

**DIVERSIDAD GENÉTICA DE
OVINOS CRIOLLOS COLOMBIANOS**

NINI JOHANA VIVAS ASCUE

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE POSGRADOS
PALMIRA 2013**

**DIVERSIDAD GENÉTICA DE
OVINOS CRIOLLOS COLOMBIANOS**

NINI JOHANA VIVAS ASCUE

**Trabajo de grado para optar el título de Magister en
CIENCIAS AGRARIAS CON ENFASIS EN PRODUCCIÓN
ANIMAL TROPICAL**

DIRIGIDO POR:

LUZ ANGELA ALVAREZ FRANCO *Zoot., M. Sc., Ph.D*

JAIME EDUARDO MUÑOZ FLOREZ *IAgr., Esp Mat. Ph.D*

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE POSGRADOS
PALMIRA 2013**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	16
3.1 General.....	16
3.2 Específicos	16
4. REVISIÓN DE LITERATURA	17
4.1 Historia y Actualidad de los Ovinos en América	17
4.2 Características Generales de los Ovinos Criollos Colombianos	21
4.3 Descripción de los Ovinos Criollos Colombianos	22
4.3.1 Ovinos Criollos Colombianos de Lana – CL.....	22
4.3.2 Ovinos Mora Colombiana – MC	24
4.3.3 Ovinos Criollos de Pelo – CP	24
4.4 Producción Ovina	26
4.5 Diversidad Genética	35
4.5.1 Marcadores Moleculares	35
4.5.2 Diversidad Genética	39
5. MATERIALES Y MÉTODOS	50
5.1 Muestreo.....	50

5.2 Caracterización Molecular	53
5.3 Amplificación y Genotipaje	53
5.4 Análisis de la Información	¡Error! Marcador no definido.
6. RESULTADOS	¡Error! Marcador no definido.
6.1 Banco de ADN	¡Error! Marcador no definido.
6.2 Diversidad Genética de los Ovinos Criollos Colombianos de Lana y Pelo	¡Error! Marcador no definido.
6.3 Diferenciación Genética entre Ovinos Criollos Colombianos de Pelo....	¡Error! Marcador no definido.
6.4 Relaciones entre los Ovinos Criollos Colombianos con Razas Foráneas	¡Error! Marcador no definido.
7. DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
7.1 Diversidad entre Grupos Genéticos.....	¡Error! Marcador no definido.
7.2 Distancias Genéticas y Relaciones entre Razas	¡Error! Marcador no definido.
8. CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
9. BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.
10. ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución porcentual de la población ovina de lana y de pelo en Colombia.....	28
Cuadro 2. Características de los sistemas de producción de ovinos en Colombia	31
Cuadro 3. Parámetros de Diversidad Genética estimados mediante microsatélites, en razas ovinas criollas de América.....	46
Cuadro 4. Número de muestras por grupo genético, abreviatura (Abrev.), tamaño de muestra (N) y localidad de los ovinos utilizados.	50
Cuadro 5. Características de los marcadores utilizados y su referencia bibliográfica.....	54
Cuadro 6. Condiciones de amplificación para los 15 marcadores microsatélites utilizados.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 7. Estadística descriptiva de 15 loci microsatélites para los grupos CL y CP; Número de alelos totales por marcador (NTA); Número promedio de alelos (NPA); Número efectivo de alelos (ENA) y número de muestras (N).....	¡Error! Marcador no definido.

Cuadro 8. Estadística descriptiva de 15 loci microsatélites en los dos grupos genéticos estudiados: heterocigosidad observada (H_o), heterocigosidad esperada (H_e), Índice de fijación de Wright (F_{IS}) y Significancia de las desviaciones del equilibrio Hardy-Weimberg. $**P (< 0.001)$ **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 9. Estadística descriptiva de 15 loci microsatélites para los grupos CL, MC, CS, CE, CA, CPN; número de alelos totales por marcador (NTA), número de alelos (NA); número promedio de alelos (NPA) y número de muestras (N)....**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 10. Valores de heterocigosidad observada (H_o), heterocigosidad esperada (H_e), coeficiente de endogamia (F_{IS}) y tamaño de muestra (N) de las poblaciones ovinas utilizadas, datos obtenidos mediante el uso de 15 marcadores moleculares microsatélites..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 11. Estimaciones de diferenciación genética, y distancias genéticas para las poblaciones criollo de lana (CL), Mora Colombiana (MC), criollo de pelo Sudán (CS), criollo de pelo Etiope (CE), criollo de pelo Abisinio (CA), criollo de pelo no clasificado (CPN). La distancia insesgada de Nei (1978) se indica por encima de la diagonal y las estimaciones de F_{ST} por pares de poblaciones, debajo de la diagonal. **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 12. Análisis de varianza molecular (AMOVA) para los seis grupos formados, utilizando los datos obtenidos de 15 marcadores microsatélites. ..**¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 13. Análisis de Varianza Molecular (AMOVA) con diferentes niveles de estructura jerárquica entre criollos de lana(CL), criollos de pelo (CP), criollos

colombianos (CC), criollos híbridos (CH), ovinos mejorados (OM), mejorados de lana (ML) y mejorados de pelo (MP)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Cuadro 14.Estimaciones de diferenciación genética, y distancias genéticas para los grupos genéticos criollo de lana (CL), criollo de pelo (CP), criollo mestizo (CM), mejorados hacia lana (ML), mejorados hacia carne (MC). La distancia insesgada de Nei (1978) se indica por encima de la diagonal y las estimaciones de FST por pares de poblaciones, debajo de la diagonal..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexos

Anexo 1.Número de muestras por grupo genético, población y sexo de OCC, sus híbridos y razas especializadas en producción de carne y lana.**¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localización geográfica de las muestras recolectadas52
- Figura 2.** Colores que representan a las 6 poblaciones asumidas, basado en análisis Bayesiano (usando Structure) cuando el número de $K=2$ **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 3.** Colores que representan a las 6 poblaciones asumidas, basado en análisis Bayesiano (usando Structure) cuando el número de $K=3$ **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 4.** ΔK de la probabilidad media de los resultados de structure donde se infirieron de 1 a 6 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5.** Dendrograma realizado con la distancia de Nei's (1978), mediante el método de clasificación UPGMA utilizando los datos de 15 marcadores microsatélites en 281 ovinos criollos colombianos, mestizos y razas mejoradas **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6.Dendrograma realizado con el Nei's (1978), mediante el método de clasificación UPGMA utilizando los datos de 15 marcadores microsatélites en 246 ovinos criollos colombianos y razas mejoradas. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 7. Colores de las 12 poblaciones asumidas, basado en análisis Bayesiano (usando structure) cuando el número de K=2..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 8. ΔK de la probabilidad media de los resultados de structure donde se infirieron de 1 a 12 clusters (K) **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Ovino criollo Colombiano de lana – CL **¡Error! Marcador no definido.**

Foto 2. Ovino Moro Colombiano – MC **¡Error! Marcador no definido.**

Foto 3. Rebaño de Ovinos Criollos de Pelo – CP ... **¡Error! Marcador no definido.**

Foto 4. Rebaño de ovinos criollos colombianos variedad sudán blanco – CSB
..... **¡Error! Marcador no definido.**

Foto 5.Ovino criollo colombiano variedad sudán – CS**¡Error! Marcador no definido.**

Foto 6. Rebaño de ovinos criollos colombianos variedad sudán blanco – CSB
..... **¡Error! Marcador no definido.**

Foto 7. Rebaño ovino criollo colombiano variedad etíope – CE_jError! **Marcador no definido.**

Foto 8. Macho de la variedad ovina de pelo abisinio – CA_jError! **Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

Los ovinos al igual que otros animales domésticos, no son originarios del continente Americano. Estos animales llegaron desde España, primero en calidad de alimento por los navegantes y conquistadores, y luego como pie de cría por los primeros colonos y religiosos. Se cree que las primeras razas introducidas fueron la Churra, la Manchega, la Rasa y la Canaria y posteriormente la Merino. Estos animales se multiplicaron rápidamente y dieron origen a las poblaciones actuales (Pedraza *et al.*, 1992).

Los ovinos que se distribuyeron durante los viajes de Colón, constituyeron la base racial del ganado lanar en América; las razas se explotaron sin orden alguno en la reproducción, lo que produjo un mestizaje que perduró durante siglos. Con el paso del tiempo, dichos ovinos dieron lugar a las denominadas razas ovinas criollas de América que persisten hoy en día en forma de pequeños núcleos, generalmente en zonas marginales (Muñoz y Barajas, 2000). Estas ovejas representan un alto porcentaje de las poblaciones en países de Latinoamérica (entre el 20 y el 90%) en Guatemala, México, Nicaragua, Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. El vellón es largo y muchas veces de varios colores o negro. La lana es gruesa y la producción del vellón no excede de 1kg/año; sin embargo, la lana puede ser de gran importancia para la industria artesanal del tejido. Los mayores méritos del Criollo son su rusticidad, su adaptación al accidentado terreno montañoso y su longevidad (Mason, 1981).

