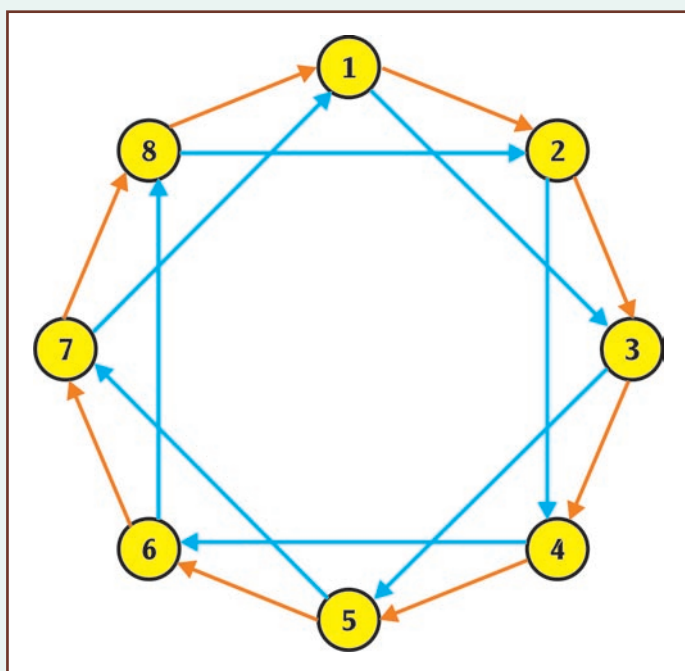


Figura 19.

Esquema del apareamiento circular cíclico utilizado en el banco de germoplasma animal de CORPOICA; en naranja se observa el primer ciclo y en azul el segundo ciclo.



Cada familia o grupo de apareamiento debe ser lo suficientemente grande para asegurar su propia persistencia y la de los otros grupos; por lo tanto, debe producir machos reproductores suficientes. El tamaño de cada familia se puede reducir siempre y cuando se mejore considerablemente la nutrición. Los machos se deben cambiar frecuentemente para impedir la formación de familias numerosas de hermanos medios, lo cual aumenta la consanguinidad.

En este banco de germoplasma de la raza Romosinuano se implementa un esquema de apareamiento estacional que utiliza cada año, por lo menos, dos reproductores por familia. El objetivo es programar una época del año en la cual se presenten todos los partos.

C. Mantenimiento del tamaño de la familia

El tamaño de una familia se puede definir como el número de hijos que engendra un progenitor individual o una pareja de progenitores; es lógico que si todos los miembros machos y hembras de una población dejan igual número de descendientes, el nivel de consanguinidad no se incrementa. Por tanto, una estrategia para controlar la consanguinidad es el empleo de la mayor cantidad posible de machos y de hembras, procurando que cada progenitor macho o hembra deje igual o similar número de descendientes (Figura 20). El tamaño de las familias debe ser también lo más uniforme posible, ya que la efectividad del control de la consanguinidad depende en gran parte de la reducción de la variación de su tamaño, como lo expresa la fórmula para calcular el tamaño efectivo de una población:

$$N_e = \frac{4N-2}{2 + \sigma_f^2}$$

Donde, N_e es el número efectivo de individuos en la población, N el número real y σ_f^2 es la varianza del tamaño de las familias. Es claro que si se disminuye σ_f^2 el número efectivo estará más cerca del número real. Por las razones anteriores los machos se deben usar el menor tiempo posible, mientras es conveniente utilizar la mayor cantidad posible de hembras.

D. Tamaño constante de la población

Cuando el tamaño de las poblaciones cambia de generación en generación y hay un descenso grande en el número de animales en una o más generaciones,



Figura 20.
Familia de animales de la raza Romosinuano en el C.I. Turipaná de CORPOICA (Cereté, Córdoba). Se observa la excelente conformación del macho (izquierda).

se produce un cambio considerable en el número efectivo final, tal como se puede suponer al aplicar la siguiente fórmula :

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \dots \frac{1}{N_t} \right)$$

Donde, N_e es el tamaño efectivo final, t es el número de generaciones y N_1 , N_2 , es el número real de individuos en cada generación. Por tanto, el tamaño efectivo final de la población es el promedio armónico de las diferentes generaciones. El tamaño efectivo de la población estará cerca del número real en las generaciones que han sufrido la máxima reducción. Por ejemplo, si en cuatro (4) generaciones el tamaño de una población fue de 50, 200, 500 y 1.000 individuos, el tamaño efectivo es sólo de 142, sin importar que el tamaño de la población en la última generación sea de 1.000. La composición genética de poblaciones futuras dependerá entonces de los genotipos de los pocos animales que se reprodujeron en una generación dada.

De acuerdo con lo anterior, el tamaño ideal del banco de germoplasma de la raza Romosinuano consiste en 20 hembras reproductoras por familia (es decir, 160 hembras en las 8 familias) y 2 machos en reproducción (lo que significa 16 machos en las 8 familias) cada año, independientemente de los reemplazos que deben alcanzar el 30% en las hembras; con ello se logra la renovación total del hato cada 3 ó 4 años y mantener la consanguinidad en un nivel bajo.



E. Monitoreo de los índices de consanguinidad

Anualmente se realiza la evaluación de la variabilidad genética de las poblaciones de conservación, mediante el cálculo individual de los valores de consanguinidad utilizando la metodología de Wright (citado por Warwig y Legates, 1992), para lo cual se utiliza el programa MTGSAM (*Multi Trait Gibbs Sampling Animal Model*) desarrollado por Van Tassel y Van Bleck (1996). Se utiliza la información individual y se predicen los valores promedio de los descendientes de cada reproductor para la selección de los machos de la siguiente generación.

En la Figura 21 se observan las tendencias de los valores promedio de consanguinidad por año para la raza Romosinuano; Se nota que en el año 1997 se encuentra el mayor valor promedio con 3.4%, el cual ha descendido en los últimos años, debido a la metodología de selección de los reproductores.

E. Escogencia de animales para reproducción

Tanto machos como hembras deben iniciar la reproducción a los 24 meses de edad. A los reproductores de reemplazo se les toma una muestra de semen para el banco *in vitro* antes de venderlos. A continuación se describen los principales parámetros de escogencia en machos.

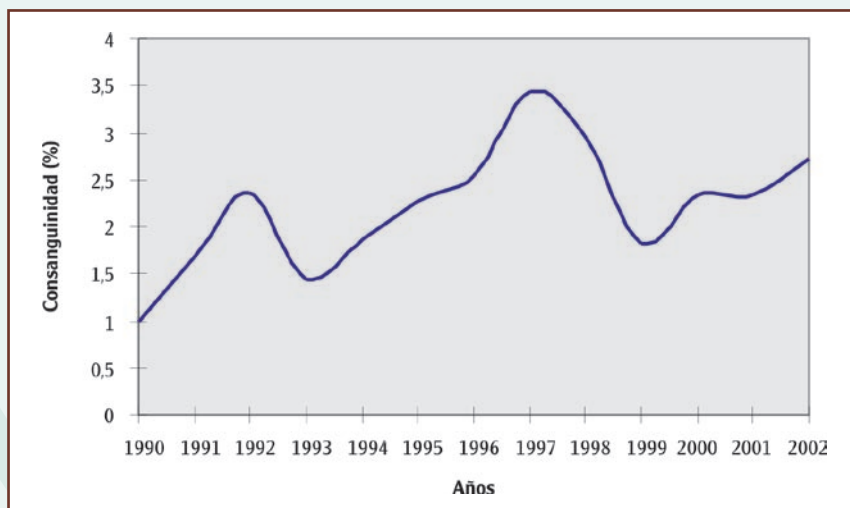


Figura 21.

Tendencia de los valores de consanguinidad del banco de germoplasma de la raza Romosinuano (1990 - 2002).



Evaluación de los reproductores. A los machos Romosinuano que se han seleccionado para reproducción se les practica un minucioso examen físico-reproductivo y espermático antes de iniciar el apareamiento. Además, se toman muestras de sangre sin anticoagulante para diagnóstico en laboratorio clínico a fin de descartar enfermedades de la reproducción como brucelosis y leptospirosis. Anualmente se seleccionan reproductores de cada raza bovina y ovina para ser utilizados en programas de criopreservación y para su almacenamiento en el banco de germoplasma *in vitro*; la selección de estos individuos también se realiza atendiendo su genealogía y condiciones sanitarias.

Respecto de aquellas razas que no se contemplan en los programas de conservación *in situ*, como el Chino Santandereano, el Casanareño y el Hartón del Valle, se realizan actividades de selección de reproductores y criopreservación de semen para su almacenamiento en el banco de germoplasma *in vitro*.

El banco de germoplasma *in vitro* de la raza Romosinuano

La conservación *ex situ* de los recursos genéticos implica el mantenimiento de animales vivos fuera de su ambiente natural o la conservación de material germinal que en un futuro de la oportunidad de regenerar un individuo o una población (Hammond y Leitch, 1996). El banco de germoplasma *in vitro* es un soporte y herramienta para la conservación de la raza Romosinuano y, en general, de las demás razas criollas colombianas que se encuentran con inventarios reducidos. Este banco mantiene material germinal (semen y embriones) de siete razas bovinas criollas bajo condiciones de ultracongelación; además se almacena material germinal de las razas ovinas criollas. Actualmente, este banco de germoplasma *in vitro* funciona con un banco central y dispone de tres bancos satélites ubicados en los sitios donde se manejan los bancos de germoplasma *in situ*. En total se tiene un inventario para la raza de 4.793 pajillas procedentes de 30 donantes de semen de la especie bovina y 66 embriones de 14 hembras donadoras (Tabla 37).

El material almacenado en el banco cuenta con una completa descripción de la calidad del material almacenado (Tabla 38), además de la información genealógica y productiva de los donantes. En este sentido se ha realizado procesos de evaluación productiva de las poblaciones que cuentan con banco de germoplasma *in vivo* y esta información ha permitido enriquecer la documentación del banco de germoplasma *in vitro*, para lo cual se han clasificado los individuos donantes del banco en cada una de las razas de acuerdo a su comportamiento productivo y sus valores genéticos. El material almacenado



Tabla 37.

Estado actual e inventario del banco de germoplasma *in vitro* central ubicado en el C.I. Tibaitatá (2005).

Raza	No. Toros	No. dosis
Banco central	21	3.746
Banco satélite	9	1.047
Total	30	4.793

Banco de embriones	No. Hembras donadoras	No. embriones
Romosinuano	14	66

Tabla 38.

Promedios para las características de calidad del material criopreservado de la raza Romosinuano.

Raza	Número de lotes	Pajillas evaluadas	Motilidad post descongelación	Viabilidad	Concentración post Descongelación - percoll	Motilidad post Descongelación - percoll	Viabilidad	Motilidad luego de 3 horas
Romosinuano	21	123	32.00	34.30	89.20	50.50	62.80	24.00

en el banco es posteriormente utilizado en las poblaciones vivas con el objeto de mantener un flujo constante de genes en dichas poblaciones y evitar el incremento en los índices de consanguinidad; además, el banco sustenta el desarrollo de procesos de promoción y fomento de las razas criollas colombianas en prácticas de reproducción asistida.

