

a
Autónoma de
de los objetivos y políticas
2014-2018, presenta la **Colección de**
su versión digital, resultado de la
Universitario emitida a través de la Dirección

Universitarios, editada por la Dirección General de
H, difunde el patrimonio científico, cultural y
2014-2018 de la Universidad. Es una colección
surte a los avances tecnológicos, modernizando su
de su valor académico. Los títulos publicados conforman
científico de nuestra Universidad. Así, la **Colección** puede
de nuestro tiempo.

Universitario revelan aspectos
nuestra Universidad en el momento de su
testimonio de la recepción en el ámbito de
con singular claridad las convicciones de que
fronteras, al estar disponibles virtualmente

Universitarios se propone ser parte del
Editorial Universitario. Su producción
investigación referidos en el mejoramiento de

sonas y grupos colegiados de científicos y académicos con
igaciones, formulen sus propias preguntas y encuentren
conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos
o y ambiental del estado de Chiapas, la región y el país.
ramientas necesarias para que, a través del estudio
os y enriquecer humanamente su entorno.

de la necesidad de servir”

onio Ruiz Hernández
sidad Autónoma de Chiapas

yo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
COLECCIÓN DE TEXTOS UNIVERSITARIOS

Los Bovinos Criollos de México

Historia, Caracterización y Perspectivas

Raúl Andrés Perezgrovas Garza
Fernando de la Torre Sánchez





AUTÓNOMA

RECTORÍA

2014-2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

LOS BOVINOS CRIOLLOS DE MÉXICO

HISTORIA , CARACTERIZACIÓN Y PERSPECTIVAS

Raúl Andrés Perezgrovas Garza
Fernando de la Torre Sánchez



DIRECTORIO

Mtro. Carlos Eugenio Ruiz Hernández
RECTOR

Mtro. Hugo Armando Aguilar Aguilar
SECRETARIO GENERAL

Mtro. Roberto Sosa Rincón
SECRETARIO ACADÉMICO

C.P. José Hugo Ruiz Santiago
ENCARGADO DE LA SECRETARÍA ADMINISTRATIVA

Mtro. Luis Iván Camacho Morales
SECRETARIO AUXILIAR DE RELACIONES INTERINSTITUCIONALES

Dr. Lisandro Montesinos Salazar
DIRECTOR GENERAL DE PLANEACIÓN

Dr. Lorenzo Franco Escamirosa Montalvo
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Lic. Víctor Fabián Rumaya Farrera
DIRECTOR GENERAL DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Mtra. Rocío Aguilar Sánchez
JEFA DE LA UNIDAD DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



RECTORÍA

2014-2018

INSTITUTO DE ESTUDIOS INDÍGENAS

Dra. Sonia Toledo Tello

DIRECTORA

a
Autónoma de
de los objetivos y políticas
4-2018, presenta la **Colección de**
su versión digital, resultado de la
Universitario emitida a través de la Dirección

arios, editada por la Dirección General de
H, difunde el patrimonio científico, cultural y
nico 2014-2018 de la Universidad. Es una colección
rre a los avances tecnológicos, modernizando su
de su valor académico. Los títulos publicados conforman
cífico de nuestra Universidad. Así, la **Colección** puede
e nuestro tiempo.

Universitario revelan aspectos
nuestra Universidad en el momento de su
testimonio de la recepción en el ámbito de
con singular claridad las convicciones de que
fronteras, al estar disponibles virtualmente

Universitarios se propone ser
Editorial Universitario. Su producción
investigación referidos en el mejoramiento de

onas y grupos colegiados de científicos y académicos con
gaciones, formulen sus propias preguntas y encuentren
conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos
y ambiental del estado de Chiapas, la región y el país.
ramientas necesarias para que, a través del estudio
os y enriquecer humanamente su entorno.

de la necesidad de servir”

nio Ruiz Hernández
sidad Autónoma de Chiapas

yo de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
COLECCIÓN DE TEXTOS UNIVERSITARIOS

Los Bovinos Criollos de México

Historia, Caracterización y Perspectivas

Raúl Andrés Perezgrovas Garza
Fernando de la Torre Sánchez



LOS BOVINOS CRIOLLOS DE MÉXICO.
HISTORIA, CARACTERIZACIÓN Y PERSPECTIVAS

D.R. © 2015. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
Boulevard Belisario Domínguez Km. 1081 sin número, Colina Universitaria,
Terán, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

D.R. © 2015. Raúl Andrés Perezgrovas Garza y Fernando de la Torre Sánchez

ISBN: 978-607-8363-76-6

EDICIÓN:

Dirección General de Investigación y Posgrado - Unidad de Divulgación Científica

CUIDADO DE LA EDICIÓN:

Fernando Daniel Durán Ruiz

DISEÑO Y COMPOSICIÓN:

Bernardo Olivio Reyes de León y Ernesto de Jesús Pérez Álvarez

DISEÑO DE FORROS:

Bernardo O. Reyes de León

FORMACIÓN EDITORIAL:

María Beatriz Arévalo Dorry

IMAGEN DE PORTADA:

Ezequiel Rubio Tabarez

COLECCIÓN:

Textos Universitarios

COORDINACIÓN DE LA COLECCIÓN:

Rocío Aguilar Sánchez

EDICIÓN DIGITAL:

María Beatriz Arévalo Dorry

La presente publicación ha sido evaluada y aprobada por pares académicos externos a la institución y financiada con recursos del Fondo para Elevar la Calidad de la Educación Superior (FECES) 2014.

Dirección General de Investigación y Posgrado
Unidad de Divulgación Científica

Hecho en México (Made in Mexico)

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	17
PREFACIO	19
I. LA RED CONBIAND. UN REFERENTE EN LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS IBEROAMERICANOS	27
<i>Juan Vicente Delgado Bermejo, María Esperanza Camacho Vallejo y Raúl Andrés Perezgrovas Garza</i>	
Introducción	30
Objetivos de la Red CONBIAND	33
Herramientas de la Red CONBIAND	35
De dónde venimos y a dónde vamos	41
Conclusiones	43
II. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GANADERÍA BOVINA EN MÉXICO. LA CONQUISTA E INICIO DE LA ÉPOCA COLONIAL	47
<i>Raúl Andrés Perezgrovas Garza</i>	
Introducción	50
La vida cotidiana en México-Tenochtitlan	51

Los viajes de descubrimiento	56
La vida cotidiana en la España del siglo XVI	59
Los viajes de exploración	60
Los viajes de colonización	64
México: primeros momentos de la conquista	69
Las corridas de toros	73
La diáspora del ganado bovino	74
La Mesta novohispana y otros preceptos legales	77
Conclusiones	81
III.SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LOS BOVINOS CRIOLLOS EN MÉXICO	85
<i>Rafael Núñez Domínguez, Rodolfo Ramírez Valverde y José G. García Muñiz</i>	
Introducción	87
Caracterización de los bovinos Criollos	90
Diversidad, inventarios y poseedores	90
Caracterización fenotípica	93
Caracterización genética	101
Conservación de los bovinos Criollos	105
Conclusiones y oportunidades	112
Recomendaciones de Políticas para la Conservación y Uso Sostenible de los Bovinos Criollos	114

Sensibilización de la sociedad	114
Capacitación de recursos humanos	114
Coordinación interinstitucional	115
Definición de prioridades de conservación	116
Alternativas de conservación	116
Recursos económicos para la conservación de los bovinos Criollos	117
IV. EL BOVINO CRIOLLO DE LA SIERRA TARAHUMARA	123
<i>Ezequiel Rubio Tabarez, Eduardo Pérez Eguía y Raúl Andrés Perezgrovas Garza</i>	
Introducción	126
Salida del bovino para América	127
El bovino criollo Mexicano	129
El bovino criollo de Chihuahua	130
La sierra Tarahumara	134
Sistema de producción	137
Características fenotípicas	138
Características físicas	138
V. EL BOVINO CRIOLLO DEL OCCIDENTE DE MÉXICO	147
<i>Guillermo Martínez Velázquez y Moisés Montaña Bermúdez</i>	
Introducción	149
Aspectos reproductivos	153

Edad a primer parto	153
Estro, gestación, parición y destete	154
Etapas nacimiento-destete	156
Productividad hasta el destete	156
Producción y composición de leche y su relación con el peso al destete de las crías	158
Etapas desarrollo, finalización y sacrificio	162
Crecimiento posdestete y características de la canal	162
Rendimiento y composición de la canal de toretes Criollo	166
Conclusiones e implicaciones	171
VI. LA RAZA CRIOLLA LECHERO TROPICAL DE MÉXICO	175
<i>Carlos Miguel Becerril Pérez y Adalberto Rosendo Ponce</i>	
Introducción	178
Conformación del hato Lechero tropical	179
La investigación con datos de El Apuro y Centros Demostrativos FIRA	180
La investigación con datos de El Respiro	188
La investigación con datos de El Colegio de Postgraduados	192
Implicaciones	200

VII. LOS BOVINOS CRIOLLOS EN EL GOLFO DE MÉXICO 207

*Antonio Hernández Beltrán, Patricia Cervantes Acosta, Federico Gómez-Boucrin,
Belisario Domínguez Mancera y Manuel Barrientos Morales*

Introducción	209
La ganadería Criolla de la Costa del Golfo en Veracruz	210
La búsqueda del bovino Criollo del Golfo en la actualidad	217
Trabajo de campo	220
Ubicación geográfica	220
Criterios de inclusión	221
Caracterización morfológica y fenotípica	222
Hallazgos recientes de bovinos con aspecto de Criollos localizados en la región	223
El empleo de marcadores moleculares para identificar bovinos Criollos	225
Anexo fotográfico	233

**VIII. CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ANIMAL EN ZONAS
MONTAÑOSAS DE CHIAPAS Y PROPUESTA DE RAZAS LOCALES
DE BOVINOS CRIOLLOS 237**

Raúl Andrés Perezgrovas Garza y Jorge Antonio Velázquez Avendaño

Antecedentes	240
El bovino Criollo de México	242

Planteamiento del problema	245
Procesos metodológicos	247
Los bovinos locales de Chiapas	248
Propuesta de razas locales	255
Biotipo "Serrano"	256
Biotipo "Alteño Negro"	257
Biotipo "Pinto"	257
Biotipo "Tostado"	261
IX. LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS BOVINOS CRIOLLOS MEXICANOS MEDIANTE SECUENCIAS DE DNA MITOCONDRIAL	267
<i>Paulina Lezama Núñez</i>	
Origen y diversidad del ganado bovino mediante estudios genéticos moleculares	269
Diversidad haplotípica mitocondrial de los bovinos domésticos	271
Ancestría mitocondrial de los bovinos Criollos latinoamericanos	280
Ancestría mitocondrial de los bovinos Criollos Mexicanos	283
Origen geográfico de los haplotipos mexicanos encontrados	291
Origen del ganado bovino Criollo mexicano	293
Diversidad genética mitocondrial	297

Utilidad de los estudios filogenéticos para el aprovechamiento de especies domésticas	301
Linajes mitocondriales y su asociación con diferentes caracteres	302
X. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LOS BOVINOS CRIOLLOS MEXICANOS Y SU RELACIÓN CON OTRAS POBLACIONES BOVINAS	309
<i>Jorge Quiroz Valiente y Amparo Martínez Martínez</i>	
Introducción	311
Análisis genético del origen de la domesticación de los bovinos	314
Los bovinos Criollos en América	316
Introducción de nuevas razas	317
Bovinos Criollos Mexicanos	319
Los marcadores moleculares en la caracterización genética	322
Variabilidad genética	328
Heterocigosidad Observada, Esperada y PIC	329
Estadísticos F en los Criollos Mexicanos	330
Cuello de botella	331
Diferenciación genética	332
Diferenciación genética entre las poblaciones Criollas Mexicanas y las demás	336
Distancias genéticas	337

Dendrogramas o árboles filogenéticos	341
Asignación de individuos a poblaciones con métodos multilocus	343
Influencia de Cebú en los Criollos de México	346
Estructura de todas las poblaciones del estudio	346
Estimación del número de poblaciones (K)	349
Estructura de las Poblaciones	349
XI. EL PAPEL DE LAS BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS ZOOGENÉTICOS DE ESPECIES DOMÉSTICAS	367
<i>José Fernando De La Torre Sánchez, Francisco Javier Padilla Ramírez y Horacio Álvarez Gallardo</i>	
Introducción	369
Antecedentes	371
Semen	377
Congelamiento lento	377
Vitrificación	379
Desecación	381
Embriones	381
Óvulos	386
Cigotos	387

Tejido gonadal inmaduro	388
Células somáticas	389
XII. INOCUIDAD Y CALIDAD DE LA LECHE EN GANADO CRIOLLO	395
<i>Omar Hernández Mendo, Lorenzo Danilo Granados Rivera y Rafael Espinoza Marín</i>	
Introducción	398
Calidad e inocuidad de la leche	399
Estándares de calidad	404
La leche de vaca como alimento en las regiones rurales de México	407
Calidad físico-química de la leche en vacas Criollas	409
Sistema orgánico de producción: alternativa para el desarrollo del ganado bovino criollo en México	415

UNACH

PRESENTACIÓN

La Universidad Autónoma de Chiapas, en el marco de los objetivos y políticas del *Proyecto Académico 2014-2018*, presenta la **Colección de Textos Universitarios** en su versión digital, resultado de la convocatoria **Libro Digital Universitario** emitida a través de la Dirección General de Investigación y Posgrado.

