



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Recinto Universitario “Rubén Darío”

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Biología

Monografía para optar al Título de Licenciatura en Biología

Caracterización morfológica y molecular del cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus* L.) proveniente de la región I de Nicaragua en el Laboratorio de Biotecnología. Abril 2018 a agosto 2020

Autor: Br. Cindy Paola Martínez Ramírez

Tutor: MSc. Luis Urbina Abaunza

Asesores: MSc. Samantha Miranda Calero

Lic. Juan Carlos Ruíz Urbina

Ing. Ena Rivers Carcache

Managua, Nicaragua

Julio 2021

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL CERDO CRIOLLO (*SUS SCROFA DOMESTICUS* L.) PROVENIENTE DE LA REGIÓN I DE NICARAGUA EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA. ABRIL 2018 A AGOSTO 2020

Dedicatoria

A Dios:

Por darme salud, fuerza, sabiduría, entendimiento, dedicación y por mostrar en mi vida su gracia y su amor.

A mis amados y excelentes padres:

Bernardo Antonio Martínez Martínez y Paula del Socorro Ramírez Durán, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por bríndame su amor incondicional, su apoyo, comprensión, paciencia, confianza y sobre todo por estar ahí cuando más lo necesite; con su sacrificio y esfuerzo supieron apoyarme para así lograr mi meta anhelada.

Este logro también es de ustedes.

Cindy Paola Martínez Ramírez

Agradecimientos

A Dios, por estar presente en cada momento de mi vida y haberme dado la oportunidad de culminar mi carrera profesional.

A mis padres, por ser el motor de mi vida, por el impulso de este logro y por brindarme todo su apoyo.

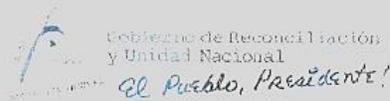
Al Laboratorio de Biotecnología de la UNAN-Managua, en especial a la Doctora Martha Lacayo Romero, por brindarme la oportunidad y la confianza de realizar esta valiosa investigación, y de igual manera por darme el privilegio de crecer profesionalmente.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), por darme la oportunidad de ser partícipe de esta investigación de relevancia nacional. A mi tutor, MSc. Luis Urbina, por darme la oportunidad de acudir a sus capacidades y conocimientos. A mis asesores MSc. Samantha Miranda Calero, Lic. Juan Carlos Ruiz e Ing. Ena Rivers Carcache, por su apoyo incondicional, sus palabras de ánimos y aportes a este estudio. A los Ing. Wendy Dávila y Carlos Umaña, por su asesoría estadística. Al colectivo de Laboratorio de Biotecnología, en especial a la Ing. Anielka Dávila, por todo su apoyo.

A mis primos, Keytlin Castillo y Kevin Castillo, por su apoyo y amor incondicional en todos momentos de mi vida, a Moisés Chávez, por todo su amor, paciencia y muchas palabras de ánimo. A mi hermano, Milton Martínez Ramírez, a mis tíos Vilma Martínez y Luis Castillo por estar siempre presente en cada momento de mi vida. A Melissa Delgadillo, quien fue de mucho apoyo en el proceso analítico de este estudio. Y especialmente a mis amigos Taryn Suazo, María José Vargas, María Milagro Lacayo y Andrés Obando por su apoyo, consejos, paciencia y por estar conmigo en los buenos y malos momentos.

Cindy Paola Martínez Ramírez

Carta aval



Managua, 07 de julio del 2021

MSc. José David Quiroz
Director
Departamentos de Biología / Facultad de Ciencias e Ingeniería
UNAN-Managua

Su despacho.

Estimado Maestro Quiroz:

Reciba un cordial saludo de mi parte.

Me dirijo a usted en carácter de tutor de la monografía titulada: "**Caracterización morfológica y molecular del cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus*) proveniente de la región I de Nicaragua en el Laboratorio de Biotecnología. Abril 2018 a diciembre 2020**", desarrollada por la estudiante: Cindy Paola Martínez Ramírez (N° Carnet: 13042/68) para optar al título de Licenciada en Biología

Este proyecto es concebido por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y ejecutado en conjunto con el Laboratorio de Biotecnología de UNAN-Managua dentro del Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional, y por este medio hago constar que cumple los requisitos para ser sometido a su presentación pública y evaluación por parte del comité académico evaluador que se designe por normativa de la UNAN-Managua.

Agradeciendo la atención a la presente, me despido.

Atentamente,

MSc. Luis Urbina Abaunza



CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Ubicación: Enfrente al Distrito 5 de la Policía Nacional,
Pista de La Solidaridad, Managua, Nicaragua.
Sitio Web: www.inta.gob.ni .Teléfono: (505) 2298-2080

Br. Cindy Martínez Ramírez

Resumen

Se realizó la caracterización morfológica y molecular del cerdo criollo (*Sus scrofa domestica* L.) proveniente de la región I de Nicaragua, que comprende los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia. El estudio se llevó a cabo dentro del Convenio Marco de colaboración entre el INTA y la UNAN-Managua, e incluyó 75 cerdos criollos, entre ellos 46 hembras y 29 machos. La caracterización morfológica se realizó mediante 12 variables zoométricas, 7 índices zoométricos y 5 características fanerópticas. La caracterización molecular se llevó a cabo mediante 13 marcadores microsátélites. A través del análisis estadístico realizado se encontró que los cerdos criollos de la región I poseen un perfil rectilíneo (66,22%), cuerpo longilíneo (64,10%) y de abundante pelaje (64,10%). Con respecto a los colores del pelo y la capa, se destacan el blanco (29,48%) y negro (20,51%), con ausencia de mamella (94%). Los resultados de los índices zoométricos establecen que estos individuos son de cabeza grande, y su proporcionalidad los clasifica como animales con habilidad cárnica, de cuerpo y tórax longilíneos, de pecho profundo, con una pelvis grande y de caña gruesa. En el análisis de correlación se encontró que existe relación entre los 66 pares de variables correspondiente, lo cual representa una buena armonía del modelo estructural del individuo. Los coeficientes de correlación más altos fueron: Perímetro torácico y Diámetro Dorso Estral ($p=0.98$), Diámetro Dorso Estral y Alzada de las Grupa ($p=0.95$) y Perímetro Torácico y Alzada de la Grupa ($p=0.95$). El análisis molecular, el locus S0101 presentó el mayor número de alelos ($n_A=15$), a diferencia de los S0155 y SW240 que presentaron menor números de alelos ($n_A=2$). La Heterocigosidad observada fue mayor que la Heterocigosidad esperada indicando así exogamia en el sistema de apareamiento. El análisis de AMOVA exhibió que en la población de cerdos criollos en estudio existe diferenciación genética entre poblaciones, exogamia y exceso de heterocigotos.

Palabras claves: cerdo criollo, *Sus scrofa domestica* L., variables zoométricas, molecular, diversidad genética

Índice

CAPÍTULO I

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3	JUSTIFICACIÓN	3
1.1	OBJETIVOS	4
1.4.1	Objetivo General	4
1.4.2	Objetivos específicos	4

CAPÍTULO II

2.1	MARCO TEÓRICO	8
2.1.1	Antecedentes	8
2.1.2	Aspectos generales del cerdo	10
2.1.2.1	Origen	10
2.1.2.2	Domesticación	11
2.1.2.3	Taxonomía	12
2.1.2.4	Importancia económica	12
2.1.2.5	Razas y líneas de cerdos existentes en Nicaragua	13
2.1.2.6	Características morfológicas y de interés para el rubro	14
2.1.2.6.1	Características morfológicas	14
2.1.2.6.2	Características de interés para el rubro	14
2.1.3	Rusticidad	15
2.1.4	Caracterización molecular	16
2.1.4.1	Definición	16
2.1.4.2	Marcadores moleculares SSR	16
2.1.4.3	Electroforesis	16

Br. Cindy Martínez Ramírez

2.1.4.4	Gel de agarosa	17
2.1.4.5	Gel de poliacrilamida	17
2.1.4.6	PCR	17
2.1.4.7	Frecuencia alélica	18
2.1.4.8	Heterocigosidad	18
2.1.4.8.1	Heterocigosidad observada	19
2.1.4.8.2	Heterocigosidad esperada	19
2.1.4.9	Índice de Fijación	19
2.2	HIPÓTESIS	20
CAPÍTULO III		
3.1	DISEÑO METODOLÓGICO	24
3.1.1	Área de estudio	24
3.1.2	Tipo de estudio	24
3.1.3	Población y muestra	25
3.1.3.1	Población	25
3.1.3.2	Muestra	25
3.1.4	Criterio de inclusión	25
3.1.5	Definición y operacionalización de variables	26
3.1.6	Material y métodos	28
3.1.6.1	Material, instrumento y equipo.	28
3.1.6.2	Métodos a utilizar	29
3.1.6.2.1	Descripción de las variables zoométricas, fanerópticas e índices zoométricos en especímenes de cerdo criollo	29
3.1.6.2.1.1	Variables zoométricas	29
3.1.6.2.1.2	Variables faneróptica	31

Br. Cindy Martínez Ramírez

3.1.6.2.1.3	Índices zoométricos	31
3.1.6.2.2	Correlación del coeficiente de Pearson	33
3.1.6.2.3	Caracterización de la diversidad genética del cerdo criollo a través de marcadores moleculares microsatélites (SSR)	34
3.1.6.2.3.1	Obtención de muestras	34
3.1.6.2.3.2	Obtención de ADN genómico	34
3.1.6.2.3.3	Obtención de amplicones	35
3.2	Plan de tabulación y análisis	36
CAPÍTULO IV		
4.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
4.1.1	Descripción de las poblaciones de cerdos provenientes de la Región I en base a sus características zoométricas, fanerópticas e índices corporales.	39
4.1.1.1	Variables zoométricas	40
4.1.1.2	Variables fanerópticas	51
4.1.1.3	Índices zoométricos	55
4.1.2	Correlación entre variables zoométricas en los cerdos provenientes de la Región I de Nicaragua.	57
4.1.3	Análisis de la diversidad genética de la población de cerdos estudiada	59
4.1.3.1	Número de alelos (nA)	59
4.1.3.2	Heterocigosidad	60
4.1.3.3	Coeficiente de fijación F ₅₇	
4.1.3.4	Análisis de varianza molecular (AMOVA)	62
CAPÍTULO V		
5.1	CONCLUSIONES	71
5.2	RECOMENDACIONES	73
5.3	BIBLIOGRAFÍA	74

Br. Cindy Martínez Ramírez



Índice de figura

Figura 1. Ubicación geográfica de los departamentos que comprenden la región I de Nicaragua	24
Figura 2. Longitud de cabeza de los cerdos provenientes de la región I	40
Figura 3. Longitud de la cara de los cerdos provenientes de la región I	41
Figura 4. Anchura de la cabeza de los cerdos provenientes de la región I	42
Figura 5. Alzada de la cruz de los cerdos provenientes de la región I	43
Figura 6. Alzada de la grupa de los cerdos provenientes de la región I	44
Figura 7. Diámetro longitudinal de los cerdos provenientes de la región I	45
Figura 8. Diámetro dorso esternal de los cerdos provenientes de la región I	46
Figura 9. Diámetro bicostal de los cerdos provenientes de la región I	47
Figura 10. Anchura de la grupa de los cerdos provenientes de la región I	48
Figura 11. Longitud de la grupa de los cerdos provenientes de la región I	49
Figura 12. Perímetro torácico de los cerdos provenientes de la región I	50
Figura 13. Perímetro de la caña de los cerdos provenientes de la región I	51
Figura 14. Coloración del pelo y la capa de los cerdos pertenecientes a la región I de Nicaragua	52
Figura 15. Tipos de perfiles de los cerdos pertenecientes a la Región I de Nicaragua	52
Figura 16. Coloración de la mucosa de los cerdos pertenecientes a la Región I de Nicaragua	53
Figura 17. Cobertura de pelaje de los cerdos perteneciente a la Región I de Nicaragua	54
Figura 18. Presencia o ausencia de mameas en los cerdos perteneciente a la Región I de Nicaragua	54
Figura 19. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables zoométricas de los cerdos estudiados en la Región I de Nicaragua	58
Figura 20. Números de alelos por locus registrado por municipios proveniente de la Región I de Nicaragua	59
Figura 21. Promedio de heterocigosidad Observa y esperada de 11 municipios estudiados	60

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía del cerdo	12
Tabla 2. Definición y operacionalización de variables	26
Tabla 3. Material, instrumento y equipos	28
Tabla 4. Escala de interpretación para el coeficiente de correlación de Pearson	33
Tabla 5. Concentración del master mix para PCR	35
Tabla 6. Perfil térmico del PCR	36
Tabla 7. Edad en meses de los cerdos provenientes de la región I	39
Tabla 8. Coeficiente de fijación F_{IS}	61
Tabla 9. Análisis AMOVA de los 11 municipios estudiados	62

Índice de anexos

Anexo 1. Glosario	1
Anexo 2. Formato de colecta	1
Anexo 3. Extracción de ADN genómico en muestras de pelo de cerdo utilizando la modificación Martínez, C. (2018) del método descrito por Pardo E., Maya H. y Alvarino G. (2015)	4
Anexo 4. Método de amplificación de ADN descrito por Pardo et al. (2015)	6
Anexo 5. Método de preparación de gel de agarosa 1.8%	6
Anexo 6. Método de preparación de gel de poliacrilamida 6%	7
Anexo 7. Lista de microsatélites SSR que se utilizaron para la amplificación de ADN genómico	10
Anexo 8. Variables zoométricas de los cerdos proveniente de la región I de Nicaragua	11
Anexo 9. Índices Zoométricos de los cerdos en estudio de la región I de Nicaragua	14
Anexo 10. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables zoométricas de los cerdos estudiados en la Región I de Nicaragua	15
Anexo 11. Nombre de departamentos y municipios estudiados en la presente investigación	16
Anexo 12. Números de alelos por locus registrado por municipios proveniente de la Región I de Nicaragua	16
Anexo 13. Heterocigosidad observada y esperada de los 11 municipios de la región I de Nicaragua	17
Anexo 14. Índice de fijación	18
Anexo 15. Proceso de extracción de ADN genómico	19
Anexo 16. Proceso de realización de amplificación de las muestras de ADN genómico	20
Anexo 17. Proceso de gel de poliacrilamida 6%	21
Anexo 18. Coordenadas geográficas	22

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AC:	Alzada de la cruz.
ADN:	Ácido desoxirribonucleico.
AG:	Alzada de la grupa.
AK:	Anchura de la cabeza.
AMOVA:	Análisis molecular de varianza.
ANG:	Anchura de la grupa.
CENAGRO:	Censo Nacional Agropecuario.
Cm:	Centímetro.
CV:	Coeficiente de variación
DB:	Diámetro bicostal.
DDE:	Diámetro dorsoesternal.
DL:	Diámetro longitudinal.
dNTP:	Mezcla de desoxirribonucleótidos (dATP, dCTP, dGTP y dTTP).
EDTA:	Etilen diamino tetra acetic acid (ácido etilendiamino tetraacético).
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
GPS:	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
He:	Heterocigosidad esperada
Ho:	Heterocigosidad observada
ICE:	Índice cefálico
IC:	Índice corporal
INATEC:	Instituto Nacional Tecnológico.
INIDE:	Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

Br. Cindy Martínez Ramírez

INTA:	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
IMT:	Índice metacarpo- torácico
IP:	Índice de proporcionalidad
IPE:	Índice pelviano
ISAG:	Advisory group on animal genetic diversity (Grupo asesor sobre la diversidad genética animal).
IT:	Índice torácico
LK:	Longitud de la cabeza.
LC:	Longitud de la cara.
LG:	Longitud de la grupa.
PAGE:	Polyacrilamide gel electrophoresis (electroforesis en gel de poliacrilamida).
Pb:	Pares de bases.
P:	página
PC:	Perímetro de la caña.
PCR:	Polimerase chain reaction (reacción en cadena de la polimerasa).
PIB:	Producto Interno Bruto
PT:	Perímetro torácico.
PRP:	Profundidad relativa del pecho
r.p.m:	Revoluciones por minuto.
SDS:	Dodecilsulfato sódico.
SSR:	Single sequence repeats (secuencias simples repetitivas).
TBE:	Tris borate EDTA buffer (tampón de electroforesis Tris Borato EDTA).
TE:	Tris-EDTA buffer (tampón Tris-EDTA).

Br. Cindy Martínez Ramírez

μL : Microlitro.

UTM: Universal Transverse Mercator (Sistema de coordenadas universal transversal)

I CAPÍTULO

1.1 INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país eminentemente agropecuario, en el cual el sector pecuario juega un papel relevante para la economía nacional, principalmente en la generación de empleo y alimentación humana. La producción de cerdos en el país descansa fundamentalmente en el subsistema de producción de patio Flores, Paz, Rodríguez y Delmelle (2007), primordialmente representado por pequeños y medianos productores.

El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) está desarrollando proyectos que contribuyen a la identificación, conservación, aprovechamiento y mejoramiento del cerdo nicaragüense, en colaboración institucional con el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua), bajo el Convenio Marco de Colaboración Interinstitucional y con el propósito fundamental de fortalecer los mecanismos de investigación que cumplan con la demanda del mercado y aporten a la preservación del germoplasma criollo, la seguridad alimentaria y nutricional, proceso dentro del cual se realizó la caracterización morfológica y molecular del cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus* L.) proveniente de la Región I de Nicaragua que comprenden los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia.

En el estudio de caracterización morfológica se utilizó la metodología propuesta por Hurtado, González y Brava (2004), Barba, Velázquez, Pérez y Delgado (1998), Arredondo, Muños, Arenas, Pacheco y Álvarez (2011) y Céspedes et al., (2016), a fin de obtener un diagnóstico racial y orientación productiva de los especímenes en estudio. La caracterización, análisis e interpretación de las variables, se realizó a partir de datos colectados por el personal investigador del INTA a través de encuestas; donde se tomaron en consideración un rango de 3 a 36 meses de edad y no gestantes, realizando mediciones individuales. Por otra parte, la caracterización molecular se llevó a cabo mediante la utilización de 13 marcadores moleculares microsatélites tipo SSR recomendados por la FAO/ISAG en estudios de diversidad genética de especies porcinas (FAO, 2004).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cerdos juegan un rol importante en los sistemas de producción del pequeño y mediano productor ya que constituyen una rica fuente de alimentos e ingresos. En la historia, la crianza de cerdo ha sido realizada por los campesinos; adaptándolos para la producción de carne, dado que crecen y maduran con rapidez, además tienen un período de gestación cortos (114 días) con camadas muy numerosas (INATEC, 2018).

El Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) y Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). (2011): describen que para el IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO, en Nicaragua existían un total de 93,581 explotaciones porcinas, y a través de los años estos datos han aumentado a 418,485. Dentro de las cuales, existen diferentes razas y mezclas de razas, sobresaliendo el cerdo criollo, por su bajo rendimiento en términos relacionados a producción y crecimiento, cuando se compara con las razas mejoradas con bajo régimen intensivo y semi-intensivo.

El cerdo criollo ha demostrado a través de los años una gran adaptabilidad a diferentes tipos de ecosistemas, rusticidad y una capacidad transformadora de alimentos de bajo nivel nutricional, de esta especie se conoce muy poco acerca de su diversidad genética, lo que pone en riesgo un patrimonio genético digno de conservar y aprovechar sus capacidades al máximo.

En Nicaragua se han realizado pocos estudios acerca de diversidad genética del cerdo criollo, convirtiéndolo en un recurso genético olvidado y en la actualidad se encuentra sumamente amenazado por el mestizaje con diferentes razas mejoradas. Estos recursos genéticos no se están aprovechando debido a la falta de valoración y la ausencia de programas de conservación; lo que trae como consecuencia la erosión de la diversidad genética en estas poblaciones, generando a su vez a la disminución de capacidades para mantener y mejorar la producción (Martínez *et al.*, 2011).

1.3 JUSTIFICACIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO (2000): la población porcina en Nicaragua se estima en unas 500 mil cabezas, que aportan aproximadamente 35 millones de dólares anuales al Producto Interno Bruto (PIB). El 92% de esa población se explota en condiciones rústicas a nivel de patio. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional Tecnológico (INATEC) 2010, reporta que en la actualidad la producción de carne de cerdo en Nicaragua responde al 65% de la demanda local, mientras que el restante 35 % es completado con importaciones.

El conocimiento científico con respecto a estos animales es bajo; sin embargo, se deben hacer esfuerzos que permitan conservar este valioso recurso genético. Las características de rusticidad y probable resistencia a enfermedades, su diversidad en la alimentación y su poca exigencia en el manejo lo hacen una alternativa en los sistemas de producción sustentable. El manejo efectivo de los recursos genéticos animales requiere conocimiento comprensivo de las características de raza, incluso los datos en el tamaño de la población y estructura, distribución geográfica, el ambiente de la producción, y la diversidad genética dentro y entre razas (FAO, 2012).

Debido a la importancia estratégica del recurso cerdo para las familias rurales y periurbanas en el marco de la soberanía de la seguridad alimentaria y nutricional, surge la necesidad de conocer acerca de la diversidad genética de los cerdos que se encuentran adaptados a Nicaragua, permitiendo la optimización del manejo de estos animales; así mismo contribuir a su mejora y conservación. Por consiguiente, es importante establecer las características morfológicas de los especímenes que brinden las pautas para crear posibles programas de mejoramiento genético dado a su relevancia presentada en la economía de las familias nicaragüenses.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar a nivel morfológico y molecular al cerdo criollo proveniente de la Región I de Nicaragua.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir las poblaciones de cerdos en base a sus características zoométricas, fanerópticas e índices corporales.
- Estimar la correlación existente entre las variables zoométricas de los especímenes en estudio.
- Analizar la diversidad genética de la población de cerdos estudiada utilizando marcadores moleculares microsatélites (SSR).

II CAPÍTULO

2.4 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes

En la actualidad se han realizado diversos estudios a nivel regional, relacionados con la caracterización morfológica del cerdo criollo; de manera que en base los objetivos planteados, se describen a continuación las siguientes publicaciones utilizadas como referencias.

En Cuba, Barba, Velázquez, Pérez y Delgado (1998), en su estudio: “Contribución al estudio racial del cerdo criollo cubano” destacaron que las mayorías de las variables mantienen un coeficiente de variación menor del 15 %, a excepción del perímetro de la caña en machos con un 15.76 %, la anchura de la grupa y perímetro torácico en hembras con 16.21 y 15.77 %, respectivamente.