En Colombia, los animales que entraron por la costa del Caribe, probablemente por la Guajira, dieron origen al denominado Ovino Criollo Colombiano (OC) (Pastrana y Calderón, 2001). El criollo es un animal rústico, de gran fertilidad y de importancia económica para Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander, su amplia adaptación hace que fácilmente se encuentre desde las zonas áridas de la Guajira hasta los páramos húmedos de la zona Andina (Prada y Vásquez, 1992). Las razas ovinas criollas colombianas son: Ovino Criollo de Lana (CL) de importancia económica para Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander (Corpoica, 2003); raza ovina Mora Colombiana (MC) en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander (Pastrana y Prada, 1996) y el Ovino Criollo de Pelo o Africano (CP) que se encuentra principalmente en la Guajira, Costa Atlántica, Llanos Orientales, Tolima, Valle del Cauca y Huila (Pastrana y Calderón, 1996).

Según la FAO (2005) el inventario ovino en Colombia es de 2.180.000 animales con una tasa de crecimiento negativa del 1%. La explotación ovina en Colombia ha estado tradicionalmente vinculada a una “economía de subsistencia”, de tal forma que se concentra en pequeños rebaños, formados básicamente por ovinos criollos, que se estima en un 80 a 85 % de la población ovina total; se considera que alrededor de un 10 a 15% son animales mestizos y el otro 5% corresponde a los animales de razas puras introducidas al país (Grajales y Tovío, 2010).

La producción en Colombia es de bajo uso de insumos y generalmente está relacionada con sistemas tradicionales y artesanales de producción tanto en el

caso de ovinos de lana como en la variedad de ovinos de pelo (OP) (Pastrana, 1995). La escasa definición de políticas gubernamentales, así como la falta de asignaturas en el “proceso formativo” y la poca investigación en la “generación de conocimiento”, no han propiciado desarrollos tecnológicos y empresariales para los productores ovinos, que en su mayoría manejan sistemas de producción extensivos, sin definición de objetivos, sin control productivo, escasa o nula información, baja productividad y desconocimiento de la calidad de los productos obtenidos (Grajales y Tovia, 2010). Por lo tanto, el conocimiento de las características raciales, la descripción del medio al cual está familiarizada, la investigación genética y la evaluación productiva, tienen como objetivo crear conciencia para que en el futuro se utilicen ejemplares más acordes con las condiciones ambientales y de mercadeo en Colombia (Prada y Vásquez, 1992). Por ello, es importante establecer prioridades para el conocimiento y conservación de las razas sobre la base de argumentos como: rasgos genéticos, genes y combinaciones de genes. Además de prestar atención a las características únicas de cada individuo (Ruane 1999; Scherf 2000; Barker 2001), puesto que no es posible saber que rasgos y alelos serán importantes en el futuro. Esto ocurre generalmente en las poblaciones naturales, donde no se sabe de antemano que la población geográfica inicia un evento de especiación o proporciona genotipos cruciales y beneficiosos para cuando el entorno cambia (Lesica y Allendorf 1995; Tapio *et al.*, 2005).

Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la diversidad genética de los OC, la diferenciación genética entre ovinos de pelo y las relaciones genéticas del criollo

colombiano con ovinos de origen Europeo (Merino y Segureño) y con ovinos africanos, mediante el uso de marcadores moleculares microsatélites. Esto debido a que se desconoce su diversidad genética y los grados de estructuración genética, por lo tanto, no existen conocimientos básicos para iniciar programas de conservación y mejoramiento genético de estas razas.

Estudios en conservación y el desarrollo de planes de mejoramiento para la utilización de un recurso genético apropiado como el OC son indispensables para alcanzar y mantener sistemas de producción sostenible, capaces de responder a las necesidades del hombre en la cadena de seguridad alimentaria.

Las razas tradicionales generan un conjunto de beneficios que son más difíciles de aprehender y cuantificar que la producción de carne, leche, huevos o lana. Entre ellos cabe citar su contribución a la cohesión e identidad social, el cumplimiento de necesidades religiosas y rituales, su papel en el reciclado de nutrientes y en la provisión de energía, y su capacidad para funcionar como entidades de ahorro y caución contra sequías y otros desastres naturales (FAO, 2010).

2. JUSTIFICACIÓN

El sector ovino en Colombia, se maneja en sistemas de producción extensivos, sin información, ni control, baja productividad y calidad, impidiendo que se reconozca y exprese su capacidad competitiva frente a las oportunidades que esta presentando el naciente mercado interno y el creciente mercado externo en proceso de expansión (Grajales *et al.*, 2007).

La producción ovina se desarrolla con un nivel tecnológico bajo lo que se refleja en una reducida aplicación de nuevas técnicas en cada una de las áreas productivas. La investigación se ha limitado al conocimiento de la capacidad productiva de las razas, sus orígenes y su utilización en cruzamiento (Pastrana, 1996; Vásquez y Prada, 1979; Prada y Vásquez, 1992). La evaluación de las razas se ha basado en estándares fenotípicos originados a partir de datos foráneos, olvidando por ejemplo, que las razas ovinas criollas han tenido un proceso de adaptación a nuestro medio (Martínez y Malagón, 2005).

Los estudios en diversidad genética sugieren que las poblaciones geográficamente aisladas de los centros de domesticación pueden ser más diversas de lo que se cree, por lo tanto es necesario ajustar estrategias para su conservación (Blackburn *et al.*, 2011). Comprender la historia de la evolución de las razas domésticas, así como los datos sobre variación genética dentro y entre razas es vital para generar iniciativas que proporcionen datos de importancia crítica para la toma de decisiones (Regeand Gibson, 2003).

Actualmente solo existe un estudio en Diversidad Genética en ovinos criollos colombianos de lana, por ello es necesario realizar investigaciones que fomenten no solo el conocimiento sino también la conservación de la diversidad genética, con el fin de generar alternativas económicas para proteger la seguridad alimentaria del país.

Generar un banco de ADN sería el primer paso para brindar apoyo a labores de investigación tales como, estudios sobre diversidad genética, grado de estructuración genética en ovinos, para posteriormente realizar planes de mejoramiento que optimicen su productividad y su conservación, con el fin de mantener sistemas de producción sostenible, capaces de responder a las necesidades del consumidor en la cadena de seguridad alimentaria.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Contribuir al conocimiento de los ovinos criollos colombianos mediante el estudio de su diversidad genética.

3.2 Específicos

- Establecer un banco de ADN de ovinos criollos colombianos.
- Caracterizar genéticamente los ovinos criollos de Colombia con microsatélites de ADN. Estimar la diversidad genética, la endogamia y la diferencia entre y dentro de los ovinos criollos colombianos.
- Evaluar si existe diferenciación genética entre los ovinos criollos colombianos de pelo variedad etíope, sudán y abisinio.
- Comparar a los ovinos criollos colombianos con otras razas de origen Europeo.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Historia y Actualidad de los Ovinos en América

La colonización de las Américas por parte de los europeos produjo la introducción de bovinos, ovinos, cabras, cerdos, caballos y gallinas en el Nuevo Mundo (Lironet *et al.*, 2006). Según Muñoz y Barajas (2000) los primeros ovinos que pisaron tierra americana partieron de la Gomera (Islas Canarias) y desembarcaron en la Española (Santo Domingo) en 1493. En diciembre del mismo año, parte de los ovinos que llegaron en la citada embarcación, fueron trasladados a Isabela (Cuba). La fase realmente importante para los ovinos en América, al igual que para caprinos y bovinos, fue sin duda la colonización, ya que en ella las familias implantadas en el nuevo mundo llevaron consigo su patrimonio genético animal y también sus sistemas de producción (Delgado *et al.*, 2009).

El ovino Criollo de Sudamérica procede de los Churros y Merinos importados de España entre 1548 y 1812 (Mason, 1981). Sobre este tema no existe unanimidad. Distintos autores centran los envíos en la raza Churra, dado el embargo que existía en España que impedía la salida de los Merinos. Por el contrario abundan los que opinan que se introdujeron ovinos de diferentes razas, entre ellos el Merino (Muñoz y Barajas, 2000).

Para comprender la formación de las razas ovinas latinoamericanas actuales, y especialmente las de origen ibérico, es importante tener en cuenta que en la época de la colonización pocos animales podían viajar en aquellos navíos, tan escasamente tecnificados que exigían una gran cantidad de marinería. Esta limitación de espacio hizo que pocos animales fueran llevados en los primeros viajes, y que cuando estos se multiplicaron convenientemente en Latinoamérica, se evitara en lo posible llevar más animales. Pocos animales llevados desde la Península Ibérica dieron lugar a múltiples razas primero en las Islas del Caribe y después en el continente, poblaciones que de inmediato se diferenciaron genéticamente de sus ancestros ibéricos por el efecto de la deriva genética y sus correspondientes cuellos de botella (Delgado *et al.*, 2009).

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que los criterios zootécnicos actuales aún no estaban desarrollados en el siglo XV, ya que no fue hasta los siglos XVIII y XIX que Robert Bakewell y sus seguidores desarrollaron los modos de selección basados en las poblaciones cerradas y definieron las razas en los términos que conocemos hoy. Por tanto, los primeros animales que se llevaron a América pertenecían a poblaciones muy diversas genética y fenotípicamente, estos animales se exportaban al continente sin seguir ningún criterio de raza, es decir, en los navíos iban animales de diversa procedencia genética y por tanto muy biodiversos. Lo cual favoreció que la endogamia no hiciera estragos en los animales primeramente exportados y que rápidamente se incrementaran en los sitios de destino sus tamaños poblacionales (Delgado *et al.*, 2009).