Estos programas de conservación son financiados totalmente por el Estado a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y en convenio con el Instituto Colombiano Agropecuario ICA que desde 1994 ha venido asignando un presupuesto anual para la conservación *in situ* e *in vitro* de las diferentes especies de razas criollas colombianas. Es preciso anotar que estos planes de conservación de la biodiversidad están enmarcados bajo un artículo de la constitución colombiana que obliga al Estado a financiar dichas actividades; por lo tanto, dicha financiación se tendría garantizada a futuro (Gutiérrez y *col.*, 2003).

Actividades de promoción y fomento de la raza

CORPOICA ha tenido durante los últimos 10 años la responsabilidad de salvaguardar la variabilidad genética de las razas y especies criollas mediante la conservación



de los bancos de germoplasma, los cuales han sido financiados por el Ministerio de Agricultura para su mantenimiento, incremento, descripción y documentación.

Actualmente se lleva a cabo una estrategia de redimensionamiento de los bancos de germoplasma en virtud de la cual se reduce el tamaño de los núcleos de conservación y los excedentes se destinan a programas de fomento de las razas criollas. En consecuencia, a cada empresa ganadera beneficiada se le hace entrega en participación de núcleos bovinos con 15 hembras y 2 machos por lo menos; por su parte, la empresa ganadera adquiere el compromiso de realizar el manejo en forma pura, llevar el registro completo de la información productiva y reproductiva, y participar en los planes de mejoramiento genético planteados dentro del proyecto.

Para esto se plantea el desarrollo de pruebas de comportamiento de los toretes seleccionados mediante evaluaciones genéticas (Figura 22), lo que

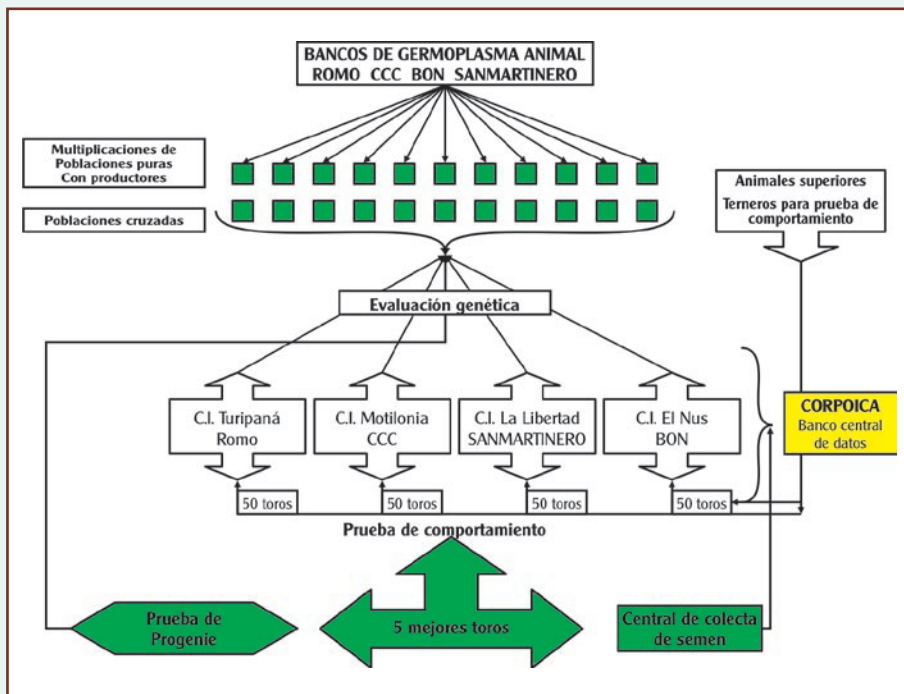


Figura 22.

Estrategias de promoción y fomento de las razas criollas colombianas con base en los bancos de germoplasma bovino que administra CORPOICA.



permitirá seleccionar los toros élite; éstos se integran en una prueba de progenie que tiene lugar en las mismas empresas ganaderas participantes y en otras empresas ganaderas que hagan uso del cruzamiento para la producción de carne o doble propósito, donde se evaluarán las poblaciones mediante modelos de evaluación genética.

La estrategia delineada es un proyecto que permitirá multiplicar de una manera participativa, en conjunto con las empresas ganaderas, las poblaciones de ganados criollos, promoviendo su uso eficiente y demostrando su gran potencial para producción de carne de calidad. Esta iniciativa ha sido desarrollada por las tres entidades: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano Agropecuario ICA y CORPOICA.

TAMAÑO ACTUAL Y DISTRIBUCIÓN DE LA RAZA ROMOSINUANO

En la Figura 23 se ilustra la distribución geográfica de los productores de ganado Romosinuano en Colombia. Allí se puede observar que la región Caribe cuenta con 15 empresas ganaderas lo que corresponde al 35.7% de los productores, lo cual se explica porque en esta región se ubican las microregiones Valle del Cesar (2 empresas), Depresión Momposina (7 empresas) y Valle del Sinú (6 empresas). En los Llanos Orientales se cuenta con 15 empresas (35.7%) distribuidas en las microregiones Piedemonte del Meta (8 empresas) y Piedemonte Casanareño (7 empresas). La región Andina cuenta con 8 empresas lo que corresponde al 19.0% de los productores; los núcleos de esta región se ubican en las microregiones Norte del Magdalena Medio (1 empresa), Centro del Magdalena Medio (3 empresas), Sur del Magdalena Medio (3 empresas) y Norte del Alto Magdalena (1 empresa). En el Anexo 2 se encontrará un directorio con 47 propietarios de núcleos puros y comerciales de la raza criolla Romosinuano.

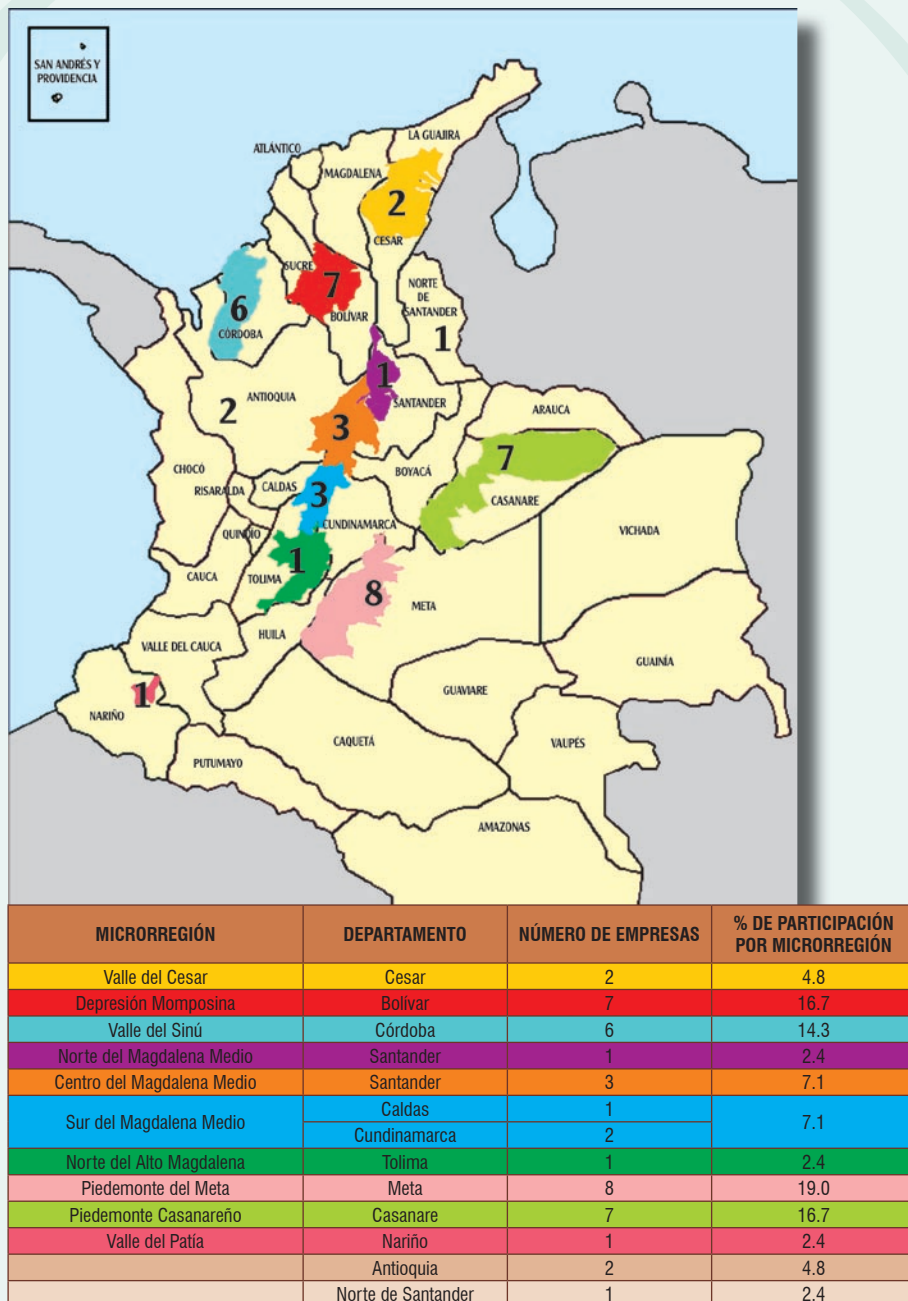


Figura 23.
Distribución geográfica de los productores de la raza Romosinuano.
Número de empresas ganaderas por departamento.



Capítulo 8

EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE LA RAZA ROMOSINUANO EN OTROS AMBIENTES

En las regiones templadas de Estados Unidos las razas adaptadas tienen su base en el ganado *Bos indicus* (Cebú), como por ejemplo el Brahmán Americano y otras razas desarrolladas por cruzamientos con Brahmán. No obstante, el Cebú ha tenido críticas por sus deficiencias en ciertos aspectos entre los que se cuenta la eficiencia reproductiva y su comportamiento en ceba intensiva (*feedlots*), la calidad de la canal, la terneza de la carne, su temperamento y la supervivencia de los terneros (Cartwright, 1980; Franke, 1980; Turner, 1980).

Por estas razones el principal uso del ganado Brahmán en Estados Unidos ha sido en sistemas de cruzamiento que requieren combinar la aptitud de tolerancia al calor que posee el *Bos indicus* con características como la eficiencia reproductiva y la calidad de la canal propias de las razas *Bos taurus*. Adicionalmente, el comportamiento pre y pos destete, así como el desempeño materno de los cruces $F1 \text{Bos indicus} \times \text{Bos taurus}$, son excepcionales y los niveles de heterosis son altos (Cundiff, 1970; Franke, 1980; Koger, 1980). Hay sin embargo otras razas de ganado adaptadas al trópico que tienen potencial para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción de ganado de carne en regiones cálidas.

Introducción de la raza colombiana Romosinuano en Estados Unidos

En la actualidad la Estación de Investigación de Agricultura Subtropical (Subtropical Agricultural Research Station, STARS) ubicada en Florida (EUA) está realizando trabajos de evaluación de algunas razas adaptadas al trópico dentro de las cuales se incluye la raza Romosinuano. Esta población fue obtenida de embriones comprados en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba (Costa Rica). Pero debido al tamaño reducido de la población y que no eran completamente puros, trataron de buscar un núcleo de germoplasma Romosinuano de origen colombiano en ganaderías de Venezuela.