En Venezuela, Hurtado, Gonzales y Brava (2004), en su investigación: “Estudio morfológico del cerdo criollo del estado Apure, Venezuela” revelaron que la mayoría de las variables mostraron un coeficiente de variación menor al 15 %, a excepción de la longitud de la cara 16.25 % y perímetro de la caña 9.92 %. Esta medida relativa de variación indicó la poca variabilidad encontrada en cada característica de la población muestreada, siendo la alzada a la cruz y la alzada a la grupa las de menor variación, estas medidas relacionadas con la altura del animal.

En Ecuador, Japa (2016), en su estudio: “Caracterización fenotípica del cerdo criollo en los cantones Catamayo, Gonzamaná y Quilanga de la provincia de Loja” describe a los cerdos como animales de capa negra, de mucosa negra, pezuñas negras, con abundante presencia de pelo, de orejas caídas y tejas, con un perfil frontonasal subcóncavo, sin presencia de mamellas.

En Ecuador, Marín (2016), describe al cerdo como: animales dolicocefalos lo que se presume que descienden del tronco ibérico, a través de los índices cefálico y facial utilizados en su estudio “caracterización fenotípica del cerdo criollo”.

Peralta (2016), en su estudio: “Caracterización fenotípica del cerdo criollo en los cantones Peltas, Olmedo y Chaguarpamba de la provincia de Loja” observó que existen

diferentes grados de asociación entre las variables, como la existente entre la longitud del hocico y el diámetro dorso esternal de -0.03307, así como también la correlación entre el peso vivo y el diámetro dorso esternal de 0.93397, valores correspondientes a los más bajos y altos encontrados, respectivamente.

Entre los estudios relacionados con la caracterización morfológica a nivel nacional del cerdo criollo se encuentran:

García (2016), en su investigación: “Caracterización morfológica del cerdo criollo (*sus scrofa domestucus*) en Puerto Príncipe, Nueva Guinea, Nicaragua” describe a los individuos estudiados de cabeza grande, animales con habilidades cárnicas, de cuerpo y tórax longilíneos de pecho profundo y con pelvis y caña grande; de perfil rectilíneo, de capa y mucosa negra, con abundante pelo y no presentaron sindactilia.

Gámez y Zeledón (2017), en su estudio: “Caracterización morfológica del cerdo criollo de Nueva Guinea, RAACS” los describen como cerdos dolicocefalos, longilíneos y convexilíneo, con tronco relativamente profundo e intermedio entre elíptico y cilíndrico, de tórax longilíneo; de mucosa y capa negra y rosada, abundante pelo, perfil rectilíneo y no presentaron mamellas y sindactilia.

A nivel molecular existe escasa información nacional relacionada, por lo cual se presentan a continuación los principales estudios realizados en la región.

Pérez, Martínez, Delgado, Velázquez y Segura (2004), en su investigación: “Estudio preliminar de la diferenciación genética entre dos variedades del cerdo criollo cubano” destacó que el valor promedio de GST para todos los locus es de 0.74 %. Sólo en tres microsatélites (SW632, SW72 y S0068) su valor alcanza entre 1 y 3 %, en el resto no rebasa el 1%. Teniendo en cuenta que el valor de GST superior al 10 % significa que posee un grado de diferenciación, lo obtenido en este estudio demuestra que para estos microsatélites no existe diferenciación entre las dos subpoblaciones. Así como también describió que los valores de F van desde 0.0257 para el locus S0226 hasta 0.0444 para el locus SW857.

Revidatti (2009), en su estudio: “cerdos criollos del nordeste argentino” reportó que todos los locis resultaron ser polimórficos y el número de alelos vario desde 2 para el

microsatélite S0026 hasta 17 para el S0005, obteniendo un promedio de alelos de 9.25. Así mismo describió que la H_e media fue de 0,6820, variando entre valor máximo de 0,889 para el marcador S0005 y el valor mínimo de 0,128 para el S0227 y la H_o media fue de 0,579, presentado el máximo valor el locus SW936 y la mínima el locus S0227.

Montenegro (2012), en su estudio: “Caracterización genética de los cerdos Pampa Rocha de Uruguay” reveló que los microsatélites que resultaron más informativos son: GCA1, SW936, S0068, S0178, S0005, con valores de PIC y heterocigosidad entre 0,75 y 0,85, siendo de esta manera muy útiles para estudios de diversidad genética. En el presente estudio la heterocigosidad media esperada de 0.603 y la observada de 0.583, indicaron un alto grado de variabilidad, considerado de esta manera cuando los valores superan el 0.5

2.1.2 Aspectos generales del cerdo

2.1.2.1 Origen

Los cerdos actuales pertenecen al género: *Sus* que comprende a los cerdos célticos (*S.scrofa*) provenientes del jabalí europeo, los asiáticos (*S.vittatus*) y los cerdos ibéricos (*S. mediterraneus*) de origen africano e introducidos en todas las regiones del sur de Europa Benítez y Sánchez (2001). Estos últimos, fueron introducidos a América en el segundo viaje de Cristóbal Colón, en 1493 Pinheiro, (1976); las conquistas españolas y portuguesas poblaron el resto del continente. Los cerdos ibéricos y los criollos americanos se encuentran históricamente vinculados entre sí, las diferencias morfológicas son producto de más de 500 años de adaptación y de la introducción de otros genotipos.

2.1.2.2 Domesticación

Si bien no existe un consenso unánime al respecto, se estima que la domesticación del cerdo actual inició en Europa entre el año 7,000 y el 3,000 a.C., a pesar que investigadores chinos reivindican el origen del cerdo doméstico actual que habría iniciado en la región sur del país en el año 10,000 a.C. Sin embargo, para (Larson et al., 2005), la domesticación del cerdo se produjo hace 9,000 años en el Cercano Oriente, mientras que Capote (citado por Revidatti, 2009) firma que ocurrió en el año 5,000 a.C., en China, y estaba asociada al funcionamiento de establecimientos permanentes, por lo que no se desplazaba a largas distancias, sino que fue transferido paulatinamente entre asentamientos permanentes próximos.

2.1.2.3 Taxonomía

Tabla 1.

Taxonomía del cerdo

<i>Sus scrofa domesticus</i> L.	
Reino	Animalia
Subreino	Eumatazoa
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrada
Clase	Mamalia
Subclase	Eutheria
Orden	Artiodactyla
Familia	Suidae
Genero	<i>Sus</i>
Especie	<i>S. scrofa</i>
Subespecie	<i>S.s domesticus</i>

Fuente: Estupiñan (2004)

2.1.2.4 Importancia económica

La producción o crianza de cerdo ha venido jugando un papel muy importante en la economía la cual no solo se limita al proceso productivo que se realiza en las fincas, sino también a todas las industrias relacionadas, desde el punto de vista de la transformación y distribución del producto y subproducto (FAO, 2007).

En Nicaragua para el 2011 existían un total de 418,485 cabezas, de las cuales el 90 % eran manejadas de manera empírica, dando a conocer que la principal raza que pre denomina es la criolla, en la explotación porcina de patio. Los productores campesinos prefieren este tipo de cerdo debido a los bajos costo de mantenimiento, a su rusticidad y a su rápida adaptación a las difíciles condiciones ambientales (INIDE, 2011).

2.1.2.5 Razas y líneas de cerdos existentes en Nicaragua

En el país existen diversas razas y líneas porcinas que se caracterizan por su alta producción de carne de calidad y las que se han adaptado a las diferentes condiciones ambientales (INTA, 2014). Entre ellas se encuentran:

- Landrace: Es de capa blanca con piel blanca y rosada, mucosas despigmentadas, cabeza un poco alargada, poco compacta con perfil recto o subcóncavo, excelente proliferas, muy buena aptitud materna y temperamento dócil con alta ganancia de peso por lo que se desarrollan rápidamente.
- Yorkshire: La cabeza es mediana, con un perfil frontonasal, de rápido desarrollo, aprovechan bien el alimento, son buenas productoras de leche y dan muchas crías por parto, presenta baja rusticidad, pero en adecuadas condiciones de explotación se adapta a diferentes ambientes.
- Duroc: Esta raza se caracteriza por ser un animal grande, de capa roja, piel rosada, mucosa despigmentada, cabeza pequeña y ancha de perfil subcóncavo, rústico, temperamento nervioso, poco dócil, las hembras tienen muchas crías por parto, con gran capacidad para ganar peso.
- Hampshire: La capa es de color negro, cabeza pequeña de perfil subcóncavo, son rústicos, pero menos resistente al calor, las hembras tienen camadas numerosas,

Br. Cindy Martínez Ramírez

buenas productoras de leche y de tendencia a producción de carne sin grasa.

- Criolla, curro o mestizo: El cerdo criollo o nativo, es un animal de diferentes colores, de lento crecimiento y baja ganancia de peso, sin embargo, ha bajado su población por la introducción de razas mejoradas. Son muy útiles en los cruces para dar rusticidad y resistencia a las enfermedades.
- Casco de mula: Cerdo de gran tamaño, tiene el casco fusionado similar al de los equinos. Parece que esta característica los hace más resistentes a la fiebre aftosa que las otras razas de cerdos, color variado, generalmente moteado y orejas grandes, ligeramente caídas.
- Línea Topigs: Son fáciles de manejar y resistentes. Producen muchas camadas a lo largo de su vida productiva. Los lechones tienen un buen arranque, lo que se traduce en una elevada ganancia diaria a lo largo de todo su crecimiento. Los cerdos alimentados correctamente son más fuertes y más resistentes, de manera que alcanzan su peso de sacrificio en menos días, incrementándose igualmente la eficiencia en la alimentación (Córdoba, 2013).

2.1.2.6 Características morfológicas y de interés para el rubro

2.1.2.6.1 Características morfológicas

La morfología se ocupa del estudio de la forma, teniendo en cuenta la figura o aspecto exterior de los seres vivos. Su abordaje puede tener un interés específicamente descriptivo. Mientras que la estructura es la distribución y composición de las partes de ese cuerpo, aquello que, en el caso de los animales, les permite mantener su forma particular (Griffin, 1968).

De esta manera, sus análisis contribuyen a explicar las transformaciones y modificaciones que se producen en las estructuras de un organismo en función de su entorno (adaptación); además desde un punto de vista histórico, aporta enfoques que nutren la comprensión de los procesos evolutivos.

2.1.2.6.2 Características de interés para el rubro

Según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria las características más importantes del rubro son:

- **Región de la cabeza:** forma ideal obedece a una pirámide cuadrangular con base en la parte superior; el tamaño de la cabeza en los animales poco mejorados generalmente es más larga y en los animales mejorados más corta y reducida sobre todo a nivel de la cara. En animales jóvenes no hay diferencias marcadas en el tamaño de la cabeza hasta después de los 3 meses de edad, la frente es muy desarrollada puede ser rectilínea y plana o cóncava y redondeada, el hocico de superficie rugosa, circular y, la boca con labios delgados, el superior se continúa con el hocico.
- **Tronco:** forma cilíndrica ligeramente aplastada por los lados, cruz ancha y plana en razas poco mejorada arqueada, dorso largo, ancho y musculoso; en animales poco mejorados presentan escaso músculo, lomo recto y musculoso, la grupa debe ser redondeada debiendo rebasar 2 a 4 cm de la alzada del animal y con mayor desarrollo en los jóvenes, vientre largo, ancho y formando una línea ligeramente horizontal. En las hembras entre 8 a 18 pezones (promedio 10 a 12), uniformemente distribuidos. La espalda debe de ser larga y musculosa, bien unida al tórax y ligeramente oblicua, brazo largo y musculoso paralelamente al plano del cuerpo, antebrazo y rodilla ancho, fuerte y bien dirigido, región de los muslos y nalga musculosos, anchos, largos y de superficie muy convexa por el volumen y solidez de los músculos.
- **Piel:** gruesa y resistente en la parte superior del cuerpo y más fina en la parte inferior. El grosor varía con la edad (viejos más gruesa); más fina en los cerdos de grasa y más gruesa en cerdos magros cárnicos.
- **Pelos:** cortos y fuertes según la raza, capa este nombre se le da al color de la piel y los pelos, blanca (tonalidades desde el blanco mate hasta el blanco amarillento); roja (desde el colorado fuerte hasta el retinto); negra (negro brillante hasta el pizarroso); y las capa manchada o barcina colores característicos de razas mestizas (INTA, 2008).

2.1.3 Rusticidad

Villa (2010), define que la rusticidad en un animal o raza como el conjunto de características heredables que le permiten superar las variaciones aleatorias y adversas del medio ambiente, sin disminuir demasiado su capacidad productiva. Más que por selección artificial, la rusticidad está dada por la selección natural.

El concepto de rusticidad está ligado a producciones extensivas, con poca o ninguna injerencia del hombre, en ambientes con recursos limitados y estacionales (pastos naturales, estaciones secas del año, etc.). Esta adaptación se da a través de regulaciones biológicas y de comportamiento (origen y tipo genético) que llamamos rusticidad (Villa, 2010).

2.1.4 Caracterización molecular

2.1.4.1 Definición

La caracterización genética molecular explora polimorfismos o variaciones del genoma en determinadas moléculas proteicas y en marcadores de ADN para medir la variación genética a nivel poblacional. Debido al bajo nivel de polimorfismo observado en las proteínas, lo cual conduce a una aplicabilidad limitada en los estudios de diversidad, son los marcadores de los polimorfismos a nivel de ADN los escogidos para la caracterización genética molecular (FAO, 2004).

La caracterización se realiza fundamentalmente para explorar la diversidad genética dentro de una población y entre distintas poblaciones animales, así como también para determinar relaciones genéticas entre ellas (FAO, 2004).

2.1.4.2 Marcadores moleculares SSR

Las secuencias de tipo Microsatélites (SSR, Simple Sequence Repeats), muy abundantes en los genomas de eucariotas y algunos procariotas, están constituidas por unidades cortas (motivos básicos) de 1 a 6 pares de bases, que se repiten en tándem un elevado número de veces. Cada secuencia SSR se define por el tipo de unidad repetida (lo más frecuente mono, di, tri o tetra, aunque también penta o hexa-nucleótidos) y por el sitio que ocupan en el genoma (locus). Su frecuencia y tipo de repetición varía en los

genomas de distintas especies. Por ejemplo, se sabe que son muy abundantes en peces, insectos himenópteros y mamíferos, y menos en los genomas de aves, en plantas y en lepidópteros (FAO, 2004).

2.1.4.3 Electroforesis

El principio básico de la electroforesis consiste en la migración de las moléculas a través de un gel u otro tipo de matriz de naturaleza porosa, en el cual, por acción de un campo eléctrico, serán separadas de acuerdo a su tamaño o peso molecular. Para controlar el avance de la separación de las moléculas en la matriz y establecer un patrón de fragmentos, las moléculas deberán ser teñidas con diferentes colorantes. Estos pasos facilitan la visualización de las moléculas a manera de simples bandas las cuales serán posteriormente analizadas e interpretadas (Maldonado, 2013).

2.1.4.4 Gel de agarosa

La electroforesis en gel de agarosa es la más utilizada para analizar y caracterizar ácidos nucleicos de distintas procedencias. Los geles se comportan como un tamiz molecular y permiten separar moléculas cargadas en función de su tamaño y forma. Así, moléculas de ADN de diferente tamaño van a emigrar de forma distinta en una electroforesis en gel de agarosa. Además, si en dicha electroforesis se aplican marcadores de peso molecular, correspondientes a fragmentos de DNA de tamaño conocido, se puede calcular el tamaño aproximado del DNA en estudio (Maldonado, 2013).

La electroforesis en ácido nucleicos es muy versátil, porque permite una observación directa de cada fragmento separado directamente en el gel, ya que, su tinción mediante un compuesto llamado bromuro de etidio hace visible al ADN o ARN (fluoresce) mediante la emisión de luz ultravioleta (Maldonado, 2013).

2.1.4.5 Gel de poliacrilamida

Los geles de poliacrilamida (PAGE, polyacrilamide gel electrophoresis) por sus siglas en ingles es utilizada debido a su buena resolución y gran versatilidad. Además, poseen una serie de ventajas tales como: ser químicamente inertes, estables en un amplio rango de pH, temperatura y fuerza iónica y fácil de generar mediante la

Br. Cindy Martínez Ramírez

polimerización de acrilamida.

En la mayoría de los casos, el gel se dispone entre dos receptáculos independientes y separados que contienen tampón de electroforesis y los electrodos positivo y negativo, de forma que la conexión eléctrica entre ambos receptáculos sólo es posible a través del gel. Una vez que la electroforesis ha tenido lugar, el gel de poliacrilamida se puede teñir, documentar o incluso se puede purificar la molécula de interés cortando literalmente el fragmento del gel (Maldonado, 2013).

2.1.4.6 Reacción en cadena de la polimerasa PCR

Es un método *in vitro* de síntesis de ADN con el que un segmento particular de éste, es amplificado al ser delimitado por un par de cebadores o iniciadores que lo flanquean. Su copiado se logra en forma exponencial a través de repetidos ciclos de diferentes períodos y temperaturas de incubación en presencia de una enzima ADN polimerasa termoestable (Rodríguez y Barrera, 2004).

Así, se obtienen en cuestión de horas millones de copias de la secuencia deseada del ADN. La PCR es una técnica de biología molecular altamente específica, rápida, sensible y versátil para detectar cantidades ínfimas de un cierto ADN específico, posibilitando su fácil identificación y prescindiendo del uso de radioisótopos, indispensables antes de su invención (Rodríguez y Barrera, 2004).

2.1.4.7 Frecuencia alélica

Se define la frecuencia alélica como el cociente resultante de dividir el número de alelos iguales en una población por el número total de alelos. La suma de las distintas frecuencias alélicas p y q tomarán valores comprendidos entre 0 y 1, siendo la suma de ambas frecuencias igual a 1. Si la población se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg, las frecuencias genotípicas pueden expresarse como función de las frecuencias alélicas. Para una frecuencia dada, el error estándar disminuye a medida que aumenta el tamaño de la muestra, pero se acerca a cero asintóticamente a partir de los 30 individuos. Se puede considerar, por tanto, que un tamaño óptimo de muestra sería de 30 a 60 individuos (Martínez, 2011).

2.1.4.8 Heterocigosidad

Una medida de la variación genética es la cantidad de polimorfismos presentes en una población. Un locus se considera polimórfico cuando el alelo más común tiene una frecuencia del 0,95, y por lo tanto el menos frecuente una frecuencia del 0,05. Una mejor valoración de la variación genética es la heterocigosidad de la población medida como la frecuencia media de individuos heterocigotos por locus (Lacadena, 1981).

2.1.4.8.1 Heterocigosidad observada

La heterocigosidad observada se define como la proporción de individuos heterocigotos observada en una muestra poblacional. Si se calcula directamente a partir de los genotipos encontrados en la población para todos los loci se trata de la heterocigosidad media observada. La exactitud del cálculo de la heterocigosidad media depende igualmente del tamaño de la muestra y del número de loci estudiados (Nei y Roychoudhury, 1974).

2.1.4.8.2 Heterocigosidad esperada

La heterocigosidad esperada es equivalente a la heterocigosidad observada cuando las poblaciones se hallan en equilibrio. La heterocigosidad esperada corregida o no sesgada se calcula para cada combinación locus/población mediante la siguiente ecuación (Nei y Roychoudhury, 1974).

2.1.4.9 Índice de Fijación

Se define como FIT, índice de fijación de los individuos respecto al total de la población, o desviación de las frecuencias genotípicas observadas en la población total respecto a las esperadas considerando que existe equilibrio Hardy-Weinberg. FIS, índice de fijación de los individuos respecto a las subpoblaciones o desviación de las frecuencias genotípicas observadas en las subpoblaciones respecto a las esperadas considerando el equilibrio Hardy-Weinberg. FST indica del grado de diferenciación genética entre las subpoblaciones. Con los estadísticos-F se puede conocer la estructura poblacional tanto en situaciones en las que existan selección como en las que no la haya, ya que los términos se encuentran definidos por las frecuencias alélicas y genotípicas de la población en un momento concreto (Nei, 1977).

Br. Cindy Martínez Ramírez

HIPÓTESIS

H_a : Los cerdos provenientes de la región I presentan aptitud cárnica y reproductiva, así como también diversidad genética

H_o : Los cerdos provenientes de la región I no presentan aptitud cárnica y reproductiva, así como también diversidad genética

III CAPÍTULO

- **DISEÑO METODOLÓGICO**

3.1.1 Área de estudio

El área de estudio fue en la región I de Nicaragua que comprenden los departamentos de Madriz, Estelí y Nueva Segovia ubicados geográficamente a 13° 40' de latitud norte y 86° 45' de longitud oeste, 13° 25' de latitud norte y 86° 45' de longitud oeste y 13° 10' de latitud norte y los 86° 03' de longitud oeste, respectivamente (Figura 1). El clima de la Región es templado con un promedio de temperatura anual de 28.5 grados, la altura metros sobre el nivel del mar oscilan entre 850 a 1,900 (INIDE, 2016).

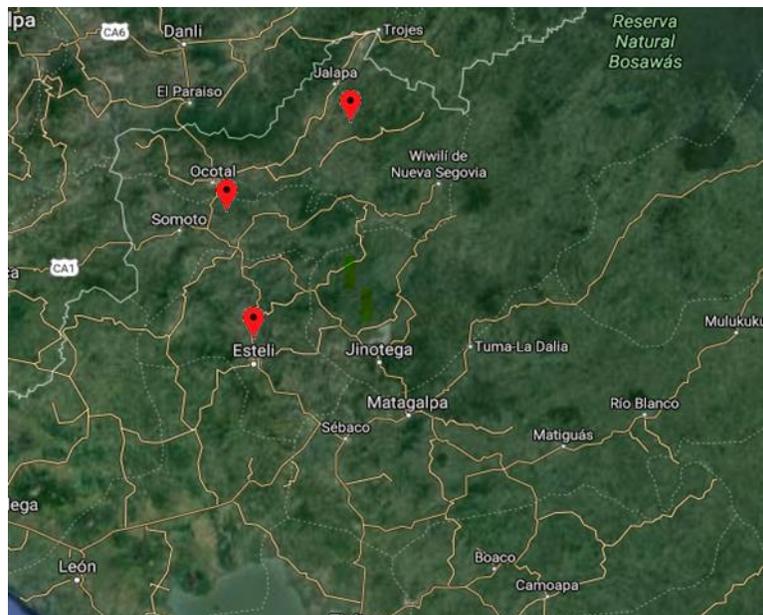


Figura 1. Ubicación geográfica de los departamentos que comprenden la región I de Nicaragua, donde se realizó la colecta de las muestras.