La Colección de Textos Universitarios, editada por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la UNACH, difunde el patrimonio científico, cultural y tecnológico enunciado en el *Proyecto Académico 2014-2018* de la Universidad. Es una colección con doble propósito editorial porque recurre a los avances tecnológicos, modernizando su producción, publicación y distribución; además de su valor académico. Los títulos publicados conforman escenarios para el desarrollo académico y científico de nuestra Universidad. Así, la **Colección** puede considerarse como una estrategia representativa de nuestro tiempo.

Los contenidos presentes en el **Libro Digital Universitario** revelan aspectos decisivos en la investigación de los estudiosos activos en nuestra Universidad en el momento de su publicación, al mismo tiempo que dan testimonio de la recepción en el ámbito de las Instituciones Educativas, que perciben con singular claridad las convicciones de que los libros digitales nos permiten cruzar las fronteras, al estar disponibles virtualmente en cualquier parte del mundo.

La Colección de Textos Universitarios se propone ser parte del quehacer universitario dentro del Programa Editorial Universitario. Su producción contribuirá a lograr los objetivos de docencia e investigación referidos en el mejoramiento de los programas educativos.

Hoy más que nunca, la sociedad necesita personas y grupos colegiados de científicos y académicos con mentes de capacidad crítica, que realicen investigaciones, formulen sus propias preguntas y encuentren sus propias respuestas; asimismo, que generen conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos para contribuir al desarrollo social, económico y ambiental del estado de Chiapas, la región y el país. Es tiempo de brindar a los lectores las herramientas necesarias para que, a través del estudio reflexivo, puedan transformarse a sí mismos y enriquecer humanamente su entorno.

“Por la conciencia de la necesidad de servir”

Mtro. Carlos Eugenio Ruiz Hernández

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

MAYO DE 2015

PREFACIO

Este libro sobre los bovinos Criollos de México, constituye una recopilación de trabajos sobre esta temática que se han realizado a lo largo del país en los últimos años; es primera vez que en un solo volumen puede encontrarse información de primera mano sobre la historia, las características fenotípicas y productivas de varias de las razas localmente adaptadas de ganado bovino, y sobre las perspectivas de esta actividad pecuaria en la República Mexicana.

La Red Mexicana CONBIAND, A. C., centra sus objetivos en la conservación de la diversidad de animales domésticos en el país, siempre con la finalidad de acercarse al desarrollo sostenible de las personas que se dedican a atender estas razas locales. Esto significa que el interés no es exclusivamente el estudio de las características externas y productivas de las razas animales que históricamente se han desarrollado en distintas regiones de México, sino que estos animales sirvan también un propósito socioeconómico al incorporarse a la vida productiva de la sociedad.

La presente recopilación representa igualmente el esfuerzo de los diferentes grupos que integran la Red para hacer visible su trabajo y ponerlo a disposición del público interesado, particularmente a los estudiantes de las de las distintas carreras agropecuarias en México, pero también a los ganaderos y los tomadores de decisiones en el ámbito de la producción animal en el país. La publicación de resultados de investigación sobre los animales Criollos de México es uno de los objetivos que se ha planteado la Red Mexicana CONBIAND, A. C., como también es un objetivo

el facilitar de formación de recursos humanos que comprendan y promuevan la importancia de conservar las razas locales de las diferentes especies animales.

Ante la amenaza latente de perder estas razas locales en aras de un productivismo ganadero que se interesa únicamente por el desarrollo económico —interés a todas luces encomiable—, las acciones de la Red se enfocan en revalorar las ventajas de las poblaciones de animales locales sobre aquellas de carácter comercial, generalmente transfronterizas y de reducida base genética. Por el contrario, las razas locales de animales domésticos han demostrado a lo largo de los siglos, tener suficientes características de rusticidad, de resistencia a condiciones ambientales poco favorables, de resiliencia ante calamidades naturales relacionadas con el cambio climático, e incluso de resistencia a algunas enfermedades parasitarias. Pero esas no son sus únicas ventajas, puesto que al ser animales que producen con muy pocos insumos externos, se convierten en fuente de recursos monetarios y de ahorro para los productores menos favorecidos.

Además, desde el punto de vista genético, los bovinos Criollos de México representan un valioso conjunto de genes que merecen la pena no sólo conservarse, sino considerar su ulterior inclusión en el genoma de otras razas menos favorecidas, a efecto de reforzar sus características de supervivencia. Es por esta consideración que el material genético de las razas locales necesita ser estudiado a mayor profundidad, puesto que su desaparición ante cruzamientos poco controlados con ejemplares de las razas transfronterizas pudiera representar una pérdida irreparable, y de ahí la importancia y la urgencia de emprender acciones de crío-preservación.

Este volumen inicia con una relatoría del trabajo de la Red CONBIAND Iberoamericana, de la que se desprende la Red Mexicana, y que es ya una referencia obligada en el trabajo de conservación de razas localmente adaptadas de la mayoría de las especies de animales domésticos. Con sus antecedentes en una red temática financiada por el Consejo de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo auspiciada por el gobierno español, la Red Iberoamericana tiene un perfil netamente académico y se ha caracterizado en los últimos diez años por ser autofinanciable y por promover las investigaciones en todas las disciplinas de la producción y la salud animal, destacando los estudios de caracterización genética y productiva a través de sus diferentes consorcios-especie. Además de ello, la Red CONBIAND Iberoamericana se ubica ya en los espacios de toma de decisiones a nivel

mundial en lo concerniente a la conservación de recusos zoogenéticos, y participa con voz y voto en los diferentes foros organizados por la Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El estudio de las razas localmente adaptadas de bovinos de México, no podría dejar de lado los antecedentes históricos de su venida al Nuevo Mundo, lo cual es también un tema de este volumen. En el capítulo respectivo, se presenta una semblanza de la vida cotidiana en diferentes momentos históricos del desarrollo ganadero americano, desde sus orígenes españoles y el traslado marítimo de ganado a nuestro continente, hasta su periodo de auge a principios de la época colonial novohispana; en este andar se aprovecha para referir lo que sería la vida cotidiana de la población mexicana antes de la llegada de los conquistadores españoles, con énfasis en los elementos de las especies domésticas y silvestres que estaban incluidas en el diario acontecer.

Con una perspectiva panorámica, el tercer capítulo de este libro nos presenta la situación de la ganadería de bovinos Criollos en México, haciendo un recorrido por los diferentes estados de la República y describiendo el trabajo realizado por distintos grupos de investigación con las principales razas localmente adaptadas reportadas hasta el día de hoy. En este trabajo se hace mención a las perspectivas que se tienen para la actividad en el futuro cercano, enfatizando la necesidad de incidir en las políticas públicas y de definir las prioridades de conservación de los bovinos Criollos.

En los capítulos subsecuentes, los diferentes grupos de investigación de México hacen un recuento de sus avances con las razas localmente adaptadas en sus áreas de influencia. Así, en el norte del país se trabaja con el bovino Criollo de la Sierra Tarahumara y, después de un acercamiento a la historia particular de la llegada de este ganado al norte del país, se refieren los estudios de caracterización productiva, en particular los relacionados con los parámetros reproductivos y del crecimiento de los animales desde el nacimiento hasta el sacrificio. Esta información viene acompañada de fotografías que muestran la diversidad fenotípica del ganado Criollo de Chihuahua.

Siguiendo con rumbo al sur del país, se presenta la información relacionada con el ganado Criollo de Nayarit, que se basa en el bovino local denominado "Coreño", que en general ha sido menospreciado y tiende a desaparecer por considerar que tiene baja productividad, situación que en México es más bien la regla y no la excepción cuando se trata de ganado Criollo. Los estudios

que se presentan hacen referencia diversos aspectos productivos y reproductivos que van desde el nacimiento de los becerros, pasando por su desarrollo, hasta llegar a la etapa de sacrificio, evaluando parámetros de calidad de la carne y el perfil de ácidos grasos, y haciendo comparaciones con otras razas como la Guzerat y sus cruizas con el Coreño. El trabajo incluye asimismo los resultados de estudios de composición de la leche y cantidad de la producción láctea, con muy buenos rendimientos en producción total y producción diaria. Cabe mencionar que en muchas de las características evaluadas, el bovino Coreño resultó con mejores indicadores productivos, demostrando la pertinencia del ganado localmente adaptado sobre otras razas.

Para continuar con la región costera al oriente del país, en el siguiente capítulo se pueden apreciar los detallados estudios con la raza Criolla Lechera Tropical de México. En el trabajo se presenta una importante semblanza histórica de la raza, a partir del trabajo memorable del Dr. Jorge de Alba Martínez, para la formación de un hato mexicano de estos animales con los que él mismo hiciera investigaciones puntuales en varios países de Centroamérica, particularmente en Honduras y Costa Rica. El capítulo hace una amplia reseña de la formación de hatos de ganado Lechero Tropical en distintas zonas de México, con estudios muy minuciosos sobre su comportamiento productivo y reproductivo, incluyendo los resultados experimentales de la mejora genética a través de selección, así como también información relevante sobre investigaciones de tipo alimentario en praderas y acerca de la producción y sobre la calidad de la leche, siempre con ventaja del Lechero Tropical sobre los cebuinos y sus cruizas.

Abundando en la información sobre el ganado bovino Criollo del Golfo de México, el siguiente capítulo hace referencia a los estudios que hace tiempo se llevan a cabo en esa zona tropical para identificar el biotipo particular de estos animales. Después de un recorrido por la historia de la formación de los hatos bovinos a lo largo de la época colonial, del siglo XVI al XIX, el trabajo se centra en la definición del bovino Criollo del Golfo, que es un esfuerzo tendiente a valorar este recurso zoogenético que está en peligro de extinción, pero que ha influido en la construcción de una cultura ganadera regional que merece ser analizada. El trabajo describe con detalle la metodología que se está empleando para la búsqueda del bovino Criollo del Golfo, y

que incluye una serie de descriptores fenotípicos específicos y medidas zoométricas propias de la especie, y que espera incluir en el futuro cercano los marcadores moleculares.

Al hacer el recorrido hacia la parte sur de la República Mexicana, se muestran los trabajos de caracterización fenotípica del bovino Criollo de las montañas de Chiapas. El estudio demuestra una interesante correlación entre la proporción de bovinos Criollos y la altitud sobre el nivel del mar, indicando que a una mayor banda altitudinaria se incrementa la cantidad de vacunos localmente adaptados. Otro aspecto de relevancia es que dichas poblaciones de bovinos locales están mayormente en manos de grupos indígenas de origen maya, que han incorporado a estos animales dentro de sus estrategias de desarrollo social y económico. En el capítulo se presentan las características fenotípicas de grupos de bovinos que comparten un patrón fenotípico semejante, y a la par se hace una propuesta para nombrar a estos biotipos Criollos, que además comparten su apariencia externa con otras razas localmente adaptadas de bovinos en México.

Dando un giro a la información que se presenta sobre el ganado bovino Criollo en diferentes regiones de México, en este volumen se da paso a un par de capítulos de corte netamente genético. El primero de ellos hace una amplia revisión de literatura y por medio de experimentos con marcadores moleculares específicos, analiza la conformación genética del bovino Criollo americano y en particular el de México. El capítulo alude a aspectos generales como la domesticación de la especie, para llegar a establecer las relaciones filogenéticas entre bovinos de distintas latitudes en el mundo. Resulta interesante encontrar cómo los estudios con marcadores moleculares evidencian la influencia que históricamente tuvo el ganado del norte de África en la conformación no sólo de las razas autóctonas españolas sino de las americanas, y en especial del ganado Criollo Latinoamericano.