Debido a que Costa Rica es reconocido como un país libre de la Fiebre Aftosa, las importaciones de embriones no tuvieron restricciones por los servicios sanitarios de EUA: en 1991 el servicio de Inspección de Salud Animal y Vegetal de EUA permitió la importación de embriones criopreservados provenientes de países endémicos para los virus de Fiebre Aftosa y Rindepest. Estas importaciones se realizaron en cooperación con la Universidad Central de Venezuela y de productores del mismo país.

Ellos colectaron embriones de la raza en el instituto CENARIA, Venezuela, en 1995. En total fueron utilizadas 22 donadoras y 12 toros que produjeron un total de 140 embriones los cuales fueron llevados a los Estados Unidos al centro STARS en febrero de 1996 (Chase y col., 1997). Allí obtuvieron un total de 70 preñeces producto de la transferencia de los 140 embriones (50% de preñez).

Hammond y col. (1996) resumieron el pedigrí parcial de cada uno de los terneros y establecieron en el de sus padres y abuelos el origen colombiano de dicha población obtenida a través de un hato de esta raza en Venezuela (Tabla 39).

Tabla 39.
Pedigrí parcial (padre y abuelo paterno) de embriones de la raza Romosinuano importados a EUA.

No. de preñeces	Padre	Abuelo paterno
11	JCTb Pate Palo	JHCc Pascual
4	GOCAd 3004	JHC Pascual
2	ALOE Catire 251	ICAf Che Guevara
4	ALO Ciseron 254	ICA Che Guevara
8	ICA Turipana Lutero	ICA Turipana 840607
19	ICA Turipana Neron	ICA Turipana 84027
4	ICA Turipana Cirano	ICA Turipana Barrilete
6	GOCA Don Tuilo	TAPg Bambuco
1	TAP Bambuco	JHC Chiripas
8	GOCA 3002	ICA Caligula
2	GOCA 3012	GOCA Romito

Tolerancia al calor en la raza criolla Romosinuano

Hammond y Olson (1994) reportaron por primera vez la mayor tolerancia al calor de una raza de origen *Bos taurus*, la raza Senepol; estos estudios fueron



posteriormente extendidos a otras razas taurinas como la raza Romosinuano (Hammond y col., 1996). La habilidad de estas dos razas *Bos taurus* para mantener la temperatura rectal cerca de 39°C durante el verano en el ambiente húmedo cálido del Centro de la Florida, demostró un nivel de tolerancia similar al de las razas *Bos indicus*, representadas en este estudio por la raza Brahmán, y una tolerancia mayor que la de la raza Angus (*Bos taurus*).

Los experimentos en una cámara ambiental con seis animales Angus, cuatro Romosinuano y dos Romosinuano × Angus, mostraron similares comportamientos de tolerancia al calor en Romosinuano y su dominancia en la progenie F1 donde fueron observadas (Spiers y col., 1994). Aunque las razas *Bos taurus*, así como también las *Bos indicus*, pueden mostrar tolerancia al calor, hay diferencias fisiológicas entre ellas. Las diferencias en la temperatura rectal halladas en las razas Brahmán y Senepol tienen relación con diferentes concentraciones de cortisol en el plasma de estas razas. Además, la tasa de respiración de la raza Brahmán parece ser característicamente más baja que en las razas *Bos taurus* independientemente de las condiciones ambientales.

La tolerancia al calor a nivel embrionario y en el ambiente uterino en la raza Romosinuano también ha sido demostrada por Hernandez-Cerón y col. (2004) quienes realizaron trabajos de evaluación de tolerancia al calor exponiendo embriones a 41°C; este tratamiento afectó drásticamente el desarrollo embrionario en las razas Holstein y Angus, comparados con embriones de la raza Brahmán. En el mismo trabajo también se encontraron diferencias en la proporción de oocitos que se dividieron el día 4: 54, 50 y 70% para Angus, Brahmán y Romosinuano, respectivamente. La proporción de embriones que se dividieron hasta 8 células a los 4 días fue más bajo para la raza Brahmán (76, 55, y 77% para Angus, Brahmán y Romo, respectivamente). El shock de calor produjo una reducción en la proporción de embriones que se dividieron a blastocistos al día octavo dado que a una temperatura de 38.5°C, no hubo diferencias en el desarrollo entre razas, pero en los embriones expuestos a 41°C, el desarrollo fue más bajo para la raza Angus comparado con las razas Brahmán y Romo. Además hubo una tendencia para una interacción Angus vs. (Brahmán + Romo) × temperatura debido a que el shock de calor redujo el desarrollo mas para la raza Angus (30.3% a 38.5°C vs. 4.9% a 41°C) que para Brahmán (25.1 vs. 13.6%) y Romo que fue donde se produjeron siempre los mayores valores (28.3 vs. 17.5%). Los resultados demostraron que los embriones provenientes de las razas termotolerantes son mas resistentes a elevadas temperaturas que los embriones de razas termosensibles (Angus), así se concluyo en este trabajo que el proceso de adaptación de las razas Brahmán y Romo en ambientes calurosos resulto en la selección natural de genes que controlan la termo tolerancia a nivel celular.



Evaluación de rendimientos productivos de la raza Romosinuano y sus cruces en una región subtropical

Los productores generalmente reconocen que aclimatar animales a las regiones templadas y menos calurosas resulta más fácil que lograrlo en climas calurosos y húmedos por lo que se ha concluido que esta es una de las principales ventajas de las razas locales sobre las razas introducidas en la producción comercial de carne en zonas tropicales y subtropicales. Por esta razón la proporción del componente racial para adaptación en vacas para estos ambientes se ha obtenido por el uso de cruzamientos con la raza Cebú Brahmán, la cual se encuentra bien adaptada al estrés del ambiente subtropical y tropical; no obstante, la calidad de la canal y algunas preferencias del mercado son ampliamente cuestionadas actualmente. Por esto se han evaluado varias alternativas de cruzamiento con razas taurinas especializadas y razas adaptadas localmente, como es el caso de la raza Romosinuano. A continuación se muestran varias experiencias de producción pura y en cruzamiento con Brahmán y Angus en regiones subtropicales reportadas por investigadores de la citada Estación de Investigación de Agricultura Subtropical (STARS).

En este sentido, Coleman y col. (2002) compararon el comportamiento en crecimiento de las razas Romosinuano y Angus criadas bajo estabulación en un ambiente subtropical para posteriormente crecer y ser finalizados en un ambiente templado. En el otoño del 2000, aproximadamente 21 días después del destete, los terneros de las razas Angus (A, N=34) y Romosinuano (R, N=36) fueron mantenidos sobre pasturas y tuvieron acceso *ad libitum* a heno de pasto y a una dieta formulada para lograr una ganancia diaria de 0.8 kg durante el período invierno/primavera. Al entrar al período de ceba intensiva, se encontró que los novillos Angus fueron más pesados que los animales Romosinuano ($P=0.05$) (222 vs. 212 kg) y ganaron más peso (212 vs. 196 kg; $P=0.001$) durante el período de levante. Aunque los novillos Angus entraron más pesados al período de estabulación ($P=0.002$) que los Romosinuano (339 vs. 305 kg), los valores de ganancia diaria de peso (A=1.46 kg; R=1.45 kg) y consumo diario de alimento (A=9.58 kg; R=9.35 kg) no fueron significativamente diferentes ($P>0.5$). Aunque los novillos de la raza tropical ganaron menos durante el invierno y la primavera, el comportamiento en estabulación y el consumo de alimento fue similar.

En cuanto a la eficiencia de crecimiento y conversión alimenticia, Philips y col. (2006) encontraron que los novillos de la raza Romosinuano ganaron menos peso durante el invierno que los novillos de la raza Angus (75.9 vs. 102.2 kg) y obtuvieron valores inferiores de ganancia total ($P<0.05$) (118.3



vs. 143.8 kg) cuando los terneros fueron mantenidos en praderas. Cuando los terneros fueron trasladados a un sistema intensivo (*feedlot*) en el verano para finalización, el comportamiento fue similar pero la raza Angus produjo canales de mayor calidad, con más marmóreo o grasa intramuscular que los novillos de la raza Romosinuano; estos investigadores concluyeron que la raza Romosinuano puede ser usada en programas de cruzamiento para aprovechar la adaptación genética de tolerancia al calor sin impactar dramáticamente el comportamiento en crecimiento en sistemas intensivos de producción.

También fue evaluado el comportamiento posdestete de terneros Romosinuano puros criados en ambiente subtropical en un sistema de confinamiento y alimentadas con grano y pastoreo; para ello se usó una combinación de pastoreo intensivo (9 novillos/ha) y acceso libre a una dieta alta en energía. Bajo el sistema convencional de sólo pastoreo, los registros de marmóreo de la canal no fueron diferentes entre las razas Angus y Romosinuano ($P>0.10$). Sin embargo, cuando los animales fueron suplementados *ad libitum* con granos, los novillos Angus lograron registros de marmóreo y calidad más altos que la raza Romosinuano en el mismo sistema ($P<0.01$). Bajo confinamiento convencional la raza Romosinuano presentó valores de consumo diario medio inferiores ($P<0.10$) que los animales de la raza Angus, con una eficiencia alimenticia similar pero menor ganancia diaria de peso. Por lo tanto, se concluyó que la raza Romosinuano fue tan eficiente como la raza Angus durante la fase de finalización, cuando fue alimentada bajo un sistema de confinamiento convencional (Philips y col., 2005).

Rouquette y col., (2003) también evaluaron el comportamiento de ganado cruzado utilizando como línea paterna la raza Romosinuano (R). Para esto fueron utilizados tres toros para aparearlos con hembras F1 Angus \times Brahmán (A \times B). Los terneros tuvieron un peso al nacimiento de 35 kg, una ganancia diaria del nacimiento al destete de 1.0 kg/día y un peso al destete de 290 kg a los 258 días de edad. Durante la fase de levante se evaluaron bajo pastoreo en pasto Bermuda ($n=11$) durante un período de 84 días. Por otra parte, se comparó el comportamiento de los animales R \times F1 con los cruces Hereford \times Brahmán (H \times B) y la raza pura Brahmán ($n=10$ en cada grupo) los cuales fueron colocados en confinamiento y alimentados de acuerdo al tipo racial y al espesor de la grasa dorsal. El grupo H \times B fue el grupo más liviano a la entrada (295 kg); los grupos R \times F1 y Brahmán lograron pesos similares (323 y 345 kg, respectivamente). Todos los tres tipos raciales tuvieron diferentes ganancias diarias de peso en confinamiento con valores para R \times F1 de 1.46 kg/día, H \times B de 1.75 kg/día, y Brahmán de 1.22 kg/día. El peso final promedio del grupo H \times B (606 kg) fue mayor que el obtenido para los grupos R \times F1 (563 kg) y Brahmán (540 kg). Los



novillos tuvieron similares porcentajes de rendimiento (63.7%), espesor de grasa (1.08 cm), registro de marmóreo y grado de calidad de la canal. Los novillos R × F1 tendieron a tener mayor calificación de calidad (2.53) comparados con H × B (2.90) y Brahmán (2.88). La terneza evaluada mediante la metodología de Warner-Bratzler, que también usa CORPOICA, presentó los menores valores para el grupo R × F1 (3.33 kg) comparados con Brahmán (3.79 kg); el grupo H × B arrojó valores similares a los otros dos grupos. La pérdida por cocción fue similar para R × F1 (26.8%) y H × B (27.4%), y ambas fueron menores que la pérdida obtenida en la raza Brahmán (32.6%). Estos resultados muestran que los novillos producidos en cruzamiento con línea paterna Romosinuano tienen un comportamiento en crecimiento similar al Brahmán, pero lo superan en cuanto la calidad de la canal y de la carne.