3.1.2 Tipo de estudio

Según a la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), el presente estudio se clasifica como descriptivo, de acuerdo al alcance de la investigación y correlacional debido a la medición de una o más variables y a su vez, la asociación entre las mismas.

3.1.3 Población y muestra

3.1.3.1 Población

La población en la que se desarrolla esta investigación está formada por todos los cerdos provenientes de las 39 fincas productoras colaboradoras del INTA, que poseen un mínimo de 8 cerdos, los cuales están ubicadas en los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia.

3.1.3.2 Muestra

Las muestras fueron colectas por medio de un muestreo dirigido, de cada cerdo seleccionado se tomaron las medidas zoométricas y feneróptica de las variables correspondientes, posteriormente a cada cerdo muestreado se tomó una cantidad aproximada de 30 pelos con folículo piloso para el análisis molecular.

Las muestras corresponden a 78 cerdos equivalente a 2 especímenes de cada una de las fincas establecidas en la población.

3.1.4 Criterio de inclusión

- Cerdos mayores de 3 meses de edad
- No gestantes
- Cerdos sanos

3.1.5 Definición y operacionalización de variables

Tabla 2.

Definición y operacionalización de variables

Objetivos específicos	Variable	Indicadores	Clasificación de la variable	Tipo de variable
Describir las poblaciones de cerdos en base a sus características zoométricas, fanerópticas e índices corporales	Características morfológicas	Caracterización zoométrica: Longitud de cabeza, longitud de cara, anchura de la cabeza, alzada de la cruz, alzada de la grupa, anchura de la grupa, longitud de la grupa, diámetro longitudinal, diámetro dorso esternal, diámetro bicostal, perímetro torácico, perímetro de la caña	Cuantitativa	Independiente
		Características fanerópticas: Perfil frontonasal, presencia o ausencia de pelo, presencia o ausencia de mameas, color de piel y capa	Cualitativa	Independiente
		Índices corporales: Índice Cefálico, índice de proporcionalidad, índice corporal, profundidad relativa del pecho, índice torácico, índice pelviano, índice metacarpo-torácico	Cuantitativa	Dependiente
Estimar la relación existente entre las variables zoométricas de los especímenes en estudio mediante el coeficiente de correlación	coeficiente de correlación de	Longitud de cabeza, longitud de cara, anchura de la cabeza, alzada de la cruz, alzada de la grupa, anchura de la grupa, longitud de la grupa, diámetro longitudinal, diámetro dorso esternal, diámetro bicostal, perímetro torácico, perímetro de la caña	Cuantitativa	Dependiente

Br. Cindy Martínez Ramírez

Objetivos específicos	Variable	Indicadores	Clasificación de la variable	Tipo de variable
<p>Analizar la diversidad genética de la población de cerdos estudiada utilizando marcadores moleculares microsatélites (SSR, por sus siglas en inglés).</p>	<p>Diversidad genética</p>	<p>Frecuencias alélicas, heterocigosidad esperada, heterocigosidad observada</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>independiente</p>

3.1.6 Material y métodos

3.1.6.1 Material, instrumento y equipo

Para la colecta de la muestra se utilizaron formatos diseñados por el personal del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (anexo 2). El análisis molecular se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología. Los reactivos y material utilizados se detallan en la tabla 3.

Tabla 3.

Material, instrumento y equipos

Clasificación	Descripción
Reactivos	Los reactivos que se emplearon en el análisis son: proteinasa K, EDTA, tris HCl, SDS, acetato de sodio, cloruro de sodio (NaCl), etanol, cloro, TE, TBE, fenol cloroformo isoamílico, agarosa regular, agarosa Low EEO, marcador de peso molecular, buffer de carga, bromuro de etidio, primers, Go taq, RNasa, agua libre de nucleasas, agua destilada, acrilamida, acetona, formaldehído, nitrito de plata, hidróxido, ácido acético, carbonato de sodio, tiosulfato de sodio, UREA, APS, y TEMED.
Cristalería	Los materiales de cristalería que se utilizaron para los análisis fueron: Beakers, probetas, pipetas serológicas, magnetos, Erlenmeyer, botellas ámbar, balones volumétricos, platos Petri y varillas de vidrio.
Materiales	Los materiales que se emplearon en los análisis son: termo, bandeja, marcadores, papel aluminio, guantes, papel toalla, pinzas, tijeras, tubos Falcon®, tubos eppendorf, micro-tubos eppendorf, espátula, gradillas y puntas para micropipetas.

Clasificación	Descripción
Equipos e instrumentos de laboratorio	Los equipos e instrumentos que se utilizó son: autoclave, horno microondas, horno de convección, medidor de pH, micropipetas, cámara de electroforesis horizontal, cámara de electroforesis vertical, fuente de poder, Termociclador, transiluminador de luz ultra violeta, transiluminador de luz blanca, vórtex, campana extractora de gases, plato caliente, balanza analítica, baño María.

3.1.6.2 Métodos a utilizar

3.1.6.2.1 Descripción de las variables zoométricas, fanerópticas e índices zoométricos en especímenes de cerdo criollo

3.1.6.2.1.1 Variables zoométricas

Se realizó la caracterización de las variables zoométricas según la metodología propuesta por Hurtado (2004), Barba et al (1998), Martínez et al (2016), Arredondo (2011) y Céspedes et al (2016), con el propósito de obtener un diagnóstico racial y orientación productiva de los especímenes en estudio.

La caracterización se realizó a partir de datos colectados por el personal investigador del INTA utilizando boletas de colecta (anexo 2). De manera que, las variables evaluadas se tomaron en cuenta en base a las edades de hembras y machos en un rango entre los 3 a 36 meses, realizando mediciones de forma individuales.

Las variables se detallan a continuación:

Longitud de la cabeza (LK): desde la protuberancia occipital externa o nuca hasta la punta del hocico. Es una medida zoométrica de carácter etnológico que permite la identificación racial de las especies domésticas, con esto se puede determinar si los individuos presentan cabeza pequeña, mediana o grande (Sañudo, 2009).

Longitud de la cara (LC): medida tomada desde la sutura fronto nasal hasta la punta del hocico.

Br. Cindy Martínez Ramírez

Anchura de la cabeza (AK): medida tomada entre ambas apófisis cigomáticas del temporal.

Diámetro longitudinal (DL): desde la región del encuentro hasta la punta de la nalga. Expresa Montenegro (2012), es otras de las medidas importantes para la identificación racial y, Sañudo (2009), opina que esta medida indica la longitud del animal, que su relación con la alzada de la cruz da lugar al índice de proporcionalidad con el que podemos determinar la aptitud productiva de los individuos.

Diámetro dorso esternal (DDE): medida tomada entre el punto más declive de la cruz hasta el esternón. Esta variable da una idea de la profundidad del pecho y de la capacidad respiratoria.

Diámetro bicostal (DB): medida tomada desde el plano costal al otro a la altura de los codos. Esta característica está relacionada a la capacidad pulmonar del animal.

Longitud de la grupa (LG): medida tomada desde la tuberosidad iliaca o punta del anca hasta la punta de la nalga. Esto, es conveniente para las hembras, ya que facilita la labor del parto, puesto que el recorrido que haría el cerdito al nacer es más corto y para los machos la grupa más larga y alta, le facilita la monta.

Anchura de la grupa (ANG): entre ambas tuberosidades ilíacas externas o punta del anca. Resulta ser importante desde el punto de vista reproductivo, pues en ella se forma el canal del parto en las hembras.

Alzada de la grupa (AG): desde el suelo hasta la tuberosidad ilíaca externa. Es una medida de gran importancia asociada a la alzada de cruz, según refiere Sañudo (2009), cuando ambas presentan iguales medidas, reflejan una línea dorso lumbar recta, lo que favorece una mejor inserción de los ligamentos y permite un mayor desarrollo muscular, en cambio si la alzada de la grupa es mayor a la alzada de la cruz, nos encontramos ante línea dorso-lumbar descendente hacia la grupa, propio de animales ambientales, con escasa selección.

Alzada de la cruz (AC): medida tomada desde el suelo hasta el punto más culminante de la cruz. Adquiere una gran relevancia porque determina el tamaño y la altura del animal, según expresa Sañudo (2009).

Br. Cindy Martínez Ramírez

Perímetro torácico (PT): tomada desde la parte más declive de la base de la cruz pasando por la base ventral del esternón, volviendo a la base de la cruz formando un círculo alrededor de los planos costales. Es una medida poco influenciada por el ambiente, los machos son de mayor talla que las hembras, debido a que en la crianza de traspatio les toca competir por alimento y por aparearse, por lo que una caja torácica más grande les da ventaja.

Perímetro de la caña (PC): rodeando el tercio medio del metacarpiano. Esta medida tiene un valor diferenciador para los animales domésticos de interés zootécnico, entre las razas de animales con aptitud cárnica (Sañudo, 2009).

3.1.6.2.1.2 Variables faneróptica

Este tipo de variable son de carácter cualitativo.

Perfil frontonasal: rectilíneo, cóncavo, ultra-cóncavo y sub-concavilíneo.

Presencia o ausencia de pelo: se determina de forma visual identificándolo como: abundante o escaso.

Color de piel y la capa: se determina de forma visual identificándolas como: blanca, negro, amarillos o pintos.

Color de la Mucosa: se determina de forma visual identificándolas como: blanca, negro, amarillos o pintos.

Presencia o ausencia de mamellas: se determina de forma visual.

3.1.6.2.1.3 Índices zoométricos

La determinación de los índices zoométricos se realizó para comparar especímenes de distintas razas según las características externas de su morfología y clasificarlos según su productividad (Real, Suarez y Gavella, 2001).

Índice cefálico (ICE): expresado como el cociente entre la anchura de la cabeza por cien y la longitud de la cabeza ($AK \times 100 / LC$). Este índice permite clasificarlos en dolico, bronqui y mesocéfalo (Sañudo, 2009).

Índice de proporcionalidad (IP): expresado como el cociente entre la alzada a la cruz por cien y el diámetro longitudinal ($AC \times 100 / DL$). La interpretación de este índice resulta sin duda más intuitiva que el tradicional índice corporal o torácico, ya que señala que a menor valor el animal se aproxima más a un rectángulo, forma predominante en los animales de aptitud cárnica (Sañudo, 2009).

Índice corporal (IC): expresado como el cociente entre el diámetro longitudinal por cien y el perímetro torácico ($DL \times 100 / PT$). Permite clasificar a los animales, de acuerdo con la sistemática baroniana que nos dice que un animal de cuerpo corto posee valores (≤ 85), entre 86 y 88 se clasifica como un animal con cuerpo medio o intermedio y los especímenes que poseen valores (≥ 90), se clasifican como longilíneos o de cuerpo alargado (Sañudo, 2009)

Profundidad relativa del pecho (PRP): expresada como el cociente entre el diámetro dorso esternal por cien y la alzada a la cruz ($DDE \times 100 / AC$). De acuerdo a Sañudo (2009), es mejor cuando se exceda a 50, debido a que los animales tendrán un tronco más largo.

Índice torácico (IT): expresado como el cociente entre el diámetro bicostal por cien y el diámetro dorso esternal ($DB \times 100 / DDE$). Refleja las variaciones en la forma de la sección torácica, siendo mayor (más circular) en el ganado de carne y menor (más elíptico) en el ganado lechero. Se la clasificación para las razas son mediolíneas cuando obtienen valores entre 86 y 88, situándose el brevilíneo en 89 o más y el longilíneo en 85 o menos (Sañudo, 2009).

Índice pelviano (IPE): expresado como el cociente entre la anchura de la grupa por cien y la longitud de la grupa ($ANG \times 100 / LG$). Indica la relación entre anchura y longitud de pelvis, lo que refleja una pelvis proporcionalmente más ancha que larga o al revés, es de interés reproductivo, por indicar el tamaño del canal del parto, el cual puede darnos una idea de la velocidad de paso del cerdito al nacimiento (Sañudo, 2009).

Índice metacarpo- torácico (IMT): expresado como el cociente entre el perímetro del a caña por cien y el perímetro torácico ($PC \times 100 / PT$). Proporciona igualmente una idea del grado de finura del esqueleto, siendo su valor mayor en los animales carniceros

que en los lecheros. No debe deducirse de ello que sea siempre deseable un aumento del volumen de las extremidades, un “exceso de hueso”, puesto que debe considerarse también la calidad y forma de los huesos, así como de las articulaciones y tendones (Sañudo, 2009).

3.1.6.2.2 Correlación del coeficiente de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson es una prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas. Si la asociación entre los elementos no es lineal, entonces el coeficiente no se encuentra presentado adecuadamente; puede tomar un rango de valores de +1 a -1. Un valor de 0 indica que no hay asociación entre las dos variables. Un valor mayor que 0 indica una asociación positiva. Es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, también lo hace el valor de la otra. Un valor menor que 0 indica una asociación negativa; es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, el valor de la otra disminuye (Hernández et al. 2018).

Tabla 4.

Escala de interpretación para el coeficiente de correlación de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0.9 a -0.99	Correlación negativa muy alta
-0.7 a -0.89	Correlación negativa alta
-0.4 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.2 a -0.39	Correlación negativa baja
-0.01 a -0.19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.2 a 0.39	Correlación positiva baja
0.4 a 0.69	Correlación positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlación positiva alta
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Hernández et al., 2018

Br. Cindy Martínez Ramírez

Para decidir si existe una correlación positiva, correlación negativa o no existe correlación entre las variables x e y se compara el p valor con el nivel de significancia, la hipótesis es:

Hipótesis estadística: $= \rho=0$

$= \rho \neq 0$

Hipótesis no estadística: = No existe correlación entre x e y

= Existe correlación entre x e y

Si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

3.1.6.2.3 Caracterización de la diversidad genética del cerdo criollo a través de marcadores moleculares microsatélites (SSR)

La diversidad genética se caracterizó a partir de la utilización de marcadores microsatélites, con el propósito de conocer las poblaciones de cerdos criollos existentes en diferentes fincas de la región I de Nicaragua.

3.1.6.2.3.1 Obtención de muestras

A partir de 78 especímenes de cerdos criollos, se tomaron entre 20-30 muestras de pelo conteniendo folículo piloso, según Martínez, Rodero y Vega (2000), este tipo de muestra es de fácil obtención, transporte y conservación.

Las muestras colectadas, preservadas y debidamente codificadas, fueron transportadas al Laboratorio de Biotecnología, para su posterior almacenamiento a -20°C .

3.1.6.2.3.2 Obtención de ADN genómico

El ADN genómico se obtuvo mediante el método de extracción de descrito Sambrook y Russell (2001), modificado por Pardo, Maya y Alvarino (2015), con modificaciones adicionales realizadas en el laboratorio (anexo 3). Posteriormente las muestras se amplificaron mediante la técnica de PCR, utilizando 13 marcadores moleculares microsatélites recomendados por la FAO/ISAG en estudios de diversidad genética de especies porcinas (FAO, 2004).

3.1.6.2.3.3 Obtención de amplicones

La técnica de PCR se utilizó para amplificar los fragmentos específicos del ADN genómico (anexo 4), para esto se llevó acabo el método expuesto por Pardo et al., (2015) en la tabla 5 y 6 podemos observar la concentración del master mix y el perfil térmico utilizado para la amplificación de las muestras. Los resultados originados del PCR o amplicones, se visualizaron en gel de agarosa Low EEO 1.8% (anexo 5).

Posteriormente se realizó gel de poliacrilamida 6 % (anexo 6) para cuantificar el tamaño de los fragmentos amplificados.

En el anexo 7, se observa el listado de marcadores que se utilizaron para la amplificación del ADN genómico obtenido. La secuencia, temperatura de alineamiento y el rango alélico.

Tabla 5.

Concentración del master mix para PCR

Master mix		
dNTPs 100 uM	10.0	uL
Buffer 10X	2.5	uL
MgCl ₂ 25mM	1.0	uL
Primers 10pmol	3.0	uL
Taq 1U/uL	0.3	uL
ADN 50 mg/uL	4.0	uL
ddH ₂ O	4.2	uL
Total volumen	25.0	uL

Fuente: Pardo, 2015

Tabla 6.

Perfil térmico del PCR

Perfil térmico	
Desnaturalización	95°C/5 min
35 ciclos	94°C/30 seg
	AT°C/30 seg
	72°C/50 seg
Elongación	72°C/5 min
Almacenamiento	4°C ->

Fuente: Pardo, 2015

3.1 Plan de tabulación y análisis

Para la elaboración de este documento se realizó revisión bibliográfica consultando libros de texto, informes técnicos, revistas científicas, artículos científicos, monografías, tesis de grado, maestría y doctorado, sitios web y videos todos enfocados a la caracterización morfológica y molecular del cerdo criollo. Se realizó una matriz bibliográfica con fin de evaluar y seleccionar la que presentó mayor relación con el presente estudio.

Las herramientas que se utilizaron para el proceso de la información fueron: Microsoft Office Word 2016: utilizado para el procesamiento de textos y edición del documento, Microsoft Office Excel 2016: utilizado para el procesamiento de datos, curvas de calibración y elaboración de gráfico, Arlequin suite ver 3.5.2.2. software de análisis genéticos de poblaciones utilizado para el análisis bioinformático de la caracterización molecular donde se determinó números de alelos, equilibrio de Hardy-Weinberg, índice de F y heterocigosidad esperada y observada, y SPSS Statistics versión 25.0. software utilizado para el análisis de la estadística descriptiva de los datos.

IV CAPÍTULO

4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las poblaciones estudiadas de cerdos criollos de la Región I de Nicaragua presentaron 62.82 % de especímenes hembras y 37.18 % de especímenes machos. Se debe mencionar que los cerdos de raza muy pequeña incluidos, corresponden únicamente a hembras. Es importante señalar que, para esta investigación los especímenes se clasificaron por razas para mejorar la descripción de los mismos. Los especímenes seleccionados de acuerdo a los parámetros previamente establecidos correspondieron a las siguientes razas: indio (53.33%), pelón (9.33%), muy pequeño (4%) y casco de mula (33.34%).

4.1.1 Descripción de las poblaciones de cerdos provenientes de la Región I en base a sus características zoométricas, fanerópticas e índices corporales.

La población de cerdo indio estudiada, presentó edad promedio de 10.28 meses, los cerdos pelones de 6.57 meses, los cerdos muy pequeños presentaron edad de 9.25 meses y los cerdos casco de mula presentaron edad de 7.90 meses (tabla 7). Como se aprecia existe una gran disparidad entre edades de los cerdos; consideradas durante el análisis de las variables zoométricas debido a que son directamente afectadas por el crecimiento de los especímenes.

Tabla 7.

Edad en meses de los cerdos provenientes de la región I

Razas de cerdos	Mínimo	Máximo	Promedio
Cerdos indios	6	36	10.28
Cerdos pelón	6	9	6.57
Cerdos muy pequeños	6.5	12	9.25
Cerdos casco de mula	3	24	7.90
Promedio			8.50

Br. Cindy Martínez Ramírez

Resultados similares a los previamente establecidos fueron señalados por Lorenzo (2012), quién reportó un promedio de 8.5 meses de edad para los cerdos criollos provenientes de la región Cho'rti' del departamento de Chiquimula, Guatemala. Cabe mencionar que los cerdos en Nicaragua Gámez (2017) reportó edad promedio de 11.88 meses para los cerdos criollos provenientes de Nueva Guinea, Nicaragua.

4.1.1.1 Variables zoométricas

Longitud de la cabeza (LK): Los cerdos indios presentaron longitud de 27.00 ± 5.8 cm con CV de 21.65 % para hembras y 27.00 ± 4.21 cm con CV de 15.59 % para machos, el cerdo pelón exhibió valores de 26.00 ± 1.00 cm de longitud con CV de 3.85 % para hembras y 23.00 ± 2.45 cm de longitud con CV de 10.65 % para machos, el cerdo muy pequeño presentó 20.00 ± 2.08 cm de longitud con CV de 10.41 % para hembras, el cerdo casco de mula presentó valores de 28.00 ± 5.23 cm de longitud con CV de 18.68 % en hembras y 26.50 ± 3.33 cm de longitud con CV de 12.56 % en machos (anexo 8). La LK será utilizada para determinar el índice cefálico de los cerdos estudiados.

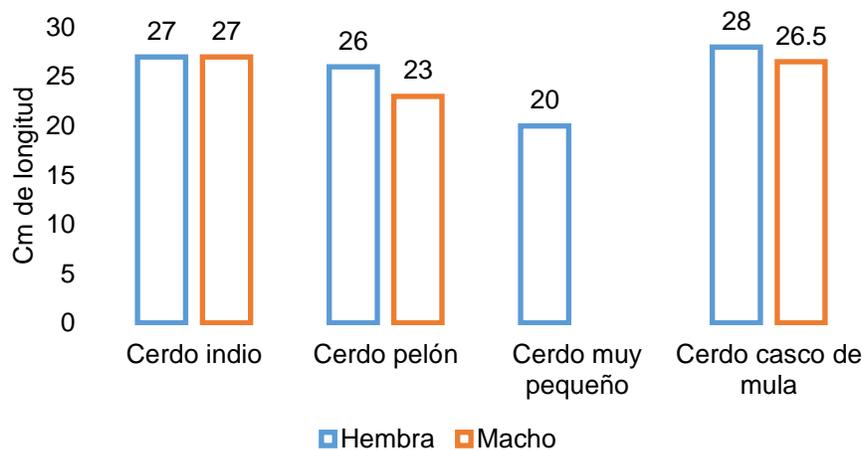


Figura 2. Longitud de cabeza de los cerdos provenientes de la región I

La LK de las hembras en los cerdos indios, pelón y muy pequeño son inferiores a los reportados por García (2016) en su estudio realizado en Puerto Príncipe, Nicaragua (27.91 ± 3.59 cm de longitud con CV de 12.86 % en hembras), el cerdo muy pequeño del estudio de Lorenzo (2012) en Guatemala presentó valores inferiores (25.00 ± 4.70 cm de longitud con CV de 19.16 % para hembra). El cerdo casco de mula es la única raza

Br. Cindy Martínez Ramírez

evaluada que reporta una LK mayor al valor referenciado por García (2016), de igual manera las razas de cerdo indio, pelón y casco de mula son superior a las reportadas por Lorenzo (2012). Así mismo, la LK de los machos en las razas indio, pelón y casco de mula son inferiores a los cerdos del estudio realizado por García (2016) en Puerto Príncipe, Nicaragua (27.47 ± 3.48 cm de longitud con CV de 12.65 % en machos) y el cerdo pelón reportado en el estudio de Lorenzo (2012), en Guatemala, (25 ± 4.0 cm de longitud con CV de 16.29 % para machos), sin embargo, los cerdos indios y casco de mula son superiores.