Por todo ello, se puede admitir que las poblaciones ovinas de Iberoamérica se fundaron en el siglo XV sobre una base de escasos animales muy diversos importados de España y Portugal. Sobre esta base animal, los efectos de la selección natural y artificial, la esporádica actuación de las mutaciones, y las continuas ligeras migraciones de genotipos procedentes de la propia Península Ibérica, así como de otros países europeos, de África y Asia, fueron constituyendo a lo largo de los años una extraordinaria riqueza genética en los países iberoamericanos, que afortunadamente aún existe (Delgado *et al.*, 2009).

La oveja africana tiene por origen el oeste del continente africano (Bautista, 1977). Un gran número de estos animales llegó a Colombia con los esclavos procedentes de esa región, y la población actual se deriva de los animales sobrevivientes en las embarcaciones en África occidental para la alimentación de los esclavos (Bautista y Salazar, 1980). Posteriormente, las ovejas africanas llegaron a Colombia introducidas en la Costa Atlántica por intermedio de comerciantes magdalenenses que mercadeaban con Aruba y Curazao, y contrabandistas que viajaban entre las islas del Caribe y la Guajira (Arcos *et al.*, 2002).

Otros autores destacan la importancia e influencia de los animales canarios durante la colonización, tal es el caso de caprinos, porcinos y ovinos, especies que poblaban intensamente el Archipiélago en el momento de su descubrimiento y colonización por los españoles. No fue este el caso de otras especies como bovinos y equinos, los cuales no existían en las Islas (Fresno *et al.*, 1992).

En el caso de los ovinos, la influencia de los genotipos canarios fue especialmente importante, ya que las crónicas reflejan como Colón, en su segundo viaje y posteriores, cargó ovinos en la Islas de la Gomera (Rodero *et al.*, 1992). En 1492, los ovinos que existían en las Islas Canarias eran deslanados, por tanto, los primeros deslanados que llegaron a las Islas del Caribe fueron canarios (Delgado *et al.*, 2000). Esto contradice la teoría de la llegada masiva de estos animales con los barcos dedicados a la esclavitud, ya que si bien no se descarta la llegada de animales en estos barcos, el desplazamiento de esclavos africanos al nuevo mundo se desarrolló sobre todo a partir del siglo XVII y XVIII, y en esas fechas, ya las Islas del Caribe contarían con muchos efectivos ovinos deslanados. Está demostrado que la difusión de las razas deslanadas por el continente se desarrolló desde las bases caribeñas. Incluso las poblaciones brasileñas se estima que entraron al país desde Colombia y Venezuela (Delgado *et al.*, 2009).

El resto de troncos ovinos fue introducido con posterioridad desde España para satisfacer en primer lugar la necesidad de lana en Canarias y en el continente americano, y también en la búsqueda de ajustar los genotipos disponibles en España a los variados ecosistemas existentes en América (Fresno *et al.*, 1992; Pedraza *et al.*, 1992).

Otras introducciones de ovinos de pelo en Colombia datan del año 1940, donde se registra la entrada de un núcleo de ovejas africanas rojas (Etiope), procedentes de Abisinia (hoy Etiopía), llevadas a las zonas de Armero, Honda y Venadillo en donde existe su descendencia (Arcos *et al.*, 2002).

Por otra parte, las razas ovinas europeas según la FAO (2010) se han exportado a sólo unos pocos países del Sur, principalmente la Merino (razas puras en 11 países de África, seis en Asia y cinco en América Latina y el Caribe) y la Suffolk (cinco países africanos, cuatro en Asia y 12 en América Latina y el Caribe). América Latina y el Caribe han sido el destino de más razas europeas que otras zonas del mundo en desarrollo. La raza Criolla, descendiente de las primeras importaciones europeas, está presente en casi todos los países de América Latina y el Caribe. Las razas africanas también han contribuido a la aparición de nuevas razas en otros lugares del mundo. La de mayor éxito es la Barbados Black Belly, una raza de pelo que surgió en la isla caribeña de Barbados a mediados de 1600 y que ahora se halla en 26 países del Caribe y la América tropical, y que también se ha exportado a Europa, Malasia y Filipinas. La raza Dorper de Sudáfrica es la segunda más común en Sudáfrica y se ha extendido a 25 países, principalmente en África y América Latina.

4.2 Características Generales de los Ovinos Criollos Colombianos

Se consideran ovinos “indígenas” a las poblaciones descendientes de animales importados por los colonizadores, tanto de Europa como de África occidental. Estas especies se denominan a menudo “Criollas”, pero a veces la palabra se utiliza con un significado más restringido (FAO, 2010).

Mason (1981), distingue a las razas ovinas criollas de los países latinoamericanos en dos tipos: El criollo lanudo de las mesetas y el ovino peludo de las tierras bajas tropicales. El primero, se considera descendiente de las churras y merinas traídas de la península ibérica y representan un alto porcentaje del censo ovino de: Guatemala, México, Nicaragua, Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. El ovino peludo de las tierras bajas tropicales, en el que encuadra a la “Barriga negra de Barbados”, “Nativa”, “Bahamesa”, “Morada Nova”, Pelibuey de México, Cuba y República Dominicana, tienen su origen en el ovino peludo de África occidental y Centro – Occidental, que probablemente fue llevado en la época de comercio de esclavos, inicialmente a Barbados y Brasil. Sin embargo, no se conoce documentación que confirme dicha teoría.

4.3 Descripción de los Ovinos Criollos Colombianos

4.3.1 Ovinos Criollos Colombianos de Lana – CL

Desciende de las razas Churra y Manchega, principalmente; pues sus características son muy semejantes. Estas razas eran de gran rusticidad y dedicadas a la explotación lechera; tenían el cuerpo de tamaño medio, con proporciones alargadas, extremidades delgadas, bien aplomadas, ubre globosa, simétrica y bien desarrollada (Merino y Olmedo, 1991). Es considerada como una oveja adaptada a las condiciones de trópico alto colombiano. Se encuentra difundida en los departamentos con mayor población ovina del país (Martínez *et al.* 2009).

El ovino criollo es utilizado para obtener abono, carne y un poco de lana para industria artesanal. Los machos pueden pesar desde 20 kg a los 6 meses de edad, hasta 65 kg a los 7 años y las hembras entre 18 y 40 kg en las mismas edades (Pastrana *et al.*, 1996).

El perfil de la cara en las hembras es recto y algo convexo en los machos; cara delgada, labios finos, ojos medianos, orejas medianas con inserción horizontal; las hembras no poseen cuernos y solo algunos machos presentan rudimentos de ellos. El tronco es largo, la cruz algo angulosa, línea dorso lumbar horizontal, la grupa algo caída y la cola algo delgada. Las extremidades son delgadas y largas, bien aplomadas y con pezuñas fuertes. La ubre es bien desarrollada y simétrica, pezones bien conformados. El vellón es blanco y abierto, poco denso, con mechas cónicas y largas que cuelgan a ambos lados del cuerpo; cubre la frente, el cuello, el tronco y el vientre. Carecen de lana la cabeza, desde la frente hacia delante, y la ubre, los testículos y las extremidades. El color de la cara es variable; 70% de los animales se presenta de color blanco, y 30% presentan manchas oscuras, grises o café, encontrándose también esta proporción en las orejas y en las extremidades. Las mucosas son rosadas o apizarradas; los animales presentan cascos 50% apizarrados, 30% amarillentos y 20% negros (Pastrana y Calderón, 2001).

4.3.2 Ovinos Mora Colombiana – MC

La finalidad de esta raza es la aptitud carne, es el producto de 20 años de investigación del ICA, se hicieron apareamientos entre ejemplares de vellón negro que aportaron cada uno 50% criollo, 23% Hampshire, 19% RomneyMarsh, 8% Corriedale, hasta obtener animales homocigotos recesivos al color negro. El peso promedio a los 18 meses en machos es de 39 kg y para las hembras 27,7 Kg. Características tan importantes como fertilidad prevalecen en el Moro y se puede afirmar que su actuación reproductiva es similar a la del criollo colombiano y superior a la de otras razas ovinas en Colombia (Pastrana *et al.*, 1995). La fertilidad promedio es de 85% y la natalidad es de 92.3%, mostrando 85,9% de supervivencia de los corderos hasta el destete (Pastrana y Prada, 1996).

La producción de carne y lana es bastante similar a la del criollo de lana, pero la lana del moro tiene mayor grado de finura, 50 counts comparada con la del criollo blanco, que solo llega a 44 counts; la producción de lana es de 2,5 y 2,2 Kg para machos y hembras respectivamente. El peso promedio de los corderos moros es 3,5 Kg al nacer; a los 4 meses de edad, el peso promedio es 16,3 Kg. A los 18 meses, los machos logran un peso corporal promedio de 39 Kg y las hembras de 27,7 Kg a la misma edad (Pastrana y Calderón, 2001).

4.3.3 Ovinos Criollos de Pelo – CP

La oveja de pelo, también conocida con el nombre de camuro, africana, pelona o criolla, según las regiones donde se cría, es originaria de la parte occidental del

continente africano, llegando a América y especialmente a Suramérica con los inmigrantes españoles y los esclavos africanos. Esta especie a través de estos años de adaptación al medio ambiente seco tropical ha sobrevivido demostrando rusticidad, mansedumbre, prolificidad y un excelente comportamiento animal, que le convierte en una innegable alternativa para contribuir al desarrollo de las comunidades, especialmente las menos favorecidas que son las que más conocen y mantienen la especie (Arcos *et al.*, 2002).