El segundo capítulo, con información sobre genética molecular, hace un recuento histórico del devenir de las razas Criollas Mexicanas, para luego entrar en la descripción de una serie de investigaciones específicas sobre los marcadores moleculares en el ganado bovino Criollo Mexicano, en su comparación con otras razas criollas del continente americano y con varias razas de referencia de origen europeo; con ello se pueden contrastar muchas hipótesis existentes sobre el origen y la dispersión del ganado bovino en México. Resulta interesante observar datos concretos que

permiten diferenciar a los Criollos Mexicanos de las distintas regiones y, a la vez, agruparlos por su semejanza genética, encontrando cuáles razas localmente adaptadas se parecen más entre ellas.

Otra sección del libro habla sobre la importancia de las tecnologías reproductivas en la conservación de los recursos zoogenéticos. El trabajo hace referencia a los bovinos Criollos de México, pero a la par establece que las condiciones técnicas son igualmente útiles en el resto de las especies domésticas. Después de hacer un recuento teórico-práctico sobre las técnicas disponibles, los autores proponen la mayor utilización de las facilidades técnicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos, ubicado en Tepatitlán, Jalisco, para implementar la crío-preservación del material genético de los animales localmente adaptados, contribuyendo así a la formación de un banco genético que permita amortiguar o eliminar el riesgo de perder genes valiosos.

El libro culmina con una serie de estudios sobre las características de la leche en el ganado Criollo de México, haciendo particular referencia la composición de la leche y a su inocuidad, lo cual garantiza calidad nutritiva y sensorial. A través de diversos protocolos de investigación, los autores concluyen que la alimentación en pastoreo propia del ganado Criollo promueve un mejor contenido de ácidos grasos insaturados en la leche, y además este subproducto presenta ventajas significativas en la fabricación de quesos, tanto por la cantidad de sólidos totales como por su contenido de proteína y grasas, por arriba de lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana, lo cual representa un potencial para la agregación de valor a la cría de ganado Criollo, en especial cuando se implementa un sistema orgánico de producción.

Para finalizar, cabe mencionar otro de los valores intrínsecos del presente volumen, que es la colección fotográfica de los bovinos Criollos en diferentes regiones de México. Este material se encuentra dentro de los distintos capítulos, y en su conjunto permite apreciar, por un lado, la diversidad de estos bovinos, pero también, deja entrever que existen biotipos y fenotipos comunes a lo largo del país, lo que no es extraño ante una historia común de introducción de la especie en el siglo XVI; esta situación induce a pensar en la fuerza de ciertos genes que han pervivido durante siglos.

Los editores del libro de Los bovinos Criollos de México. Historia, caracterización y perspectivas aprovechamos la oportunidad para hacer un reconocimiento a la labor incansable que a lo

largo de varias décadas realizara el Dr. Jorge de Alba Martínez en pro de los bovinos Criollos de América y en particular de México. Su visión fue pionera en el reconocimiento del valor de estas razas localmente adaptadas sobre otras teóricamente más productivas. Su libro póstumo sobre los Bovinos Criollos de América ha sido una inspiración para tratar de seguir su camino y documentar la experiencia con los bovinos Criollos Mexicanos. Esta obra es un homenaje a su tenacidad y a su ejemplo.

También queremos agradecer puntualmente a todos los autores y co-autores de los diferentes capítulos, que nos permitieron conjuntar esta gran cantidad de experiencias sobre nuestros recursos zoogenéticos y ponerla a disposición de un amplio número de lectores, tanto del mundo académico como de las organizaciones dentro y fuera del gobierno. En especial agradecemos la colaboración decidida de los doctores Rafael Núñez Domínguez, Carlos Miguel Becerril Pérez y Guillermo Martínez Velázquez, todos ellos grandes especialistas y conocedores de los bovinos Criollos de nuestro país, y cuyas contribuciones realzan esta publicación.

Igualmente queremos dejar constancia de la gentil disposición de los integrantes de la Red Mexicana CONBIAND, A. C., que de manera decidida tuvieron la voluntad de compartir sus resultados de investigación para estructurar este libro, que espera ser punta de lanza de otras publicaciones que pongan en alto los valores intrínsecos de las razas localmente adaptadas de las diferentes especies de animales domésticos de México. Esperamos que la publicación de esta obra genere nuevas inquietudes, que culminen en acciones compartidas de colaboración e intercambio académico, y también en protocolos de investigación interinstitucionales que conduzcan a la conservación y fomento de nuestras razas localmente adaptadas de animales domésticos.

Raúl Perezgrovas Garza
Fernando de la Torre Sánchez
Editores

UNACH

I. LA RED CONBIAND. UN REFERENTE EN LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS IBEROAMERICANOS

UNACH

LA RED CONBIAND. UN REFERENTE EN LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS IBEROAMERICANOS

**Juan Vicente Delgado Bermejo¹, María Esperanza Camacho Vallejo²
y Raúl Andrés Perezgrovas Garza³**

¹Presidente de la Red CONBIAND. Depto. de Genética. Universidad de Córdoba.
Campus de Rabanales Ed. C-5. 14071-Córdoba. España. juanviagr218@gmail.com

²Centro IFAPA Alameda del Obispo. Instituto de Investigación
y Formación Agraria y Pesquera, 14071-Córdoba. España

³Instituto de Estudios Indígenas, UNACH. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México

Resumen

Desde el año de 1999, la Red Científica CONBIAND es el máximo exponente de la conservación y utilización sostenible de los recursos zoológicos domésticos locales en el contexto Iberoamericano. El presente artículo presenta los objetivos de la Red y describe cómo se han ido cubriendo a lo largo de la década y media de su historia, abarcando a todas las especies domésticas, pero con especial énfasis en los bovinos autóctonos. Se describen también las herramientas de las que se ha servido la Red para elevar el nivel científico de la conservación animal en el área Iberoamericana, basadas en la Investigación, el Desarrollo y la Innovación (D+I+i), pero también

en las transferencias de ciencia y tecnología al sector, y especialmente desde la formación de recursos humanos de alto nivel. De igual manera se hace una semblanza de cómo se encontraban los recursos zoogenéticos locales y su contexto al comenzar las actividades científicas de la Red, así como de su evolución hasta nuestros días, dejando sobre el escenario una proyección de las perspectivas futuras de la materia, todo ello analizado desde la experiencia de los más de 300 investigadores vinculados a la Red en 22 países.

Palabras clave: organización, razas locales, utilización sustentable, colaboración científica.

Abstract

Since 1999, CONBIAND scientific network is the upmost representative of the conservation and sustainable utilization of autochthonous animal genetic resources within the Iberoamerican context. The present article presents the objectives of the Network and describes how they have been accomplished along its decade and a half history, considering all domestic species and particularly the case of the local bovine breeds. The academic tools for the improvement of the scientific level of animal conservation within the Network are also described, based upon Research, Development and Innovation, and also upon the science and technology transfer within the sector, and very especially upon the preparation of highly qualified human resources. Likewise, an outline is shown of how animal genetic resources were found at the beginning of the Network activities, and its evolution up to date, leaving on the arena a preview of the future perspective on the subject, analysed through the expertise of over 300 research scientists linked to the Network in 22 countries.

Key Words: organization, local breeds, sustainable utilization, scientific collaboration.

Introducción

España es el país más biodiverso de Europa en cuanto a sus recursos zoogenéticos domésticos y con toda seguridad uno de los más diversos del mundo; sus más de 300 razas conocidas así lo atestiguan (Fernández *et al.*, 2009). Todos los estamentos del país han sido conscientes de ello y de la difícil situación en la que se encontraba la mayoría de este patrimonio. Por esa razón se han

promovido fuertes movimientos para asegurar la supervivencia de todas las razas autóctonas españolas. Las administraciones públicas, las organizaciones no gubernamentales, las universidades y centros de investigación, las asociaciones de ganaderos y hasta la opinión representativa han trabajado al unísono para liderar en el mundo los modelos nacionales aplicados a la conservación de las razas domésticas.

Esta sensibilización generalizada provocó que en España se desarrollaran iniciativas muy importantes tanto en el mundo gubernamental (creación de los Comités de Razas y de Reproducción, fundación del Banco Nacional de Germoplasma, confección del Catálogo Oficial de Razas de Ganado, etcétera), como en el no gubernamental (fundación de la Sociedad Española de Recursos Genéticos Animales SERGA, celebración bianual de Congresos Ibéricos de Conservación de los Recursos Zoogenéticos, elaboración de la Guía de Campo de las Razas Autóctonas Españolas, redacción del Informe Nacional sobre la Situación de los Recursos Genéticos Animales solicitado por la FAO, etcétera).

Todo ello impulsó la generación de una importante masa crítica en las universidades españolas y en sus centros de investigación, lo que promovió la generación de conocimientos necesaria para impulsar, consolidar y mantener el liderazgo español en el campo de la conservación animal. A comienzo de la década de 1990, un grupo de investigadores agropecuarios iberoamericanos estaban en su proceso de formación en la Universidad de Córdoba. Allí encontraron un permanente ambiente de debate en los fundamentos de la conservación de los recursos zoogenéticos, y rápidamente se involucraron en él. Todos coincidían en que existía una gran laguna de conocimientos y de inquietudes sobre las razas locales en el contexto iberoamericano en su conjunto; muy distante de lo que estaba ocurriendo en la Península Ibérica, donde la conservación de las razas locales era ya un tema absolutamente prioritario a todos los niveles.

Como fruto de aquellos debates fue surgiendo la necesidad de consolidar un equipo de trabajo permanente, que aglutinara a los escasos grupos iberoamericanos que trabajaban en la materia en aquellos tiempos, y que sirviera como base de transferencia de conocimientos desde las experiencias más avanzadas hacia aquellos que recién comenzaban.

En 1998 se redactó un proyecto que fue sometido al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), consiguiéndose financiación para constituir una Red Temática que fue titulada como “Red Iberoamericana sobre la Conservación de los Animales Domésticos Locales para el Desarrollo Rural Sostenible” (Red CYTED XII-H). Esta Red comenzó en 1999 su andadura, con nueve grupos de investigación de seis países (Brasil, Uruguay, Argentina, México, Portugal y España) y desde su fundación comenzó un crecimiento y una diseminación impresionante que nos ha llevado hasta nuestros días a la integración de más de 300 investigadores radicados en más de 20 países, algunos de ellos situados fuera de nuestro contexto iberoamericano, como es el caso de Italia, Alemania, Francia y Estados Unidos.

Entre los años 2005 y 2006, el Programa CYTED concluyó la financiación de la Red, y aunque la mantuvo dentro de sus estructuras, la Red se vio obligada en constituirse con personalidad jurídica propia como “Asociación sobre la Conservación de los Animales Domésticos Locales para el Desarrollo Rural Sostenible” (Red CONBIAND), con el fin de poderse autofinanciar para seguir prestando sus servicios a la comunidad iberoamericana.

Hoy día, la Red CONBIAND cuenta con estructuras radicales en la mayor parte de los países donde está implantada, funcionando éstas de manera autónoma en cuanto a la realización de proyectos, la búsqueda de financiación, la representación a todos los niveles, etcétera. Todas estas estructuras se coordinan internacionalmente a través de la Asamblea Anual Ordinaria, la celebración del Simposio Anual, ambos con una sede rotativa en algún país integrante de la Red, la revista científica “Actas Iberoamericanas de Conservación Animal” (AICA), la página web (<http://www.uco.es/conbiand/Bienvenida.html>), además de múltiples iniciativas multilaterales que se plantean cada año entre los diferentes grupos nacionales de investigación.

Con la experiencia de todos estos años, la Red CONBIAND se ha convertido en un referente internacional en la conservación de los recursos zoogenéticos: cientos de investigadores iberoamericanos se han especializado en sus cursos; decenas de doctores y magister se han graduado en el contexto de la Red; cientos de artículos científicos se han publicado en el seno de la Red; decenas de libros de texto, libros de actas, etcétera, forman parte de la productividad científica

de los investigadores integrados en esta gran iniciativa. Todas estas cuestiones han sido revisadas recientemente por Camacho *et al.* (2014), reseñando tan sólo las comunicaciones presentadas en los Simposios CONBIAND hasta 2014, con un total de 1452 trabajos.

Objetivos de la Red CONBIAND

A la hora de fijar los objetivos en el inicio de la Red dentro del programa CYTED, fuimos fuertemente influidos por el contexto temporal. En aquel momento, aún la preocupación por la conservación de la biodiversidad no se había generalizado. Habían pasado relativamente pocos años desde la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, y los países recién iniciaban a ajustar sus legislaciones sobre la conservación de la biodiversidad, pero esos primeros esfuerzos se centraron en la diversidad natural y no en los recursos de interés agroalimentario, como eran las plantas cultivadas, algunos microorganismos y los animales domésticos.