Longitud de la cara (LC): los cerdos indios presentaron valores para hembras de 21.00 ± 5.84 cm de longitud con CV de 27.83 % y 22.00 ± 3.35 cm de longitud con CV de 15.23 % para machos, los cerdos pelones exhibieron valores de 19.00 ± 1.73 cm de longitud con CV de 9.12 % en hembras y 17.00 ± 2.00 cm de longitud con CV de 11.76 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron valores de 14.00 ± 1.53 cm de longitud con CV de 10.91% para hembras y los cerdos casco de mula 18.00 ± 3.64 cm de longitud con CV de 20.22 % para hembras y 17.00 ± 2.00 cm de longitud con CV de 11.76 % para machos (anexo 8).

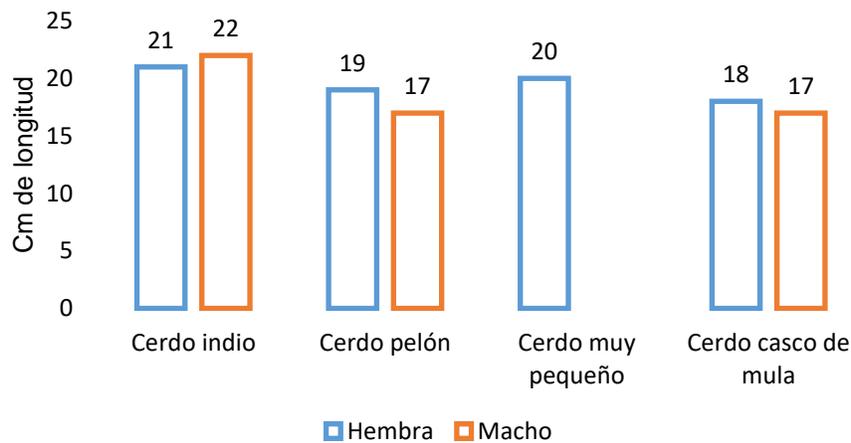


Figura 3. Longitud de la cara de los cerdos provenientes de la región I

La LC de las hembras en los cerdos indios y pelón son superiores a las reportadas por Gámez (2017) en su estudio realizado en Nueva Guinea, Nicaragua (18.40 ± 2.89 cm de longitud con CV de 15.70 % en hembras), sin embargo, los cerdos muy pequeños y casco de mula son inferior a los reportados por Gámez (2017). La LC en machos de los

cerdos pelón y casco de mula son inferiores a los cerdos el estudio realizado por Gámez (2017) en Nueva Guinea, Nicaragua (18.75 ± 2.85 cm de longitud con CV de 15.21 % en machos). El cerdo indio fue la única raza evaluada en el estudio que presento valores superiores.

Anchura de la cabeza (AK): los valores presentados por los cerdos indios fueron 12.00 ± 2.71 cm de longitud con CV de 22.62 % en hembras y 11.00 ± 1.54 cm longitud con CV de 14.03 % en machos, los cerdos pelones exhibieron 12.00 ± 0.58 cm de longitud con CV de 4.81 % en hembras y 11.00 ± 1.83 cm de longitud con CV de 16.60 % para machos, los cerdos muy pequeños presentaron valores 14.00 ± 1.53 cm de longitud con CV de 10.91 % para hembras y los cerdos casco de mula 12.00 ± 2.60 cm de longitud con CV de 21.63 % en hembras y 12.50 ± 1.49 cm de longitud con CV de 11.90 % en machos (anexo 8). Estos valores ayudarán a clasificar al cerdo por medio del índice cefálico

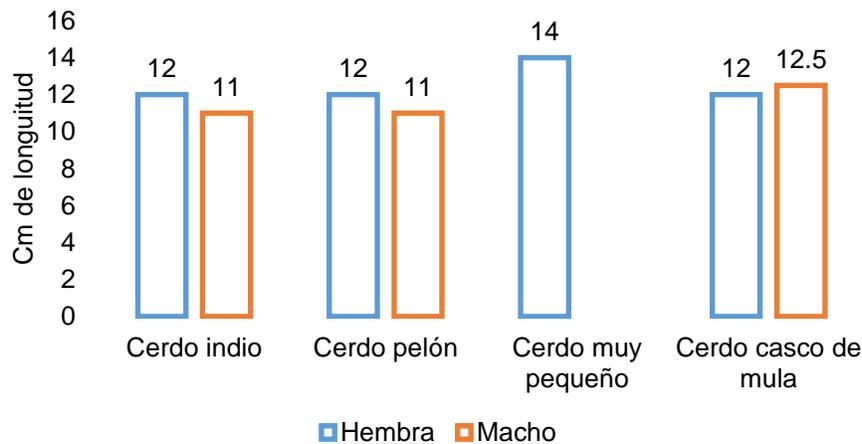


Figura 4. Anchura de la cabeza de los cerdos provenientes de la región I

La AK de las hembras de todas las razas evaluadas fueron superiores a los valores reportados por García (2016) en su estudio realizado en Puerto Príncipe, Nicaragua (11.84 ± 1.41 cm con CV de 11.92 %) y al estudio de Gámez (2017) en Nueva Guinea, Nicaragua (11.54 ± 1.58 con CV de 13.70). Sin embargo, la AK en los machos incluidos en el presente estudio fueron inferiores en los cerdos indios y pelón en relación a los descrito por García (2016) que reportó 11 ± 2.02 cm con CV de 15.75 % para machos, y al estudio de Gámez (2017) que presentó 11.97 ± 2.13 con CV de 17.80 % para machos.

Br. Cindy Martínez Ramírez

El cerdo casco de mula fue el único que presentó valores superiores a los encontrados por García (2016) y Gámez (2017).

Alzada de la cruz (AC): adquiere una gran relevancia porque determina la altura del animal, según expresa Sañudo (2009). Los cerdos indios presentaron 59.00 ± 15.05 cm de longitud con CV de 25.51 % para hembras y 58.00 ± 11.52 cm de longitud con CV de 19.86 % para machos, los cerdos pelones exhibieron valores de 66.00 ± 7.02 cm de longitud con CV de 10.64 % en hembras y 57.00 ± 9.54 cm de longitud con CV de 16.73 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron valores de 64.00 ± 9.45 cm de longitud con CV de 14.77 % en hembras y los cerdos casco de mula exhibieron 62.00 ± 9.95 cm de longitud con CV de 16.04% en hembras y 62.50 ± 7.91 cm de longitud con CV de 12.65 % en machos (anexo 8). Los resultados presentados en estas variables permitirán determinar la forma del cuerpo por medio del índice de proporcionalidad y la profundidad del tronco.

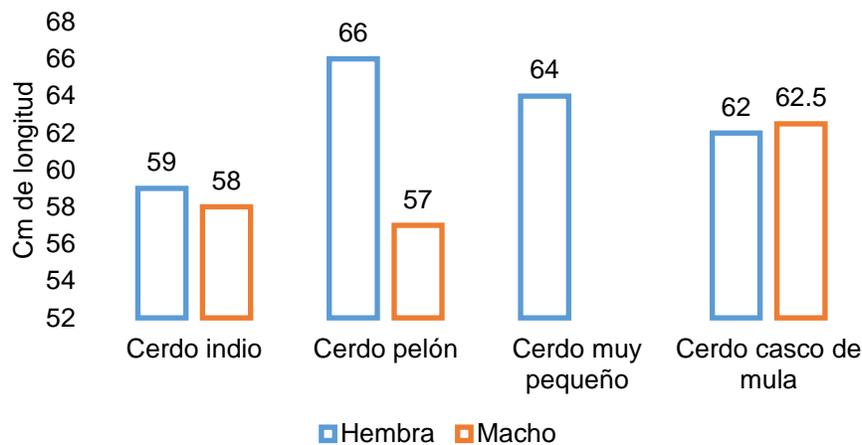


Figura 5. Alzada de la cruz de los cerdos provenientes de la región I

La AC de las hembras de las razas pelón, muy pequeño y casco de mula superan los valores reportados por Gámez (2017), en su estudio realizado en Nueva Guinea, Nicaragua (AC de 60.58 ± 10.31 cm de longitud con CV de 17.01 %) y al estudio de Revidatti (2009) del nordeste argentino (58.84 ± 8.27 con CV de 14.06 %). El cerdo indio es la única raza evaluada en el presente estudio que reporta una AC menor al valor referenciado por Gámez (2017) aunque supera a los cerdos del nordeste argentino

(Revidatti, 2009). Por el contrario, la AC de los machos de las razas evaluadas fueron inferiores a lo establecido por Gámez (2017) (63.53 ± 11.07 cm de longitud con CV de 17.42 %), así mismo el cerdo indio y pelón fueron inferiores a los descrito por Revidatti (2009) que reporta 58.84 ± 8.27 con CV de 14.06 %, siendo el cerdo casco de mula el único con valores superiores a dicha referencia.

Alzada de la grupa (AG): es una medida de gran importancia asociada a la alzada de cruz, según refiere Sañudo (2009). Los cerdos indios 65.00 ± 14.00 cm de longitud con CV de 21.55 % en hembras y 65.00 ± 12.44 cm de longitud con CV de 19.15 % en machos, los cerdos pelones exhibieron 68.00 ± 7.02 cm de longitud con CV de 10.33 % en hembras y 56.00 ± 11.18 cm de longitud con CV de 19.96 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron valores de 67.00 ± 15.00 cm de longitud con CV de 22.39 % para hembras y los cerdos casco de mula presentaron 67.00 ± 10.14 cm longitud con CV de 15.14 % en hembras y 65.50 ± 9.07 cm de longitud con CV de 13.84 % en machos (anexo 8). Esta variable es fundamental para la determinación del índice pelviano, el cual es de mucha relevancia para las hembras a nivel de reproducción debido a que favorece el parto.

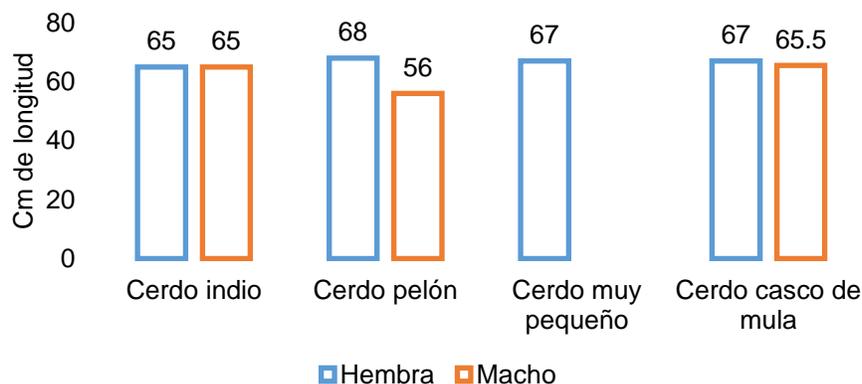


Figura 6. Alzada de la grupa de los cerdos provenientes de la región I

La AG en las hembras de las razas estudiadas son superiores a lo establecido por Gámez (2017) en su investigación en Puerto Príncipe, Nicaragua (62.05 ± 9.36 cm de longitud con CV de 15.08 %) y a las hembras del estudio realizado por Revidatti (2009) en los cerdos criollos del nordeste argentino (64.44 ± 8.31 con CV de 12.90 %). Por el contrario, la AG de los machos de las razas analizadas son inferiores a lo descrito por Br. Cindy Martínez Ramírez

Gómez (2017) que reportó 65.69 ± 11.10 cm de longitud con CV de 16.89 %. Los cerdos machos del nordeste argentino evaluados por Revidatti (2009) con resultados de 64.44 ± 8.31 con CV de 12.90 %, presentaron una AG inferior a las razas incluidas en el presente estudio, exceptuando el cerdo pelón que presentó una AG inferior.

Diámetro longitudinal (DL): los valores descrito para esta variable en los cerdos indios fueron 98.00 ± 27.15 cm de longitud con CV de 27.70 % en hembras y 91.00 ± 29.42 cm de longitud con CV de 32.33 % en machos, los cerdos pelones exhibieron valores de 95.00 ± 14.73 cm de longitud con CV de 15.51 % en hembras y 84.00 ± 13.89 cm de longitud con CV de 16.54% en machos, los cerdos muy pequeños presentaron valores para esta variable de 109.00 ± 9.45 cm de longitud con CV de 8.67 % en hembras y los cerdos casco de mula 94.00 ± 21.51 cm de longitud con CV de 22.88 % para hembras y 99.00 ± 21.30 cm de longitud con CV de 21.51 % para machos (anexo 8). Este resultado permitirá determinar la capacidad respiratoria del animal a través del índice de proporcionalidad e índice corporal.

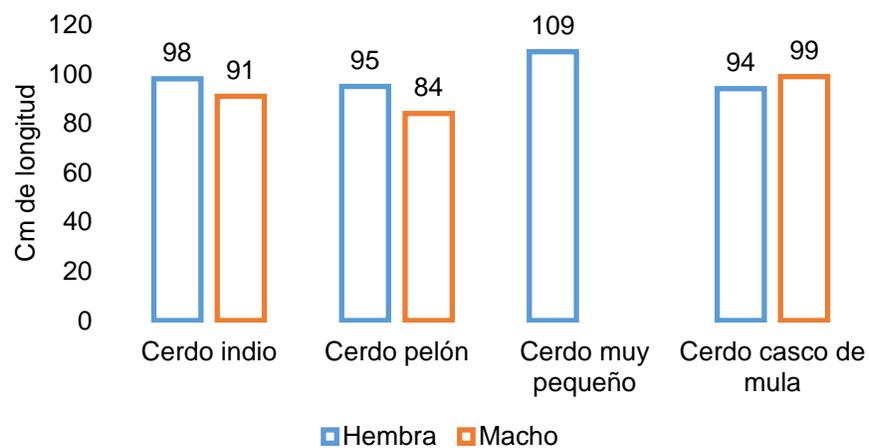


Figura 7. Diámetro longitudinal de los cerdos provenientes de la región I

El DL de las hembras en la raza casco de mula es la única inferior a lo reportado por Gómez (2017), en su estudio en Nueva Guinea, Nicaragua (94.39 ± 20.24 cm longitud con CV de 18.34 %). La DL en los machos de la raza casco de mula es el único superior a lo reportado por dicho autor, con valores de 95.70 ± 19.12 cm de longitud con CV de 17.12 %. Por otro lado, las razas incluidas en nuestro estudio son inferiores a lo descrito

por García (2016) en cerdos de Puerto Príncipe, Nicaragua (111.93 ± 18.92 con CV de 16.90 % en hembras y 113.42 ± 16.93 con CV de 14.92 % en machos).

Diámetro dorso esternal (DDE): da una idea de la profundidad del pecho y de la capacidad respiratoria del animal, para esta variable los cerdos indios presentaron valores de 46.00 ± 9.84 cm de longitud con CV de 21.40 % en hembras y 43.00 ± 8.90 cm de longitud con CV de 20.69 % en machos, los cerdos pelones exhibieron valores de 42.00 ± 4.36 cm de longitud con CV de 10.38 % en hembras y 36.00 ± 4.72 cm de longitud con CV de 13.10 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron 49.00 ± 8.19 cm de longitud con CV de 16.70 % en hembras y los cerdos casco de mula exhibieron los siguientes valores 42.00 ± 8.81 cm de longitud con CV de 20.98 % en hembras y 42.00 ± 7.06 cm de longitud con CV de 16.88 % en machos (anexo 8). El valor presentado para esta variable ayudará a determinar la profundidad del tronco y la capacidad del tórax mediante los índices de profundidad relativa e índice torácico.

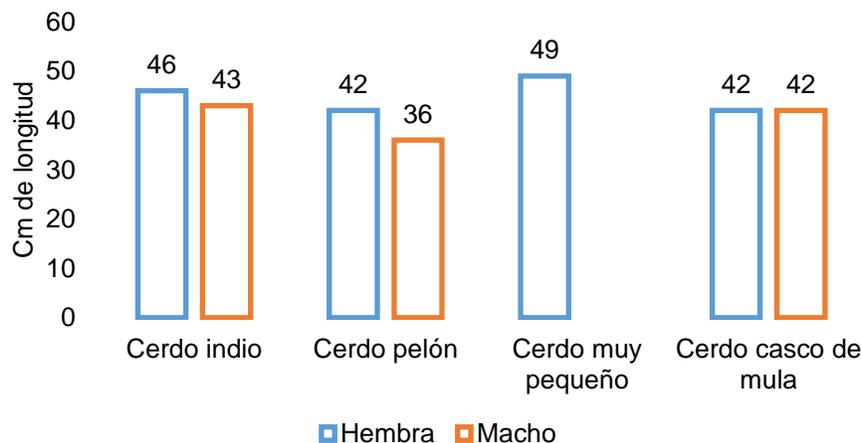


Figura 8. Diámetro dorso esternal de los cerdos provenientes de la región I

La DDE en los cerdos de nuestro estudio son inferior a la reportado por García (2016), en Puerto Príncipe, Nicaragua (49.08 ± 7.89 cm con CV de 18.33 % en hembras), por el contrario, las razas incluidas en nuestro estudio son superiores a lo descrito por Gámez (2017), en Nueva Guinea, Nicaragua (36.70 ± 11.26 con CV de 30.68 para hembras). El DDE en machos es inferior a los reportados por García (2016) y superior a los descrito por Gámez (2017).

Diámetro bicostal: esta característica está relacionada a la capacidad pulmonar del animal, los cerdos de nuestro estudio presentaron los siguientes valores los cerdos indios exhibieron 22.60 ± 4.73 cm de longitud con CV de 20.93 % en hembras y 24.00 ± 4.90 cm de longitud con CV de 20.41 % en machos, los cerdos pelones exhibieron valores de 19.42 ± 2.23 cm de longitud con CV de 11.48 % en hembras y 15.40 ± 2.53 cm de longitud con CV de 16.37 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron 25.46 ± 2.55 cm de longitud con CV de 10.00 % para hembras y los cerdos casco de mula presentaron valores de 17.83 ± 3.45 cm de longitud con CV de 19.35 % en hembras y 18.14 ± 3.68 cm de longitud con CV de 20.30 % en machos (anexo 8). De igual manera estos resultados ayudarán a determinar la capacidad del tórax a través del índice torácico.

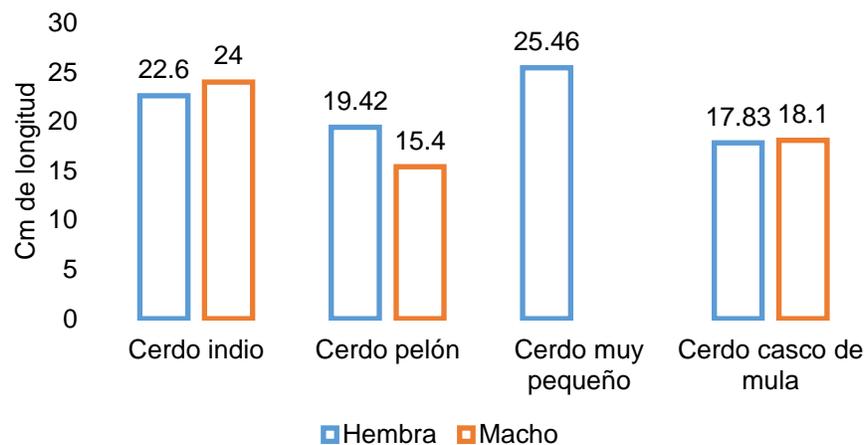


Figura 9. Diámetro bicostal de los cerdos provenientes de la región I

El DB de los cerdos incluidos en este estudio son inferiores a los reportados por Gámez (2017), en su investigación en Puerto Príncipe, Nicaragua (28.91 ± 5.08 cm de longitud con CV de 17.60 % en las hembras) y (26.11 ± 4.82 cm de longitud con CV de 18.47 % en los machos). De igual manera todas las razas son inferiores a lo establecido por Revidatti (2009), para los cerdos criollos del nordeste argentino (27.51 ± 7.07 con CV de 25.72 %).

Anchura de la Grupa (ANG): resulta ser importante desde el punto de vista reproductivo, pues en ella se forma el canal del parto en las hembras, los valores presentados por los cerdos indios fueron 21.00 ± 12.28 cm de longitud con CV de 58.49

% en hembras, los cerdos pelones exhibieron valores de 25.00 ± 2.52 cm de longitud con CV de 10.07 % en hembras, los cerdos muy pequeños presentaron valores de 24.00 ± 2.65 cm de longitud con CV de 11.02 % en hembras y los cerdos casco de mula presentaron valores de 22.00 ± 6.04 cm de longitud con CV de 27.44 % en hembras (anexo 8). Al igual que el alza de la grupa esta variable ayudará a determinar el índice pelviano.

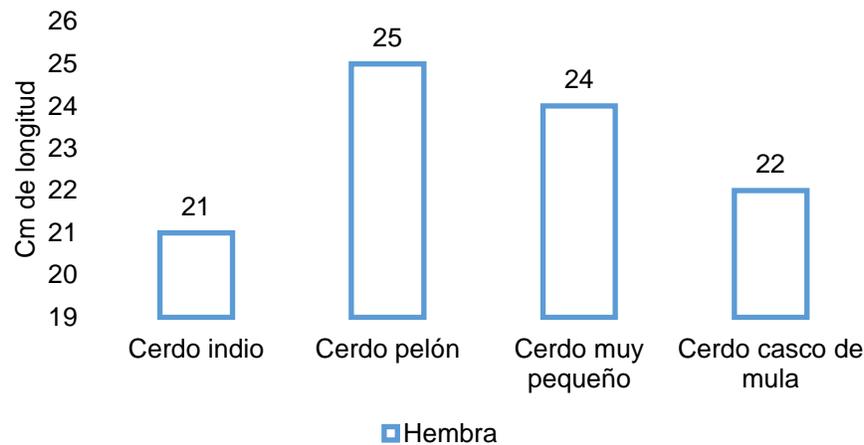


Figura 10. Anchura de la grupa de los cerdos provenientes de la región I

La ANG de las hembras estudiadas son superiores a las reportadas por Gámez (2017), en su estudio realizado en Nueva Guinea, Nicaragua (21.5 ± 10.81 cm de longitud con CV de 23.56 % en las hembras) exceptuando la raza cerdo indio que fue inferior a lo reportado por dicho autor. Así mismo los cerdos incluidos en este estudio son superiores a lo establecido por Revidatti (2009), en el nordeste argentino (18.64 ± 3.45 con CV de 18.52 %).