Dadas las condiciones propias de la especie y del país se hizo posible que los primeros ovinos de pelo luego de adaptarse a nuestro medio ambiente, comenzaran un proceso de cruzamiento dando origen a dos grupos diferentes de animales con características específicas (Arcos *et al.*, 2002). Los explotados en la región de la Costa Atlántica de color amarillo con tonalidades pardo rojizas (tipo Sudán, figura 5 y 6) y los explotados en la zona Andina de color rojo, rojo cereza y rojo oscuro tirando a negro donde predominan los climas fríos y Páramos (Bautista y Salazar, 1980).

El ovino africano es muy similar al Pelibuey de México. El tipo amarillo o Sudán, tiene una capa que varía desde amarillo al bayo, con algunos ejemplares casi blancos. El tipo rojo o Etíope, es de color rojo, en algunos casos es tan oscuro que puede llegar al negro. Tiene patas algo más largas que las del tipo amarillo. Las ovejas africanas son ágiles, hábiles y rústicas, adaptándose a todos los sistemas de manejo, llegando a tener especial mansedumbre. Son susceptibles a climas cuya precipitación es mayor a 1000 mm anuales (Bautista y Salazar, 1980).

Los ovinos de pelo cuentan con las siguientes ventajas competitivas que los convierten en una alternativa económica: Alta fertilidad, capacidad prolífica que permite seleccionar las madres melliceras para incrementar el número promedio de crías por parto, baja presencia de enfermedades, aprovechamiento de productos y subproductos de cosecha (Arcos *et al.*, 2002).

Es reconocida la capacidad de este animal para producir carne en condiciones en que ninguna otra especie puede hacerlo (Arcos *et al.*, 2002). Los ovinos criollos de pelo han sido marginados a las regiones más áridas de la costa norte, La Guajira, Cesar y Santander, regiones con bajas precipitaciones, limitada oferta forrajera, basada principalmente en plantas arbustivas y muy baja densidad de gramíneas. Los animales han tenido que sobrevivir con ramoneo sobre plantas de baja calidad nutricional y en sobre pastoreo (Grajales *et al.*, 2007).

4.4 Producción Ovina

El ganado ovino se encuentra entre las especies domésticas más ampliamente distribuidas. Son multifuncionales, adaptables y no existen restricciones religiosas sobre el uso de su carne (como mínimo entre las religiones dominantes). El ovino de cría se intercambia principalmente en forma de animales vivos. Se registran unas 59 razas en cinco países o más. Las razas de mayor difusión son la Suffolk, Merino y Texel, seguidas de la Corriedale y Barbados Black Belly (FAO, 2010).

La población mundial de ovino supera en poco los mil millones; un animal por cada 6 personas aproximadamente. Alrededor de la mitad de los individuos se concentran en Asia y el Cercano y Medio Oriente (en China, India y la República Islámica de Irán se encuentran las mayores poblaciones). Europa y el Cáucaso, África, y el Pacífico sudoccidental cuentan con un 15 % cada una; y América Latina y el Caribe, con un 8 % (FAO, 2010). La población ovina en el país esta constituida por 2.180.000 animales (FAO, 2005), y era de 2.787.520 en 1995 (Martínez *et al.*).

El censo reportado por el Ministerio de Agricultura en el año 1995, muestra que alrededor del 39% de la población total son criollos de lana con algún grado de cruzamiento, cuya distribución geográfica se ubica en las zonas montañosas frías de Boyacá (730.880 individuos), Cundinamarca (278.100 individuos), resto del país: Santanderes (129.000), Cauca (54.000), Nariño (53.000), viejo Caldas y Antioquia (39.000), poblaciones que están ubicadas principalmente en regiones con alturas superiores a los 2.600 (msnm) y tierras altas para el pastoreo. Por otro lado aproximadamente el 50% de la población esta representada por ovinos de pelo, básicamente el llamado Africano, Camuro o carnero, dependiendo de la zona del país, y están ubicados en las partes bajas y cálidas (Cuadro 1).

Principalmente de la Guajira (810.540 animales) y en menor proporción en Cesar, Santander, Tolima y Meta. En muchas rancherías los ovinos se tienen como signo de riqueza entre la comunidad indígena y en su gran mayoría son mercadeados hacia Venezuela (Martínez *et al.*, 1995).

Cuadro 1.Distribución porcentual de la población ovina de lana y de pelo en Colombia.

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
Boyacá	713880	25.6
Cundinamarca	278100	10.0
Santanderes	129000	4.6
Cauca	54000	1.9
Nariño	53000	1.9
Viejo Caldas	39000	1.4
Guajira	810540	29.1
Resto del país: Valle, Meta, Casanare, Costa Atlántica, Tolima y Huila	710000	25,5
Total	2787520	100

(Martínez *et al.*, 1995)

El ovino en Colombia se utiliza para producir lana, cuero, carne, y en algunas zonas, también leche. Posee temperamento tranquilo y su instinto gregario constituye una ventaja para el manejo. Por ser un animal doméstico de miles de años de antigüedad, existen en el mundo gran cantidad de razas ovinas con gran variación en cuanto a las características y aptitudes para las más diversas producciones. La difusión mundial que posee se debe a su resistencia y adaptabilidad al medio. Presentan unas características especiales a diferencia de las otras especies de producción doméstica en el país tales como la fácil explotación extensiva, su fácil adaptabilidad y de buen uso de los recursos forrajeros, es una especie bastante instintiva (búsqueda de alimento y abrigo), buena aptitud materna, además, todos los años entrega algún producto terminado (carne, lana) y hay gran diversidad de razas, lo que permite adaptarse a diferentes condiciones agroclimáticas en el país (Espinal *et al.*, 2006).

La producción presenta un bajo uso de insumos y generalmente esta relacionada con sistemas tradicionales y artesanales de producción, tanto en el caso de ovinos de lana como en la variedad de ovinos de pelo. En general en este sistema, las familias campesinas poseen ovinos como parte de su actividad pecuaria, ya que estos ayudan a convertir desechos de cosecha o forraje de muy mala calidad en carne, leche y lana, también se explotan en sistemas mixtos con bovinos (Pastrana, 1995). Estos sistemas atienden principalmente el consumo interno de las granjas y el comercio local y en algunas culturas los ovinos se tienen como signo de riqueza entre la comunidad indígena (Grajales *et al.*, 2007).

La cadena Ovina se caracteriza por una estructurada interacción entre sus eslabones y está dividida en dos sistemas de producción. El primero se dedica a la producción de cárnicos y productos artesanales. El segundo sistema se dedica a la producción de leche y sus derivados. Es común encontrar productores dedicados a los dos sistemas productivos. En el caso de la cadena de producción de carne, en el país el proceso comienza con la cría de reproductores y vientres de reemplazo que son los encargados de mantener las características genéticas deseables y producir el pie de cría utilizado en el país, abasteciendo los apriscos y rebaños de ovejas de los diferentes productores, el pie de cría es destinado para la ceba y posterior sacrificio en el frigorífico. Del proceso de faenado de los animales se obtienen las canales que son comercializadas completas, por medias canales, y por cuartos de canal. Además se obtiene del beneficio subproductos como las vísceras, pieles, cabeza y patas y contenido ruminal, que pasan a procesos industriales para la elaboración de artesanías y de abono en el caso del

contenido ruminal. La carne y los subproductos pasan a otro eslabón importante de la cadena que es el comercializador que se encarga de la distribución de los diferentes productos provenientes de este proceso para llegar por último al consumidor final (Espinal *et al.*, 2006).

El beneficio nacional de ovejas, es difícil de estimar y puede variar debido al faenamiento de animales en forma artesanal, además, la faena de estos animales es muchas veces realizada en deficientes condiciones higiénicas (Espinal *et al.*, 2006).

La FAO (2005) reporta que la producción en Colombia es de 13.363 toneladas de carne ovina y caprina de las cuales el 51% de la producción corresponde a la carne ovina con aproximadamente 6.960 toneladas de carne. La producción ovina en el país se distribuye de manera atomizada en todos los departamentos, sin embargo hay zonas descritas con mayor actividad productiva. La zona de la Costa Atlántica, constituida por los departamentos de Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre y Córdoba, son departamentos con una participación importante dentro del total nacional. Los Santanderes y Cesar, culturalmente se han caracterizado por ser departamentos productores y consumidores de carne ovina y caprina. El altiplano cundiboyacense también se caracteriza por ser una zona importante de producción para las dos especies. Adicionalmente en los departamentos de Nariño y Putumayo se ha reconocido la producción ovina y caprina, pero no existe un censo que permita determinar el número de animales en producción (Espinal *et al.*, 2006).

Se pueden describir tres sistemas de producción en Colombia (Cuadro 2) entre los que se identifican los sistemas de producción intensivo, basados en razas mejoradas de reciente introducción, ubicados en zonas cercanas a los centros de consumo y que utilizan un nivel tecnológico medio alto, con tamaño de explotaciones intermedio, donde la actividad principal esta dirigida a la producción de leche, productos procesados, para consumo local y para distribución regional, genética y en menor proporción la producción de carne.