En otros trabajos sobre cruzamientos de la raza Romosinuano, Phillips y *col.* (2004) compararon el comportamiento de novillos puros y cruzados (n=143) de las razas Angus (A), Brahmán (B), Romosinuano (R), y de los cruces BA, BR, RA y RB (la primera letra corresponde a raza del padre y la segunda, a la madre) nacidos en la Florida y criados en Oklahoma en el verano de 2002. Los novillos pastorearon hasta la primavera antes de entrar a confinamiento; al iniciar el período de pastoreo las razas puras Romosinuano y Angus fueron más livianas que la raza Brahmán y aquellos animales cruzados con Angus. La tasa de ganancia diaria durante el período de pastoreo de invierno fue más bajo para las razas Brahmán y Romosinuano que para los novillos puros Angus. La tasa de ganancia diaria durante la primavera siguió una tendencia similar entre razas. Durante la fase de confinamiento los terneros fueron alimentados durante un período de 123 días. La ganancia diaria de los novillos puros Romosinuano fue intermedia para los animales puros Brahmán y los cruces con línea paterna Angus, pero similares a los valores de los novillos Angus. El peso vivo final fue más alto para los novillos Angus y los cruces con padre Angus que para las razas puras Romosinuano y Brahmán; estos dos últimos grupos tuvieron similar comportamiento en levante y ceba. Los novillos con padre Angus y madres Romosinuano o Brahmán se comportaron tan bien como los terneros puros (Tabla 40).

Por otra parte, Riley y *col.* (2004) evaluaron los efectos de la heterosis sobre el crecimiento y rendimiento en canal de los mismos cruzamientos anteriores en terneros nacidos entre 2002 y 2003 (n=708). Se encontró un efecto significativo de la heterosis para el peso al nacimiento en los cruces AR (5.7%, 1.68 ± 0.61 kg), AB (9.8%, 2.98 ± 0.67 kg), RB (7.8%, 2.39 ± 0.61 kg).

Los efectos directos sobre el peso al nacimiento para A, B y R fueron -4.11 ± 0.94 kg, 6.99 ± 1.02 kg y -2.88 ± 1.02 kg, respectivamente, mientras



Tabla 40.
Ganancias diarias promedio para toretes Romosinuano y sus cruces con las razas Brahmán y Angus en EUA.

Carácter	Ganancia diaria promedio en invierno	Ganancia diaria promedio en verano	Ganancia diaria promedio en feedlot
Raza o cruce	(kg/día)	(kg/ día)	(kg/ día)
BB	0.58c	1.06b	0.97b
RR	0.71bc	1.09b	1.08ab
AA	0.95 ^a	1.25ab	1.06ab
AB	0.79b	1.29a	1.13a
AR	0.83ab	1.28a	1.17a
SEM	0.05	0.06	0.08

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

los efectos maternos fueron 1.57 ± 0.66 kg, -5.32 ± 0.67 kg, 3.75 ± 0.62 kg, respectivamente ($P < 0.001$). Los terneros F1 (BA y BR) fueron 4.69 ± 0.99 kg y 5.95 ± 0.9 kg más pesados que sus respectivos cruces recíprocos ($P < 0.001$). La heterosis para peso al destete varió desde 11.6 ± 3.59 kg (5.6%, AR) a 22.1 ± 4.02 kg (9.94%, AB). Los efectos directos de peso al destete fueron significativos para B (13.08 ± 6.02 kg) y R (-21.62 ± 5.5 kg). Los efectos maternos también fueron significativos para A (23.02 ± 3.86 kg) y B (16.02 ± 3.96 kg). La heterosis para altura a la cadera fue 1.44 ± 0.68 cm, 1.98 ± 0.7 cm y 2.44 ± 0.77 cm, respectivamente; en los cruces RA (1.3%), RB (1.7%) y BA (2.1%) los efectos directos fueron significativos para las razas A y B (-5.53 ± 1.15 cm, 6.42 ± 1.16 cm, respectivamente). Los efectos maternos sobre la altura de la cadera fueron significativos para A, B y R (4.27 ± 0.73 cm, 2.5 ± 0.76 cm y 1.77 ± 0.7 cm, respectivamente). Por su parte, la influencia de la heterosis sobre la condición corporal fue significativa para los cruces BR (3.3%, 0.19 ± 0.04) y AB (2.1%, 0.13 ± 0.05). Los efectos maternos sobre la condición corporal en la raza Brahmán (0.12 ± 0.07) fueron así mismo significativos. Los resultados indican que la raza Romosinuano puede aprovecharse en cruzamientos especialmente con la raza Brahmán para mejorar la precocidad del ternero.

En cuanto a las características de la canal y de las piezas al sacrificio, Coleman y col. (2002) también evaluaron el peso de los órganos y depósitos de grasa de bovinos Romosinuano y los compararon con los de la raza Angus. Los animales utilizados en dicho estudio fueron finalizados bajo dos regímenes alimenticios (a. confinamiento y b. pastoreo con suplementación mediante una dieta de granos a libertad). Los animales de la raza



Romosinuano obtuvieron un peso corporal más alto que los animales Angus cuando fueron finalizados en pastoreo y suplementación ($P < 0.05$) aunque su peso fue similar cuando fueron finalizados en confinamiento. Al ajustar los datos a un peso corporal constante no se presentaron diferencias significativas debido a la raza o al tratamiento de finalización ($P > 0.10$). Respecto del peso de vísceras como el corazón o los riñones, los novillos Romosinuano lograron un mayor peso ($P < 0.05$) de piel, bazo y grasa interna frente a los animales de la raza Angus, pero un menor peso de hígado y rumen vacío. Los novillos finalizados en confinamiento tuvieron más grasa interna ($P < 0.05$) y pesos más livianos de cabeza y pulmones ($P < 0.05$) que los animales finalizados en pastoreo. Los autores concluyen que estos datos podrían explicar la observación de que la raza Romosinuano parece gastar menos tiempo para la finalización que las razas convencionales, lo cual tiene implicaciones sobre la manera como las razas adaptadas al trópico ajustan las condiciones de alimentación o ayuno mediante el almacenamiento y movilización de reservas internas de grasa.

En otro estudio realizado por Horne y *col.* (2004) para evaluar si la raza Romosinuano presentaba mejores características de la canal comparada con las razas Brahmán y Angus, se sacrificaron animales de tres cruces dialélicos (AB, AR, BA, BR, RA y RB) y animales puros (AA, RR y BB). Los resultados de fuerza de corte evaluada por la metodología Warner-Bratzler indicaron que el ganado BB presentó los cortes más duros y resistentes al corte (3.98 kgf), mientras que los provenientes de AA y RA obtuvieron mejores valores de terneza (3.16 kgf). Cuando se tuvo a la raza Romosinuano en la línea maternal del cruce, los novillos presentaron canales más pesadas y mejores registros de marmóreo; no obstante, también presentaron valores de fuerza de corte más altos y menores registros de terneza en panel sensorial ($P < 0.05$). El parámetro raza no presentó un efecto significativo sobre las propiedades de despiece de la canal.

Evaluación de características reproductivas de la raza Romosinuano y sus cruces en una región subtropical

Pubertad del macho y caracteres reproductivos en ambientes subtropicales

En el ambiente subtropical de la Florida, Chase y *col.* (1997) evaluaron el crecimiento postdestete y el desarrollo reproductivo en machos hasta los 20



meses de edad, comparando bovinos de las razas Romosinuano (13), Angus (25), Brahmán (17) y Nelore × Brahmán (9) Los animales fueron mantenidos en pastoreo y se suplementaron con 4.5 kg de concentrado/día. Aproximadamente cada seis semanas los toros fueron pesados y se midió la circunferencia escrotal. Cuando los toros tuvieron 12 meses, inició la evaluación a intervalos de 84 días para evaluar líbido y examen reproductivo. La pubertad la definieron como la edad en la cual se producen como mínimo 50 millones de espermatozoides por eyaculado con un mínimo de 10% de motilidad. Se encontró un efecto significativo para la interacción raza × edad.

El peso corporal de los toros Romosinuano fue más bajo que los de la raza Brahmán y mayor que en la raza Angus, desde el destete hasta los 12 meses de edad. Pero el peso corporal entre los 12 y 20 meses fue similar para las razas Romosinuano y Brahmán. La circunferencia escrotal de los toros Romosinuano y Angus fue similar a través de la mayoría del estudio, si bien mostró valores superiores al registrado para las razas *Bos indicus*, con la mayor diferencia registrada entre el destete y los 17 meses de edad. Estas diferencias se debieron al hecho de que los toros de razas *Bos taurus* alcanzaron la pubertad a los 17 meses. Los registros de líbido de los toros Angus fueron consistentemente mayores que los toros *Bos indicus* en todos los períodos. Los registros de líbido de toros Romosinuano parecieron incrementar en cada período de prueba y al final de la evaluación se ubicaron en una posición intermedia entre los toros Angus y los toros *Bos indicus* (Tabla 41).

Tabla 41.
Caracteres a la pubertad en toros Angus, Brahmán, Romosinuano y Nelore Brahmán.

Caracteres de la pubertad \Raza	Angus	Brahmán	Romosinuano	Nelore × Brahmán
Edad (días) bd	429.6 ± 18.7	509.7 ± 20.9	432.8 ± 20.1	468.3 ± 24.2
Peso corporal (kg) bcd	310.1 ± 18.5	402.5 ± 20.7	339.6 ± 19.8	343.3 ± 23.8
Altura cadera (cm) bcd	114.3 ± 1.6	133.8 ± 1.8	122.7 ± 1.7	134.8 ± 2.1
Circunferencia escrotal (cm) bc	30.4 ± 0.7	28.2 ± 0.8	28.8 ± 0.8	27.4 ± 0.9
Volumen pared testicular (cm ³) c	516.8 ± 27.6	434.6 ± 30.8	429.1 ± 29.6	395.1 ± 35.6
Ancho pélvico (cm) bc	11.0 ± .2	12.3 ± .3	12.1 ± 0.3	12.2 ± 0.3
Alto pélvico (cm) bcd	14.0 ± .2	16.4 ± .3	15.3 ± 0.2	16.6 ± 0.3
Área pélvica (cm ²) bc	154.7 ± 6.3	203.9 ± 7.1	186.5 ± 6.8	202.1 ± 6.3

Tomado de Chase y col. (1997).

b: toros Angus y Romosinuano (*Bos taurus*) vs. Brahmán y toros Nelore × Brahmán (*Bos indicus*) ($P < 0.05$).

c: toros Angus vs. toros Brahmán, Romosinuano y Nelore × Brahmán ($P < 0.05$).

d: toros Brahmán vs. toros Romosinuano ($P < 0.05$).



Cinco de los 17 toros Brahmán no alcanzaron la pubertad a la última fecha de recolección de semen. Los toros de las razas Brahmán y Nellore × Brahmán (*Bos indicus*) fueron ($P<0.05$) más viejos, más pesados, más grandes; también tuvieron menor circunferencia escrotal y mayores dimensiones pélvicas que los toros de las razas Angus y Romosinuano (*Bos taurus*) a la pubertad. En esta etapa los volúmenes testiculares no difirieron entre *Bos indicus* y *Bos taurus*.