Longitud de la Grupa (LG): esto, es conveniente para las hembras, ya que facilita la labor del parto. Los cerdos indios presentaron valores de 25.00 ± 6.52 cm longitud con CV de 26.07 % en hembras, los cerdos pelones exhibieron valores de 28.00 ± 2.52 cm de longitud con CV de 8.99 % en hembras, los cerdos muy pequeños presentaron 25.0 ± 1.00 cm de longitud con CV de 4.0 %, y los cerdos casco de mula presentó valores de 24.00 ± 6.18 cm de longitud con CV de 25.73 % en hembras (anexo 8). Esta variable

ayudará a determinar el índice pelviano es de interés reproductivo porque favorece el parto en las hembras.

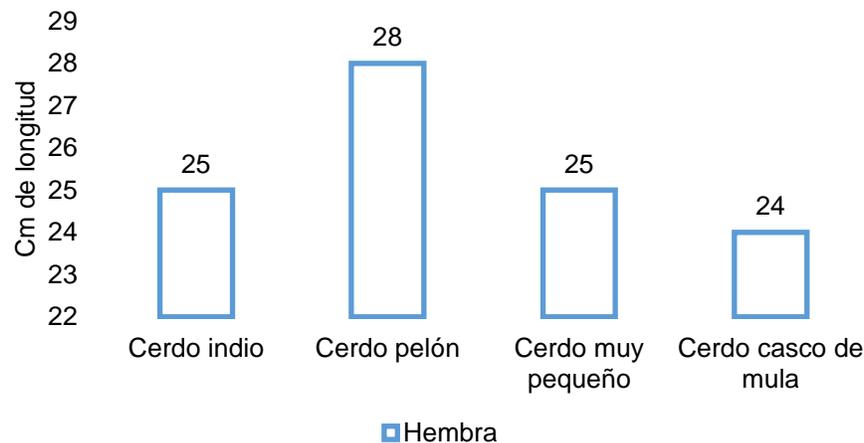


Figura 11. Longitud de la grupa de los cerdos provenientes de la región I

La LG en hembras de las razas analizadas es superior a lo establecido por Gámez (2017), en su estudio realizado en Puerto Príncipe, Nicaragua (21.5 ± 10.81 cm de longitud con CV de 23.56 % en hembras). Sin embargo, la LG en la hembra de la raza casco de mula es inferior a lo reportado por Revidatti (2009), así mismo para los machos incluidos en nuestro estudio es inferior a los cerdos criollos del nordeste argentino (24.65 ± 4.17 con CV de 16.94 %)

Perímetro Torácico (PT): los valores presentados para los cerdos indios 92.00 ± 24.66 cm de longitud con CV de 26.80 % en hembras y 84.00 ± 20.51 cm de longitud con CV de 24.42 % en machos, los cerdos pelones exhibieron valores de 87.00 ± 11.36 cm de longitud con CV de 13.05 % en hembras y 79.50 ± 14.71 cm de longitud con CV de 18.50 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron 99.00 ± 13.32 cm con CV de 13.45 % en hembras y los cerdos casco de mula exhibieron 85.00 ± 19.55 cm de longitud con CV de 23.00 % en hembras y 84.50 ± 13.76 cm de longitud con CV de 16.29 % en machos (anexo 8). De igual manera valores descritos para esta variable ayudara a determinar la capacidad respiratoria del animal a través del índice torácico.

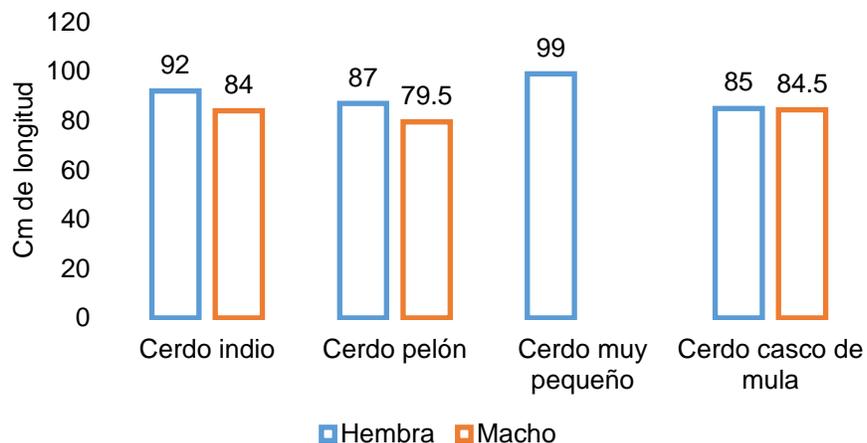


Figura 12. Perímetro torácico de los cerdos provenientes de la región I

El PT para los cerdos indios, pelón y casco de mula en hembras y machos son inferiores a los reportados por Gámez (2017), en Puerto Príncipe, Nicaragua (95.54 ± 16.52 cm de longitud con CV de 17.29 % en hembras) y (96.94 ± 17.67 cm de longitud con CV de 18.23 % machos). Excepto el cerdo muy pequeño que presentó valores superiores

Perímetro de la Caña (PC): los valores promedios presentados para los cerdos indios fueron de 15.00 ± 3.41 cm de longitud con CV de 22.77 % en hembras y 15.00 ± 20.51 cm de longitud, los cerdos pelones presentaron valores 14.00 ± 1.73 cm de longitud con CV de 12.37 % en hembras y 14.00 ± 1.50 cm de longitud con CV de 10.71 % en machos, los cerdos muy pequeños presentaron 17.00 ± 2.00 cm de longitud con CV de 11.8 % en hembras y los cerdos casco de mula exhibió valores de 16.00 ± 2.65 cm de longitud con CV de 16.81 % en hembras y 15.00 ± 2.07 cm de longitud con CV de 13.36 % en machos (anexo 8). Los resultados de esta variable ayudarán con el índice del metacarpo a determinar el grado de fisura del esqueleto del animal.

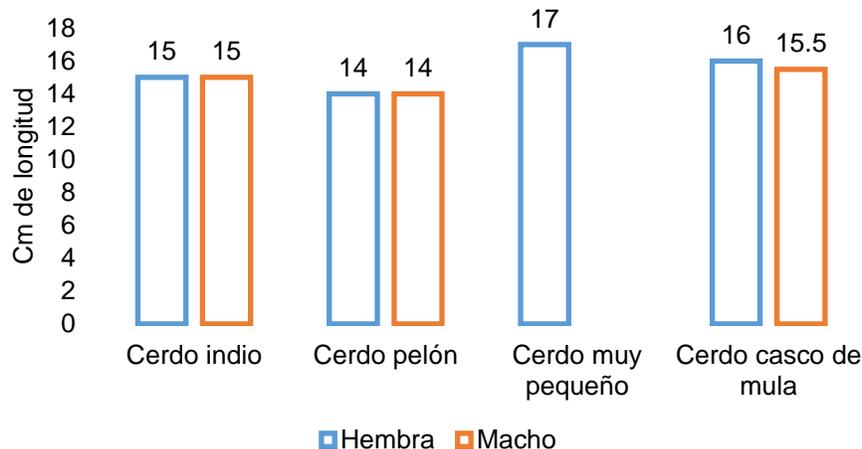


Figura 13. Perímetro de la caña de los cerdos provenientes de la región I

El PC en los cerdos incluido en el presente estudio son inferiores a los establecidos por García (2016) en su investigación en Puerto Príncipe, Nicaragua (17.97 ± 2.44 cm de longitud con CV de 13.59 % en hembras) y (17.13 ± 2.40 cm de longitud con CV 14.02 % en machos)

4.1.1.2 Variables fanerópticas

En relación al color del pelo y capa los cerdos en estudio presentaron predominancia en el color blanco (29.48 %), negro (20.52 %) y negro con blanco (17.94 %); con en menores proporciones encontramos a los cerdos de color pinto (10.25%) y amarillo con negro (7.69 %) (figura 14).

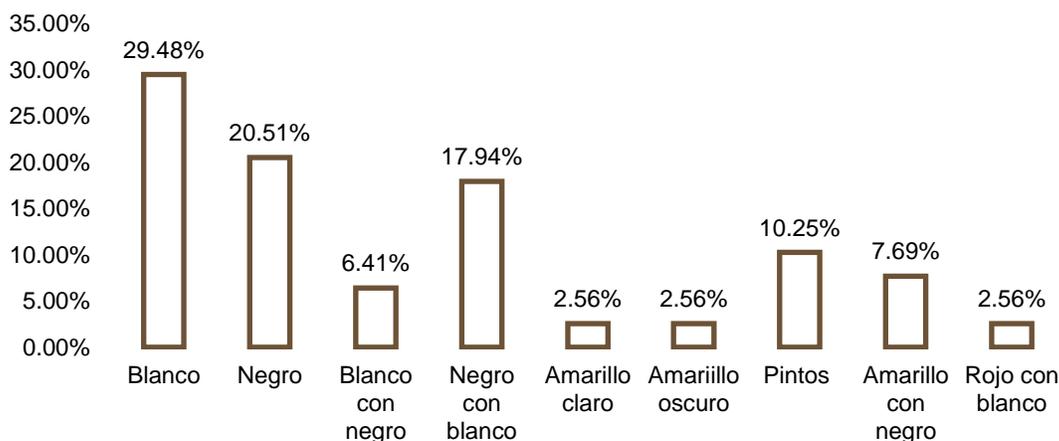


Figura 14. Coloración del pelo y la capa de los cerdos pertenecientes a la región I de Nicaragua

Sin embargo, Gámez (2017) reportó en su estudio predominancia de los cerdos de colores negros (43.01 %) y rosado (37 %), con menores proporciones para las tonalidades blanco (7.53 %) y manchados (9.68 %). Asimismo, García (2016), reveló que el color predominante en los cerdos es negro (43 %), rosada (40 %), manchada (10 %) y por último el color blanco (7 %).

Los tipos de perfiles que predominan en los especímenes estudiados (figura 15) fueron el perfil rectilíneo (66.22 %), cóncavo (16.22 %) y el perfil semi-cóncavo (12.16 %), con en menores proporciones el ultra-cóncavo (2.75 %), sub-cóncavo (1.35%) y curvilíneo con (1.35 %).

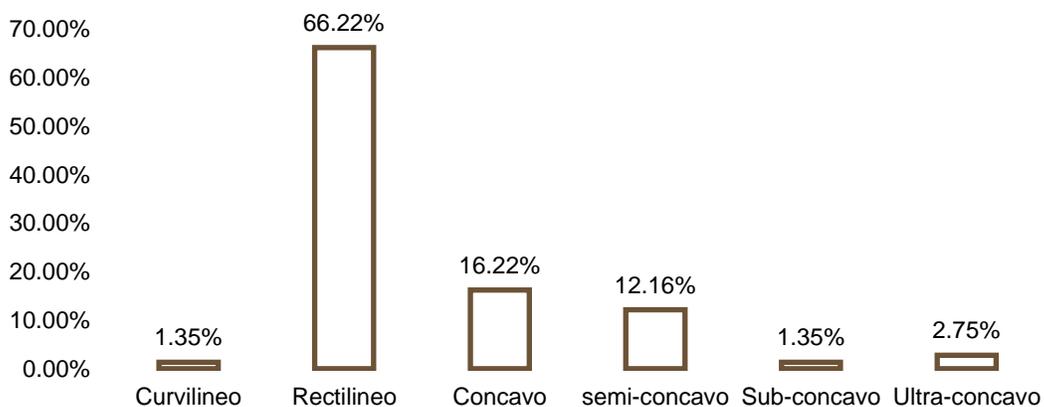


Figura 15. Tipos de perfiles de los cerdos pertenecientes a la Región I de Nicaragua

Sin embargo, Gámez (2017), reportó que los cerdos en su estudio presentaron perfiles rectos (64.52%), seguidos de los perfiles sub-cóncavos (20.43%) y los cóncavos (15.05 %). Asimismo, García (2016), encontró cerdos de perfiles rectilíneo (65 %), perfil concavilíneos (13 %) y perfil sub-concavilíneos (22 %).

La coloración de las mucosas, presentó tonalidades negras (38.46 %), blanca (29.49 %) y en menores proporciones las tonalidades rosado y rosado con negro (21.79 %) y (8.97%), respectivamente (figura 16).

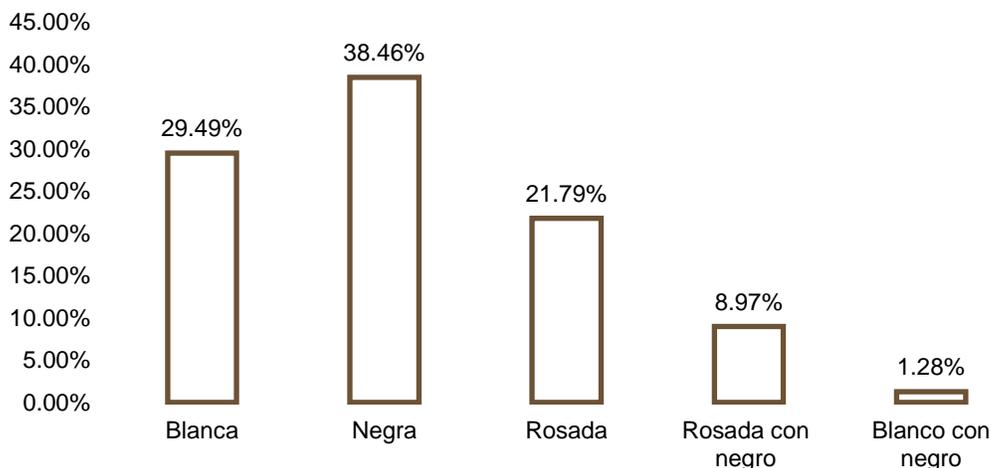


Figura 16. Coloración de la mucosa de los cerdos pertenecientes a la Región I de Nicaragua

Sin embargo, Gámez (2017), encontró en su estudio que la coloración de la mucosa que más predominó fue la rosada (52.69 %), seguida la negra (35.48 %) y las de menores proporciones los colores manchados (8.6 %) y blanco (3.23 %). Así mismo, García (2016), demostró que la mucosa con mayor porcentaje fue la rosada (53 %), negra (35 %) y en menores proporciones la mucosa manchada (9 %) y blanca (3 %).

Respecto a la cobertura de pelo en el cuerpo presentó pelo abundante (64.10 %), pelo escaso (29.48 %) y solamente el (6.41 %) resultaron cerdos pelones o no tenía pelos (figura 17).

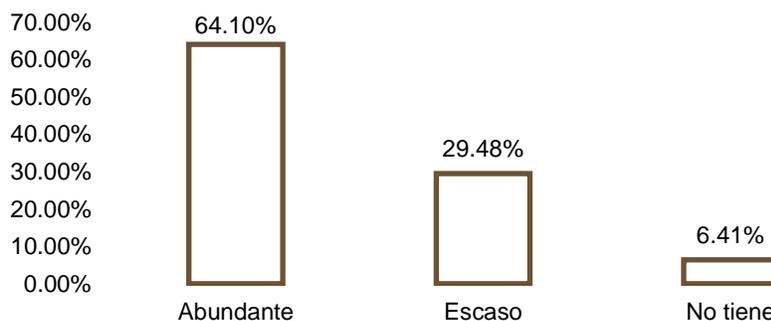


Figura 17. Cobertura de pelaje de los cerdos perteneciente a la Región I de Nicaragua

Resultados parecidos a los encontrados por Gámez (2017), que reportó pelo abundante (78.5 %), seguido poco pelo (17.20 %) y pelones (4.30 %). Así mismo, García

(2016), encontró que el (78 %) de los cerdos poseían abundante pelo, pelo escaso (5 %) y cerdo pelón (17 %).

En relación a la presencia de mamellas, solo (1.56 %) que corresponde a 2 individuos presentaron mamellas y (98.44 %) correspondiente a 73 individuos no presentaron dicha característica (figura 18), la cual según autores como Falconi y Paredes (2011), la consideran de suma importancia por ser una característica primordial en los cerdos ibéricos, y afirman en su estudio del cerdo criollo ecuatoriano, que esta característica se está perdiendo incluso observando animales con grandes características de cerdo ibérico.

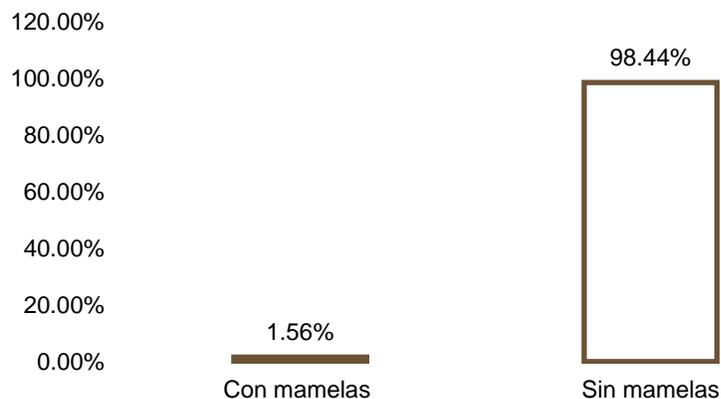


Figura 18. Presencia o ausencia de mamelas en los cerdos perteneciente a la Región I de Nicaragua

Dichos autores reportaron un 100 % de animales sin tal característica, igual a lo encontrado por Lorenzo (2012), en los cerdos guatemaltecos. Así mismo Revidatti (2004), en su estudio reportó que el 8% de los cerdos estudiados del nordeste argentino presentaron mamellas.

4.1.1.3 Índices zoométricos

El **índice cefálico** es de mucha importancia puesto que ayuda hacer un diagnóstico racial, en este estudio los cerdos presentaron valores de 44.90 ± 6.50 cm de longitud con CV de 14.60 % en hembras y 42.96 ± 5.80 cm de longitud con CV de 13.50 % en machos. Esto indica que los cerdos estudiados se clasifican como dolicocefalos, debido a que poseen un índice cefálico inferior a 50 (anexo 9).

Br. Cindy Martínez Ramírez

Resultados similares encontrados por García (2017), quien presentó valores de 44.30 ± 6.40 cm de longitud con CV de 12.45 % para machos y 42.77 ± 5.25 cm de longitud con CV de 12.27 % para hembras, afirma que los cerdos de su estudio son doliocéfalos.

Para el **índice de proporcionalidad**, los especímenes presentaron valores de 61.96 ± 6.13 cm de longitud con CV de 9.90 % para hembras y 63.41 ± 10.05 cm de longitud con CV de 15.80 % para machos (anexo 9). Estos valores indican que los cerdos en estudio presentan una proporción de rectángulo en el cuerpo, predominante en los animales de aptitud cárnica.

Estos resultados son similares a los encontrados por Gámez (2017), quién reportó 66.38 cm longitud para macho y 64.18 cm de longitud en las hembras, para un promedio de 65.28 cm.

En cuanto al **Índice corporal**, los valores encontrados fueron 119.44 ± 49.67 cm de longitud con CV de 41.60 % para hembras y 111.47 ± 16.26 cm de longitud con CV de 14.60 % para machos. Por consiguiente, se puede clasificar a los cerdos de este estudio como longilíneos, debido que posee valores superiores a 90 (anexo 9).

Resultados semejantes a los descrito por Gámez (2017), quien reportó 98.72 cm de longitud en los machos y 98.79 cm de longitud en las hembras, para un promedio de 98.75, con lo cual se puede clasificar a estos animales como longilíneos. Así mismo, García (2016), encontró los siguientes resultados para machos 89.22 ± 5.31 cm de longitud y 88.45 ± 7.38 cm de longitud para hembras, clasificándolos como longilíneos, ya que se halla entre el rango de 88 y 90.

El **índice de profundidad relativa**, los valores encontrados fueron 71.52 ± 8.47 cm de longitud con CV 11.80 % para hembras y 71.44 ± 7.37 cm de longitud con CV 10.30 % para machos, por lo que se puede afirmar que los cerdos de este estudio poseen una profundidad relativa muy buena y se consideran animales de producción de carne por haberse hallado un valor superior a 50 (anexo 9).

Estos valores coinciden con los encontrados por García (2016), quien reportó 74.75 ± 7.37 cm de longitud con CV de 9.86 % para machos y 75.48 ± 7.69 cm de longitud con CV de 10.19 % para hembras.

El **índice torácico** los valores encontrados para los cerdos de la Región I fueron 47.70 ± 6.80 cm de longitud con CV de 14.30 % para hembras y para machos 50.50 ± 6.80 cm de longitud con CV de 13.50 %, estos resultados indican que los cerdos en estudio son longilíneos, debido a que los valores obtenidos son inferiores a 85 (anexo 9).

Así mismo, García (2016), en su estudio encontró valores 65.85 ± 4.47 cm de longitud con CV de 6.7 % para machos y 65.35 ± 5.47 cm de longitud con CV de 8.37 % para hembras. Por lo tanto, corresponden a animales longilíneos debido a los valores inferiores a 85. De igual manera, Gámez (2017), reportó que los valores de índice torácico en machos alcanzaron 72.75 cm de longitud y las hembras de 78.77 cm de longitud, para un promedio general de 75.76, el cual se ubica adecuadamente para los animales longilíneos.

El **índice pelviano**, es de interés reproductivo, por indicar el tamaño del canal del parto. Los valores descritos fueron y 95.36 ± 59.21 cm de longitud con CV de 62.10 % para hembras y 87.66 ± 10.56 cm de longitud con CV de 12.00 % para machos (anexo 9). Estos valores indican que las hembras de nuestro estudio poseen un buen canal de parto.

Valores similares a los reportados por Gámez (2017), quien presentó 84.55 cm de longitud en los machos y 89.20 cm en las hembras, para un promedio de 86.87 cm.

El **índice dáctilo-torácico o metacarpo torácico** alcanzó valores 18.74 ± 8.06 cm de longitud con CV de 43.00 % para hembras y 18.25 ± 2.39 cm longitud con CV de 13.10 % para machos (anexo 9). Este índice relaciona el perímetro de los metacarpos con la capacidad del cuerpo, indicando la proporcionalidad, dando también una idea del grado de finura del esqueleto y si favorecerá el sostén de las estructuras corporales.