Cuadro 2.Características de los sistemas de producción de ovinos en Colombia

SISTEMA	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	BIOTIPOS
Intensivos	Cerca de las grandes capitales	Nivel tecnológico: Medio alto. Tamaño de las explotaciones: pequeño 10-40 animales Productos: Carne para supermercados y exportación	En ovinos razas recientes como Hampshire, RomneyMarsh y Ovinos de pelo.
Semiextensivos	Llanos orientales, Tolima, Santanderes,	Nivel tecnológico medio. Productos: Carne para autoconsumo y supermercados y pie de cría Principalmente en ovinos de pelo	Ovinos de pelo mestizos y cruzados con razas de reciente introducción.
Extensivos	Zonas de economía campesina (Cundinamarca, Boyacá, Guajira, Santanderes, Nariño y Llanos orientales).	Zonas agroecológicas: Trópico alto (ovino de lana) Trópico medio y bajo (Ovino de pelo) Nivel tecnológico: bajo Tamaño de las explotaciones: muy variable, sistemas de economía campesina (2-20 animales), hasta grandes poblaciones trans humantes (50-300 animales). Productos: Carne y pie de cría y lana para artesanías.	Mestizos de razas de reciente introducción y biotipos criollos.

(Martínez *et al.*, 2009)

El sistema de producción extensivo se caracteriza por utilizar biotipos criollos ó sus cruces con razas mejoradas, ubicado en regiones de baja aptitud agrícola,

zonas montañosas altas en la región andina, y zonas planas áridas de Santander, Cesar y la Guajira, donde el nivel tecnológico utilizado es muy bajo, limitado a las necesidades implantadas por la economía campesina y de algunas comunidades indígenas y en algunos casos ubicados en sistemas de explotación mixtos con bovinos, pero igualmente en sistemas extensivos y extractivos.

En el caso del ovino de lana la actividad principalmente esta dirigida a la producción de carne para el consumo local y lana para la producción de artesanías y en el caso de los sistemas de producción en trópico bajo se limita a la producción de carne y de pie de cría para otras explotaciones, se da principalmente en zonas de la costa norte donde se trabaja con un tipo de ovino criollo de pelo.

Se podría diferenciar un sistema de producción semi-extensiva, ligada principalmente a sistemas de explotación mixta con bovinos, en algunas regiones de la costa norte y en los llanos orientales de Colombia, regiones de predominancia ganadera. En este tipo de explotación, la finalidad es complementar los dos sistemas, utilizando los ovinos como una alternativa para el control de maleza y para utilizar zonas de las granjas que no pueden ser utilizadas por bovinos. Los productos que se generan, son utilizados en la misma finca y ocasionalmente se utilizan para la venta como pie de cría (Grajales *et al.*, 2007).

La producciones en zonas de costa norte, utilizan ovinos criollos de pelo, que se han llamado oveja africana o Camuro y se cuenta con grandes rebaños, explotando conjuntamente ovinos y caprinos en sistemas de producción extensivos, con trashumancia y con un manejo muy precario de condiciones sanitarias, reproductivas y genéticas (Ministerio de agricultura, 2003).

También existen explotaciones mixtas ovinas de lana y caprinas en las regiones áridas de trópico medio de Santander, donde tienen un nivel tecnológico algo más desarrollado, pero atienden el mercado local y el autoconsumo. Otra región que se ha vuelto importante en los últimos años para la explotación ovina de pelo han sido los departamentos de Tolima, Huila y los Llanos Orientales, principalmente en los departamentos del Meta y Casanare, donde se han incluido en los sistemas de producción de bovinos de carne, así como en otras actividades agrícolas como el cultivo de palma, donde se utilizan para el control de maleza. La producción en este tipo de sistemas mixtos se usa principalmente para el consumo interno de las granjas y para el comercio local. En el Valle del Cauca se utilizan ovejas de pelo en sistemas integrados a la agricultura tecnificada de la caña de azúcar, para el control de malezas y producción de carne (Martínez *et al.*, 2009).

El sector pecuario colombiano tiene sistemas de producción menos importantes en cuanto a su aporte al producto interno bruto, pero de gran impacto en la economía campesina, como son los sistemas de producción de ovinos de lana, de pelo y caprinos, cuyos principales productos son:

- a. **Carne y pie de cría**, para abastecer mercados locales y en menor proporción para la exportación a ciertos países del Caribe, principalmente de ovinos de pelo ubicados en la costa norte, Cesar y la Guajira. En el mercado local se utilizan para restaurantes, los cuales elaboran platos típicos de consumo ocasional, donde se aprovecha prácticamente todas las partes del animal.

- b. **Lana:** debido a que este tipo de explotaciones están ubicadas en regiones de trópico húmedo y por tener razas de lana larga y burda, la calidad de la lana que se produce generalmente es muy baja, no superior a 40 counts, por lo que esta producción principalmente se utiliza para la producción de artesanías y se utiliza para confección de productos como cobijas, sacos, guantes, ruanas, entre otros. El grueso del aporte para la producción textil nacional es suplido por las importaciones.

- c. **Piel:** es muy poco lo que se encuentra documentado acerca de los volúmenes y el uso diferencial de pieles de origen ovino en el país. En general la piel de ovinos también es utilizada para la producción de artesanías y muy poco se valora para la industria marroquinera (Martínez *et al.*, 2009).

En términos generales, debido a que los sistemas de producción de especies menores son en general no tecnificados y no cuentan con asociaciones bien establecidas, no se tienen registros de niveles de producción nacional o por región

y mucho menos de su repercusión económica en el mercado. La mayoría de la carne producida por estas especies es directamente comercializada en restaurantes, por lo que su consumo es ocasional. Se tiene registrado una estimación de consumo per cápita de tan solo 4 Kg por persona año, valor que es inferior al consumo de otras fuentes como la carne de bovino, cerdo, pollo o huevo, similar al consumo de carne de caprino y solo superior al consumo de carne de especies menos tradicionales como conejo y cuy (Martínez *et al.*, 2009).

Las exportaciones de la cadena Ovino han sido marginales y los principales destinos de las exportaciones de estos productos han sido Las Antillas Holandesas con un 98% sobre el total, el 2% restante se reportó a países como Estados Unidos, Perú, Uruguay y Venezuela. Aunque existe un gran potencial para estos productos, en la actualidad no existe la calidad ni los volúmenes requeridos por el mercado internacional para incrementar las exportaciones de la cadena (Espinal *et al.*, 2006).

4.5 Diversidad Genética

4.5.1 Marcadores Moleculares

Recientemente, algunos estudios importantes de genética molecular han proporcionado nuevas herramientas de gran eficacia, denominadas marcadores moleculares, para estudiar los orígenes de las especies de ganado y determinar la

distribución geográfica de su diversidad. Hoy en día, los polimorfismos basados en el ADN son los marcadores de elección para realizar estudios moleculares sobre la diversidad genética. Tiene gran importancia el hecho de que los marcadores de ADN polimórficos que muestran diferentes patrones de transmisión hereditaria mendeliana se puedan estudiar en las especies de ganado. Entre ellos suelen contarse las secuencias de ADN mitocondrial (ADNmt) que contienen el código del citocromo B y el bucle D (transmisión hereditaria materna), los polimorfismos mononucleotídicos (SNP) específicos del cromosoma Y, los microsatélites (transmisión hereditaria paterna) y los microsatélites autosómicos (transmisión hereditaria biparental). Se han aislado muchos microsatélites autosómicos en la mayor parte de las especies de ganado (FAO, 2010).

Los marcadores moleculares corresponden a cualquier gen cuya expresión permite un efecto cuantificable u observable que, además, puede detectarse fácilmente. Sin embargo, se habla de marcadores genéticos cuando éstos se transmiten según las leyes básicas de la herencia mendeliana; por lo que no todos los marcadores moleculares se consideran marcadores genéticos (Nuez y Carrillo, 2000).

En los procesos de replicación el ADN es susceptible a pequeños errores en su secuencia y esto propicia la variabilidad entre los individuos de una población. Dichos cambios (mutaciones) pueden ser el resultado de la sustitución, inserción, delección, translocación o inversión de uno o más de los nucleótidos de la doblehélice. En consecuencia, el número y grado de mutaciones en el ADN son

indicadores de la variabilidad genética entre especies, poblaciones e individuos. Estas modificaciones en el genoma pueden ser detectadas por análisis de secuencia del ADN y, una vez definidas, pueden ser utilizadas como marcadores genéticos (Frankel *et al.*, 1995).

Por lo tanto, los marcadores genéticos son regiones del ADN que presentan variación en su secuencia sin que, necesariamente, se aprecien cambios sustanciales en las funciones del organismo. Por ello, se consideran herramientas útiles que han servido de base para la identificación de especies, cepas, híbridos, análisis de diversidad, recursos genéticos, determinación de paternidad, mapeo genómico con aplicación a genética de poblaciones, biología evolutiva, ecología molecular, genética de la conservación, etc. (Avice, 1994; Goldstein y Schlötterer, 1999).

Un marcador molecular monomórfico es invariable en todos los organismos estudiados; pero cuando un marcador presenta diferencias en el peso molecular, actividad enzimática, estructura o sitios de restricción se dice que es polimórfico. A veces el grado de variación es tal que se denominan hipervariables (Frankham *et al.*, 2002).