Los toros de la raza Romosinuano y Nellore × Brahmán (razas tropicales) fueron ($P<0.05$) más pesados, más grandes, tuvieron menor circunferencia escrotal y volumen testicular, así como también mayores medidas pélvicas que los toros Angus (razas de zona templada) a la pubertad. Aunque las razas tropicalmente adaptadas no difirieron en edad a la pubertad de los toros Angus, los toros Brahmán si fueron mayores y más grandes que ($P<0.05$) los toros Romosinuano a la pubertad. Sin embargo, los toros Brahmán y Romosinuano no difirieron en circunferencia escrotal, volumen testicular y tamaño de la pelvis en esa edad.

Estos resultados indican que las características reproductivas en toros de las razas Romosinuano y Angus, ambas taurinas, son similares; además, la combinación de pubertad temprana (precocidad) y adaptación tropical observada en la raza Romosinuano puede ser benéfica para sistemas de producción en climas cálidos.

Por otro lado, Koch y *col.* (2003) estudiaron el contenido espermático testicular y epididimal, así como la producción diaria de espermatozoides (PDE) de toros de la raza Romosinuano (R, $n = 10$) y la compararon con la raza Angus (A, $n = 7$) y la raza Brahmán (B, $n = 8$). Los autores reportaron que los toros de la raza Romosinuano tuvieron mayor contenido de esperma testicular ($P<0.01$) por gramo (g) de parénquima testicular y una mayor PDE/g que los toros de las razas A y B con valores intermedios (recuento espermático/g, 73.8 vs. 56.9 y 64.6 × 10⁶, respectivamente; PDE/g, 13.9 vs. 10.7 y 12.2 × 10.6, respectivamente). La raza Brahmán tuvo mayor contenido de esperma testicular ($P<0.001$) y DSP que los toros de raza R y A los cuales fueron similares (contenido de esperma, 41.6 vs. 28.5 y 20.6 × 10⁶, respectivamente; DSP, 7.8 vs. 5.4 y 3.9 × 10⁶, respectivamente).

Se concluyó que los contenidos testicular y epididimal, y la PDE de toros *Bos taurus* adaptados al trópico, se asemejan a los toros *Bos indicus* adaptados al trópico; además, son mayores que los toros *Bos taurus* criados en el sub-trópico.



Desarrollo y pubertad en la hembra Romosinuano en ambientes subtropicales

Chase y col. (1997) también realizaron pruebas para determinar la edad y el peso a la pubertad en novillas de la raza Romosinuano en comparación con otras razas nacidas en la estación STARS en Florida, EUA. Las hembras fueron mantenidas en pastoreo con suplementación alimenticia de acuerdo con las condiciones de la zona. La edad a la pubertad fue definida como la edad a la cual ocurre la primera concepción que resulta en un nacimiento y fue calculada a partir de la fecha del primer parto menos 284 días (Tabla 42).

Tabla 42.

Ganancia de peso pos-destete, edad y peso a la pubertad en novillas de diferentes razas nacidas entre 1991 y 1993 en Florida (EUA).

Año	Raza	n	Ganancia diaria de peso (kg)		Pubertad	
			Máximo	Mínimo	Edad (meses)	Peso corporal (kg)
1991	Angus	39	0.38 ± .010	0.26 ± .015	16.2 ± .57	282 ± 5.5
	Brahmán (B)	10	0.26 ± .018	0.43 ± .026	25.1 ± 1.16	366 ± 11.1
	Hereford (H)	10	0.40 ± .018	0.37 ± .030	18.8 ± 1.13	313 ± 10.9
	Romosinuano	21	0.35 ± .014	0.39 ± .021	19.0 ± .78	301 ± 7.5
	Senepol (S)	15	0.28 ± .017	0.42 ± .026	17.8 ± .93	326 ± 8.9
	Nellore × B	11	0.26 ± .019	0.40 ± .029	24.3 ± 1.12	336 ± 10.8
	H × S	6	0.35 ± .030	0.40 ± .050	15.2 ± 1.55	311 ± 14.9
1993	S × H	5	0.31 ± .030	0.53 ± .050	15.6 ± 1.63	298 ± 15.7
	Brahmán (B)	35	0.42 ± .012	0.45 ± .017	20.4 ± .41	368 ± 6.8
	Romosinuano	9	0.42 ± .027	0.40 ± .045	14.6 ± .81	272 ± 13.6
	Senepol (S)	21	0.43 ± .017	0.50 ± .025	16.3 ± .53	349 ± 8.8
	B × Angus(A)	19	0.59 ± .018	0.55 ± .023	15.9 ± .55	344 ± 9.3
	S × A	19	0.56 ± .018	0.55 ± .023	15.9 ± .55	329 ± 9.3
	Tuli × A	21	0.53 ± .017	0.48 ± .024	15.8 ± .53	306 ± 8.8

Tomado de Chase y col. (1997).

El promedio de ganancia diaria de peso para las novillas Romosinuano nacidas en 1991 fue mayor ($P < 0.05$) que el de las novillas Brahmán, pero menor que ($P < 0.05$) las de las razas Angus y Hereford (*Bos taurus*). En verano la ganancia diaria promedio fue mayor para Romosinuano ($P < 0.05$) que para las novillas Angus y Hereford, mientras fue similar a las novillas Brahmán. La edad y peso a la pubertad en las novillas Romosinuano nacidas en 1991



fue de 19.0 meses y 301 kg, respectivamente (Tabla 42); estos valores no difirieron en comparación con novillas Angus y Hereford, pero las novillas Romosinuano alcanzaron la pubertad a una edad y peso menores ($P < 0.05$) que la raza Brahmán. Cuando los niveles de nutrición se incrementaron en el año 1993, las novillas Romosinuano tuvieron promedios similares de ganancia diaria durante el invierno y verano a los presentados por la raza Brahmán y alcanzaron la pubertad a una edad y peso menores que las novillas de raza Brahmán. La edad y el peso corporal a la pubertad fue de 14.6 meses y 272 kg, respectivamente, cuando las novillas estaban en un régimen alimenticio alto. Estos resultados sobre la pubertad en hembras demuestran el potencial de la raza Romosinuano que, además de su tolerancia al calor, presentan características reproductivas superiores, particularmente una edad a la pubertad más temprana que la raza Brahmán.

En otro trabajo conducido por el mismo autor en el año 2000, evaluó la edad a la pubertad en dos poblaciones de la raza Romosinuano de diferente origen: a) Costa Rica (CR; $n=17$) y b) Venezuela (VE; $n=34$). Al inicio del estudio las novillas de CR fueron mayores (236 vs. 208 días), más pesadas (218 vs. 183 kg), y de mayor tamaño (113 vs. 110 cm) que las novillas de VE. Al final del estudio las novillas de CR fueron más pesadas (432 vs. 387) y de mayor tamaño (132 vs. 129 cm) que las novillas de VE. La edad a la pubertad fue similar entre novillas de CR (428 días) y VE (419 días) y entre suplementadas con granos (419 días) y no suplementadas (427 días). Así mismo, la altura a la cadera y el peso corporal a la pubertad se estableció estaban influidas por la interacción origen racial / tratamiento pre-destete. Esto parece deberse al mayor tamaño y peso corporal observado a la pubertad en las novillas CR no suplementadas con granos, comparadas con cualquier otra combinación de tratamientos. Los datos de este estudio sugieren que las novillas CR y VE tuvieron tasas de crecimiento y edad a la pubertad similares y que la suplementación pre-destete puede deprimir la ganancia de peso pos-destete en novillas, pero no afecta la edad a la pubertad.



Capítulo 9

CONCLUSIONES

La producción de carne en el país, en una gran proporción se obtiene a partir de ganado Cebú comercial, pero las razas criollas en general tienen poco impacto en el sector productivo nacional, debido a que han sido objeto de cruces absorbentes, llevándolas casi a su extinción en un proceso de sustitución por ganado Cebú. Actualmente, no existe información confiable sobre los tamaños poblacionales en estas razas, pero según el último censo de 1996, su población está lejos del 1% de la población bovina nacional, debido a esto, CORPOICA con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el ICA están realizando actividades de conservación, multiplicación y fomento de estas poblaciones, directamente con los ganaderos con el fin de desarrollar planes de evaluación y mejoramiento genético que encamine al uso eficiente de estas poblaciones criollas, para esto es necesario tener una documentación completa del potencial productivo de estas razas, en las cuales se ha generado un sinnúmero de trabajos que en esta publicación estamos consolidando exclusivamente para la raza Romosinuano.

El ganado criollo colombiano Romosinuano debe su nombre a su principal característica fenotípica de no tener cuernos (romo) combinado con su lugar de origen, el Valle del río Sinú (sinuano), en la costa norte de Colombia; se han documentado como sus principales características fisiológicas: i) Gran **adaptabilidad** a las condiciones medioambientales ofrecidas por el Valle del Sinú. ii) **Rusticidad** por la respuesta adaptativa a las condiciones desfavorables propias del trópico, caracteres documentados, dada su mayor tolerancia al calor comparada con razas taurinas especializadas y similar a las razas cebuínas. iii) Notable **fertilidad**, comprobada por reportes de tasas de natalidad superiores al 85% en 20 años de información productiva en el C.I. Turipaná, además de un menor peso y edad a la pubertad, mayor recuperación ovárica posparto, dando por tanto menores intervalos parto concepción, caracteres documentados con trabajos científicos realizados en el trópico y en regiones subtropicales lo que le permite generar un mayor número de crías y por ende mayores rendimientos productivos. iv) Es un animal **longevo**, también comprobado por la alta proporción de hembras con más de 10 partos en su vida productiva, lo que puede ser la consecuencia de su ajuste fisiológico con el medio que rodea al animal. v) **Mansedumbre**,



es un animal muy tranquilo y de buen temperamento, lo que se traduce en menos accidentes y estrés de los animales. vi) **Calidad de la canal y de la carne.** Está bien documentado en varios trabajos que esta raza mantenida en condiciones óptimas de nutrición y manejo, presenta mejores rendimientos en canal, con mayor porcentaje de carne extra, además de una menor resistencia al corte (carne más blanda), caracteres que también son mejorados en el animal cruzado. Por último, se destaca su habilidad combinatoria y producción de heterosis con animales de la raza Cebú principalmente, dando ejemplares con excelentes parámetros zootécnicos.