Los valores reportados de los cerdos en estudio son similares a los descrito por Gámez (2017), 18.54 cm de longitud en los machos y 17.92 cm de longitud en las hembras, para un promedio poblacional de 18.23 cm. Así mismo, García (2016), reflejó

Br. Cindy Martínez Ramírez

los siguientes resultados 17.91 ± 1.9 cm de longitud para machos y 17.50 ± 1.70 cm de longitud hembras.

4.1.2 Correlación entre variables zoométricas en los cerdos provenientes de la Región I de Nicaragua.

El análisis de correlación de Pearson refleja una relación positiva altamente significativa entre todas las medidas corporales, esto expresa la armonía del modelo morfoestructural del individuo (Sañudo, 2009). La determinación de los valores de correlación entre las características productivas y el tamaño corporal son de gran importancia al momento de establecer criterios de selección.

En la figura 19 se observa la correlación de las variables morfológicas estudiadas exhibiendo así correlación positiva entre las 65 variables correspondiente, lo cual indica una buena armonía en la estructural corporal del animal. Los coeficientes de correlación que destacaron fueron: alzada de la cruz (AC) y alzada de la grupa (AG) con ($p=0.94$) esta asociación es de gran importancia porque cuando ambas poseen el mismo valor, el individuo presenta una línea dorso lumbar recta descendiendo la tuberosidad iliaca externa, favoreciendo la correlación del ángulo de la línea de la grupa, lo que favorece la inserción de los ligamentos de la mama y permite un mayor desarrollo muscular de la región. Longitud de la cara (LC) y la longitud de la cabeza (LK) presentan una correlación positiva alta de ($p=0.71$), lo cual indica que esta medida aumenta en proporción a la longitud de la cabeza y que crecen a la misma tendencia, tiene sentido, a una cabeza grande le corresponde una cara grande (anexo 10).

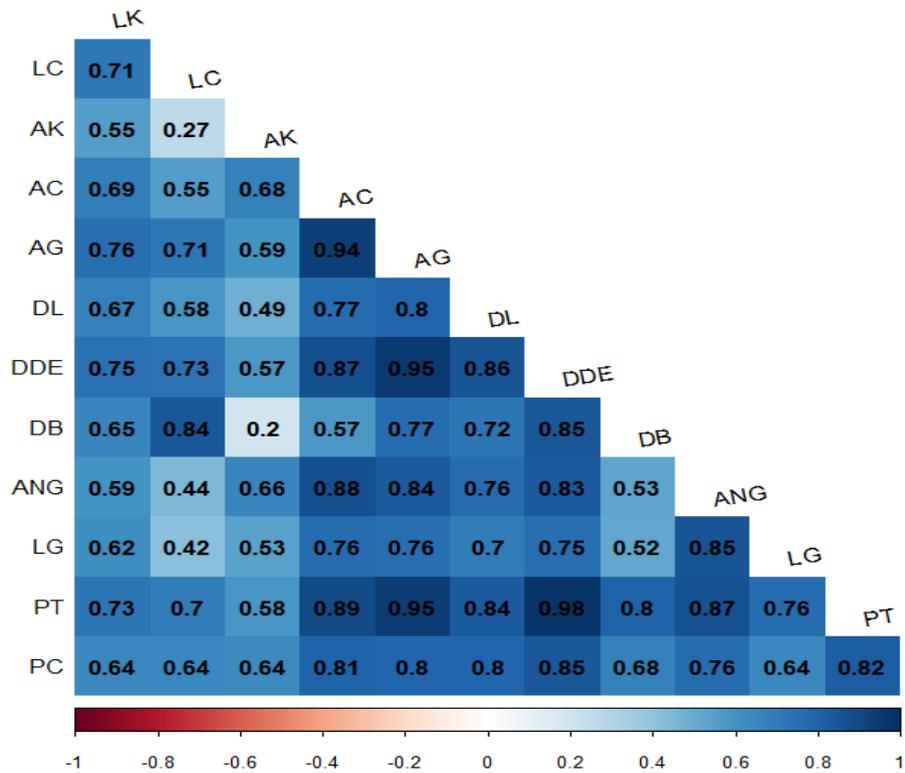


Figura 19. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables zoométricas de los cerdos criollos estudiados en la Región I de Nicaragua

Peralta (2016) describió que existen diferentes grados de asociación entre las variables, como la existente entre la longitud del hocico y el diámetro dorso esternal de -0.03307 correspondientes a los valores más bajos, así como también la correlación entre el peso vivo y el diámetro dorso esternal de 0.93397, correspondiente a los valores más altos encontrados.

4.1.3 Análisis de la diversidad genética de la población de cerdos estudiada

4.1.3.1 Número de alelos (n_A)

Todos los locis estudiados en los 11 Municipios fueron polimórficos, presentando un número de alelos promedio de 26.53. El mayor número de alelos encontrado se presentó en el Municipio 2 que exhibió promedio de 11.00 y el Municipio 11 con menor número de alelos presentando promedio 3.23 (figura 21), según Zaldivar (2006) citado por Arguello (2012) describe que el aumento o disminución de alelos encontrados podrían estar asociados a la cantidad de muestras estudiadas. Es importante mencionar que en los municipios estudiados varían las cantidades de cerdos analizados (anexo 11). De manera independiente el locus S0101 presentó mayor número de alelos ($n_A=15$) y los loci que presentaron menor número de alelos fueron S0155 y SW240 ($n_A=2$) en ambos casos (anexo 12).

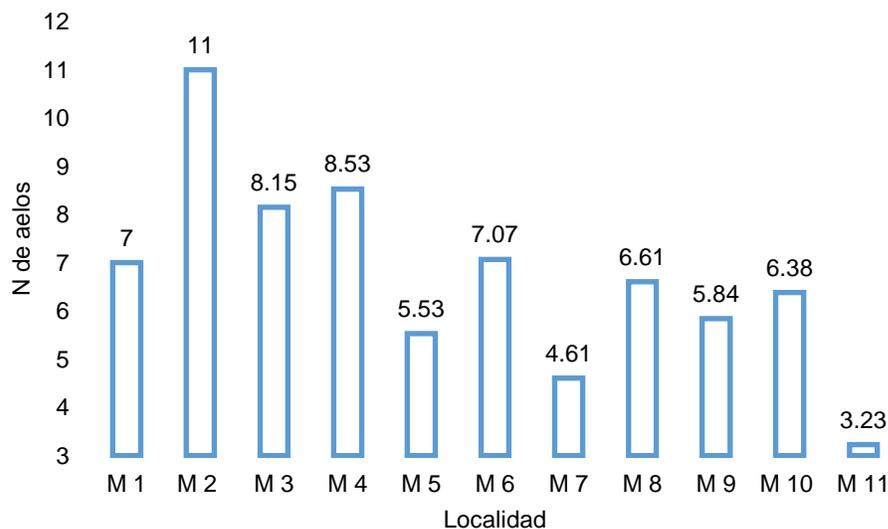


Figura 20. Números de alelos por locus registrado por municipios proveniente de la Región I de Nicaragua Nota: M= Municipio

Montenegro et al. (2015), reportó los siguientes valores para los cerdos de Uruguay, describiendo que los loci con mayor número de alelos fueron S0068 y SW240 ($n_A=10$) para ambos y los loci con menor número de alelos fueron S0386 y S0002 ($n_A=2$). Por otro lado, Vargas, Velázquez y Chacón (2016), describió para los cerdos criollos de

Ecuador que, el locus con mayor número de alelos fue S0005 ($n_A=14$) y SW951 con menor número de alelos ($n_A=2$). Cabe mencionar que el mayor número de alelos obtenidos se encontró en el locus S0101 siendo superior a los encontrados en diversas bibliografías (anexo 12).

4.1.3.2 Heterocigosidad

La heterocigosidad observa (H_o) presentó valores promedio que oscilan entre 0.96 a 1.00 en los 11 municipios estudiados (figura 22), cabe destacar que solo el locus S0068 presentó los valores más bajos que varían entre 0.97 y 0.66 en los municipios 2 y municipio 10, respectivamente. Por otra parte, la heterocigosidad esperada (H_e) exhibió promedio que fluctuaron entre 0.83 a 0.92 (figura 22). De manera independiente los loci SW240 y S0155 presentaron los valores mínimos en el municipio 11 con 0.66 en ambos casos, así mismo, el locus SW72 presentó valor de 0.68 para el municipio 9 (anexo 12). De esta manera con los valores promedios descritos se define que la heterocigosidad observada es mayor que la esperada, esto quiere decir que expresa exogamia indicando que las especies están en unión con individuos no emparentados genéticamente, reproduciéndose de manera totalmente aleatoria.

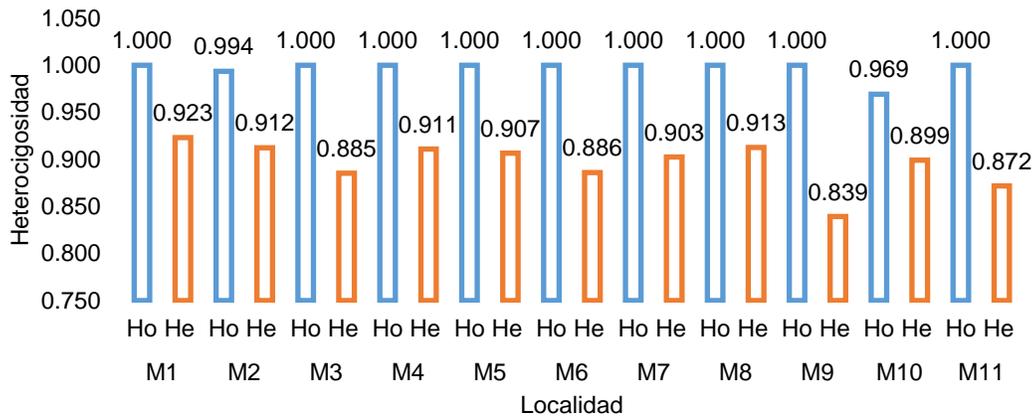


Figura 21. Promedio de heterocigosidad Observa y esperada de 11 municipios estudiados

La heterocigosidad observada (H_o) en los cerdos criollos evaluados supera a lo encontrado por Vargas et al. (2016), quien reportó valores entre 0.133 para el marcador S0226 y 0.867 para el S0068. Por su parte la heterocigosidad esperada (H_e) presentó

valores mínimos de 0.131 en para el marcador S0226 y un máximo de 0.917 para (CGA y SW911) para los cerdos ecuatorianos. Así mismo, Pardo et al. (2017) reportó que la heterocigosidad observada (H_o) varió entre 0.024 para SW1067 y 0.863 para el marcador SW2519 y la heterocigosidad esperada (H_e) fue de 0.116 para SW1067 y 0.858 para SW957 expresando alto grado de variabilidad genética para los cerdos domésticos de Colombia.

4.1.3.3 Coeficiente de fijación F_{IS}

Tabla 8.

Coeficiente de fijación F_{IS}

Marcador	F_{IS}
SW911	-0.118
S0101	0.098
SW632	0.108
S0090	-0.099
IGF1	-0.115
S0226	-0.154
SW857	-0.125
SW72	-0.189
S0155	-0.129
S0386	-0.092
SW240	-0.156
SW936	-0.130
S0068	-0.108

El índice de fijación de Wright para F_{IS} varió entre -0.092 para el locus S0386 y 0.108 para el locus SW632, de los 13 marcadores analizados 11 resultaron negativos, revelando exceso de heterocigotos esto podría ser resultado de eventos de exogamia dentro de la población (Tabla 8). El F_{IS} es un parámetro que estima la variabilidad dentro de una población y es una medida de la reducción en la heterocigosidad debida a los apareamientos aleatorios en la población, indicando así el nivel de exogamia.

Pardo et al. (2017) describió que el estadístico F_{IS} fluctuó entre -0.404 para SW911 y 0.378 para el marcador SW1067 indicando que 12 de los 20 marcadores utilizados presentaron signos positivos revelando un exceso de homocigotos resultado de

endogamia dentro de la población de la misma especie. Así mismo, Montenegro et al. (2015) mostró que el estadístico F_{IS} osciló entre 0.115 para S0227 y 0.401 para S0002 indicando así que 17 de los 25 marcadores de los analizados exhibieron signos positivos, lo que indica un exceso de homocigotos.

A partir de los datos del número de alelos y la heterocigosidad puede concluirse que la diversidad genética de los cerdos criollos de la región I de Nicaragua es elevada, debido a los locus estudiados son polimórficos, el cual ya han sido probados en otros estudios y son apropiados para estudiar la diversidad genética en este recurso zoogenético.

4.1.3.4 Análisis de varianza molecular (AMOVA)

El análisis molecular de varianza (AMOVA), se realizó en base a la varianza molecular entre poblaciones. En un estudio genético de poblaciones subestructuradas, Wright mostró que la variación en la frecuencia de genes entre subpoblaciones puede analizarse mediante la fijación índices (Nei, 1973).

Tabla 9.

Análisis AMOVA de los 11 municipios estudiados

Fuente de variación		Suma de cuadro	Componentes de varianza	Porcentaje de variación (%)	Índice de fijación
Entre poblaciones (FST)		96.545	0.39735	6.45	0.0644
Entre individuos dentro de poblaciones (FIS)		272.839	-0.71217	-11.56	-0.1235
Entre individuos (FIT)		421.000	6.47692	105.11	-0.0510
Total		790.86	6.16		

El F_{ST} es el índice que indica el grado de diferenciación genética entre las poblaciones estudiadas. Los cerdos de este estudio presentan F_{ST} de 0.0644 y variación de 6.45 %, lo que señala que existe diferenciación genética moderada entre las

poblaciones de cerdo criollo de la región I de Nicaragua; mientras mayor sea la diferenciación mayor será la heterosis en el cruzamiento.

El estadístico F_{IS} osciló entre -0.0924 para el marcador S0386 y 0.1077 para el marcador SW632. Cabe mencionar que once de los treces marcadores utilizados en el presente estudio fueron negativos para este parámetro (anexo 14), los cerdos de este estudio presentaron F_{IS} de -0.1235 y variación de -11.56 %, respaldando la presencia de exogamia entre individuos dentro de la población de cerdos criollos de los 11 municipios estudiados.

El estadístico F_{IT} osciló entre -0.0173 para el marcador S0090 y 0.02757 para el marcador S0386, los cerdos presentaron F_{IT} de -0.0510 y variación de 105.11 %, en este parámetro doce de los marcadores utilizados fueron negativos, presentando un exceso de heterocigotos

En el estudio realizado por Rocha, Martínez y Abuabara (2018) en Colombia reportó que el estadístico F_{IS} osciló entre 0.003 (SWr194) y 0.053 (SW911) estos valores bajos indica que el panel de microsatélites utilizados son para heterocigosidad y no presenta endogamia, este resultado es esperado ya que los cerdos en estudio pertenecen a bancos de germoplasma *in vivo*. Así mismo reportó que el estadístico F_{ST} presentó una media observada de 0.099 ± 0.013 , sugiriendo que los valores bajos de F_{ST} se encuentran en razas porcinas autóctonas con mayor probabilidad.

V CAPÍTULO

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a la caracterización morfológica y molecular de los cerdos provenientes de la región I de Nicaragua se concluye:

1. Los cerdos criollos evaluados se caracterizan por ser dolicocefalos, de proporción rectangular los clasifican como animales de aptitud cárnica, cuerpo y tórax longilíneos, profundidad de tronco muy buena, de pelvis grande que favorece el canal del parto y de caña gruesa, de colores del pelo y capa principalmente blanco (29.48 %) y negro (20.51 %), perfil rectilíneo (66.22 %), con tonalidades de mucosa negra (38.46 %), abundante presencia de pelo (64.10 %), el (1.56 %) de los cerdos presentó mamellas.
2. Existe correlación en los 66 pares de variables correspondiente, lo cual representa buena armonía en la estructura morfológica del cerdo criollo. Los coeficientes de correlación más altos fueron: perímetro torácico y diámetro dorsal esternal ($\rho = 0.979$), diámetro dorsal esternal y alzada de la grupa ($\rho = 0.951$), perímetro torácico y alzada de la grupa ($\rho = 0.945$).
3. El análisis de la diversidad genética presentó un promedio en número de alelos de 26.53, todos los locus fueron polimórficos el locus con mayor número de alelos S0101 ($n_A=15$) y el locus con menor número de alelos S0115 y SW240 ($n_A=2$) en ambos casos. La heterocigosidad observa varió entre 0.96 a 1.00 y la heterocigosidad esperada varió entre 0.83 a 0.92, siendo así la H_o mayor que la H_e indicando exogamia. El promedio de alelos y la medida de la heterocigosidad nos indica que existe diversidad genética en los cerdos criollos estudiados. El análisis de AMOVA exhibió que en la población de cerdos criollos en estudio existe diferenciación genética entre poblaciones, exogamia y exceso de heterocigotos.

En general, la diversidad genética de los cerdos criollos proveniente de la región I de Nicaragua se ha ido erosionando y la prevalencia de ciertas características faneróptica ha disminuido de una generación a otra, como es el caso del color del pelo, cuyo resultado muestra el contraste de negro a blanco entre el valor reportado anteriormente y el

Br. Cindy Martínez Ramírez

obtenido. Este caso particular, es una muestra de la mezcla entre razas que a su vez se ve confirmado por el nivel de heterocigosidad obtenido.

Los índices zoométricos de proporcionalidad cataloga a los cerdos criollos proveniente de la región I como propicios para la producción cárnica, debido a que se establece que a menor valor del índice el animal se aproxima más a un rectángulo, forma que predomina en los animales de aptitud cárnica, así mismo profundidad relativa por haberse hallado con valor superior a 50 ubicándolo como propicio para la producción de carne, el índice pelviano clasifica a los especímenes hembras con buen tamaño de pelvis favoreciendo sus características reproductivas y el promedio de heterocigosidad de la población de cerdo criollo presenta diversidad genética permitiendo aceptar la hipótesis alternativa planteada.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1- Al INTA se le recomienda que con los resultados obtenidos en la presente investigación iniciar con el mejoramiento genético del cerdo criollo.
- 2- Al Laboratorio de Biotecnología de la UNAN-Managua continuar con la caracterización morfológica y molecular de las demás regiones de Nicaragua para obtener un estudio completo a nivel nacional.
- 3- A los próximos investigadores incluir el peso vivo del cerdo, dentro de las características morfológicas para evaluar el crecimiento y el desarrollo corporal.
- 4- A los investigadores del INTA garantizar que las edades de los cerdos en estudio puedan ser agrupadas en rangos similares esto con el fin de que las mismas no alteren los valores resultantes de las variables zoométricas.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

Arredondo, J., Muños, J., Arenas, L., Pacheco, E., y Álvarez L. (2011). Caracterización zoométrica de cerdos criollos en el departamento de choco-Colombia. *Actas Iberoamérica de Conservación Animal*, 1, 57-59.

Barba, C., Velázquez, F., Pérez, F. y Delgado, J. (1998). Contribución al estudio racial del cerdo criollo cubano. *Revista Archivos de Zootecnia*, 47, 51-59.

Benítez, O. y Sánchez, M. (2001). *Los cerdos locales en los sistemas tradicionales producción*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-y2292s.pdf>

Céspedes R., Huamán L., Ticona. F., Hurtado C., Gómez J. y Gómez N. (2016). Caracterización morfológica morfoestructural y faneróptica del porcino criollo (*Sus scrofa*) de Apurímac- Perú. *Actas Iberoamérica de Conservación Animal*, 7, 48-52.

Córdoba J. (2013). TOPIGS: Progreso en cerdos. Recuperado de <http://www.porcicultura.com/destacado/TOPIGS%3A-Progreso-en-cerdos>

Estupiñan, K. (2004). "Cerdos en crecimiento y acabo". UTEQ, Quevedo, Ecuador. Plegable divulgativo nº.011.

Flores, S.; Paz, T.; Rodríguez y Delmelle F. (2007). Informe cadena de cerdo de patio en Nicaragua. *Ruta de desarrollo rural de centro América*. Recuperado de Unidad regional de asistencia técnica. (en línea) el (12 de mar. 2013) Recuperado en <http://www.ruta.org/downloads/CDCAFTA/documentos/ni/>

Gámez, A., y Zeledón, Y. (2017). Caracterización morfológica del cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus*) en el municipio de Nueva Guinea, RAACS (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

García Alonso (2016). Caracterización morfológica del cerdo criollo (*Sus scrofa domesticus*) en Puerto Príncipe, Nueva Guinea, Nicaragua (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Griffin, D. (1968): Estructura y función animal. Cía. Ed. Continental. S.A. México.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F. McGRAW-HILL.

Hernández J., Espinosa J., Peñalo, M., Fernández J., Chacón J., Toloza C., y Bermúdez V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones.

Hurtado, E., González, C. y Brava, P. (2004). Estudio morfológico del cerdo criollo del estado Apure, Venezuela. *Revista computarizada de producción porcina*, 11(3).

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2008). Manejo sanitario eficiente de los cerdos. Managua, NI. Cartilla básica N° 2. 14,16 p.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2010). Manejo sanitario eficiente de los cerdos. Managua, NI. Cartilla básica N° 2. 15,40 p.

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2014). Manejo productivo y reproductivo de cerdo de patio, Managua, El morralito del INTA N° 39. 3 p.

Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2018). Manejo productivo y reproductivo en porcinos y aves. Managua, 2. 1p.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). (2011). Informe final IV censo nacional agropecuario.

Br. Cindy Martínez Ramírez

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2016). Anuario Estadístico 2016. Recuperado de <https://www.inide.gob.ni/Anuarios/Anuario%20Estadistico%202016.pdf>

Japa. C. (2016). Caracterización fenotípica del cerdo criollo en los cantones Catamayo, Gonzanamá y Quilanga de la provincia de Loja (tesis). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Larson. G., Dobney, K., Albarella, U., Fang, M., Matisoo, E., Robins, J. y Rowley, P. (2005). La filogeografía mundial del jabalí revela múltiples centros de domesticación porcina. *Science*, 307 (5715), 1618-1621.

Lacadena J. (1981). Genética. 3ª Edición. A.G.E.S.A. Madrid.

Lorenzo M., Jáuregui J. y Vásquez Ch. (2012). Caracterización del cerdo criollo de la región cho'rti' del departamento de chiquimula, Guatemala. *Actas Iberoamérica de Conservación Animal*, 2, 103-108.