Los marcadores moleculares pueden evaluarse desde que los individuos están en sus primeros estadios de desarrollo y se pueden aplicar usando a todo el individuo o sólo parte de él. En términos generales existen dos tipos de marcadores

moleculares: Marcadores Bioquímicos y Marcadores de ADN (Nuez y Carrillo, 2000).

Los microsatélites son marcadores genéticos capaces de medir la diversidad genética en una amplia variedad de especies mostrando muy altos niveles de polimorfismo y muchos alelos por locus. Además, su carácter codominante revela el genotipo completo de los individuos, sin encubrimientos a causa de características dominantes (Goldstein y Scholötterer, 1999; Frankham *et al.*, 2002).

Los microsatélites de ADN son sistemas multialélicos altamente variables, también se les conoce como SSR (Simple Sequence Repeats). La técnica fue descrita por Tautz en 1989 y se basa en regiones hipervariables constituidas por repeticiones en tándem de unos pocos pares de bases (1 a 6) distribuidos por todo el genoma. Estas regiones pueden ser amplificadas, por la técnica de *Polimerase Chain Reaction* (PCR) utilizando cebadores con parte de la secuencia flanqueadora. La amplificación resulta en productos de diferentes tamaños, en función del número de copias de la secuencia repetitiva delimitada por los *primers* (Almeida *et al.*, 2001). El tamaño de los fragmentos puede ser estimado mediante técnicas estándar de electroforesis (Vaiman, 1999). Las características que hacen que la mayoría de autores los consideren una herramienta poderosa para estudios genéticos son: un elevado grado de polimorfismo, herencia mendeliana simple, son codominantes, fáciles de medir, analizar y son confiables, automatizables y presentan alta repetibilidad (Goldstein y Schlotterer, 1999).

Los microsatélites se heredan siguiendo las leyes de Mendel y presentan un alto polimorfismo por locus (multialelismo) superior al observado por otros marcadores; por esto, por ser codominantes y genoma-específicos se les considera los marcadores ideales para la identificación genética individualizada (Tautz, 1989; Engelet *et al.*, 1996).

La FAO y la ISAG (Sociedad Internacional de Genética Animal) han puesto a disposición del público listas recomendadas de marcadores de microsatélites autosómicos para estudios sobre diversidad genética. Los diferentes marcadores genéticos proporcionan grados de información distintos sobre diversidad genética. Los loci de los microsatélites autosómicos se utilizan habitualmente para estimar la diversidad de las poblaciones y su diferenciación, medir las distancias genéticas así como calcular las relaciones genéticas y la mezcla genética de las poblaciones (FAO, 2010).

4.5.2 Diversidad Genética

La diversidad genética es fundamental para el mejoramiento genético sostenible puesto que facilita una rápida adaptación a cambios necesarios e imprevistos para el desarrollo de los sistemas de producción ya que no es posible predecir con objetividad cuales características podrán ser útiles en el futuro. Por lo tanto, un elemento clave como estrategia de conservación debe ser la caracterización de las razas o poblaciones con el fin de obtener un cuadro general de la diversidad genética existente (Barker, 1994).

La importancia e interés de la conservación de razas, se puede resumir en cuatro aspectos: el primero de ellos, es de orden genético-productivo, ya que la diversidad es necesaria para mantener la variabilidad de las poblaciones, la cual permite la adaptación a diferentes ambientes, algunas veces adversos. El segundo aspecto es de orden científico, debido a que el estudio de cada raza en particular puede ser de interés para detectar posibles genes únicos y valiosos, en el momento actual o en el futuro. El tercero de orden histórico-cultural, dado que la conservación de determinadas razas representan un patrimonio genético de un país y como historia viva y paralela al desarrollo de la población humana y el cuarto de índole ecológico-ambiental, ya que los ecosistemas son el resultado del equilibrio entre clima, flora y fauna, y cualquier factor que afecte alguno de estos componentes, atenta contra ese equilibrio, deteriora el medio y la simbiosis ecológica de la zona (Simons, 1984).

Más de 850 razas ovinas son reconocidas en todo el mundo, Europa tiene el mayor número de razas que cualquier otro continente (FAO, 2000; Rege y Gibson, 2003). Sin embargo, durante las últimas décadas, se ha hecho evidente que muchas de estas razas están en riesgo de extinción. Europa se enfrenta a la mayor amenaza, con el 18% de sus razas de ganado perdidas en el último siglo y un 40% de ellas en riesgo de extinguirse en los próximos 20 años (frente al 32% en todo el mundo en riesgo, FAO, 2000; Signorello y Pappalardo, 2003). La producción intensiva y el aumento de las demandas comerciales, en particular desde el final de la Segunda Guerra Mundial, ha contribuido significativamente a la amenaza que enfrentan las razas de ovejas europeas (Lawson, 2007).

En primer lugar, la inseminación artificial y la mejora del transporte han reducido el número de crías, lo que conlleva a una reducción en el tamaño efectivo de la población (N_e) de muchas razas. En segundo lugar, la producción se ha centrado en sólo unas pocas razas, en detrimento de especies raras o minoritarias, que es probable, sean importantes recursos genéticos debido a su adaptación local, a la resistencia a las enfermedades, de alta fertilidad y cualidades únicas del producto (Mendelsohn, 2003). Razas minoritarias también se han perdido por la introgresión de grandes poblaciones comerciales (Lawson, 2007).

Por lo anterior, en la actualidad existe una presión constante para mejorar la evaluación de los recursos zoogenéticos con el fin de evitar su erosión y mantener la integridad de especies de ganado, por ello la diversidad genética se ha convertido en interés primordial para las políticas agrícolas a largo plazo. Uno de los principales usos de las técnicas de ADN en la conservación, es revelar la diversidad genética dentro y entre poblaciones (Glowatzki *et al.* 2009).

La pérdida de la diversidad en las especies domésticas tiene importantes implicaciones económicas, ecológicas y científicas, así como consideraciones de tipo social, y en respuesta a estas amenazas, la FAO, a través de su sistema información interna de Diversidad de los Animales (DAD-IS), inició un programa para documentar la Situación de los recursos zoogenéticos mundiales (FAO, 2000).

La información sobre la variación genética dentro y entre razas es importante. El primero proporciona información a nivel de raza, el segundo ayuda a identificar razas divergentes que pueden albergar genotipos distintos, incluso si dentro de la raza la diversidad es relativamente alta (Lawson *et al.*, 2007).

Estudios filogenéticos han diferenciado razas de ovejas y sus orígenes. Por ejemplo, las distancias genéticas entre las especies domésticas (*Ovis aries*) y salvajes sugieren de 2 a 5 linajes mitocondriales en los procesos de domesticación (Hiendleder *et al.*, 2002; Pedrosa *et al.*, 2005; Meadowset *et al.*, 2007).

Meadowset *et al.* (2007) a partir del estudio de ADN mitocondrial en 197 ovejas representadas en 9 razas de la actual Turquía e Israel, hallaron 85 haplotipos y un alto nivel de diversidad genética. Seis individuos llevaban tres haplotipos diferentes, que los agruparon por separado de los linajes A, B, y C reportados para ADNmt en las especies ovinas conocidas. El análisis de la distancia genética, y las comparaciones con ovejas salvajes confirmaron que estos representan otros dos linajes de ADN mitocondrial indicándose como D y E. Los hallazgos de este estudio evidencian que para eventos de domesticación las ovejas fueron reclutadas de poblaciones salvajes varias veces a diferencia de otras especies de ganado, como cabras, ganado vacuno y cerdos (Meadowset *et al.*, 2007)

Los microsatélites y los SNPs, han sido útiles en la cuantificación de las distancias genéticas entre las razas ovinas en varias regiones geográficas (Diez-Tascón *et al.*, 2000; Tapio *et al.*, 2005; Baumunget *et al.*, 2006; Peter *et al.*, 2007; Lawson *et al.*, 2007;

Kijas *et al.*, 2009). Tales estudios han demostrado que la introgresión ha jugado un papel importante en la formación de razas y utilización de las ovejas con el paso del tiempo (Meadow *et al.*, 2005).

En un estudio realizado en 829 individuos de 29 razas ovinas europeas fenotípica y geográficamente diversas se utilizaron 23 marcadores microsatélites autosómicos para evaluar la diversidad genética dentro y entre razas. Se encontró evidencia generalizada de déficit de heterocigotos, el análisis AMOVA mostró solo el 1% de variación entre las regiones muestreadas, y menos del 3% de variación entre siete tipos de razas, incluso después de la eliminación de loci potencialmente con alta frecuencia de alelos nulos. Esto es probable debido a la subdivisión entre rebaños (efecto Wahlund) y el uso de un pequeño número de machos para la reproducción. Los niveles de heterocigosidad fueron ligeramente superiores en las razas del sur que en las razas del norte. Finalmente, mediante un análisis de cluster Bayesiano, se descubrió evidencia de mezcla entre razas (Lawson *et al.*, 2007).