Los resultados presentados para caracteres evaluados en crecimiento tanto en el trópico como en ambientes subtropicales, en forma pura o en cruce, han indicado rendimientos similares a razas como Angus y Brahmán, pero con ventajas propias de las razas criollas con respecto a razas taurinas especializadas, por que posee una mayor tolerancia al calor y con respecto a la raza Brahmán, por la mayor eficiencia reproductiva, demostrada tanto en el componente macho como hembra y por tanto una mayor eficiencia económica en términos de mayor número de partos en la vida reproductiva y en el caso del macho en monta natural, mayores porcentajes de preñez.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA, también ha adelantado trabajos de caracterización morfométrica para la definición racial de las poblaciones criollas a su cargo, con lo que se tiene definido un patrón racial específico de esta población, comparado con otras razas criollas y la raza Cebú. Además, se determinaron indicadores reproductivos y productivos y se evaluaron parámetros genéticos, en la población del Banco de germoplasma *in situ*, a partir de información recolectada por 25 años. Los resultados obtenidos muestran que en la raza criolla Romosinuano en el trópico bajo colombiano, en forma pura bajo pastoreo, se pueden dar como parámetros productivos: 30 kg de peso al nacimiento, 207 kg de peso al destete (240 días), con una ganancia diaria promedio por animal de 655 gramos y un peso promedio a los 16 meses de 269 kg. Estos parámetros superan a los promedios nacionales para ganadería de carne en las mismas condiciones. Además, estos parámetros sumados con su excelente eficiencia reproductiva del 85%, muy superior también al promedio nacional, muestra el potencial productivo de la raza, que también puede ser mejorado, dados los valores de heredabilidad encontrados para características de crecimiento, que indirectamente pueden afectar de manera positiva la edad y peso al primer parto, la cual puede ser una de las pocas desventajas de este grupo racial con respecto a las razas taurinas especializadas.

Al comparar el comportamiento de esta raza criolla para la producción de carne de calidad con respecto a la raza Cebú y del cruce Romo × Cebú, mantenidos en las mismas condiciones, se han observado mejores pesos al destete del cruce y de la raza Romosinuano que la raza Cebú, similar al comportamiento al sacrificio. En cuanto al rendimiento en canal, es mayor en la raza Romosinuano, comparado con el Cebú y los animales cruzados. Por otra parte, los rendimientos en carne son muy similares para los tres grupos raciales, no obstante al hacer una aproximación del valor comercial de este producto, se observa que es mayor el ingreso recibido por los animales cruzados y Romosinuano. En cuanto a la calidad organoléptica en la carne producida, el valor de terneza es mejor para la raza Romosinuano y animales cruzados, además las pérdidas de agua por cocción son menores en estos dos grupos raciales. En cuanto a calidad nutricional evaluada por los bajos niveles de grasa y niveles altos de ácidos grasos poli-insaturados (omega 3 y omega 6), se presentan las condiciones más deseables en la raza criolla Romosinuano.

La mayor parte de los trabajos presentados en esta publicación han sido realizados con la información generada por los Bancos de Germoplasma *in situ* de la raza, que en la actualidad mantiene el núcleo de animales Romosinuano en el Centro de Investigación Turipaná y que busca la conservación de la variabilidad genética por medio del uso de estrategias de manejo genético que incluyen, control estricto de las genealogías, mantenimiento del tamaño efectivo de la población, monitoreo de consanguinidad y variabilidad genética a nivel molecular y la criopreservación de material seminal y embriones. Además se desarrolla actualmente **“El plan Nacional de multiplicación, mejoramiento y fomento de los bovinos criollos colombianos a través de la creación de núcleos en empresas ganaderas”** que da la oportunidad de hacer que esta raza sea utilizada por los Ganaderos y demuestre su potencial productivo. Inicialmente se han beneficiado nueve productores ganaderos de la región Caribe, a los cuales se les ha entregado un total de 209 animales Romosinuano.

Por último, es de destacar el gran interés que muestran otros países sobre el ganado criollo colombiano el cual se ha documentado ampliamente en una variedad de estudios en diferentes latitudes, presentando igualmente habilidades productivas y reproductivas en esos ambientes, diferentes al trópico bajo colombiano.

BIBLIOGRAFÍA



- ALVARADO, J. D., y AGUILERA, J. M. Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Zaragoza (España). Editorial ACRIBIA. 2001.
- American Dietetic Association, 1998.
- ARANGO, T. 1976. Estudio de mermas y rendimiento en novillos Sanmartinero y Cebú × Sanmartinero. En: V Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Maracay, Venezuela. Nov 30 – Dic. Memorias p. 72).
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990.
- BARTON-GADE, P. A.; CROSS, H. R.; JONES, J. M. and WINGER, R. J. 1988. Factors affecting sensory properties of meat. Meat Science, Milk Science and Technology. 5:165.
- BASS, J. J.; JOHNSON, D. L.; COLOMER-ROCHER, F. and BINKS, G. 1981. J. Agric. Sci., Camb., 97:37.
- BUCHANAN, F. C.; FITZSIMMONS, C. J.; VAN KESSEL, A. G.; THUE, T. D.; WINKELMAN-SIM, D. C. and SCHMUTZ S. M. 2002. A missense mutation in the bovine leptin gene is correlated with carcass fat content and leptin mRNA levels. Genetics, Selection, and Evolution 34: 1-12.
- BUCHANAN, F. C.; THUE, S. M. and SCHMUTZ, T. D. 2002. Genes controlling appetite show interdependencies in allele frequency in beef cattle. International Society of Animal Genetics, Göttingen, Germany.
- CALLOW, E. H. 1948. J. Agric. Sci. 38, 174.
- CARRILLO, J.A. 1982. Estudios de rendimiento en canal de la raza Sanmartinera, Cebú y cruces en el C.I. La Libertad ICA. Tesis MVZ. Universidad Tecnológica de los Llanos, Villavicencio.
- CARTWRIGHT, N. Do the Laws of Physics State the Facts. Pacific Philosophical Quarterly 61, pp. 75-84. 1980.
- CASEY, J. C.; CROSSLAND, A. R. and PATTERSON, R. L. S. 1985. Meat Sci. 12, 189.
- CHASE C. C. JR., A. C. HAMMOND, T. A. OLSON, C. N. MURPHY, A. TEWOLDE AND J. L. GRIFFIN. 1997, Introduction and evaluation of Romosinuano in the U.S.A. Archivos latinoamericanos de producción animal 5(4) 1997.
- CHASE, C., Williams, M. Hammond, A. 2000 Effect of Source of Romosinuano Germplasm and Preweaning Creep Grazing on Postweaning Growth and Puberty in Heifers <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- CHURCH, D. C.; POND, W. G. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa.
- CIE. Colorimetry, 2 ed., CIE Publications n. 15.2, Comisión Internationale de l'Eclairage, Viena 1986.
- COLEMAN, S., PHILLIPS, W., CHASE, CH., RILEY, D., MORGAN, B., NELSON, J. 2002. Organ Weights and Internal Fat of Angus Or Romosinuano Steers Finished in the Olson, T, Feedlot Or with Grain-on-Pasture <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- COLEMAN, S.W., PHILLIPS, W.A., RILEY, D.G., CHASE, C.C., MAYEUX, H.S. 2002. Stocker and Feedlot Performance of Angus and Romosinuano Steer Calves. Southern Section American Society of Animal Science. P. 4. Abstract No. 15. <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- COLOMER-ROCHER, F.; BASS, J. J. and JOHNSON, D. L. 1980. Agric. Sci., 57:908.
- CROSS, H. R.; SCHANBACHER, B. D.; CROUSE, J. D. 1984. Sex, age and breed related changes in bovine testosterone and intramuscular collagen. Meat Sci. 10:187.
- CROUSE, J.D., Theer, L.K. and Seideman, S.C. 1989. The measurement of shear force by core location in longissimus dorsi beef steaks from four tenderness groups. J. Food Qual. 11:341.
- CUNDIFF, L. V. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. J.Anim. Sci., 30: 694-705. 1970.



- CUSTODIAR, S.A. Hacienda "La Leyenda", 2006. e-mail: parestre@epm.net.co.
- DAVID, B. WESTERLING; HEDRICK H.B. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of animal science*. 48(6):1343-1348.
- Department of Animal and Poultry Science - University of Saskatchewan. 2003. DNA Studies of Leptin and Meat Quality a brief review about some genes controlling meat quality or grade in Canada.
- DIKEMAN, M. E. 1987. Fat reduction in animals and effects on palatability and consumer acceptance of meat products. *Recip. Meat. Conf.* 40:93-103.
- DUCKETT, S.K., D. G. Wagner, L. D. Yates, H. G. Dolezal & S.G. May. 1993. Effects of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anim. Sci.* 71: 2079-2088.
- ESCOBAR, L.; y GOMEZ, J. 1969. Ceba en pastoreo rotacional de pasto Pará (*Brachiaria mutica*). Documento de trabajo.
- FAJARDO, R; AYALA, H; ARANGO, T. 1976. Heterosis para el peso presacrificio y el de las canales en ganado Sanmartinero, Cebú y sus cruces recíprocos. En: V reunión Latinoamericana de Producción Animal. Maracay, Venezuela. Nov 30 - Dic 5. Memorias.
- FOREST, J.C., C Kuei, M. Orcutt, A. Schinckle, J. Stouffer, and M. Judge. 1989. A review of potential new methods of on-line pork carcass evaluation. *J. Animal Sci.* 67:2164-2170.
- FRANKE, D. E. Breed and heterosis effects of American Zebu Cattle. *J. Animal Sci.*, 50(6):1206-1214. 1980.
- GONZÁLEZ, H. E.; RAMÓN, J. F. y TORRIJOS R.. Caquetá: tradición y vocación ganadera. Caquetá - Colombia. 2003.
- GRACÍA, C.E. 1974. El ganado Romosinuano. *Agricultura tropical*. Vol 3:19.
- GRUNDY, S.M. 1986. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering cholesterol. *New Engl. J. Med.*, 314:745 - 748.
- GUTIÉRREZ, W. R.; MARTÍNEZ, R. A.; ESCOBEDO, C. D. y ANZOLA, H. J. Situación de los recursos zoogenéticos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá - Colombia. 2003.
- HAMMOND A. C. , T. A. OLSON, C. C. CHASE, JR., E. J. BOWERS, R. D. RANDEL, C. N. MURPHY, D. W. VOGT, and A. TEWOLDE. 1996. Heat Tolerance in Two tropically Adapted *Bos taurus* Breeds, Senepol and Romosinuano, Compared with Brahmán, Angus, and Hereford Cattle in Florida. *J. Anim. Sci.* 1996. 74:295-303.
- HAMMOND, A. C. and OLSON T. A.. Rectal temperature and grazing time in selected beef 10 cattle breeds under tropical summer conditions in subtropical Florida. *Trop. Agric. (Trinidad)* Vol. 71 (No. 2):128-134. 1994.
- HAMMOND, J. 1932. Growth and development of mutton qualities in the sheep, Oliver & Boy, London.
- HAMMOND, K. and LEITCH, H. The FAO global program for the management of farm animal genetic resources. In: Miller, R., Pursel, V. and Norman, H. (Eds). *Biotechnology's Role in the Genetic Improvement of Farm Animals*. American Society of Animal Science. pg 24-42. 1996.
- HEDRICK, H.B., E. D. ABERLE, J. C. FORREST, M. D. JUDGE, and R. A. MERKEL. 1994. Principles of meat science. Third edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. pp. 1-7.
- HERNÁNDEZ B. G. 1981. El Cebú y los criollos en la producción de carne. En: Guía para producir carne en Colombia. Suplemento Ganadero. ICA-Banco Ganadero. Vol 2 #3 p 4-15.
- HERNÁNDEZ, B.G. 1970. Effect of year, season, age of dam and sex of calf on calving interval and growth rate of Romosinuano cattle. M. Sc. Thesis. University of Nebraska, Lincoln, Ne., USA, pp. 140.
- HERNÁNDEZ, B.G. 1976. Romosinuano. Razas criollas colombianas. Manual de Asistencia Técnica. ICA (Col). No. 21: 1-16.
- HERNÁNDEZ-CERÓN, J., CHASE, C.C., HANSEN, P.J. Differences in Sensitivity to Heat-Shock Between Preimplantation Embryos from Heat-Tolerant (Brahmán and Romosinuano) and Heat-Sensitive(angus)breeds. *Journal of Dairy Science*: Vol. 87:53-58. <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- HEYWOOD V. y WATSON R. T. Global biodiversity assessment. UNEP. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. pp. 5-28. 1995.
- HORNE, W.J., BROOKS, J.C., COLEMAN, S.W., PHILLIPS, W.A., RILEY, D.G., CHASE, C.C., MILLER, M.F. 2004. Effect of Romosinuano Breeding on Carcass Characteristics, Shear Force and Retail Shelf