La preocupación sobre la conservación y el uso sostenible de los recursos zoogenéticos domésticos no se consolidó hasta el año 2007, tras la celebración de la Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Genéticos Animales, celebrada en Interlaken (Suiza), donde se presentó el Informe Global sobre el Estado de los Recursos Genéticos Animales para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2010). Pero más importantes fueron los resultados del evento que se plasmaron en la Declaración de Interlaken, que fijaba la filosofía del acción mundial para apoyar la erradicación del hambre y el desarrollo justo y sostenible desde la producción animal tradicional, así como el Plan de Acción, que precisaba las directrices técnicas para ejecutar los objetivos definidos por el Manifiesto (FAO, 2007).

Hasta ese momento, quienes trabajábamos en esta materia seguíamos siendo considerados por la comunidad científica como investigadores alternativos poco realistas. Debemos tener en cuenta que los contenidos del agronegocio ganadero dominaban por completo los temarios y las asignaturas impartidos en nuestras universidades, y suponían un grupo de poder que gobernaba las líneas prioritarias de investigación de las instituciones de educación superior en Iberoamérica. En suma, se cerraba un círculo en el que nuestros estudiantes sólo se formaban en contenidos de interés para el negocio agropecuario, presididos por la idea de un productivismo a gran escala.

A partir de 2007 los criterios de sostenibilidad, de impacto social y ecológico y la soberanía alimentaria, entre otros, se infiltraron en la investigación, en el desarrollo, en la innovación y en la docencia, y a partir de ahí, la Red CONBIAND, además de seguir haciendo su trabajo iniciado en 1999, empezó a ser reconocida por los países como una estructura esencial y prioritaria, que daba cumplida respuesta a las demandas de formación expuestas por todos los países iberoamericanos en sus informes nacionales, como queda claro en el informe de la FAO (FAO, 2010).

Desde un comienzo, la Red se planteó el estudio consorciado de los recursos zoogenéticos domésticos locales en Iberoamérica, así como la investigación de los sistemas de explotación tradicionales en ese contexto, pero todo ello desde una perspectiva de la sostenibilidad ambiental y social. Por ello, eran también objetivos prioritarios para nosotros el análisis de los impactos sociales en términos de búsqueda de los objetivos de desarrollo del milenio, y los impactos ambientales para asegurar la inalterabilidad de los medios de producción, especialmente aquellos que estaban en manos de las comunidades locales menos favorecidas.

En el transcurrir de la Red, se han ido incorporando algunos otros objetivos colaterales, como han sido la caracterización y valoración de los productos procedentes de las razas locales y sus sistemas tradicionales; y también, el estudio del traspatio o ganadería de autoconsumo que incluso ha dado lugar a una Red específica titulada TRASIBER (Red sobre el Traspasio Iberoamericano, <http://www.trasiber.org/>).

Camacho *et al.* (2014), utilizando como discernimiento crítico la adscripción científica de los trabajos presentados en los simposios de la Red hasta 2014, apuntan un interés predominante y constante por la caracterización de las poblaciones animales, predominando la caracterización genética (75.3%) sobre la funcional y morfológica. En un segundo plano, bastante irregular a lo largo de los años, los investigadores centraron su interés sobre los aspectos sanitarios y nutricionales de las razas locales (10.7%) y en menor medida sobre la perspectiva social (8.5%), quedando en un interés marginal la caracterización de los sistemas (5.6%). Esta distribución de la preocupación de los investigadores sorprende un poco, pero es fácil de comprender si tenemos en cuenta que una gran cantidad de las razas iberoamericanas se encuentran hoy en la categoría de desconocidas, ya

que la mayoría se las esconde en el término “Criollo”, que actúa como una sombrilla bajo la cual se incluye una gran biodiversidad fuera de control y de reconocimiento; es por ello que los especialistas en la materia concentran sus trabajos en la caracterización, porque lo ven aún hoy como una materia absolutamente prioritaria, porque no hay nada más amenazado que lo desconocido.

Herramientas de la Red CONBIAND

Para cumplir los objetivos expuestos, la Red CONBIAND, desde su fundación como Red CYTED XII-H se dotó de una serie de herramientas que han demostrado su eficiencia a lo largo del tiempo. En el plano de la investigación, el desarrollo y la innovación, la Red estableció un foro permanente radicular que estaba organizado en torno al coordinador internacional y luego presidente de la Red; de él parte la información a los coordinadores nacionales establecidos en cada país, quienes han sido los responsables de crear las redes-país, cada una de ellas conformada de acuerdo a la idiosincrasia regional de cada nación. Esta estructura es probablemente el principal activo de la Red, ya que cuando surge una idea o una propuesta, ésta fluye con gran rapidez llegando hasta el último rincón interesado en la misma. Así, nuestra capacidad de acción-reacción es la mejor, pudiendo conformarse consorcios científicos de calidad, sobre cualquier materia en un tiempo record.

Estatutariamente, cada país debe crear su estructura nacional de CONBIAND, desarrollar sus propios estatutos autónomos y elegir democráticamente su representante o coordinador nacional. Así se ha constituido CONBIAND España (SERGA), CONBIAND Portugal (SPREGA), la Red Mexicana CONBIAND y CONBIAND Paraguay, estando muy avanzada la estructuración en Ecuador, Colombia y Brasil. En los países donde no hay estructura, el coordinador es designado por el presidente de la Red en una persona de su confianza, con reconocido prestigio en materia de recursos zoogenéticos, quien es refrendado por la Asamblea General.

Esta estructura ha dado base a la formación de decenas de consorcios de gran productividad; algunos de ellos han llegado a evolucionar como una nueva red independiente, como es el caso de TRASIBER, dedicada al trabajo sobre el Traspatio en Iberoamérica, o la Red de Pequeños Rumiantes Iberoamericanos, financiada desde Brasil. Con estas estructuras se han conseguido

múltiples proyectos de investigación y otras financiaciones para abordar problemas concretos y resolverlos. Lo conseguido por estas estructuras en el plano de la I+D es muy cuantioso. Son decenas de artículos de máximo impacto, algunos de los cuales vamos a destacar a continuación dentro de los consorcios de cada especie.

El consorcio BIOBOVIS es sin duda el más productivo. Comenzó publicando un artículo sobre el origen y la diversidad genética de los bovinos iberoamericanos basado en un estudio de microsatélites (Ginja *et al.*, 2010) y por un estudio de caracterización de la misma naturaleza desarrollado sobre las razas Guaymi y Guabala de Panamá (Villalobos *et al.*, 2010). Ya en 2011, los equipos españoles y portugueses de la Red publicaron un estudio relacionado con la estructura genética de los bovinos Ibéricos, también basado en los microsatélites. A este trabajo le siguió un estudio similar desarrollado sobre las razas criollas iberoamericanas (Delgado *et al.*, 2012), y el que quizás es el trabajo cumbre del consorcio dedicado a evaluar las huellas genéticas del descubrimiento en la diversidad bovina actual (Martínez *et al.*, 2012), publicado en la revista de interés general PLOS ONE.

Posteriormente, se publicó un trabajo específico sobre la diversidad genética del Bovino Criollo Uruguayo (Armstrong *et al.*, 2013) y un análisis de las prioridades de conservación de las razas bovinas iberoamericanas basado en marcadores autosómicos (Ginja *et al.*, 2013). Quedan aún pendientes algunos trabajos más que están en desarrollo dentro del consorcio de los bovinos autóctonos, sin dejar de mencionar los estudios realizados en cada país de la Red sobre sus propios bovinos criollos, entre los que destacan Brasil, Colombia y Argentina. Más recientemente, se empiezan a hacer investigaciones sobre los bovinos Criollos en varios estados de la República Mexicana, los que se hacen evidentes en esta misma publicación, y que si bien incluyen mucho trabajo inicial de diagnóstico y caracterización, demuestran la existencia de material un genético diverso y valioso que merece la pena estudiar y conservar.

El consorcio BIOGOAT, dedicado como su nombre indica a la biodiversidad caprina, a pesar de ser uno de los más precoces en producir artículos concretos sobre algunas razas, se está retrasando en desarrollar megaestudios, aunque ya están en marcha al menos tres artículos de esta naturaleza. Oliveira *et al.* (2010) estudiaron las relaciones genéticas entre las razas caprinas

Moxotó de Brasil y Serpentina de Portugal, las cuales muestran un paralelismo morfológico muy marcado. En ese mismo año Chacón *et al.* (2010) caracterizaron los caprinos criollos cubanos, al igual que hicieron Bruno de Sousa *et al.* en 2013 con los caprinos portugueses. Posteriormente, Ribeiro *et al.* (2012) publicaron un análisis de las relaciones genéticas entre las razas caprinas Brasileñas y Portuguesas.

Por su parte el consorcio BLOOVIS ha seguido una suerte similar al del caprino, ya que aún no han concluido los megaestudios en marcha, pero sí interesantes trabajos sobre situaciones concretas de algunos países. Quiroz *et al.* (2008) publicaron una caracterización genética de las razas de ganado lanar de las montañas de Chiapas, y más recientemente Landi *et al.* (2013) siguieron las huellas de los ovinos de pelo canarios en las razas deslanadas iberoamericanas usando los microsatélites.

En el consorcio BIOHORSE también han primado los estudios parciales sobre aquellos que involucran a todo el consorcio. Pires de Souza y sus colaboradores (2008) publicaron la caracterización genética del caballo Pantaneiro de Brasil, así como una propuesta de aplicación de los marcadores genéticos para el control de paternidad en la raza (Pires De Souza *et al.*, 2008).

El consorcio BIOPIG ha arrancado con mucha fuerza y son ya dos megaestudios los publicados en el seno de esta agrupación. En primer lugar, una investigación sobre la estructura genética de las razas ibéricas y de las Islas Baleares y Canarias, así como su cruzamientos con jabalíes (Gama *et al.*, 2013) y el más reciente estudio sobre la caracterización de las razas Criollas Iberoamericanas por medio de microsatélites (Revidatti *et al.*, 2014).

Para terminar estos aspectos sólo resta decir que otros consorcios como BIODONKEY, BIOCHICKEN y BIOCUY ya están activos y tienen sus primeros estudios en proceso de evaluación en revistas científicas de alto impacto.

Otras temáticas además de la caracterización genética se han abordado desde la I+D de la Red, pero no de una forma tan estructurada, destacando los aspectos relacionados con el traspatio, la mejora genética, los aspectos sociales de la conservación, la caracterización morfológica, la reproducción asistida, entre otros, pero sería muy largo reseñar aquí su producción científica.

Un punto crítico que detectamos en nuestro trabajo en I+D+i era nuestra baja visibilidad; fue muy difícil para nuestros investigadores encontrar una plataforma adecuada para difundir sus resultados de investigación. Las revistas generales entendían nuestro trabajo como meramente local y de bajo interés universal; se nos obligaba a publicar en inglés haciéndonos perder a un gran número de los lectores interesados en nuestro trabajo. Por todo ello decidimos tratar de poner en marcha nuestra propia plataforma, y así nació en 2011 la revista *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* (AICA, <http://www.aicarevista.es/>), disponiendo ya de cinco números y estando indexada en distintas bases de datos. Más de 1,800 páginas se han publicado en AICA hablando específicamente de los recursos zoogenéticos locales iberoamericanos y de su entorno, esto ha sido sin duda un gran avance para nuestro contexto cultural.

En el plano de la transferencia, destaca la inserción de la Red en el sector. Las relaciones de los centros de investigación con las asociaciones de criadores son intensas y se han ido agrandando a lo largo del tiempo hasta llegar a oficializarse en el simposio de la Red celebrado en Villavicencio (Colombia) en octubre de 2015, en el que se estructuró un evento satélite específico para ganaderos; aquí se planteó la fundación de CONBIAND GANADEROS, a modo de grupo de trabajo o Consorcio dentro de la Red, pero con la vocación de conformarse como una red independiente.

Con esta estructura pretendemos favorecer el intercambio de conocimientos entre los ganaderos iberoamericanos dedicados a la producción de razas locales, algo de lo que actualmente adolece nuestro contexto y que deja a este gremio en franca desventaja frente al agronegocio.

Quizás una de las labores que más despierta nuestro orgullo es la formación de estudiantes e investigadores. Cuando la Red comienza allá por el año 1999, eran muy escasos los especialistas iberoamericanos en la conservación y gestión genética de los recursos que representan los animales domésticos; este defecto endémico se plasmó en todos los informes nación presentados a la FAO (2010) sobre la Situación de los Recursos Zoogenéticos. Nuestra labor en estos aspectos ha sido intensa e inmensa, destacando nuestro “Curso Internacional de Especialización Universitaria sobre la Conservación y Utilización de las Razas de Animales Domésticos Locales en Sistemas de Explotación Tradicionales”, el cual, en sus seis ediciones en la Universidad de Córdoba y sus ediciones en

seis países iberoamericanos, dieron formación de especialista a más de trescientos graduados que hoy forman una gran masa crítica influyente en casi todos los países iberoamericanos.