Santos-Silva *et al.*, (2008) utilizaron 25 marcadores microsatélites, para estudiar las relaciones de las razas ovinas nativas de Portugal: Algarvia (AL), Badana (BA), Galega Bragançana (GB), Galega Mirandesa (GM), Mondegueira (MO) y Churra da Terra Quente (TQ), utilizando como control la raza importada Assaf (AS), los marcadores utilizados mostraron altos niveles de polimorfismo y las seis razas fueron claramente diferenciadas de la raza Assaf, la diferenciación genética fue pequeña entre las razas nativas.

Cinkulovet *al.*, (2008) analizó la diferenciación genética de la raza Pramenka en Croacia con 15 marcadores microsatélites y DNA mitocondrial (DNAmt), llegando a la conclusión que CroatianIstra y MacedonianKarakacanska deben considerarse razas separadas y no tipos de oveja Pramenka, hallando también alta variación alélica en la raza.

En Bután, se evaluó la diversidad genética y las relaciones entre cinco poblaciones de ovejas indígenas: Sakten, Jakar, Sarpang, Sipsu y Tsirang con ocho marcadores microsatélites para hallar diversidad genética dentro y entre razas, como resultado las razas se clasificaron en dos grupos: ovejas Jakar-Sakten y ovejas Sipsu, las cuales mostraron alta variabilidad genética en comparación con las otras razas, encontrándose alto número de alelos heterocigotos en ellas (Dorjiet *al.*, 2010).

Peter *et al.*, (2007) estudió la estructura y diversidad genética de 57 razas ovinas procedentes de 12 países Europeos y de 3 países del Medio Oriente, mediante el uso de 31 marcadores microsatélites en su mayoría autosómicos, utilizados ampliamente en estudios de diversidad genética de bovinos, ovinos y caprinos. Se calcularon las frecuencias alélicas, el equilibrio de Hardy Weinberg y la variación genética a partir de la heterocigosidad observada y esperada. Encontraron que todos los marcadores fueron polimórficos para 37 razas. La diferenciación genética promedio en todas las razas fue de 5,7% (significativamente diferente de cero), La distancia genética varió para los dos grupos muestreados de la raza Merino, mientras que se encontraron bajos valores de distancia genética entre las

razas de Albania, Grecia, Rumania, Arabia Saudita y Turquía. Se encontró consanguinidad para ocho razas, siendo la raza alemana Rhönschaf un claro ejemplo de efecto Wahlund. Como conclusión se observaron tres grupos de razas: 1. Suroeste asiático, 2. Centro y sudeste europeo y 3. Europa occidental. Se halló dentro del último grupo una leve diferencia entre las razas Merino y Alpina. Los valores de variación genética concluyeron que particularmente las razas del sudeste europeo y de Oriente Medio son las más distintas convirtiéndolas en reservorios de diversidad.

En el cuadro 3 se pueden observar los resultados de diferentes estudios llevados a cabo en América. En México, Quiroz *et al.* (2007), caracterizó las poblaciones ovinas: Chiapas, Chamula y Café, y analizó sus distancias genéticas incluyendo algunas poblaciones ovinas españolas. Emplearon 27 microsatélites utilizados en estudios de diversidad. Calcularon las frecuencias alélicas, heterocigosidad y Fis, encontrando que dentro de las poblaciones de Chiapas, la Café obtuvo mayor número de alelos y mayor heterocigosidad, lo que sugiere que puede ser una población con posible influencia de otras razas. La raza Palmera presentó el menor número medio de alelos y el valor de heterocigosidad esperada más bajo, que indicó que su diversidad genética podría estar limitada por el aislamiento. Las ovejas de las Islas Canarias fueron las más distantes genéticamente de las de México. Como conclusión se logró encontrar que las ovejas de Chiapas poseen una gran individualidad y diversidad genética, que se encuentran estructuradas genéticamente entre poblaciones claramente diferenciadas (Chiapas, Chamula y

Café) por lo tanto, deben considerarse como razas autóctonas de México, y deben conservarse y protegerse.

Cuadro 3. Parámetros de Diversidad Genética estimados mediante microsatélites, en razas ovinas criollas de América.

País	Raza	N	No. Sistemas	NPA	He	F _{IS}	Referencia
Colombia	CL	47	19	6.52	0.51	0.28	Cuartas <i>et al.</i> , 2009
	MC	30		5.36	0.49		
Chile	Chilota	40	9		0.755	0.198	Barra <i>et al.</i> , 2010
México	Chiapas	41	27	6.1	0.624	0.042	Quiroz <i>et al.</i> , 2007
	Chamula	42		6.9	0.699	0.026	
	Café	45		7.8	0.712	0.076	
Paraguay	Criollos	28	20	7.25	0.739		Ochipinti G. <i>et al.</i> , 2012
Estados Unidos	Columbia	21	31	5.78	0.639	0.092	Blackburn <i>et al.</i> , 2011
	Gulf coast native	30		7.57	0.718	0.174	
	Hog island	24		4.11	0.417	0.134	
	Navajo churro	31		7.71	0.703	0.151	
	Polypay	17		6.39	0.686	0.086	
	Santa cruz Island	21		5.25	0.596	0.004	
	Targhee	18		6.32	0.687	0.122	
Warhill	26	6.07	0.688	0.002			

En Estados Unidos se realizó una evaluación completa de razas ovinas que previamente no había sido realizado en este país. Para ello se utilizó un panel de 31 marcadores microstaélites recomendados por la FAO y la ISAG. Se evaluaron la diversidad genética entre y dentro de las 28 razas ovinas estadounidenses. Tanto las razas de importancia económica como las de menor importancia se incluyeron en el estudio, que consistió en analizar 666 animales de 222 productores ubicados en 38 estados. El grado de diversidad genética dentro de razas fue variable y no dependió de la mayor o menor importancia de la raza. El

análisis de agrupamiento Bayesiano indicó que las razas se agruparon más por las diferencias fisiológicas (producción de carne vs lana) en lugar de orígenes geográficos. Los resultados sugirieron varios elementos accionables para mejorar la conservación in situ y ex situ. Claramente se demostró la necesidad de una mayor gestión in situ y ex situ para algunas razas (por ejemplo: Hog Island y Karakul), además de proponer varias sugerencias para el manejo in situ de los rebaños (Blackburn *et al.*, 2011).

En Paraguay se estudió la diversidad genética de los ovinos criollos de los humedales de Ñeembucú, utilizando un panel de 20 marcadores microsatélites. Las poblaciones ovinas de referencia, seleccionadas por ser la genética más utilizada en el país fueron: 64 animales de las razas Hampshire (5), Texel (7), Corriedale (4), Santa Ines (5), Dorper (5), Población variada A (10) y 28 animales de raza criolla. La población criolla presentó el mayor número de alelos, seguida de la población A (nativa) y la raza Hampshire, y el menor número alélico fue encontrado en la población Corriedale. En la población Santa Inés se encontró mayor heterocigosis, y la menor heterocigosis fue obtenida en el grupo denominada Población A. Los ovinos agrupados dentro la Población criolla presentaron alta variabilidad genética con respecto a la población Corriedale, que mostraron menos diversidad en su formación genética según los indicadores evaluados (Ochipinti G. *et al.*, 2012).

En Chile se estimó la diversidad genética de las razas: Corriedale, Suffolk Down, Romney Marsh y Chilota, las razas fueron escogidas dado que son las principales

razas utilizadas en la ganadería ovina chilena, además de ser predominantes en el país como poblaciones puras. Se analizaron 40 animales de cada raza. Para la caracterización genética de los animales se utilizaron nueve marcadores moleculares de tipo microsatélite (SSR) recomendados por FAO-ISAG. Los resultados indican una baja complementariedad genética entre las razas ovinas predominantes en Chile, advirtiéndose además una potencial pérdida de diversidad genética en todas las razas así como un elevado riesgo de incremento en esta pérdida por efecto de la endogamia en las razas Chilota y RomneyMarsh. El Chilote es una raza única encontrada solamente en el archipiélago de Chiloé (Barra *et al.*, 2010).

Cuartas *et al.*, (2009) estimó la variabilidad genética en razas ovinas criollas de lana y mora colombiana utilizando 19 microsatélites en 77 individuos (47 criollos de lana y 30 mora colombiana), observó un promedio de alelos de 6.23, encontrando en la raza Criolla un promedio de 6.52 alelos y en la raza Mora un promedio de 5.36 alelos. En cuanto al equilibrio de Hardy-Weinberg, se encontró desviación significativa ($P < 0.01$) para 9 de los 19 marcadores analizados, estos valores pueden estar influenciados por el bajo número efectivo de animales en los núcleos de conservación donde se tomaron las muestras para este estudio. La heterocigocidad observada presentó un promedio en la población de 0.52, la cual fue menor que la heterocigocidad esperada (0.67). El valor del coeficiente de endogamia F_{is} presentó valores altos con un promedio de 0.28, siendo mayor en la raza Mora. Para los análisis de diversidad se encontró que la variabilidad

intraindividual fue más alta que la variabilidad inter-individual en las dos razas analizadas y la raza Moro presentó los valores más bajos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Muestreo

Se recolectaron 291 muestras de sangre de animales CL, MC; Criollo de Pelo (CP), criollo mestizo (CM) y ovinos de razas especializadas en producción de lana y carne (Cuadro 4).