- Life of Beef Steaks. <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>. Journal of Animal Science: Vol. 82, SUPPL.1/ J. Dairy Sci. Bol. 87.
- HUERTA - LEIDENZ, y RODAS - GONZALES, A. 1998. El ganado de doble propósito. ¿Carne para consumidores exigentes?. In: C. GONZALES - STAGNARO, N. MADRID - BURY and E. SOTO BELLOSO, cds. Mejorada de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. Astro Data, Maracaibo.
- HUERTA-LEIDENZ, N., J. RUIZ, L. ARENAS, N. JEREZ-TIMAURE, E. MÁRQUEZ y B. MUÑOZ. 1996b. Contenido de colesterol en el músculo longissimus de bovinos venezolanos. Arch. Latinoamer. Nutr. 46: 329-333.
- HUERTAS-LEIDENZ, N. 2000. Parámetros de qualidade de carne para o inicio de milenio. En: Gestao Estrataegica na Pecuaria. Anais 4º. Congresso Brasileiro das racas Cebúinas. 26-28 de Outubro. Uberaba.
- HUERTAS-LEIDENZ, N. y RÍOS, G. 1993. La castración a diferentes estadios de crecimiento II. Efectos sobre las características de la canal. Rev. Fac. Agr. LUZ 10:163.
- HUERTAS-LEIDENZ, N.; ATENCIO-VALLADARES, O.; RODAS-GONZALEZ, A. JEREZ-TIMAURE, N. Y BRACHO, B. 1997. Características de canales de novillos y novillas aCebúados producidos en pastoreo y su relación con atributos de la calidad comestible de la carne. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5Suple. 1: 565-567.
- HUERTAS-LEIDENZ, N.O., CROSS,H.R., LUNT, D.K., PELTON, L.S., SAVELL, J.W., SMITH, S.B. 1991. Growth carcass traits and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. J. Anim, Sci., 69:3665 - 3672.
- Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia. Tulio Albarracín Pedraza, Colombia.
- JEREZ, N. C., C. R. Calkins, and J. Velazco. Prerigor injection using glycolytic inhibitors in low-quality beef muscles. J. Anim. Sci. 2003. 81:997-1003.
- JIMÉNEZ P; ACOSTA, O; HERNÁNDEZ, G; CASTRO, A. 1988. Cruzamiento de ganado Romosinuano y Cebú para la producción de carne. ICA Informa. Vol XXII #44 p 13.
- JOWITT, R. 1974. The terminology of food texture. Journal Texture Studies 5: 351.
- KAZALA. 1999. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from Crossbred Wagyu Cattle . Journal animal science 77:1717-1725.
- KEMPSTER, A. J. and HARRINGTON, G. 1980. Livestock Prod. Sci., 7:361.
- KOCH, J.W., Tatman, S.R., Chase, C.C., Welsh, JR., T.H., Randel, R.D. 2003. Comparison of Testicular and Epididymal Sperm Content in Angus, Brahman, and Romosinuano Bulls. Journal of Animal Science Vol. 81, (SUPPL.2)P 13.
- KOGER, M. Effective crossbreeding systems utilizing Zebu cattle. Journal of Animal Science. 50:1215-1226. 1980.
- LUCERO, C., E. Evaluación del desempeño productivo de animales cruzados entre razas criollas colombianas y europeas con el Cebú. Centro de Investigaciones Tulenapa, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. VI Congreso Iberoamericano de Razas Criollas y Autóctonas. Recife (Brasil), 1-4 Dic de 2003. Memorias.
- MARCHELLO JA; DRYDEN FD; RAY DE. 1968. Variation in the lipid content and fatty acid composition of three bovine muscle as affected by different methods of extraction. J. Animal Science; 275: 1233-1238.
- MARTÍNEZ C; GÓMEZ G. F. 1982. Correlación entre las ganancias diarias en la ceba y rendimiento en canal. XII Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cali, Oct 12-16 p 74. Memorias.
- Mc MEEKAN, C. P. 1940. Journal agriculture science. 30, 276 - 287.
- MILES, PD. 1995. Lácteos y carne bovina como fuente dietaria de ácidos grasos poliinsaturados Omega-3. En Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Mar del Plata Argentina, p. 433.
- MORGAN, J.B., WHEELER, T.L.,KOOHMARAIRE, M., SAVELL, J.W., and CROUSE, J.D. 1993. Meat tenderness and calpain proteolytic system in Longissimus muscle of young bulls and steers. J Anim. Sci 71:1471 - 1476.
- NOUR, A.Y. M. and THONNEY, 1987. Carcass, soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two housing types and serially slaughtered over a wide weight range. J. Agric. Sci. 109:345.
- OTOPUN, C.A., Venezuela. Agropecuaria Los Olivos, Venezuela.



- PEARSON, A. M. y TAUBER, F. W. 1984. Processed meats. 2nd edition. AVI Publishing Company, Westport Connecticut, 29.
- PEARSON, A.M. 1966. Desirability of beef - its characteristics and their measurement. *Journal of Animal Science*. 25: 843-851.
- PEARSON, A.M. y DUTSON. T. R. 1994. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, 1st edition. Blackie Academic & Professional, New York, 18-19, 48-50, 79, 289-331, 480, 486, 489.
- PHILLIPS, W.A., COLEMAN, S.W., RILEY, D.G., CHASE, C.C., MAYEUX JR, H.S. 2006. Stocker and Feedlot Performance and Carcass Characteristics of Purebred Angus and Romosinuano Steers. *Professional Animal Scientist*. 22:8-13.
- PHILLIPS, W.A., COLEMAN, S.W., RILEY, D.G., CHASE, C.C., MAYEUX, H.S. 2005. Postweaning Performance of Purebred Angus and Romosinuano Steers <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm> [abstract]. *American Society of Animal Science Annual Meeting*. 88(1):327.
- PHILLIPS, W.A., COLEMAN, S.W., RILEY, D.G., CHASE, C.C., MAYEUX, H.S. 2004. Evaluation of Romosinuano As Straightbreds and Crossbreds with Angus and Brahmán: Stocker and Feedlot Gains [abstract]. *American Society of Animal Science Southern Section Meeting*. Paper No. 21. <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- PINZÓN, M. E. 1981. Vacuno Romosinuano. *Suplemento ganadero*. Banco Ganadero Santafé de Bogotá (Col). Vol 2: 2, pp. 60.
- PINZÓN, M. E. 1984. Historia de la ganadería bovina en Colombia, Ed. 1. Banco Ganadero, Bogotá, Colombia.
- PIÑEROS, G. G. 2000. Ganado de Carne. Editorial UNAD, p. 137.
- PLASSE, D. 1985 La selección en la ganadería de carne. II Selección de vacas. I Curso sobre Ganado de Carne, organizado por la Facultad de Ciencias Veterinarias (UCV). Maracay, Venezuela, 26 y 27 de septiembre, 1985. *Memorias*. VII 1-23.
- PRESTON, T. R. y WILLIS, M. B. 1975. Composición y Calidad de la Canal Cap. 2 En: producción Intensiva de Carne. Edif. Diana. Mexico. 61-143.
- RANKE, D. E. Breed and heterosis effects of American Zebu Cattle. *JAnimal Sci*, 50(6):1206-1214. 1980.
- RILEY, D.G., CHASE, C.C., COLEMAN, S.W., OLSON, T.A. 2004. Evaluation of Romosinuano As Straightbreds and Crossbreds with Angus and Brahmán: Claf Traits. *Journal of Animal Science*: Vol. 2, SUPPL.2, PG.4. <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- RILEY, R. R., SMITH G. C. , CROSS H. R., SAVELL J. W., LONG C. R. and CARTWRIGHT T. C., 1986. Chronological age and bred-type effects on carcass characteristics and palatability of bull beef. *Meat Science* 17, 187-198.
- ROUQUETTE, F. M.; RANDEL JR. R. D.; LONG, C. R.; CHASE, C. C.; PASCHAL, J. C. and MILLER, R. K. Feedlot performance and carcass traits of Romosinuano crossbred steers. *Mead Science*. 2001.
- ROUQUETTE, JR., F.M., RANDEL, R.D., LONG, C.R., CHASE, C.C., PASCHAL, J.C., MILLER, R.K. 2003. Pasture Performance, Feedlot Gain, and Carcass Traits of Romosinuano Crossbred, F-1 (Hereford × Brahmán Steers. *Journal of Animal Science* VOL.81 (SUPPL.1):P.227-228.
- ROUSE, J.E. 1977. The Criollo. Spanish Cattle in the Americas. University of Oklahoma Press. Norman.
- SALAZAR, J.J. y Cardozo, A. 1981. Desarrollo del ganado criollo en América Latina: resumen histórico y distribución actual. Recursos Genéticos animales en América Latina. Ganado Criollo y especies de altura. Roma, Italia, FAO 22: 8.
- SCHAKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. and WHEELER, T. L. 1995. Effects of slaughter age on meat tenderness and USA Carcass maturity scores of beef females. *Journal of Animal Science* 73: 3304-3309.
- SCHAKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M. F.; CROUSE, J. D. and REAGAN, J. D. 1991. An evaluation of tenderness of the Longissimus muscle og Angus by Hereford versus Cebu crossbred heiferds. *Journal of Animal Science* 69, 171-177.
- SCHAKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. and KOOHMARAIE, M. 1997. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science* 75: 2417-2422.