Además de estos cursos se impartieron otros de actualización en Mejoramiento Genético del Ganado, sobre Técnicas Reproductivas y sobre Genética Molecular; todos ellos dirigidos específicamente a elevar el nivel de conocimiento de los técnicos, graduados y posgraduados que se dedican a la producción animal de razas locales. A esta formación de base debemos unirle el desarrollo de más de una docena de tesis doctorales, algunas de ellas con premios de excelencia, así como decenas de trabajos finales de máster específico, calificados con la máxima nota. Esta formación de tan alto nivel está contribuyendo a poner a disposición de los países, a formadores de alta calidad que difunden los conocimientos desarrollados en la Red en toda la base social de cada nación. En la actualidad varias tesis están en desarrollo y se siguen formando técnicos superiores con la misma ilusión que en nuestro comienzo.

Otra cuestión formativa que hemos tratado de solucionar es la carencia de materiales de estudio específicos sobre nuestras razas locales y nuestros sistemas de explotación. En nuestros comienzos, las universidades del área iberoamericana apoyaban su actividad en textos de contenidos ajenos a nuestro contexto, generalmente norteamericanos o centroeuropeos, creando sistemáticamente entre sus alumnos, lo que podríamos llamar “agentes del agronegocio”. En buena parte, esto se debía al desconocimiento de lo local, porque hasta ese momento muy poca gente lo había estudiado y había escrito sobre ello. Nuestra Red rápidamente empezó a contribuir con libros académicos sobre las razas locales y los sistemas tradicionales de nuestro contexto. Así se publicaron textos sobre la biodiversidad de Porcinos (Delgado, 2004), Pavos (Hernández y Reséndiz, 2006), Ovinos (Delgado y Nogales, 2010), Gallinas Criollas y Guajolotes (Perezgrovas, Jerez y Camacho, 2014), preparándose actualmente la publicación del texto dedicado al caprino.

Mención especial merece el caso de los ovinos mexicanos, de los cuales se cuenta con una serie de textos elaborados a lo largo de un par de décadas, y que han servido para valorar el ganado lanar de las montañas de Chiapas. El primer estudio de corte etnoveterinario sobre el hoy conocido como borrego Chiapas (Perezgrovas, 2004) es hoy día un libro de referencia obligada para quien inicia los trabajos de caracterización animal dentro de sistemas tradicionales de cría.

A ese trabajo le siguieron otros sobre el análisis etnozootécnico de la calidad de la fibra de lana entre pastoras indígenas de Chiapas (Perezgrovas, 2005), un manual de técnicas de laboratorio para establecer la calidad de la mecha y la fibra de lana para uso artesanal (Perezgrovas, 2007) y, finalmente, un estudio detallado de la calidad de lana en más de una treintena de razas autóctonas de ganado lanar de Iberoamérica, que incluye una visión histórica de la domesticación de las ovejas, de su cría en España y de su traslado marítimo a la Nueva España en el siglo XVI (Perezgrovas y Parés, 2013).

Pero también dentro de la Red se han realizado publicaciones específicas sobre el traspatio, del cual ya existe un texto que reúne diversas experiencias iberoamericanas (Perezgrovas et al., 2011); sobre el mejoramiento genético, sobre sistemas de producción, sobre etnoveterinaria (Perezgrovas, 2014a) y etnozootecnia (Perezgrovas, 2014b). Con todo este material disponible, hoy nuestros estudiantes se pueden formar un poco mejor sobre su propio contexto que hace 20 años, en gran medida gracias a la Red CONBIAND.

Una Red no es nada, si no dispone de buenos canales de comunicación entre las personas que la integran, y por ello hemos desarrollado un gran esfuerzo para que las líneas de contacto entre los integrantes de CONBIAND estén siempre abiertas con total transparencia y libertad de expresión. Una posición destacada en este aspecto la tiene nuestra página web (<http://www.uco.es/conbiand/Bienvenida.html>); en ella puede encontrarse documentación administrativa, como nuestros estatutos, las actas de nuestras asambleas, etcétera; una sección de anuncios de actividades vinculadas a la Red; otros apartados para definir los integrantes y sus contactos y finalmente un archivo de descargas, además de diversos vínculos electrónicos con otras webs de interés. Además la Red está en Facebook (<https://www.facebook.com/pages/Red-Conbiand/171456969544781>), aprovechando así toda la cobertura de las redes sociales.

De cualquier modo, para la fortaleza de las redes se hace necesario que exista un contacto personal periódico y eso lo conseguimos a través de nuestras Asambleas Generales Ordinarias anuales, siempre celebradas en paralelo con nuestro Simposio Iberoamericano sobre la Conservación y Utilización de los Recursos Zoogenéticos, el cual va ya por su XVI edición.

De dónde venimos y a dónde vamos

Como hemos comentado con anterioridad, la colonización supuso la formación de una ingente diversidad genética en el continente americano, generalmente descendiente de las razas ganaderas que poblaban la Península Ibérica en el siglo XV. Estas razas, llamadas Criollas, nacieron fruto de un proceso de deriva genética seguido de fuertes procesos selectivos naturales y artificiales que las adaptaron a los nuevos ecosistemas americanos, sin descartar esporádicos efectos de la mutación y sucesivas migraciones desde otros contextos culturales que también participaron en la colonización, como los recursos africanos llegados con los esclavos, o los llegados con otros colonos distintos de los ibéricos.

De cualquier modo, esa multitud de razas adaptadas a todos los ambientes, integradas culturalmente en las comunidades locales colonas, indígenas y afroamericanas, comenzaron a sufrir los efectos de la industrialización al igual que las poblaciones Ibéricas, y también el cambio de un modelo de colonialismo político con la metrópolis española a un colonialismo económico con las potencias que financiaron la independencia. En este tránsito se comenzaron a introducir indiscriminadamente razas selectas europeas desarrolladas en la post-ilustración y razas de otros continentes donde las potencias también mantenían colonias. Estos efectos hicieron que muchas razas criollas, la mayoría, se situaran al borde de la extinción o que desaparecieran sin ni siquiera haber sido estudiadas.

Magníficos reservorios de genes de interés agroalimentario desaparecieron antes de ser conocidos. Nuestros países necesitan de todos sus recursos para asegurar su desarrollo sustentable futuro, y no podemos permitir mayor pérdida de nuestro patrimonio genético animal. En el caso de México, éste será el llamado que se haga en el libro a partir de las diversas fronteras de la investigación en recursos zoológicos localmente adaptados.

A comienzos del presente milenio nos encontramos una Iberoamérica completamente dominada por el agronegocio: casi lo único que se estudia en las universidades iberoamericanas son contenidos internacionales, todo lo que se investiga va orientado al interés general mundial, y nuestros ganaderos desconocen las posibilidades de creación de riqueza que generan sus razas locales, sus sistemas tradicionales y sus productos de siempre. Todo lo que tiene importancia para

nuestros ministerios de agricultura está relacionado con la exportación y el agronegocio. Pocos son los que se acuerdan de la agroecología, de las comunidades locales y de los sistemas de producción tradicionales que han asegurado sus sostenibilidad por cientos de años.

La Red CONBIAND iberoamericana, en sus inicios RED CYTED XII-H, decidió tratar de romper todo eso, pero no con una estéril confrontación con el agronegocio, sino como una reivindicación de justicia y racionalidad. Las comunidades locales la forman individuos con la misma nacionalidad que los que forman el agronegocio, y aunque muchas veces su pobreza no les permita pagar impuestos, los gobernantes tienen la obligación de gobernar para todos sus nacionales y no sólo para las élites.

Hoy, después una década y media, la Red CONBIAND ha dotado a los centros de estudio e investigación de contenidos propios, de especialistas de alto nivel, doctores de excelencia. Ha inundado la ciencia de nuevos conocimientos sobre los recursos zoogenéticos iberoamericanos y de su contexto, también ha elevado, a través de sus consorcios, el nivel científico de sus resultados haciéndolos incluso atractivos para el “interés general”, publicando decenas de artículos en revistas de impacto.

La Red CONBIAND ha colaborado en los programas nacionales más avanzados para la caracterización y conservación de los recursos zoogenéticos, como son el brasileño y el colombiano, y los más recientes mexicano y panameño. Hoy bulle en casi todos los países de nuestro contexto la idea de la conservación, hoy sabemos que en la diversidad genética de nuestro patrimonio nacional es donde encontramos respuesta a los grandes cambios que nos proponen las crisis, la globalización y, sobre todo, el cambio climático. Nuestra diversidad es la que nos va a permitir adaptarnos a lo que venga.

Estos son nuestro retos y estaremos allí donde se nos necesite para aportar nuestros conocimientos en la lucha contra el hambre y la pobreza, en la producción de productos de calidad, en la producción sustentable, en la soberanía alimentaria, con todos estos aspectos y muchos más

deberá interactuar la conservación de los recursos genéticos para asegurar un futuro mejor a las nuevas generaciones.

Conclusiones

Iberoamérica es poseedora de una gran riqueza en recursos zoogenéticos locales de interés para la agricultura y la alimentación. Gran parte de estas razas animales están situadas en peligro de extinción, en gran medida por el desconocimiento que existe sobre ellas.

La Red CONBIAND, formada por los más prestigiosos científicos dedicados al estudio de las razas ganaderas locales en Iberoamérica, ha contribuido desde su formación en 1999, entonces como Red CYTED XII-H, a la formación de recursos humanos y a la preparación de material didáctico sobre esta materia, para apoyar la formación de técnicos especialistas, pero también, a través del desarrollo de proyectos I+D+i, ha impulsado la generación de nuevos conocimientos sobre las razas ganaderas Iberoamericanas, sus sistemas de producción, sus productos y sus impactos sociales y ecológicos.

Hoy la Red CONBIAND es un emblema de nuestro contexto cultural, reconocido internacionalmente por su eficiencia, su productividad científica y, sobre todo, por su implantación en el sector y en la sociedad.

Agradecimientos

Al programa CYTED que nos apoyó en nuestros comienzos, y a todos los integrantes de la Red CONBIAND de ayer, de hoy y de siempre.

Referencias bibliográficas

- Armstrong, E., Iriarte, A., Martínez, M.A., Feijoo, M., Vega-Pla, J.L., Delgado, J.V & Postiglioni, A. (2013). Genetic diversity analysis of the Uruguayan Creole cattle breed using microsatellites and mtDNA markers. *Genetics and Molecular Research*, 12(2): 1119-1131.
- Bruno de Sousa, C., Martínez, M.A., Ginja, C., Santos, S.F., Carolino, M.I., Delgado, J.V., et al. (2011). Genetic diversity and populations structure in Portuguese goat breeds. *Livestock Science*, 135: 131-139.
- Camacho, M.E., Vargas, J.C. & Delgado J.V. (2014). Revisión de 15 Años de la Red CONBIAND. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 4: 35-37.
- Chacón, E., Martínez, M.A., La O, M., Velázquez, F.J., Pérez, E. & Delgado, J.V. (2010). Genetic characterization of the Cuban Creole goat through microsatellite markers. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(3): 215-220.
- Delgado, J.V. (2004). *Biodiversidad porcina iberoamericana. Caracterización y uso sustentable*. Ed. Universidad de Córdoba. España.
- Delgado, J.V. & Nogales, S. (2010). *Biodiversidad ovina iberoamericana. Caracterización y uso sustentable*. Ed. Universidad de Córdoba. España.
- Delgado, J.V., Martínez, M.A., Acosta, A., Álvarez, L.A., Armstrong, E., Camacho, M.A., et al. (2012). Genetic characterization of Latin-American Creole cattle using microsatellite markers. *Animal Genetics*, 43(1): 2-10.
- FAO. (2007). *Plan de Acción Mundial sobre los Recursos Zoogenéticos y la Declaración de Interlaken*. FAO. Roma, Italia.
- FAO. (2010). *La Situación de los Recursos Zoogenéticos Mundiales para la Alimentación y la Agricultura*. FAO. Roma, Italia.
- Fernández, M., Gómez, M., Delgado, J.V., Adán, S. & Jiménez, M. (2009). *Guía de campo de razas autóctonas españolas*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- Gama, L.T., Martínez, M.A., Carolino, I., Landi, V., Delgado, J.V., Vicente, A.A., et al. (2013). Genetic structure, relationships and admixture with wild relatives in native pig breeds from Iberia and its islands. *Genetics Selection Evolution*, 45(18): 1-14.
- Ginja, C., Gama, L. T., Cortes, Ó., Delgado, J.V., Dunner, S., García, D. et al. (2013). Analysis of conservation priorities of Iberoamerican cattle based on autosomal microsatellite markers. *Genetics Selection Evolution*, 45(35): 1-19.