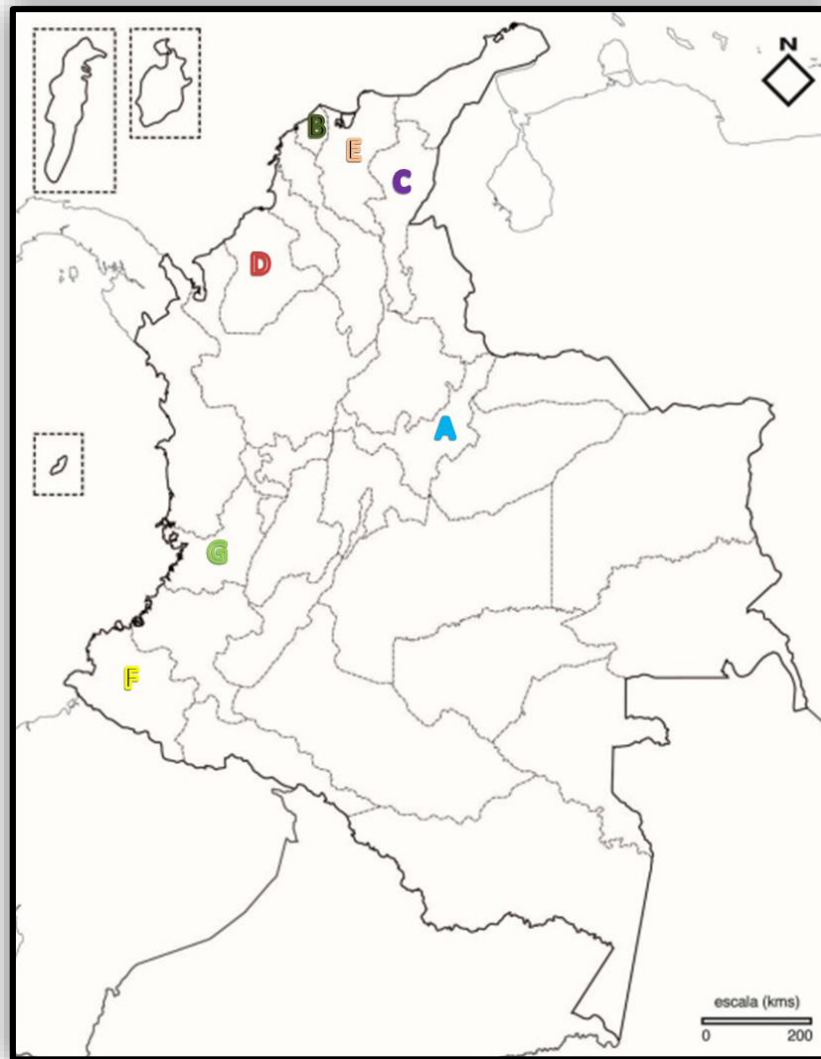
Cuadro 4. Número de muestras por grupo genético, abreviatura (Abrev.), tamaño de muestra (N) y localidad de los ovinos utilizados.

Grupo Genético	Abrev.	N	Localidad
Criollo de lana	CL	30	Boyacá, Nariño
Mora colombiana	MC	4	Boyacá
Criollo de pelo	CP	169	Atlántico, Cesar, Córdoba, Magdalena, Valle del Cauca
Criollos mestizo	CM	25	Boyacá, Córdoba, Valle del Cauca
Merino	Mer	16	Colombia, España, Francia, Alemania
Segureño	Seg	5	España
Pelibuey de México	Pel	8	Colombia
Hampshire	Hamp	5	Boyacá
Kathadin	Kath	5	Córdoba, Valle del Cauca
Corriedale	Corr	4	Boyacá
Black belly	BB	2	Valle del Cauca
Dorper	Drp	2	Valle del Cauca
Santa Inés	SI	1	Valle del Cauca
Texel	Tex	3	Valle del Cauca
Dorset	Drs	1	Valle del Cauca
Uda	UD	10	Nigeria

En tubos *vacutainer* con EDTA se tomaron 10 ml de sangre a cada animal mediante punción en la vena yugular. Según criterio de los productores los animales no se encontraban emparentados.

Las muestras de sangre de ovinos criollos fueron colectadas en 40 fincas localizadas en los departamentos de Boyacá, Córdoba, Valle del Cauca, Nariño, Magdalena, Cesar y Atlántico (Anexo 1), de las cuales el 12% fueron machos. Para algunos análisis las muestras de los animales CP de los departamentos de Córdoba, Atlántico, Cesar y Magdalena fueron clasificados en las tres posibles variedades descritas por los productores: Criollo Etíope (CE), Criollo Abisinio (CA) y Criollo Sudan (CS), con 43, 51 y 17 animales respectivamente. Entre los criollos mestizos (Mes), 16 eran (CP x Pelibuey de origen mexicano) y el resto eran cruces con Hampshire (n=2), Kathadin (n=5) y RomneyMarsh (n=2). Se utilizaron como muestras de referencia razas ovinas foráneas en producción de carne (FC): Katahdin, Pelibuey, Black Belly, Dorper y Santa Inés; y ovinos foráneos en producción de lana (FL): Corriedale, Hampshire, Dorset y Texel; todos los anteriores colectados en Colombia, también se incluyeron muestras de Merino Español (n=5), Merino Francés (n=5), Merino Alemán(n=5), Segureño (n=5) y de la raza Uda de origen africano (n=10) suministradas por el Laboratorio de Genética Molecular Aplicada y Caracterización de la Universidad de Córdoba, España (Cuadro 4, Anexo 1).

En la Figura 1 se pueden observar la localización de los departamentos muestreados.



Departamentos:

A- Boyacá. CL y MC; B-Atlántico. CP: CE, CS, CA; C-Cesar. CP: CE, CS, CA; D-Córdoba. CP: CE, CS, CA; E- Magdalena: CP: CE, CS, CA; F- Nariño.

Figura 1. Localización geográfica de las muestras recolectadas

5.2 Caracterización Molecular

La caracterización molecular se realizó en los laboratorios de Genética Animal y de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. A partir de las muestras de sangre colectadas, se estableció un banco de ADN de todos los individuos estudiados (Cuadro 4, Anexo 1). Para la extracción de ADN se utilizó el protocolo *SaltingOut* (Miller *et al.*, 1988). La evaluación de la calidad y cantidad de ADN se realizó en geles de agarosa al 0,8% corridos en tampón TBE 0.5X (Tris-borato 0.045M; EDTA 0.001M) y teñidos con bromuro de etidio a una concentración final de 0.5 ug/mL. La cuantificación del ADN se realizó en geles de agarosa comparando la muestra con cantidades conocidas del bacteriófago lambda (50, 75 y 100 ng/μl). La concentración de ADN se encontró en un rango entre 20 y 250 ng/μl.

5.3 Amplificación y Genotipaje

Se utilizaron 15 microsatélites de un panel de 32 utilizados en el Proyecto Biovis (Landiet *al.*, 2010). Los microsatélites fueron propuestos inicialmente por la FAO (Food and Agricultural Organization) y la ISAG (International Society for Animal Genetics). Las características principales de los marcadores, se consignan en el Cuadro 5.

Cuadro 5.Características de los marcadores utilizados y su referencia bibliográfica.

Marcador	Posición en el Genoma - Cromosoma	cM	Autor	Rango (bp)	Número de accesión
OarCP34	3	31,2	9	112-126	U15699
McM527	5	127,4	5	165-175	L34277
D5S2	5*	121,8	2	190-210	Z14040
RM006	5	27,8	8	119-130	U32911
OarAE129	5	117,5	10	133-159	L11051
ETH225	9	9,4	3	136-156	Z14043
INRA35	12	94,6	7	120-140	X68049
TGLA53	12	39,1	6	121-147	NW_001493400
INRA63	14	64,1	2	165-199	X71507
TGLA126	16	34,3	6	110-240	-
BM8125	17	88,1	1	116-122	G18475
OarFCB48	17	40,3	4	143-167	M82875
OarFCB304	19	64,6	4	150-188	L01535
OarCP20	21	23,5	9	71-87	U15695
BM6526	26	16,4	1	161-175	G18454

*: Posición relativa al mapa de bovino(no mapeados en *Ovisaries*).

Citas relativas a los marcadores: 1, Bishop et al. (Bishop et al. 1994); 2, Vaiman et al. (Vaiman et al. 1994); 3, Steffen et al. (Steffen et al. 1993); 4, Buchanan & Crawford (1992; 1993); 5, Hulme et al. (Hulme et al. 1994); 6, Geroger & Massey (Georges & Massey 1992); 7, De Gortari et al. (De Gortari et al. 1997); 8, Kossarek et al. (Kossarek et al. 1993); 9, Ede et al. (Ede et al. 1995);10, Penty et al. (Penty et al. 1993).

Adaptado Proyecto Biovis (Landiet *al.*, 2010)

Se utilizaron las condiciones de PCR propuestas por Landi *et al.*, (2010) con algunas modificaciones en la concentración de los reactivos y la temperatura de hibridación debido a la ausencia de amplificado en algunos casos y a la presencia de bandas inespecíficas en otros (Cuadro 6). Se adicionó albúmina de suero bovino (BSA) como adyuvante dado que incrementa la eficiencia de la PCR y actúa como proteína captadora de iones que pueden ser inhibidores de la Taq polimerasa. La temperatura de hibridación para todos los marcadores fue modificada de 55°C a 58°C.