Marín M. (2016). Caracterización faneróptica del cerdo criollo en los Cantones Celica, Macará y Pindal de la provincia de Loja. Universidad nacional de Loja, Ecuador.

Martínez, A., Rodero A. y Vega J. (2000). Estudio con microsatélites de las principales variedades de ganado porcino del tronco ibérico. *Arch. Zootec.* 49: 45-52.

Martínez, M., Armstrong, E., Gagliardi, R., y Llambí, S. (2011). Estudio genealógico del perro Cimarrón Uruguayo. *Archivos de zootecnia*, 60(232), 1327-1330.

Maldonado, A. (2013). Electroforesis desnaturizante en geles de poliacrilamida. Análisis de proteínas de hojas de *Arabidopsis thaliana*. *Campus Universitario de Rabanales*, 12, (14), pp. 2.

Montenegro, M. (2012). Caracterización genética de los cerdos Pampa Rocha de Uruguay. (Tesis maestría). Uruguay.

Br. Cindy Martínez Ramírez

- Montenegro, M., Llambí, S., Castro, G., Barlocco, N., Vadell, A., Landi, V., Delgado J. y Martínez A. (2015). Genetic characterization of Uruguayan Pampa Rocha pigs with microsatellite markers. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 1, 48-54
- Nei M. y Roychoudhury A. (1974). Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. *Genetics*. 76: 379-390.
- Nei M. (1977). F-statistics and analysis of gene diversity in subdivided populations. *Ann. Human Genetics*. 41: 225-233.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). (2004). *Marcadores moleculares: una herramienta para explorar la diversidad genética*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a1250s/a1250s17.pdf>
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). (5 de mayo de 2007). Obtenido de FAO web site: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). 2012. Desarrollo del marco institucional para la gestión de los recursos zoogenéticos. *Producción y sanidad animal*. No. 6. Roma.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). 2020. Informe sobre el estado de los recursos zoogenéticos de Nicaragua.
- Pardo, E., Maya H. y Alvarino G. (2015). Estudio de la diversidad genética del cerdo doméstico en el departamento de córdoba (Colombia) utilizando marcadores microsatélites. *Rev Med Vet Zoot*, 62 (3), 34-48.
- Pardo E., Calderón A. y Arrazola G. (2017). Exploración Inicial de la Estructura Genética del Cerdo Doméstico (*Sus scrofa domestica*) en Sampués, Sucre, Colombia, utilizando Microsatélites. *Inv Vet Perú*; 28(2): 275-282 p.

- Peralta R. (2016). Caracterización faneróptica del cerdo criollo en los Cantones Platas, Olmedo y Chaguarpamba de la provincia de Loja. Tesis de grado. Universidad nacional de Loja, Ecuador.
- Pérez, E.; Martínez, A., Delgado, J., Velázquez, F. y Segura, D. (2004). Estudio preliminar de la diferenciación genética entre las dos variedades del cerdo criollo cubano. *Archivos de Zootecnia*, 53 (204), pp. 359.
- Pinheiro, M. (1976). Los cerdos. Editorial *Buenos Aires*: Hemisferio Sur. Argentina
- Real O., Suarez y Gavella J. (2001). Características zoométricas de la raza ovina pampinta. *Boletín de divulgación técnica* No 71. Capítulo 35.
- Revidatti, M. (2009). Caracterización de cerdos criollos del Nordeste Argentino [tesis doctoral]. Córdoba, Andalucía, España: Universidad de Córdoba.
- Rocha, J., Martínez, R., & Abuabara, Y. (2018). Genetic diversity of three indigenous pig breeds in Colombia. *Genetic and Molecular Research*, 17, 1-9.
- Rodríguez, S., y Barrera, S. (2004). La reacción en cadena de la polimerasa a dos décadas de su invención. *Ciencia UANL*, 7(3).
- Sambrook, J. y Russell, D. W. (2001). Molecular cloning a laboratory manual. Nueva York, Estados Unidos. *Cold Spring Harbor Laboratory Press*.
- Sañudo C. (2009). *Valoración morfológica de los animales domésticos*. España.
- Velázquez, G. M., Ponceb, S. I. R., Izquierdo, A. V., Torres, E. C., Covarrubias, A. C., De la Cruz Colín, L., y Murillo, V. E. V. (2016). Morfometría del cerdo de traspatio en áreas rurales de México.

Villa, C. (2010). *El concepto de rusticidad*. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_en_general/15-rusticidad.pdf

Vargas J. C., Velázquez F. y Chacón E. (2016). Estructura genética y caracterización molecular del cerdo criollo (*Sus scrofa domestica*) de Ecuador, utilizando marcadores microsatélites. *Acta Agron*, 65 (3), p 292-297.

ANEXOS

5.4 ANEXOS

Anexo 1. Glosario

A

Alelos: una de las dos copias de un gen.

Amplicón: moléculas diana replicadas, creadas por la PCR.

Amplificación: aumentar el número de copias de un segmento de ADN deseado.

B

Bromuro de etidio: tinte químico que se intercala entre las bases en el ADN y hace que el ADN tenga fluorescencia cuando se ilumina con luz ultravioleta.

D

Diversidad genética: el número total de característica genética dentro y entre poblaciones.

E

Electroforesis: el movimiento y la separación de partículas dispersas cargadas a través de un medio sólido bajo la influencia de un campo eléctrico.

Endogamia: reproducción entre individuos de la misma familia o grupo

Especie: son grupos de poblaciones naturales, actual o potencialmente entrecruzables, los cuales están reproductivamente aisladas de otros grupos similares.

Exogamia: cruzamiento entre individuos no aparentados genéticamente que se conduce a una descendencia cada vez más heterogénea

F

Faneróptica: procede de “feneros” que significa “lo visible” y comprende las particularidades de la piel que podemos apreciar a simple vista.

Fenotipo: la forma o expresión adaptada por algún carácter o gen en un individuo específico.

Br. Cindy Martínez Ramírez

Filogenética: estudio de la relación evolutivas entre diversos grupos de organismo.

Folículo piloso: es la parte de la piel que da crecimiento al cabello al concentrar células madres.

Frecuencia alélica: proporción en la que se encuentran los distintos alelos de un determinado locus en la población estudiada.

G

Gen: es un segmento de DNA que codifica la información requerida para sintetizar un producto biológico que, en general, será una proteína estructural o enzimática y es la unidad básica de la herencia biológica.

Genotipo: los genes específicos que están presente en un individuo pueden o no ser expresado.

H

Heterocigoto: un individuo que tiene dos alelos diferentes.

Homocigoto: un individuo que tiene dos alelos iguales.

I

In vitro: experimento en ambiente controlado fuera de un organismo vivo.

L

Locus gen: lugar específico en un cromosoma donde se encuentra un gen.

Loci: es el plural de locus

M

Marcador de peso molecular: es un conjunto de estándares que se utilizan para identificar la proximidad del tamaño de una molécula de ejecución en un gel durante la electroforesis.

Morfometría: medición de la forma o estructura del organismo y sus partes.

Mamellas: Cada uno de los apéndices carnosos que tienen algunos animales en la parte anterior del cuello, en especial la cabra.

P

Panmixia: apareamiento totalmente aleatorio

Par de base: un par de nucleótidos complementados.

Población: conjunto de individuos que pertenecen a una misma especie

Polimorfismo: la ocurrencia en una población de varias formas fenotípicas asociadas con alelos de un gen u homólogos de cromosoma.

Z

Zoometría: las medidas que se realizan sobre animales mediciones que nos proporcionan un buen método de estudio de su morfología.

Anexo 2. Formato de colecta

BOLETA DE PORCINOS

1. Fecha: _____ Código del tubo _____ No de boleta: _____
2. Encuestador: _____
3. Municipio: _____
4. Comunidad: _____ Nombre del productor: _____
5. Numero de cedula: _____
6. Número de teléfono: _____
7. Área de la finca: _____
8. Coordenadas X: _____ Y: _____
9. Número de cerdos hembra: _____. Número de cerdos macho: _____.
10. Raza de cerdo en la finca:
 - 11.1 Criollos ()
 - 11.2 Granja ()
 - 11.3 Mejorados (cruce entre granja y criollos ()
11. Tipo de cerdo criollo que tiene en la finca
 - 12.1 Indio ()
 - 12.2 Cerdo pelón ()
 - 12.3 Cerdos muy pequeño (Coquimbo, jardinero, curro)()
 - 12.4 Casco de mula (no tiene el casco hendido o dividido en dos)()
 - 12.5 Chonguito (Con papilas o panículos adiposos colgantes en los cachetes)()
 - 12.6 Otros: _____
12. El Pelaje es :
 - 13.1 Abundante ()
 - 13.2 Escaso ()
 - 13.3 No tiene.
 - 13.4 Otro: _____

13. Color del cerdo criollo en piel y capa:

14.1 Blanco ()

14.2 Negro ()

14.3 Negro franjas blanca()

14.4 Amarillo claro ()

14.5 Amarillo oscuro ()

14.6 Rojo/colorado

14.7 Pintos ()

14.8 Otro:_____

2. VARIABLES CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS DE CERDOS CRIOLLOS

NOMBRE DEL PRODUCTOR:		UTM:
LUGAR DE ORIGEN:		
CERDO N°:	SEXO:	EDAD (MESES):

VARIABLES BIOMETRICAS	MEDIDA (CM)	VARIABLES FARENOPTICAS	DESCRIPCION
Longitud de la cabeza (LK)		Coloración de la Capa (CC)	
Longitud de la cara (LC)		Coloración de la Mucosa (kM)	
Anchura de la Cabeza (AK)		Forma del Pelo (FP)	
Alzada de la Cruz (AC)		Mamelas (MM)	
Alzada de la Grupa (AG)		Sindactylia (CM)	
Diámetro longitudinal (DL)		Tipo de Perfil (TP)	
Diámetro dorso esternal (DDE)		MUESTRA DE PELO DORSAL	
Diámetro bicostal (DB)		SI () () NO	
Anchura de la Grupa (ANG)			
Longitud de la Grupa (LG)			
Perímetro Torácico (PT)			
Perímetro de la Caña (PC)			
INFORMACION LEVANTADA POR:			

Br. Cindy Martínez Ramírez

Anexo 3. Extracción de ADN genómico en muestras de pelo de cerdo utilizando la modificación Martínez, C. (2018) del método descrito por Pardo E., Maya H. y Alvarino G. (2015)

A. Preparación de muestra

- 1- Lavar los pelos con etanol.
- 2- Cortar el folículo con una medida de 5mm (sostener el folículo con la pinza cortar y depositar en el tubo eppendorf.).

B. Lisis de muestra

- 3- A cada tubo agregar 500µl de buffer de lisis pH 8.0 (10mM tris HCl, 50mM NaCl, 10mM EDTA, 2% SDS) y una concentración final de 0.4 g/ml de proteinasa K (15 µl de stock de 13 mg/ml).
- 4-Macerar con un pilón durante 15 minutos.
- 5-Luego se incubaron 16 horas a 56 °C

6- Agitar las muestras en vórtex con una velocidad de 9 por 3 minutos.

7- Transferir todo el sobrenadante a un nuevo tubo eppendorf.

C. Primer lavado con fenol cloroformo isoamílico

- 8- Agregar un volumen igual de fenol cloroformo isoamílico en proporción 25:24:1.
- 9- Agitar en vórtex por 2 minutos a una velocidad de 7.
- 10- Centrifugar a 13000 rpm durante 6 minutos a temperatura 20 °C.
- 11- Transferir la fase superior a un nuevo tubo eppendorf.

D. Segundo lavado con fenol cloroformo isoamílico

- 12 - Agregar un volumen igual de fenol cloroformo isoamílico en proporción 25:24:1.
- 13- Agitar en vórtex por 2 minutos a una velocidad de 7.
- 14- Centrifugar a 13000 rpm durante 6 minutos a temperatura 20 °C.
- 15- Transferir la fase superior a un nuevo tubo eppendorf.

E. Tercer lavado con acetato y etanol

- 16-Agregar 1/10 (50/450) de volumen de acetato de sodio 2M y etanol absoluto a 4 °C.
- 17- Mezclar gentilmente por inversión (al menos 6 veces).

Br. Cindy Martínez Ramírez

18- Incubar de 4 a 16 horas a -20 °C.

19-Centrifugar a 10000 rpm por 5 minutos a temperatura 4 °C.

20- Descartar sobrenadante.

F. Lavado del ADN

21- Lavar el botón de ADN con 200 µl de etanol al 70%.

22- Centrifugar a 8500 rpm por 3 a 4 °C.

23- descartar el etanol.

G. Secado del ADN

24- Dejar secar el tubo colocado invertido sobre un papel toalla (cubierto con kleenex) por 1 hora.

25-Eluir con 60 µl de TE.

Anexo 4. Método de amplificación de ADN descrito por Pardo et al. (2015)

Este procedimiento se realiza mediante la técnica de PCR, que se lleva a cabo en el termociclador, donde se utiliza microtubos en el cual se le adiciona el master mix que contiene buffer 10X, cloro de magnesio, Taq polimerasa, agua libre de nucleasas, dNTPs y primers forward y reverse, agregando por último 1 µl de ADN. Luego de eso se lleva al termociclador donde se programa un perfil térmico que desnaturalización, alineamiento y extensión. Una vez finalizado este proceso se confirmará si los marcadores amplificaron en el rango indicado a través de electroforesis vertical y horizontal.

Anexo 5. Método de preparación de gel de agarosa 1.8%

Para verificar resultados de ADN amplificado se utiliza agarosa Low-EEO al 1.8%

1. Pesar la cantidad de agarosa estimada.
2. En un Erlenmeyer agregar los ml de TBE calculados, y los gramos de agarosa.
3. Calentar de 3 a 5 minutos hasta disolver la agarosa en el buffer.
4. Esperar que baje un poco la temperatura (no debe enfriar mucho porque puede solidificar).
5. Agregar bromuro de etidio.
6. Chorriar el gel en la cámara previamente armada.
7. Colocar los peines para la formación de los pocillos. (dejar solidificar de 15 a 30 minutos).
8. Desprender los peines y rellenar la cámara interna y externa con buffer TBE
9. Homogenizar 4 µl muestra de ADN + 1 µl de buffer 6x y colocar en el pocillo.
10. Una vez cargadas las muestras de ADN, colocar el marcador de peso molecular 100pb.
11. Tapar la cámara de electroforesis y conectar a una fuente de poder, por 90 minutos – 80 Voltios.
12. Finalizada la corrida del gel, visualizar los fragmentos de ADN a través de un transiluminador UV, documentándose el resultado con una fotografía.

Anexo 6. Método de preparación de gel de poliacrilamida 6%

Preparación de los platos

- 1) Lavar los platos con agua destilada
- 2) Dejar por 2h en hidróxido
- 3) Enjuagar con agua destilada
- 4) Rociar con etanol al 95% (dejar evaporar)
- 5) Rociar con acetona (dejar evaporar)

Preparación de poliacrilamida 70 ml

- 1) 30.9 ml de agua grado biología molecular
- 2) 7 ml de TBE 10X
- 3) 29.4 g de UREA
- 4) 10.5 ml de acrilamida
- 5) Calentar en baño maría a 37 C°
- 6) Dejar enfriar a 35 C°
- 7) Agregar 250 de APS 10%
- 8) 30 de TEMED
- 9) Mezclar rápidamente
- 10)Chorrear cuidadosamente. (sin ocasionar burbujas)
- 11)Poner los peines
- 12)Dejar solidificar

Preparación de las muestras

- 1) Agregar 3 µl de buffer de carga en un tubo eppendorf
- 2) Agregar 5 µl de muestra (amplicón)
- 3) Incubar en baño maría a 90 C° por 3 minutos
- 4) Pasar inmediatamente en hielo picado
- 5) Cargar en el gel

Preparación de la cámara

- 1) Ubicar los platos cuidadosamente en la cámara

- 2) Rellenar la cámara con TBE 1X
- 3) Colocar los electrodos
- 4) Dejar correr la cámara por 30 minutos sin muestra (verificando que no filtre)
- 5) Luego agregar las muestras
- 6) Dejar correr la cámara a 1500v, 430mA y 69w por 3 horas

Tiempo de tinción del gel

- 1) Una hora en solución de fijación
- 2) Diez minutos en agua destilada
- 3) Una hora en solución de tinción (en lugar oscuro)
- 4) Cuatro segundos en agua destilada
- 5) Cinco minutos en solución de revelado (en lugar oscuro)
- 6) De cinco a 30 minutos en nueva solución de revelado (en lugar oscuro)
- 7) Diez minutos en solución de fijación
- 8) Cinco minutos en agua destilada

Preparación de reactivos

Solución de fijación (SF) 10% 1000 ml

- 1) Ácido acético 100 ml
- 2) Aforar a 1000 ml con agua destilada

Solución de revelado (SR) 1000 ml

- 1) 30 g de carbonato de sodio
- 2) Enfriar a 4 °C
- 3) Agregar 1.5 ml de formaldehído
- 4) 50 de tiosulfato de sodio 10 %
- 5) Colocarlo en envase ámbar
- 6) No conservar más de 1 día

Solución de tinción (ST) 1000 ml

- 1) 1 g de nitrito de plata
- 2) Aforar en un balón de 1000 ml

Br. Cindy Martínez Ramírez

3) Envase ámbar

Anexo 7. Lista de microsatélites SSR que se utilizaron para la amplificación de ADN genómico

No	Primers	Secuencia	Tm(c)	Rango alélicos (PB)
1	IGF1	F 5' CTTGGATGGACCATGTTG 3'	53,9	256-294
		R 5' CATATTTTTCTGCATAACTTGAACCT 3'		
2	S0068	F 5' CCTTCAACCTTTGAGCAAGAAC	60	211-260
		R 5' AGTGGTCTCTCTCCCTCTTGCT		
3	S0090	F 5' CCAAGACTGCC TTGTAGGTGAATA 3'	64	244-251
		R 5' GCTATCAAGTATTGTACCATTAGG 3'		
4	SW240	F 5' AGAAATTAGTGCC TCAAATTGG	56,6	96-115
		R 5' AAACCATTAAGTCCCTAGCAA		
5	SW911	F 5' CTCAGTTC TTTGGGACTGAACC	55,5	153-177
		R 5' CATCTGTGGAAAAAAAAAGCC		
6	S0101	F 5' GAATGCAAAGAGTTCAGTGTAGG	61,1	197-216
		R 5' GTCTCCCTCACACTTACCGCAG		
7	S0155	F 5' TGTTCCTCTGTTTCTCCTCTGTTG	60,1	150-166
		R 5' AAAGTGGAAAGAGTCAATGGCTAT 3'		
8	SW632	F 5' TGGGTTGAAAGATTTCCCAA 3'	54,3	151-190
		R 5' GGAGTCAGTACTTTGGCTTGA 3'		
9	SW936	F 5' TTGGAGCTAGCATAAGTGCC	60,5	80-120
		R 5' GTGCAAGTACACATGCAGGG 3'		
10	S0226	F 5' GCAC TTTTAAC TTT CATGATACTCC 3'	57,5	181-205
		R 5' GGTTAAACT TTTNCCCCAATACA 3'		
11	SO386	F 5' TCCTGGGTCTTATTTTCTA 3'	46,6	156-174
		R 5' TTTTATCTCCAACAGTAT 3'		
12	SW72	F 5' ATCAGAACAGTGCGCCGT 3'	54,3	97-113
		R 5' TTTGAAAATGGGGTGT TTCC 3'		
13	SW857	F 5' TGAGAGGTCAGTTACAGAAGACC 3'	58,4	142-168
		R 5' GATCCTCCTCCAAATCCCAT 3'		

Fuente: FAO/ISAG 2004

Anexo 8. Variables zoométricas de los cerdos proveniente de la región I de Nicaragua

Tabla 1

Variables zoométricas del cerdo indio proveniente de la región I de Nicaragua

Variables zoométricas	Hembras			Machos		
	Medi a	Desviació n	CV%	Medi a	Desviació n	CV%
Longitud de la cabeza (cm)	27.00	5.84	21.65	27.00	4.21	15.59
Longitud de la cara	21.00	5.84	27.83	22.00	3.35	15.23
Anchura de la cabeza	12.00	2.71	22.62	11.00	1.54	14.03
Alzada de la cruz	59.00	15.05	25.51	58.00	11.52	19.86
Alzada de la grupa	65.00	14.00	21.55	65.00	12.44	19.15
Diámetro longitudinal	98.00	27.15	27.70	91.00	29.42	32.33
Diámetro dorso esternal	46.00	9.84	21.40	43.00	8.90	20.69
Diámetro bicostal	22.60	4.73	20.93	24.0	4.90	20.41
Anchura de la grupa	21.00	12.28	58.49	20.50	4.90	23.89
Longitud de la grupa	25.00	6.52	26.07	24.00	3.79	15.81
Perímetro torácico	92.00	24.66	26.80	84.00	20.51	24.42
Perímetro de la caña	15.00	3.41	22.77	15.00	20.51	136.75

CV = Coeficiente de Variación

Tabla 2

Variables zoométricas del cerdo pelón proveniente de la región I de Nicaragua

Variables zoométricas	Hembras			Machos		
	Media	Desviación	CV%	Media	Desviación	CV%
Longitud de la cabeza (cm)	26.00	1.00	3.85	23.00	2.45	10.65
Longitud de la cara	19.00	1.73	9.12	17.00	2.00	11.76
Anchura de la cabeza	12.00	0.58	4.81	11.00	1.83	16.60
Alzada de la cruz	66.00	7.02	10.64	57.00	9.54	16.73
Alzada de la grupa	68.00	7.02	10.33	56.00	11.18	19.96
Diámetro longitudinal	95.00	14.73	15.51	84.00	13.89	16.54
Diámetro dorso esternal	42.00	4.36	10.38	36.00	4.72	13.10
Diámetro bicostal	19.42	2.23	11.48	15.4	2.53	16.37
Anchura de la grupa	25.00	2.52	10.07	19.50	4.99	25.60
Longitud de la grupa	28.00	2.52	8.99	24.00	4.5	18.75
Perímetro torácico	87.00	11.36	13.05	79.50	14.71	18.50
Perímetro de la caña	14.00	1.73	12.37	14.00	1.50	10.71

CV = Coeficiente de Variación

Tabla 3

Variables zoométricas del cerdo muy pequeño proveniente de la región I de Nicaragua