- Ginja, C., Penedo, M.C.T., Melucci, L., Quiroz, J., Martínez, O.R., Revidatti, M.A., et al. (2010) Origins and genetic diversity of new world Creole cattle: inferences from mitochondrial and y chromosome polymorphisms. *Animal Genetics*, 41: 128-141.
- Hernández, Z.J. & Reséndiz, R. (2006). *Uso de los recursos zoogenéticos: los pavos*. Ed. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Landi, V., Vivas, N.J., Gómez, M., Adebambo, T., Delgado, J.V., et al. (2013). Genetics footprints of Canary Hair sheep in South American sheep breeds. *Italian Journal of Animal Science*. 12(1): 54.
- Martínez, M.A., Gama, L.T., Cañón, J., Ginja, C., Delgado, J.V., Dunner, S., et al. (2012). Genetic Footprints of Iberian Cattle in America 500 Years after the Arrival of Columbus. *PLOS ONE*, 7(11): 1-13.
- Oliveira, J.C.V., Ribeiro, M.N., Rocha, L., Gomez, M.A., Delgado, J.V., Martínez, M.A., et al. (2010). Genetic relationships between two homologous goat breeds from Portugal and Brazil assessed by microsatellite markers. *Small Ruminant Research*, 93: 79-87.
- Perezgrovas, G. R. (2004). *Los Carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en Los Altos de Chiapas*. 3ª Edición. Serie Monografías N° 5. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas y Fundación Produce Chiapas, A. C. 307 pp.
- Perezgrovas, G. R. (2005). *La lana del Tunim Chij, el 'Venado de Algodón'*. 1ª edición. Serie Monografías N° 8. Instituto de Estudios Indígenas, UNACH y Fundación Produce Chiapas, A. C.
- Perezgrovas, G. R. (2008). *Calidad de lana. Manual de técnicas enfocado a las ovejas autóctonas*. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Perezgrovas, G. R. (2014a). *Antología sobre etnoveterinaria. Origen y evolución en Chiapas*. Colección de Textos Universitarios a 40 años de la UNACH. Dirección General de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Chiapas. Taller de Publicaciones del SPAUNACH. 398 pp.
- Perezgrovas, G. R. (2014b). *La etnozootecnia en Chiapas. Visión retrospectiva y estado actual*. Colección de Textos Universitarios a 40 años de la UNACH. Dirección General de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Chiapas. Taller de Publicaciones del SPAUNACH. 392 pp.
- Perezgrovas, G. R., Rodríguez, G. G. y Zaragoza, M. L. (Editores). (2011). *El traspatio Iberoamericano. Experiencias y reflexiones en Argentina, Bolivia, Brasil, España, México y Uruguay*. Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Red CONBIAND.

- Perezgrovas, G. R. y Parés, C. P-M. (2013). Razas autóctonas de ganado lanar en Iberoamérica. Desarrollo histórico y características de la lana. Universidad Autónoma de Chiapas. Instituto de Estudios Indígenas. Red CONBIAND. Taller de Publicaciones SPAUNACH. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Perezgrovas, G.R., Jerez, S.P. & Camacho, E.M.A. (2014). Gallinas criollas y guajolotes nativos de México. Características y sistemas de producción. Red CONBIAND México, IEI-UNACH, ITVO-Oaxaca, UMAR-Oaxaca. Talleres Gráficos de la UNACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Pires De Souza, F.T., Bezerra, J.R., Vega, J.L., Kelly, L. & Delgado, J.V. (2008). Genetic diversity of Brazilian Pantaneiro horse and relationships among horse breeds. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(5): 595-604.
- Quiroz, J., Martínez, M.A., Zaragoza, L., Perezgrovas, R., Vega, J.L. & Delgado, J.V. (2008). Genetic characterization of the autochthonous sheep populations from Chiapas, Mexico. *Livestock Science*, 116(1-3):156-161.
- Revidatti, M.A., Delgado, J.V., Gama, L.T., Landi, V., Ginja, C., Alvarez, L.A., Vega, J.L., et al. (2014). Genetic characterization of local Criollo pig breeds from the Americas using microsatellite markers. *Journal of Animal Science*, 92(11): 4823-4832.
- Ribeiro, M.N., Bruno De Sousa, C., Martínez, M.A., Ginja, C., Menezes, M.P.C., Pimenta, E.C., et al. (2012). Drift across the Atlantic: genetic differentiation and population structure in Brazilian and Portuguese native goat breeds. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 129(1): 79-87.
- Villalobos, A. I., Martínez, M.A., Escobar, C., Vega, J.L. & Delgado, J.V. (2010). Study of genetic diversity of the Guaymi and Guabala bovine populations by means microsatellites. *Livestock Science*, 131(1): 45-51.

II. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GANADERÍA BOVINA EN MÉXICO: CONQUISTA E INICIO DE LA ÉPOCA COLONIAL

UNACH

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GANADERÍA BOVINA EN MÉXICO: CONQUISTA E INICIO DE LA ÉPOCA COLONIAL

Raúl Perezgrovas Garza

Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas

Resumen

Para dar un contexto holístico al desarrollo de la ganadería mexicana, en este trabajo se hace una aproximación al papel que han tenido los bovinos en diferentes momentos clave de nuestra historia. A partir de documentos y crónicas relacionados con la época previa y posterior a la conquista, se analiza y se describe en un primer momento la vida cotidiana de los gobernantes y los hombres comunes en México-Tenochtitlan, para evidenciar que aún sin los ganados europeos, la población local tenía un conocimiento profundo de la cría de animales domésticos, y hacía uso de estos recursos de distintas maneras, tanto en el vestir como en la alimentación. Después de la caída de la metrópolis mexicana, se produce una amalgama de culturas, así como intercambio de plantas y animales, que le da un carácter propio a este periodo de la historia nacional. Situándonos en el lado europeo, se hace también un acercamiento al traslado de los animales al Nuevo Mundo, con detalles sobre su embarque, su consumo durante la travesía, y su multiplicación al llegar a las islas del Caribe, con las opiniones textuales de los principales actores sociales. Más adelante, en el

texto, se relatan las diásporas ganaderas: la primera desde las Antillas hasta diferentes partes del continente americano, y la segunda desde México-Tenochtitlan hacia el resto del país, una vez que había concluido la conquista de la ciudad y se acaecían los pasos para colonizar y evangelizar las diferentes regiones. En el trabajo se presenta igualmente una semblanza de la legislación ganadera al inicio de la época colonial, por medio de las diversas ordenanzas de la Mesta novohispana, la cual tuvo una identidad propia y establecía la importancia de la estancia ganadera como unidad funcional. Se propone el análisis histórico como parte fundamental de la etnozootecnia, para comprender de manera integral el desarrollo ganadero y valorar las razas localmente adaptadas de bovinos.

Palabras clave: mexicas, conquistadores, estancia, razas locales, vida cotidiana

Introducción

Las investigaciones históricas sobre el desarrollo de los animales domésticos de origen europeo en América, comienzan por lo general en las crónicas de los personajes de la conquista y en la documentación generada durante la época colonial; poco se escribe, en cambio, sobre los animales domésticos que existían y se criaban de este lado del Océano Atlántico, y menos sobre su contribución a la vida cotidiana de los pueblos americanos.

Así, cuando se habla de la historia de los animales domésticos en épocas específicas del acontecer del país, por lo general se encuentran citas aisladas y colaterales, pero casi nunca como capítulos o apartados completos en los libros que acaso tocan el tema. En materia de la vida cotidiana de los aztecas en vísperas de la conquista, existen libros que describen con detalles multitud de aspectos de la vida social y económica (Soustelle, 2006), pero que no tienen un capítulo sobre la relación de la comunidad con los animales, aunque sí referencias aisladas y dispersas sobre su uso, o su distribución en los mercados, o su presencia en los patios de las viviendas, o la forma en que se preparaban o se consumían como parte de la dieta.

Al otro lado de la moneda, la de los exploradores, conquistadores y colonos españoles que llegaron al Nuevo Mundo, sólo se encuentra información precisa y abundante sobre los caballos, que fueron artífices insoslayables de la conquista, clasificados como armas de guerra (Pereyra,

1986), pero se carece de datos sistematizados y concretos en lo que respecta a las demás especies, si bien existen excelentes trabajos con esta visión y que constituyen referencias clásicas (Saucedo, 1984), e igualmente las hay para el caso de los cerdos como elementos de conquista (Perezgrovas, 2007); más recientemente, se ha compilado muy valiosa información sobre la genética de las razas criollas de bovinos en América, aunque en menor cantidad lo que se relaciona con su historia (de Alba, 2011).

Esta falta de información sistematizada sobre el tema pecuario, genera una visión parcial de un momento decisivo en el devenir histórico de Mesoamérica, que estuvo asociado al cambio que produjeron los nuevos animales domésticos en la cultura agrícola, pecuaria y gastronómica, así como también en los modos de vida de los pueblos indígenas y de la creciente población criolla durante el siglo XVI.

El objetivo de este trabajo es hacer un intento por llenar algunas de esas lagunas de conocimiento, no sólo abonando información relacionada con el encuentro de los nuevos animales con las culturas locales, sino tratando de reconstruir algunos pasajes de la vida cotidiana en esta región geográfica antes y después de la llegada de las especies recién conocidas a tierras americanas, en particular los bovinos.

La vida cotidiana en México-Tenochtitlan

A fines del siglo XV, la capital del imperio azteca destacaba por su arquitectura, representada por la grandiosidad de sus templos y palacios, largos acueductos que llevaban agua potable a kilómetros de distancia, y además tenía una floreciente actividad agrícola que diariamente alimentaba a “una gigantesca metrópoli de piedra por cuyas calles transitaban alrededor de cien mil habitantes” (Cebrián, 2006: 139).

Un hecho sobresaliente de la época es el cultivo de innumerables productos agrícolas en chinampas, algunas de 100 metros de longitud y que permitían la producción de frutales, hortalizas y flores; miles de pequeñas canoas o chalupas trasladaban diariamente las mercancías utilizando una gran cantidad de canales dentro de la ciudad. El mercado de Tlatelolco era el sitio a dónde acudían los habitantes de la gran ciudad para adquirir mercancías, para lo cual empleaban

el trueque y el pago con almendras de cacao; cada día se reunían más de sesenta mil personas en ese que era el mercado más importante, y donde se podían encontrar todas las cosas necesarias para la vida cotidiana y ceremonial: joyería de plata y oro y piedras preciosas para los ornamentos que se ponían en la nariz, labios y orejas, pieles de animales silvestres como ciervos, jaguares y pumas, alfarería de todo tipo para surtir las cocinas, textiles “labrados” para la vestimenta de toda persona, rodela hechas de plumas de aves, productos para preparar las comidas como miel, pescado, venados, pavos, “perros gorditos sin pelo”, tintes para las telas, tabaco para fumar, goma, etcétera (Cebrián, 2006: 141).

Se conocen a detalle los platillos que se ponían en la mesa del emperador Moctezuma, más de treinta de ellos cada día, entre los que se contaba con pavo, codornices, venados, pichones y liebres, sin olvidar el pescado que llegaba fresco desde las costas del golfo gracias a las ágiles piernas de los tamemes. De acuerdo con Cebrián (2006), “hermosas jóvenes le llevaban [a Moctezuma] vasijas con agua para que se lavase las manos entre plato y plato, y le colocaban biombos de madera para ocultarle de la vista a los demás mortales mientras comía o bebía en sus cuencos de oro”. En los palacios de la clase gobernante no faltaba el baile y la música, y se mezclaba el sonido de las aves silvestres que se mantenían en cautiverio con el rugido de pumas y jaguares que vivían en jaulas de madera, mientras que en los estanques artificiales convivían patos, cisnes y garzas (Soustelle, 2006: 42).