- SHARON, L. O. 1995. Manual de Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Carnes Frescas. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez P. R. 1, 6.
- SMITH, DR. 1993. Lipid composition of red meat and factors that influence risk for coronary heart disease. Rev. Fac. Agron.
- SMITH, G. C. 2001. Global sources of, and markets for, beef and perhaps, for buffalo meat; factors affecting palatability of beef and meat from the water buffalo. In: Proc. VI World Buffalo Congress. The buffalo. An alternative for Animal Agriculture in the Third Millennium. Huerta-Leindenz, N.; Vergara López, J. and Rodas-González Eds. 1Lectures.: 172-201.
- SPIERS, D. E.; VOGT, D. W.; JOHNSON, H. D.; GARNER, G. B. and MURPHY, C. N. Heat-stress responses of temperate and tropical breeds of *Bos taurus* cattle. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2:41-52. 1994.
- STOUFFER, J.R. - Ultrasound Evaluation of Beef Cattle - BIF Ad Hoc Ultrasonic Guidelines Committee-1988.
- SWATLAND, H. J. 1995. On-Line Evaluation of Meat Technomic Publishing Co., Inc. 851 New Holland Ave. Box 3535. Lancaster Pennsylvania, 17604 USA.
- TATUM, J.D., GREEN, R.D., O'CONNORS, S.F y SMITH, G.C.1996. Puntos críticos del control genético para mejorar la terneza en carnes de res de cruces de bovinos tolerantes al calor. In N. HUERTA - LEIDENZ y K. E. BELK, eds. El Ganado Cebú en el umbral del siglo XXI. Memorias del Congreso Mundial de la raza Cebú. PP. 374 - 403.
- TURNER, J. W. Genetic and biological aspects of Zebu adaptability. J. Anim. Sci., 50:1201-1205. 1980.
- USDA - Meat Animal Research Center. 1994, 1995, 1998, 1999.
- UZCÁTEGUI, S.; HUERTA-LEIDENZ, N.; ARENAS, L.; COLINA, G.; JEREZ-TIMAURE, N. . 1999 Contenido de humedad, lípidos totales y ácidos grasos del músculo longissimus crudo de bovinos en Venezuela. Archivos latinoamericanos de nutrición. Vol 49 No. 2.
- VAN TASSEL, C. P. and VAN BLECK, L. D.. Multiple trait gibbs sampler for animal models: flexible programs for bayesian and likelihoodbased (co)variance component inference. Journal of Animal Science, 74: 2586-2597. 1996.
- VÁSQUEZ R. E.; BALLESTEROS, H. H.; PULIDO J.; ABUABARA Y.; SÁNCHEZ L.E. 2005. Patrones tecnológicos y calidad de la carne bovina en el Caribe colombiano. CORPOICA . Boletín Técnico. Mayo de 2005, p 76-77.
- VÁSQUEZ, R. E.; DÍAZ, T. E.; BALLESTEROS, H. H.; PULIDO, J. I. 2002. Producción de carne de alta calidad en Colombia. Boletín técnico.
- VÁSQUEZ, R. E.; BALLESTEROS, H. H.; NIMA, O. A; MUÑOZ, O. C.; BARRERA, C. G. P.; PULIDO, J. I.; SÁNCHEZ, L.; RODRÍGUEZ G. O. A Y MARTÍNEZ S. R. Patrones tecnológicos y calidad de la carne bovina en el Caribe colombiano.1 ed. Bogotá: Produmedios, 2005, v.500. p.94.
- WALDMAN, R. C., SUESS, G. G., and BRUNGARDT V. H. 1968. Fatty acids of certain bovine tissue and their association with growth, carcass and palatability traits, J. Anim., 48: 1343 - 1348.
- WARRIS, P. D. 2003. Meat Science. An Introductory Text. CABI Publishing - a division of cab international. Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK.
- WARWICK E. y LEGATES E. 1992. Cría y Mejora del Ganado. 8ed. Interamericana. Mc Graw Hill, México.
- WEIR, E. T. 1960. Palatability characteristics of meat. In The Science of meat and Meat Products. Pp. 212 - 221. American Meat Int. Found W.H. Freeman and Cpmpany, San Francisco, CA.
- WHEELER, T. L., M. KOOHMARAIE, L. V. CUNDIFF, and M. E. DIKEMAN. 1994. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. J. Anim. Sci. 72:2325-2330.
- WILSON, N. R., E. DYETT, R. HUGHES y C. JONES. 1981. Meat and meat products, Factors affecting quality control. Applied Science Publishers, London. 1-18.

Anexo I. Estadística descriptiva de las características morfométricas en la población de las razas criollas y la raza Cebú.

Carácter	CCC n=58	ROMO n=63	SM n=37	BON n=34	CAQ n=62	CEBÚ n=15
AC	127,2 ± 7,7	130,7 ± 6,9	138,9 ± 7,9	132,7 ± 5,8	147,3 ± 127,5	140,0 ± 4,1
AG	121,8 ± 50,0	126,2 ± 49,9	137,2 ± 62,3	125,4 ± 48,0	126,9 ± 51,5	133,6 ± 55,0
ANC	4,62 ± 26,61	3,50 ± 27,39	4,84 ± 13,92	8,79 ± 26,38	2,89 ± 36,22	3,53 ± 28,13
LC	2,89 ± 8,22	1,87 ± 7,02	6,26 ± 9,03	4,58 ± 6,10	1,18 ± 5,21	1,41 ± 3,36
LG	40,2 ± 4,9	42,5 ± 4,9	56,4 ± 3,1	40,4 ± 3,4	42,7 ± 3,1	41,8 ± 2,8
LO	3,2 ± 171,7	2,1 ± 178,4	2,8 ± 199,2	2,5 ± 175,5	5,0 ± 167,0	8,6 ± 172,1
PT	14,42 ± 1,14	14,33 ± 0,86	18,62 ± 1,38	18,62 ± 1,13	24,13 ± 1,67	32,07 ± 1,58
AA	128,0 ± 20,4	132,3 ± 21,4	141,9 ± 29,7	131,6 ± 22,9	131,6 ± 17,2	140,4 ± 21,0
ACa	4,94 ± 8,95	4,42 ± 8,13	1,30 ± 9,97	5,46 ± 5,22	2,87 ± 6,11	2,95 ± 3,99
ProFT	171,71 ± 19,09	178,45 ± 18,17	199,27 ± 11,96	175,59 ± 15,33	167,07 ± 39,97	172,13 ± 12,26
LOr	19,0 ± 1,9	18,1 ± 1,8	11,9 ± 0,9	15,3 ± 1,5	39,9 ± 7,6	12,2 ± 2,8
LP	1,14 ± 5,17	0,86 ± 5,05	1,38 ± 5,5	1,13 ± 2,54	1,67 ± 5,48	11,58 ± 4,3
CE	35,51 ± 14,42	35,60 ± 14,33	39,2 ± 18,62	39,15 ± 18,62	38,17 ± 24,13	42,3 ± 32,07

Altura a la cruz (AC), Ancho de grupa (AG), Altura al nacimiento de la cola (ANC), Longitud de la cabeza (LC), Longitud de la grupa (LG), Largo del ombligo (LO), Perimetro torácico (PT), Altura al anca (AA), Ancho de la cabeza (ACa), Profundidad del tórax (ProFT), Longitud de la oreja (LOR), Longitud del prepucio (LP), Circunferencia escrotal (CE).





Anexo 2.

Directorio de propietarios de los núcleos puros y comerciales de la raza criolla Romosinuano.

No.	Propietario	Departamento	Municipio	Vereda	Finca	Nº Animales
1	Fondo Ganadero de Antioquia. Iván Andrés Muñoz	Antioquia	Arboletes	El Chua	Fundadores	24
2	Leandro Herrera Pérez	Antioquia	Chigorodó			73
3	Todo Tiempo S.A. Juan Carlos Moreno	Antioquia	Turbo	Villa rosa	Dios me Guie	28
4	Rodrigo Salas Trujillo	Bolívar	Cartagena - Sincerín	Centro	Hacienda Bonanza	60
5	Inversiones Lilliana. Esther Pérez	Bolívar	Magangue	Sta Lucia	El Rosario	24
6	Inversiones San Fernando. José Alvarez Jiménez	Bolívar	Magangue	Tacasaluma	Caño Lindo	29
7	Inversiones El Palmar Ltda. Rodrigo Salas Trujillo.	Bolívar	María La Baja	San Pablo	Hacienda La Pava	121
8	Jaramillo Gutiérrez y Cia S.A.	Caldas	Manizales	Mallera		
9	Cayagua SA (Inbernal Ltda.)	Casanare	Aguazul	Iguamena		
10	Jean Marie Márquez y Lisandro Buitrago	Casanare	Aguazul	San José del Bubuy		
11	Fabio Rodríguez	Casanare	Aguazul	Ventanas		
12	German Leal Cuevas	Casanare	Hato Corozal	Santa María		
13	Héctor Fernando Barragán	Casanare	San Luis de Palenque	Ocumare		
14	Víctor Manuel Perilla Ruiz	Casanare	Yopal	Palomas La Vega		
15	Héctor Fernando Barragán Mújica	Casanare	Yopal	Sirivana		
16	Palmeras Santana LTDA.	Casanare			Palmeras Santana	
17	Jesús Emilio Herrera Pérez	Cesar	Gamarra	Mahoma		
18	Univ. Francisco de Paula Santander. Cediel Forero Ojeda	Cesar	Río de Oro	Monte cristo	La Troya	15
19	Henry Silva Sarmiento	Córdoba		Montería	COPIAGROS	
20	Custodiar S.A. Jaime Montoya R.	Córdoba	Ayapel	Quebrada Seca	Mañana de Pascua	18
21	CORPOICA - ICA	Córdoba	Cereté	El Retiro	C.I. Turipaná	370
22	Helena Rosa Badel. José Badel	Córdoba	Montería	Aguas Vivas		
23	Álvaro Sotomayor Macea	Córdoba	Montería	Tres palmas		
24	Alfredo M. Dumar Abisambra	Córdoba	Sahagun	La Arena del Norte	Villa Rocio	28
25	Fondo Ganadero de Cundinamarca	Cundinamarca	Paratebueno	Macapay		
26	Pablo Boger	Cundinamarca	Paratebueno	Naguaya		
27	Juan Carlos Torres Cardona	Meta	Cubarral			19
28	Julio César Torres	Meta	Pachaquiarío			
29	Nicolás González Acosta	Meta	Puerto Gaitán	San Pedro de Arimena		
30	Evangelista Álvarez	Meta	Puerto Lleras	Alto Cunumia		15
31	William Duque Álvarez	Meta	Puerto López	Alto Melua		
32	Hernán Muñoz Orozco	Meta	Puerto López			
33	Guillermo Jaramillo Gómez	Meta	Restrepo			52
34	Sonia Durán Smela	Meta	San Martín			
35	Compañía Rico - Martínez	Meta	Villavicencio	Las Mercedes		
36	Fabio Torres	Meta		Villavicencio		
37	Corredor Mejía Y Cia S En C	Nariño	Tumaco	Vuelta de Candelillas		
38	Fondo Ganadero del Norte de Santander	Norte de Santander	Cúcuta	Pedregales		
39	Inversiones El Topacio Ltda.	Santander	Cimitarra			
40	Alirio Cala Vecino	Santander	Sabana de Torres	Alto viento	El Edén	301
41	Otoniel Cala Vecino	Santander	Sabana de Torres	Veracruz		
42	Carlos Crizón Macea	Santander	Cimitarra			
43	Jaime Cala Vecino	Santander del Sur	Sabana de Torres	Veracruz		15
44	Alirio Cala V.	Santander del Sur	Sucre	Bucaramanga		
45	Arturo Vergara	Sucre	Majagual	La Sierpe	Francia	19
46	Universidad del Tolima	Tolima	Armero - Guayabal			
47	El Cardo	Valle	Vijes			22

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS GENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA ANIMAL

Esta obra es producto de los trabajos desarrollados por el grupo de investigación en RECURSOS GENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA ANIMAL de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria "CORPOICA", que tiene como misión generar nuevos conocimientos en el área de recursos zoogenéticos mediante la utilización de técnicas de genética cuantitativa y metodologías biotecnológicas para el desarrollo de productos y procesos de innovación, que se ajusten a la demanda de los sistemas de producción y contribuyan al desarrollo sostenible y competitivo de la actividad pecuaria nacional.

Este grupo se encuentra clasificado ante COLCIENCIAS con la categoría "A" de investigación en el país.

Terminó de imprimirse en el mes de
octubre de 2006 en los talleres de



www.produmédios.com

Tel.: 288 5338

Bogotá, DC - Colombia