Variables zoométricas	Hembras		
	Media	Desviación	CV%
Longitud de la cabeza	20.00	2.08	10.41
Longitud de la cara	14.00	1.53	10.91
Anchura de la cabeza	14.00	1.53	10.91
Alzada de la cruz	64.00	9.45	14.77
Alzada de la grupa	67.00	15.00	22.39
Diámetro longitudinal	109.00	9.45	8.67
Diámetro dorso esternal	49.00	8.19	16.70
Diámetro bicostal	25.46	2.55	10.0
Anchura de la grupa	24.00	2.65	11.02
Longitud de la grupa	25.00	1.00	4.00
Perímetro torácico	99.00	13.32	13.45
Perímetro de la caña	17.00	2.00	11.76

CV = Coeficiente de Variación

Tabla 4

Variables zoométricas del cerdo casco de mula proveniente de la región I de Nicaragua

Variables zoométricas	Hembras			Machos		
	Media	Desviación	CV%	Media	Desviación	CV%
Longitud de la cabeza	28.00	5.23	18.68	26.50	3.33	12.56
Longitud de la cara	18.00	3.64	20.22	17.00	2.00	11.76
Anchura de la cabeza	12.00	2.60	21.63	12.50	1.49	11.90
Alzada de la cruz	62.00	9.95	16.04	62.50	7.91	12.65
Alzada de la grupa	67.00	10.14	15.14	65.50	9.07	13.84
Diámetro longitudinal	94.00	21.51	22.88	99.00	21.30	21.51
Diámetro dorso esternal	42.00	8.81	20.98	42.00	7.09	16.88
Diámetro bicostal	17.83	3.45	19.35	18.1	3.68	20.30
Anchura de la grupa	22.00	6.04	27.44	22.00	2.93	13.31
Longitud de la grupa	24.00	6.18	25.73	24.50	3.725	15.18
Perímetro torácico	85.00	19.55	23.00	84.50	13.76	16.29
Perímetro de la caña	16.00	2.69	16.81	15.50	2.07	13.36

CV = Coeficiente de Variación

Anexo 9. Índices Zoométricos de los cerdos en estudio de la región I de Nicaragua

Índices Zoométricos de los cerdos en estudio de la región I de Nicaragua

Índices Zoométricos %	HEMBRAS (n=49)			MACHOS (n=29)		
	Media	Desviación estándar	CV (%)	Media	Desviación estándar	CV (%)
Índice Cefálico (ICE)	44.96	6.56	14.60	42.96	5.80	13.50
Índice de proporcionalidad (IP)	61.96	6.13	9.90	63.41	10.05	15.80
Índice corporal (IC)	119.44	49.67	41.60	111.47	16.26	14.60
Profundidad relativa del pecho (PRP)	71.52	8.47	11.80	71.44	7.37	10.30
Índice torácico (IT)	47.70	6.80	14.30	50.50	6.80	13.50
Índice torácico nuevo	47.75	6.84	14.30	50.58	6.82	13.50
Índice pelviano (IPE)	95.36	59.21	62.10	87.66	10.56	12.00
Índice metacarpo- torácico	18.74	8.06	43.00	18.25	2.39	13.10

Anexo 11. Nombre de departamentos y municipios estudiados en la presente investigación

Nº de Municipio	Departamento	Nombre del Municipio	Nº de cerdos
M1	Estelí	San Nicolás	5
M2	Estelí	Estelí	12
M3	Estelí	Condega	8
M4	Estelí	Pueblo Nuevo	8
M5	Estelí	La Trinidad	4
M6	Madriz	Somoto	7
M7	Madriz	La Sabana	3
M8	Madriz	Palacagina	5
M9	Nueva Segovia	Quilalì	6
M10	Nueva Segovia	Jícaro	5
M11	Nueva Segovia	Jalapa	2

Anexo 12. Números de alelos por locus registrado por municipios proveniente de la Región I de Nicaragua

Locus	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	Número total
SW911	5	12	7	9	6	8	4	8	7	8	4	34
S0101	8	15	10	9	5	5	6	7	6	6	3	33
SW632	6	10	8	7	4	7	5	7	9	9	4	34
S0090	7	13	10	13	5	11	4	6	5	7	3	44
IGF1	8	10	8	8	5	7	6	8	5	7	4	24
S0226	7	10	7	9	6	6	4	6	7	6	3	22
SW857	8	12	9	8	6	6	5	7	4	6	3	25
SW72	5	10	7	8	5	7	4	5	4	5	3	17
S0155	8	11	9	8	7	5	4	6	6	7	2	25
S0386	8	11	11	10	6	7	4	8	7	7	4	37
SW240	6	11	7	7	6	5	4	5	4	5	2	14
SW936	8	11	7	6	5	10	4	8	6	5	4	18
S0068	7	7	6	9	6	8	6	5	6	5	3	18
Promedio	7.0	11	8.1	8.5	5.5	7.0	4.6	6.6	5.8	6.3	3.2	26.5
Desviación estándar	1.15	1.8	1.5	1.7	0.77	1.8	0.8	1.1	1.4	1.2	0.7	9.0

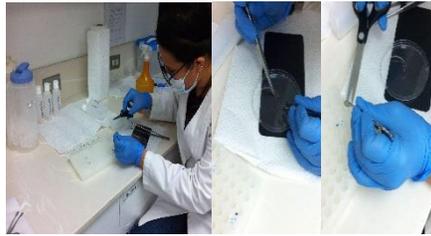
Anexo 13. Heterocigosidad observada y esperada de los 11 municipios de la región I de Nicaragua

Locus	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11	
	Ho	He																				
SW911	1.000	0.822	1.000	0.906	1.000	0.867	1.000	0.933	1.000	0.929	1.000	0.923	1.000	0.867	1.000	0.933	1.000	0.924	1.000	0.956	1.000	1.000
S0101	1.000	0.956	1.000	0.960	1.000	0.942	1.000	0.933	1.000	0.893	1.000	0.824	1.000	1.000	1.000	0.933	1.000	0.879	1.000	0.889	1.000	0.833
SW632	1.000	0.911	1.000	0.924	1.000	0.892	1.000	0.858	1.000	0.857	1.000	0.879	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000	0.955	1.000	0.978	1.000	1.000
S0090	1.000	0.933	1.000	0.935	1.000	0.917	1.000	0.975	1.000	0.893	1.000	0.956	1.000	0.867	1.000	0.911	1.000	0.803	1.000	0.933	1.000	0.833
IGF1	1.000	0.956	1.000	0.906	1.000	0.867	1.000	0.917	1.000	0.893	1.000	0.879	1.000	1.000	1.000	0.956	1.000	0.818	1.000	0.933	1.000	1.000
S0226	1.000	0.933	1.000	0.870	1.000	0.842	1.000	0.917	1.000	0.929	1.000	0.857	1.000	0.800	1.000	0.889	1.000	0.879	1.000	0.889	1.000	0.833
SW857	1.000	0.956	1.000	0.938	1.000	0.917	1.000	0.900	1.000	0.929	1.000	0.857	1.000	0.933	1.000	0.933	1.000	0.742	1.000	0.911	1.000	0.833
SW72	1.000	0.844	1.000	0.895	1.000	0.850	1.000	0.908	1.000	0.857	1.000	0.857	1.000	0.867	1.000	0.867	1.000	0.682	1.000	0.844	1.000	0.833
S0155	1.000	0.956	1.000	0.906	1.000	0.925	1.000	0.900	1.000	0.964	1.000	0.890	1.000	0.867	1.000	0.911	1.000	0.848	1.000	0.933	1.000	0.667
S0386	1.000	0.956	1.000	0.924	1.000	0.933	1.000	0.950	1.000	0.929	1.000	0.879	1.000	0.867	1.000	0.956	1.000	0.864	1.000	0.933	1.000	1.000
SW240	1.000	0.889	1.000	0.935	1.000	0.900	1.000	0.892	1.000	0.929	1.000	0.835	1.000	0.867	1.000	0.844	1.000	0.818	1.000	0.867	1.000	0.667
SW936	1.000	0.956	1.000	0.924	1.000	0.850	1.000	0.833	1.000	0.857	1.000	0.956	1.000	0.867	1.000	0.956	1.000	0.848	1.000	0.867	1.000	1.000
S0068	1.000	0.933	0.917	0.841	1.000	0.808	1.000	0.925	1.000	0.929	1.000	0.923	1.000	1.000	1.000	0.844	1.000	0.848	0.600	0.756	1.000	0.833
Promedio	1.000	0.923	0.994	0.912	1.000	0.885	1.000	0.911	1.000	0.907	1.000	0.886	1.000	0.903	1.000	0.913	1.000	0.839	0.969	0.899	1.000	0.872

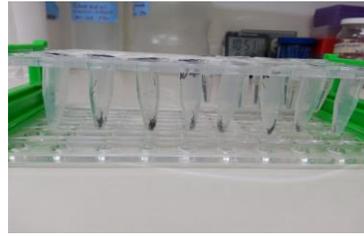
Anexo 14. Índice de fijación

Locus	FIS	FST	FIT
SW911	-0.11073	0.07675	-0.02548
S0101	0.09824	0.06432	-0.02759
SW632	0.10775	0.06652	-0.03406
S0090	-0.09957	0.07479	-0.01734
IGF1	-0.11499	0.05183	-0.05720
S0226	-0.15404	-0.06110	-0.08352
SW857	-0.12489	0.06336	-0.05361
SW72	-0.18860	0.09362	-0.07733
S0155	-0.12874	0.07412	-0.04507
S0386	-0.09243	0.05937	0.02757
SW240	-0.15551	0.04482	-0.10372
SW936	-0.12976	0.04413	-0.07991
S0068	-0.10800	0.06189	-0.03943

Anexo 15. Proceso de extracción de ADN genómico



Lavado y corte de folículo piloso



Lisis celular



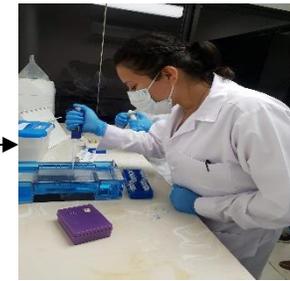
Lavado con fenol cloroformo isoamílico



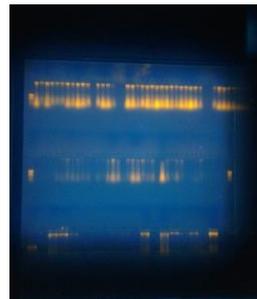
Lavado con etanol al 70%



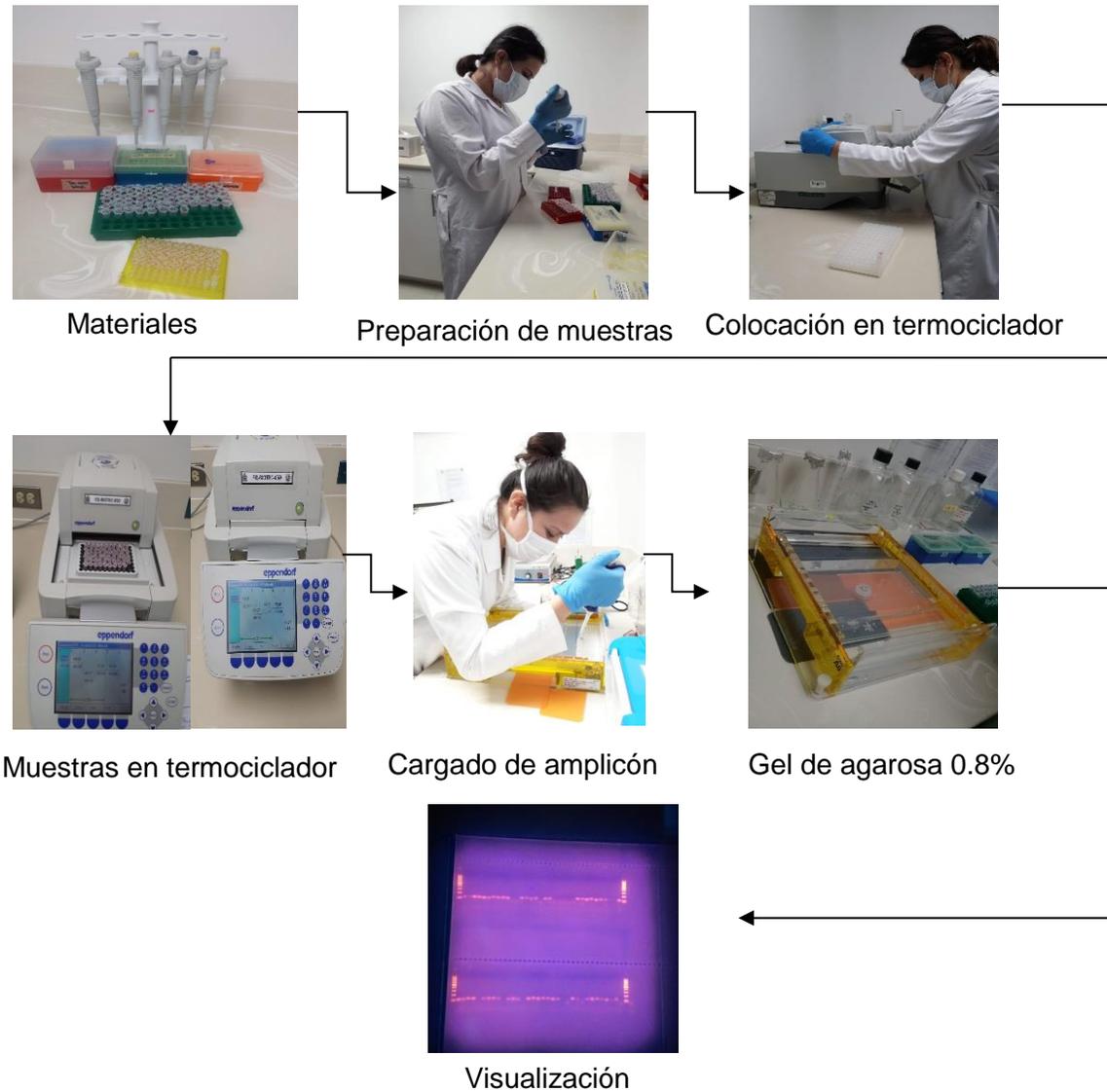
Resuspensión y almacenado



Cargado de ADN



Anexo 16. Proceso de realización de amplificación de las muestras de ADN genómico



Anexo 17. Proceso de gel de poliacrilamida 6%



Preparación de gel



Cargado de muestras



Muestras



Corrida de gel



Revelado de las muestras



Visualización

Anexo 18. Coordenadas geográficas

N°	País	Departamento	Municipio	Comunidad	Coordenadas UTM		Código de INTA
					X	Y	
1	Nicaragua	Nueva Segovia	Quilali	Arenales	673257	1496465	R1/QU/F1/01
2	Nicaragua	Nueva Segovia	Quilali	Arenales	673257	1496465	R1/QU/F1/02
3	Nicaragua	Nueva Segovia	Quilali	Vigia Norte	616236	1491871	R1/QU/F2/01
4	Nicaragua	Nueva Segovia	Quilali	Vigia Norte	616236	1491871	R1/QU/F2/02
5	Nicaragua	Nueva Segovia	Quilali	Vigia Norte	615287	1491843	R1/QU/F3/01
6	Nicaragua	Nueva Segovia	Quilali	Vigia Norte	615287	1491843	R1/QU/F3/02
7	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Diego	NA	NA	R1/JI/F4/01
8	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Diego	NA	NA	R1/JI/F4/02
9	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Pedro de Hula	NA	NA	R1/JI/F5/01
10	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Pedro de Hula	NA	NA	R1/JI/F5/02
11	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Pedro de Hula	NA	NA	R1/JI/F6/01
12	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Pedro de Hula	NA	NA	R1/JI/F6/02
13	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Diego	591669	1526362	R1/SF/F7/01
14	Nicaragua	Nueva Segovia	El Jicaro	San Diego	591669	1526362	R1/SF/F7/02
15	Nicaragua	Nueva Segovia	Jalapa	Las Mercedes	NA	NA	R1/JA/F8/01
16	Nicaragua	Nueva Segovia	Jalapa	Las Mercedes	NA	NA	R1/JA/F8/02
17	Nicaragua	Madriz	Somoto	Zapote 1	551326	1495229	R1/SO/F9/01
18	Nicaragua	Madriz	Somoto	Zapote 1	551326	1495229	R1/SO/F9/02
19	Nicaragua	Estelí	San Nicolas	La Sirena	NA	NA	R1/SN/F10/01
20	Nicaragua	Estelí	San Nicolas	La Sirena	NA	NA	R1/SN/F10/01
21	Nicaragua	Madriz	Somoto	San Juan de Somoto	549937	1494981	R1/SO/F11/01
22	Nicaragua	Madriz	Somoto	San Juan de Somoto	549937	1494981	R1/SO/F11/02
23	Nicaragua	Madriz	Somoto	San Juan de Somoto	549899	1495041	R1/SO/F12/01
24	Nicaragua	Madriz	Somoto	San Juan de Somoto	549899	1495041	R1/SO/F12/02
25	Nicaragua	Madriz	Somoto	El Zapote 1	551334	1498234	R1/SO/F13/01
26	Nicaragua	Madriz	Somoto	El Zapote 1	551334	1498234	R1/SO/F13/02
27	Nicaragua	Madriz	Palacaguina	Musuli	564083	1486455	R1/PA/F14/01
28	Nicaragua	Madriz	Palacaguina	Musuli	564083	1486455	R1/PA/F14/02
29	Nicaragua	Madriz	Palacaguina	Carlos Fonseca	565528	1483652	R1/PA/F15/01
30	Nicaragua	Madriz	Palacaguina	Carlos Fonseca	565528	1483652	R1/PA/F15/02
31	Nicaragua	Madriz	Palacaguina	Carlos Fonseca	565635	1483745	R1/PA/F16/01
32	Nicaragua	Madriz	Palacaguina	Carlos Fonseca	565635	1483745	R1/PA/F16/02
33	Nicaragua	Madriz	Las Sabanas	Miramar	538938	1473456	R1/LS/F17/01
34	Nicaragua	Madriz	Las Sabanas	Miramar	538938	1473456	R1/LS/F17/02
35	Nicaragua	Madriz	Las Sabanas	Miramar	538935	1473448	R1/LS/F18/01
36	Nicaragua	Madriz	Las Sabanas	Quebrada Honda	540663	1473194	R1/LS/F19/01
37	Nicaragua	Madriz	Las Sabanas	Quebrada Honda	540663	1473194	R1/LS/F19/02
38	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	Horcones	549409	1473582	R1/PN/F20/01

Br. Cindy Martínez Ramírez

Nº	País	Departamento	Municipio	Comunidad	Coordenadas UTM		Código de INTA
					X	Y	
39	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	Horcones	549409	1473582	R1/PN/F20/02
40	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	San Cuan	550641	1474068	R1/QU/F21/01
41	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	San Cuan	550641	1474068	R1/QU/F21/02
42	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	Llanos 1	546608	1471629	R1/PN/F22/01
43	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	Llanos 1	546608	1471629	R1/PN/F22/02
44	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	Llanos 1	546677	1471620	R1/PN/F23/01
45	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	Llanos 1	546677	1471620	R1/PN/F23/02
46	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	El Rodeo	550166	1480429	R1/PN/F24/01
47	Nicaragua	Estelí	Pueblo Nuevo	El Rodeo	550166	1480429	R1/PN/F24/02
48	Nicaragua	Estelí	Condega	Montañita	572845	1475448	R1/CO/F25/01
49	Nicaragua	Estelí	Condega	Montañita	572845	1475448	R1/CO/F25/02
50	Nicaragua	Estelí	Condega	Montañita	572724	1475175	R1/CO/F26/01
51	Nicaragua	Estelí	Condega	Montañita	572724	1475175	R1/CO/F26/02
52	Nicaragua	Estelí	Condega	Labranza 2	559487	1467750	R1/CO/F27/01
53	Nicaragua	Estelí	Condega	Labranza 2	559487	1467750	R1/CO/F27/02
54	Nicaragua	Estelí	Condega	Santa Teresa	560864	1470489	R1/CO/F28/01
55	Nicaragua	Estelí	Condega	Santa Teresa	560864	1470489	R1/CO/F28/02
56	Nicaragua	Estelí	Condega	Santa Teresa	560893	1471384	R1/CO/F29/01
57	Nicaragua	Estelí	Condega	Santa Teresa	560893	1471384	R1/CO/F29/02
58	Nicaragua	Estelí	Condega	Gualiqueme	575869	1476730	R1/CO/F30/01
59	Nicaragua	Estelí	Condega	Gualiqueme	575869	1476730	R1/CO/F30/02
60	Nicaragua	Estelí	Estelí	Montañita	564225	1448198	R1/ES/F31/01
61	Nicaragua	Estelí	Estelí	Montañita	564225	1448198	R1/ES/F31/02
62	Nicaragua	Estelí	Estelí	Montañita	564369	1449127	R1/ES/F32/01
63	Nicaragua	Estelí	Estelí	Montañita	564369	1449127	R1/ES/F32/02
64	Nicaragua	Estelí	Estelí	Montañita	564386	1449282	R1/ES/F33/01
65	Nicaragua	Estelí	Estelí	Montañita	564386	1449282	R1/ES/F33/02
66	Nicaragua	Estelí	Estelí	Las Mercedes	562212	1457034	R1/ES/F34/01
67	Nicaragua	Estelí	Estelí	Las Mercedes	562212	1457034	R1/ES/F34/02
68	Nicaragua	Estelí	Estelí	Regado	NA	NA	R1/ES/F35/01
69	Nicaragua	Estelí	Estelí	Regado	NA	NA	R1/ES/F35/02
70	Nicaragua	Estelí	Estelí	Hermanos Cruz	563299	1457997	R1/ES/F36/01
71	Nicaragua	Estelí	Estelí	Hermanos Cruz	563299	1457997	R1/ES/F36/02
72	Nicaragua	Estelí	La Trinidad	San Lorenzo	NA	NA	R1/LT/F37/01
73	Nicaragua	Estelí	La Trinidad	San Lorenzo	NA	NA	R1/LT/F37/02
74	Nicaragua	Estelí	La Trinidad	Las Limas	NA	NA	R1/LT/F38/01
75	Nicaragua	Estelí	La Trinidad	Las Limas	NA	NA	R1/LT/F38/02
76	Nicaragua	Estelí	San Nicolas	La Sirena	NA	NA	R1/SN/F39/01
77	Nicaragua	Estelí	San Nicolas	La Sirena	NA	NA	R1/SN/F39/02

Br. Cindy Martínez Ramírez