Lo anterior nos da una idea clara de la cómoda existencia de la clase dominante, con los lujos de la vida acomodada y rica de la ciudad, con las casas blanqueadas o de color rojo; aquí se recibían los tributos en especie que provenían de los pueblos dominados, los cuales empezaban a sentir el disgusto de la opresión que en su momento fuera aprovechada por los conquistadores españoles. Sólo para tener noción de lo que tributaba un pueblo, el Códice Mendoza muestra que Xilotepetl, situado en la tierra fría, debía entregar

...una cuota anual de 800 cargas de vestidos para mujer [20 piezas por carga] 816 cargas de taparrabos para hombre, 800 cargas de faldas bordadas, 3,216 cargas de quachtli [pieza de tela que también servía como unidad monetaria], dos trajes de guerrero con sus adornos y escudos, cuatro silos de maíz y de otros granos, y de una a cuatro águilas vivas. (Soustelle, 2006: 91)

Mucha gente vivía en los palacios de los gobernantes, y toda ella se alimentaba diariamente a costa de la casa real; por ejemplo, en Texcoco, Netzahualpilli —hija del emperador Axayácatl— tenía más de dos mil personas a su servicio, mientras que en Tenochtitlan, “Moctezuma estaba rodeado constantemente de tres mil personas en su palacio, sin contar las águilas, serpientes y jaguares que mantenía en habitaciones especiales y que consumían diariamente 500 guajolotes” (Soustelle, 2006: 93).

Muy diferente, en cambio, debió haber sido la vida cotidiana y la alimentación entre los macehuales, los hombres ordinarios, que con seguridad disfrutarían de tortillas hechas con maíz molido en metate, frijoles hervidos y vegetales verdes, además de algunos insectos y moluscos del lago, acompañado de iguanas, hormigas y gusanos de maguey, mientras que en ocasiones especiales probarían algún guajolote o perrillo gordo. La carne de los *xoloizcuintles* sin duda era menos estimada que la del guajolote, porque iba interpuesta con la carne de las gallinas de la tierra, siempre arriba ésta última.

A decir de Soustelle (2006: 18, 155), poco llamó la atención de los cronistas “la vida paciente, laboriosa y oscura” del campesino, apenas vestido con un taparrabo, y que vivía en humildes chozas trabajando en su milpa con instrumentos elementales para producir el diario sustento, y cuidando de sus perros mudos y sus guajolotes con los que engalanaba sus fiestas. Según el mismo autor, el día en México-Tenochtitlan debió comenzar en la madrugada, cuando las mujeres molían el maíz y luego hacían las tortillas con el rítmico palmotear de sus manos; mientras, en los patios de las casas los guajolotes picoteaban buscando su alimento. Los hombres partían al trabajo diario, ya fuera en la milpa o llevando mercancía en las chalupas rumbo al mercado. Las casas eran en su mayoría de adobe y constaban de una habitación-dormitorio, una cocina, y en el patio un temazcal; los artesanos tenían sus talleres y los comerciantes sus bodegas. Casi todas las parcelas

limitaban por uno de sus lados con el canal, y disponían de su propio embarcadero (Soustelle, 2006: 129). En lo que se refiere a la cría y cuidado de los animales, las crónicas establecen que

Cada familia tenía también sus animales domésticos: el guajolote, ave de corral que México ha dado al resto del mundo, algunos conejos domesticados, perros, de los cuales algunas especies, por lo menos, eran comestibles y al efecto se cebaban; a veces abejas, y con frecuencia pericos y guacamayos. (Soustelle, 2006: 135)

Como se puede apreciar, los animales domesticados eran más abundantes de lo que por lo general se piensa, y que se limitan casi siempre a los xoloizcuintles y los guajolotes. Además de ellos, había también una serie de animales que podían ser cazados y que formaban parte de una dieta que se volvía ya en más diversa, pues había conejos, liebres, venados, puercos salvajes (pecaríes), aves como faisanes, tórtolas y muchas aves acuáticas que abundaban en las lagunas y que hacían sus nidos entre las cañas y los carrizos (Soustelle, 2006: 155). Con seguridad, estos animales o sus productos también podían ser adquiridos en el mercado, que era el centro comercial de la metrópolis.

Así, la vida cotidiana de México-Tenochtitlan no puede apreciarse sin las descripciones de su principal mercado en el pueblo de Tlatelolco, ya incorporado a la gran ciudad, en donde se podía encontrar prácticamente toda clase de productos, distribuidos de manera ordenada en lugares determinados; tratemos de imaginar el colorido y el bullicio de esa parte de la ciudad, llena de compradores y vendedores, y donde miles de personas acudían diariamente. Por citar sólo algunas de las mercancías que ahí se ofrecían, en este caso las relacionadas con los animales silvestres y domésticos, y que seguramente se comerciaban en una zona específica del mercado, las crónicas describen la existencia de pieles de jaguar, puma, zorro y venado, crudas o curtidas, plumas de águila, gavilán o halcón, guajolotes, conejos, liebres, carne de venado, perritos cebados, cochinilla, todos los productos de la laguna: patos, ajolotes, caracoles, peces, ranas, crustáceos y huevos de insectos (Soustelle, 2006: 44). Esto nos permite darnos cuenta de que la alimentación en esa época era mucho más variada y nutritiva de lo que tradicionalmente se especula, y que equivocadamente no iría más allá de tortillas, frijoles y chile.

Ante esa diversidad de animales y sus productos, y dejando de lado la diversidad vegetal, cabe pensar la impresión que causaron entre los pobladores del México antiguo la llegada de las especies domésticas europeas, para las que no se tenía siquiera un nombre en los idiomas nativos, por lo que tuvieron que inventarse o formarse a partir de combinaciones de palabras; así, se denominaron venados gigantes a las vacas, venados de algodón a las ovejas (Perezgrovas, 2005), y monstruos de dos cabezas a los jinetes vestidos de sol montados en sus caballos.

Poco después de la conquista de la ciudad, este panorama fue cambiando tal vez de manera drástica, al incorporar las costumbres españolas dentro de la vida comercial. Con seguridad el abasto inicial fue impuesto a los indígenas como parte de los tributos o servicios personales que les concedían a los conquistadores —y que eran exigidos rigurosamente, que a eso habían venido muchos de ellos—; estos bienes y servicios gratuitos fueron registrados en la “Tasaciones de los pueblos de encomienda”, entre los que se encontraban “todo tipo de frutos, animales y productos de la tierra” (Zavala, 1984: 295). Un ejemplo de estos tributos, los llamados “mantenimientos”, es el siguiente, que en 1540 los naturales del pueblo de Actopan entregaban diariamente a su encomendero en la ciudad de México

una gallina de la tierra y dos de Castilla, 15 huevos, 200 almendras de cacao, una fanega de maíz, dos panes de sal, dos costalejos de carbón, una carga de leña, un manojo de ocote, fruta, ají, tomates y yerba para cuatro caballos. En 1544, Juan de Moscoso recibía en su casa la lana y el queso de las ovejas de los indios de Tultitlán. (Olvera, 2007: 46)

Esta cita nos permite apreciar algunas situaciones de interés pecuario; en primer lugar, que a 20 años de la conquista los ‘naturales’ ya producían sus propias gallinas de origen español, las que habían sido apropiadas en los traspacios de las viviendas; y en segundo término, que para entonces la cría de ovejas formaba parte del trabajo cotidiano de los indígenas, ya fueran propias o porque cuidaban las del patrón, en cualquier caso realizando las faenas de manejo con los animales e incorporando a estos dentro de su cosmovisión. Algo similar debió suceder con el ganado bovino, que podía estar dentro de las estancias de los conquistadores o en los sitios y traspacios

de la población local, pero a cargo de manos indígenas que le perdieron el miedo a esas especies mayores desconocidas hasta hacía poco tiempo.

Los viajes de descubrimiento

Regresando un poco en el tiempo, nos situamos ahora en el lado español antes de la conquista. Es sabido que el primer viaje de Cristóbal Colón en 1492 fue exclusivamente de exploración, por lo que no debió haber llevado más plantas y animales que los indispensables para alimentar a la tripulación durante el viaje que duró varias semanas, probablemente alguna gallina y si acaso un cerdo, lo que era el bastimento común de las naves en esa época.

En ese primer viaje del almirante Colón, las tres embarcaciones portaban cañones y llevaban en su almacén una cantidad suficiente de suministros para seis meses de navegación; así de incierto sería el viaje que les esperaba. Se tiene registrado en las crónicas que la llegada a las Islas Canarias fue intranquila, primero por la falta de viento y además porque el timón de la Pinta se averió al iniciar la navegación; las reparaciones duraron todo un mes, el que se aprovechó para cambiar las velas latinas de la Niña por otras de tipo cuadrado, para aumentar su velocidad (Cebrián, 2006). Habría que imaginar el estado de desánimo y aprehensión de los tripulantes de las naves, teniendo que esperar en tierra para volver a subir a las naves y emprender de nuevo el ansiado y temido viaje hacia lo desconocido. ¿Cuántos de ellos se habrían arrepentido y estarían deseando volver al terruño?

Reiniciado el viaje, y tratando de imaginar la vida cotidiana en las embarcaciones, resulta un tanto pintoresco relatar cómo era la comida a bordo de las estrechas naves; las costumbres marineras de la época del descubrimiento señalan que en las carabelas que se hacían a la mar se proporcionaba la siguiente ración: una libra de galleta dura y un litro de vino por día, más dos libras de carne o pescado por cada tres hombres; la dieta se complementaba con queso, cebolla y vegetales, mientras había (Lewinsohn, 1972), y con seguridad no los había durante mucho tiempo después de los primeros días de navegación.

Además de observar las labores de los tripulantes de las embarcaciones, que se encargaban de la conducción y el mantenimiento de la nave (cálculo de la velocidad, achicamiento del agua

que entraba al bote, izamiento de velas, limpieza de las cubiertas, acomodo de la carga y preparación de alimentos), los pasajeros no tenían más que esperar y esperar, y conforme avanzaba el recorrido, sufrir de la pobreza de los alimentos y de la falta de agua limpia. Para ilustrar estos hechos, hay que recurrir a las descripciones de fray Antonio de Guevara, quien en 1539 publicó su ameno 'arte de marear'¹ en el que relata de manera pícaro sobre "las incomodidades, abusos, suciedades, miserias y peligros que debía sufrir el pasajero en los viajes en galeras por el Mediterráneo" (Martínez, 1983: 232), y que muy bien pueden traspolarse a los viajes transatlánticos a bordo de galeones y carabelas. Comenta fray Antonio que

Es privilegio de galera que todos los que ahí entraren han de comer el pan ordinario de bizcocho, con condición de que sea tapizado de telarañas y que sea negro, gusaniento, duro, ratonado, poco y mal remojado [...]. (Martínez, 1983: 235)

También hay que tener presente que el agua para beber se guardaba en toneles de madera por debajo de la cubierta principal, y que ahí se almacenaba a los largo de los días y semanas que duraba la navegación; una vez saliendo de las Islas Canarias, ya no había posibilidades de recambio del agua para beber, por lo que es de esperarse que su calidad fuera disminuyendo paulatinamente. Un ejemplo de ello lo presenta fray Antonio, quien nos dice

Es privilegio de galera que nadie al tiempo de comer pida ahí agua que sea clara, delgada, fría, sana y sabrosa, sino que se contente, y aunque no quiera, con beberla turbia, gruesa, cenagosa, caliente, desabrida. Verdad es que a los muy regalados les da licencia el capitán para que, al tiempo de beberla, con una mano tapen las narices y con la otra lleven el vaso a la boca. (*Ibidem*)

Es posible entonces imaginar que comer y beber a bordo eran una empresa más bien repugnante. Al venir el ocaso, no había más que descansar para esperar un nuevo amanecer para sufrir algo más de lo mismo; es conveniente tratar de revivir el final de un día en alta mar, cuando

¹ Fray Antonio de Guevara, 1538, *Libro de los inventores del arte de marear y de muchos trabajos que se pasan en las galeras*. Valladolid. Prosa escogida de fray Antonio de Guevara, selección de Martín de Riquer. Luis Miracle Editores, Barcelona, España, 1943.

el velamen se recoge, se amarra el timón después de fijar el rumbo, se nombran los vigías, y la gente se dispone a descansar. ¿Cómo imaginamos la escena? En el 'arte de marear' podemos encontrar algunas pistas

Es privilegio de galera que nadie ose pedir en ella cama de campo, sábanas de holanda, cócedras [colchones] de pluma, almohadas labradas, colchas reales ni alcatifas [tapetes finos] moriscas; mas junto con esto, si el pasajero fuere delicado o estoviere enfermo, darle licencia el patrón para que duerma sobre una tabla y tome por almohada una rodela. (Martínez, 1983: 238)

Pocos animales vivos acompañaban a los exploradores, si acaso alguna gallina que podía ser preparada durante el viaje y que debió haber sido todo un agasajo tras varios días de una dieta de carne seca y galleta rancia. En relación a estas aves, en el segundo viaje del Almirante se relata con detalle el haberlas subido a las naves en la escala realizada en la isla de Gomera, en donde ya existían otros animales domésticos en buen número. Los diferentes ganados tenían unos pocos años de haber sido introducidos en las Canarias, dado que su propia conquista y colonización se había realizado apenas en 1478, a cargo de Juan Rejón y Pedro Vera, quienes se encargaron de llevar ahí "caballos, vacas, burros y gallinas de Castilla" (Tudela, 1993: 77).

En esa época, los animales domésticos se llevaban a las Islas Canarias y se les dejaba a orillas de las costas y los ríos para reproducirse en libertad, como parte de una estrategia diseñada para tener carne fresca, la que podía obtenerse posteriormente al cazarlos o atraparlos en su estado ya para entonces semi-silvestre. Esa táctica debió incluir a los bovinos, que en 30 años pudieron ser muy abundantes, y con ello se convirtieron en los animales que después se llevaron al Nuevo Mundo al pasar las naves a abastecerse en esas islas que se situaban a varios días de navegación y que permitían subir a bordo bastimentos más frescos. Es factible pensar que la misma estrategia fuera empleada con éxito pocos años más tarde, en los diferentes viajes de colonización de las Antillas, en donde se tiene relación de que los animales llegaron a multiplicarse de manera asombrosa en un periodo muy corto. Es conocido el hecho de que los primeros bovinos en el Nuevo Mundo fueron llevados por Cristóbal Colón, en su segundo viaje, y fueron desembarcados en La Española, empresa que no era fácil "porque las embarcaciones eran pequeñas, y a veces había

que deshacerse de la mayoría de los animales en plena ruta, para aligerar los navíos” (Bernand y Gruzinski, 1996: 124).

Sin embargo, existe otro ángulo en el tema de la introducción de especies exóticas a entornos ambientales distintos, como lo eran las Islas Canarias, y es por ello que Bernand y Gruzinski (1996) lanzan la idea de que

La conquista de las Canarias probablemente constituye el primer ejemplo moderno de lo que, en nuestros días, se conoce como genocidio: todos sus habitantes fueron exterminados en un siglo, y el paisaje de esas islas fue radicalmente alterado por la introducción de plantas y animales nuevos. (Bernand y Gruzinski, 1996: 103)

La vida cotidiana en la España del siglo XVI

Para contextualizar el por qué había interés en la población española de principios del siglo XVI por subirse a las naves hacia regiones desconocidas, es conveniente referir que el medio rural se caracterizaba por “la desolación de los grandes páramos castellanos, verdaderos yermos, donde a veces había que hacer muchas leguas para encontrar una aldea miserable” (Calvo, 2000: 6). La vida en el medio rural era difícil, y la mayoría de los campesinos eran apenas “jornaleros” en tierras arrendadas por cuyas cosechas tenían que pagar diezmos a la Iglesia, renta al propietario e impuestos a la Corona, lo que los dejaba en una situación al límite de la subsistencia. El cultivo principal era el trigo, para el cual se labraba la tierra con un buey o un mulo, muchas veces haciendo pareja el propio campesino; las casas, más bien chozas, eran de adobe (*Ibíd.*: 17).

La única diversión era asistir a las ferias de los pueblos —si alguno existía en los alrededores—, en las que se vendía una gran cantidad de mercancías: paños de lana y seda, pieles, monturas, especias, cera, cestería, productos hortícolas y “animales vivos como vacas, asnos, corderos y caballos, colocados en sitios reservados y cuidados por vaqueros, rústicos y chalanés, que entablaban transacciones laboriosas desde las primeras luces del alba” (Bernand y Gruzinski, 1996: 139).

Sin embargo, las ferias sucedían tan sólo ocasionalmente, de modo que la vida cotidiana en el medio rural era poco interesante y generalmente monótona. Tras un pesado día en el campo, en

las humildes viviendas se hacía apenas una comida al día; “los más pobres consumían legumbres y hortalizas, así como queso y aceitunas” (Calvo, 2000: 28), a veces con algo de carne de cordero o cabrito, en cuyo caldo se mojaba el pan. El panorama no debió ser muy alentador para quienes tenían ambiciones por la aventura o ganar dinero, que eran los menos, pues la mayoría de los españoles eran sedentarios:

Nacieron, vivieron y murieron en un mismo lugar del que apenas si salieron alguna vez. El horizonte vital de muchos se redujo a la villa o aldea donde nacieron y su mundo se acababa en un perímetro de escasos kilómetros. (Calvo, 2000: 44)

Es claro que quienes se atrevieron a salir de lo común tenían una buena razón para ello, y las historias de los viajeros debieron impactar su mente aventurera —o cansada de pobreza y trabajos pesados— como para incitarlos a salir de su zona de confort y tratar de encontrar fama y fortuna en las tierras recién descubiertas.

Los viajes de exploración

Se ha documentado ampliamente que los primeros animales domésticos europeos llegaron al Nuevo Mundo en los diferentes viajes del Almirante Cristóbal Colón, como elemento estratégico de una iniciativa suya —o de sus patrocinadores— para establecer poblados que contaran con todos los recursos conocidos por los navegantes, ahora convertidos de manera voluntaria o forzada en incipientes colonos. Los animales que llevara Colón desde la Península Ibérica o las Canarias, podrían ser considerados como el primer material genético destinado al poblamiento pecuario de las tierras recién descubiertas, ya que el propio Almirante había sugerido a los Reyes Católicos que enviaran a las Indias “animales de todas las clases” (Colón, 1972).

Sin embargo, con una visión de orden práctico, la realidad debió ser mucho más mundana al subir estos animales en las embarcaciones para incluirlos en la dieta de los tripulantes y pasajeros de las naves. Martínez (1983) hace un recuento del diario acontecer en aquellas flotas de exploración y de conquista, y nos deja ver con claridad el verdadero papel de los animales que viajaban dentro de los buques, al establecer que los pasajeros de principios del siglo XVI que se

embarcaban en España hacia el Nuevo Mundo se proveían de ellos en Sevilla, Cádiz o en Sanlúcar de Barremada con relativa facilidad. Según sus amenas descripciones, este autor indica que los barcos eran a menudo corrales marinos, puesto que llevaban en la cubierta o en la bodega: vacas, corderos, cerdos y gallinas, los que eran repuestos en la primera escala del viaje en las Islas Canarias, a donde llegaban tras algunos días de navegación (Martínez, 1983: 60).

Esto demuestra que se embarcaban los ganados tanto en la península como en las islas, lo que significa una mayor base genética y diversidad. Ojalá existieran los detalles puntuales de la forma en que el ganado mayor era subido a los galeones y carabelas, lo que con seguridad era una empresa prolongada y difícil; se sabe que los caballos —esa especie pecuaria de la que existe mayor información durante esa época— tenían que ser arrojados al mar para que nadaran hasta el costado de las naves, desde donde eran izados a cubierta por medio de poleas, para después acomodarlos en el interior del buque, muchas veces sujetos de las vigas con lienzos de tela y viajando con las patas al aire para evitar que se lastimaran por su excesivo nerviosismo. Es probable que un mecanismo similar se pusiera en práctica para introducir a los bovinos, aunque estos animales no requerían de viajar elevados del suelo por su carácter dócil y sosegado. Habría que imaginar, sin embargo, que el ganado requería de agua dulce, henos, y trabajo cotidiano de los grumetes para mantener limpios los espacios en que viajaba.

Añadiendo a lo anterior, el cronista Gonzalo Fernández de Oviedo relata que la primera escala en los viajes al Nuevo Mundo se hacía en especial en la Gran Canaria o en la Gomera “porque son fértiles e abundan de bastimentos y de lo que conviene a los que esta larga navegación hacen”. Este personaje menciona con lujo de detalle que en el segundo viaje de Colón, sus 17 naos y carabelas pasaron a las Islas Canarias, puesto que

...toman ahí los navíos refresco de agua o leña, e pan fresco, e gallinas, e carneros, e cabritos, e vacas en pie, e carne salada, e quesos, e pescados salados [...] y otros bastimentos que conviene añadirse sobre los que las naos sacan de España. (Fernández de Oviedo, 1959: 36)

Con ello se comprueba que las vacas subían por su propio pie a las naves, y que se les daban los cuidados necesarios para que llegaran con vida al otro lado de la empresa transatlántica, o al menos en su traslado desde las islas antillanas hacia la Nueva España (México) o la Tierra Firme (Sudamérica).

Aunque los detalles generales del transporte de animales no son escasos, existe muy poca información específica sobre el tipo de animales que eran transportados, así como de la vida cotidiana del ganado dentro de las naves de exploración y conquista, como puede ser el tipo y cantidad de alimentos que se les proporcionaba, quiénes se encargaban de su cuidado, cómo se realizaba la limpieza de los espacios destinados a los animales, y si éstos sufrían de mareos y enfermedades igual que los tripulantes y pasajeros. Se sabe, en cambio, que los encargados de las embarcaciones tenían que prever el tonelaje muerto para abastecer de agua y forraje a los diferentes ganados; estos oficiales “debían hacer el cálculo de la cantidad de henos y otros alimentos para mantener a los animales durante el viaje” (Perezgrovas, 2013: 146). Los cálculos debían hacerse en función de las cantidades establecidas de semovientes que podían subirse a las embarcaciones, las que dependían de su capacidad de desplazamiento (porte); así, “por cada mil toneladas, las embarcaciones podían llevar veinte vacas y terneras [...] dando preferencia a las bestias [caballos] porque en las nuevas tierras eran de mayor utilidad para los hombres” (Saucedo, 1984: 20). Para dimensionar esto mejor, cabe recordar que el porte promedio de las naves en la primera mitad del siglo XVI era de tan sólo 100 toneladas (Martínez, 1983: 157), lo que puede traducirse en la posibilidad de embarcar apenas un par de vacas en condiciones de seguridad. Al adelantar el siglo XVI, el porte de las embarcaciones aumentó considerablemente, cuando empezaron a utilizarse los galeones y las naos de colonización en lugar de las carabelas de exploración.

Las leyes que empezaban a normar los viajes transatlánticos a principios del siglo XVI, favorecerían más a los tripulantes de las naves que a los pasajeros, proveyendo a aquellos de todo lo necesario para el viaje, libre de almojarifazgo y otros derechos aduanales, y se entregaban las raciones a los maestros de las naves para su administración, de lo cual tenían que rendir cuentas precisas e incluso devolver cualquier sobrante (Martínez, 1883). Por su parte, los pasajeros tenían que planear lo que usarían o comerían durante el viaje, y adquirirlo en los puertos de salida, que

pronto comenzaron a alborotarse con tanta actividad. Hay que tener presente que en la última década del siglo XV y la primera del siguiente, los puertos mediterráneos de España mostraban gran agitación, debido a la expulsión de moros y a la salida de judíos que buscaban embarcarse para librarse de las penas impuestas por la Santa Inquisición.²

Aunque se sabe que los primeros bovinos llegaron al Nuevo Mundo en el segundo viaje de Colón, los detalles no son precisamente amplios. Se conoce, por ejemplo, que los viajeros que permanecieron en la Isla La Española al terminar el primer viaje del Almirante, fundaron la colonia La Navidad, la cual fue destruida por los indios. Al regresar en su segundo viaje, ya con animales domésticos, funda una nueva colonia, que sufrió no únicamente por los ataques de los indios, sino por la rebelión de Francisco de Roldán Jiménez en contra de Bartolomé, hermano de Colón, quien había quedado como adelantado en la isla.

Es muy probable que los primeros vacunos hayan sido sacrificados para alimentar a los abatidos colonos, en lugar de ser utilizados para iniciar una ganadería próspera en tierras vírgenes. Además, el tercer viaje del Almirante en 1498, zarpó con sólo ocho buques y apenas media docena de vacas (de Alba, 2011: 1), por lo que el inicio de la ganadería antillana debió ser lento. Para incentivar esta actividad, la Casa de Contratación de Sevilla, instituida en 1503, se encargaba de vigilar que todas las naves que salían para las Antillas llevaran algunas cabezas de ganado bovino. Para la segunda década del siglo XVI, ya se comenzaban a ver suficientes vacas y toros en La Española, y —aunque incipiente— ya se practicaba “una ganadería con rodeos anuales y herradero de animales jóvenes” (de Alba, 2011: 3).

Posteriormente, los traslados marítimos hacia los diferentes puertos situados en el Continente Americano se volvieron más frecuentes, y las crónicas son más detalladas. Así, el viaje que hicieran algunos religiosos dominicos en 1544 para trasladarse de Sevilla al Nuevo Mundo, acompañando al obispo electo de la provincia de las Chiapas, fray Bartolomé de Las Casas, fue relatado por fray Tomás de la Torre, quien nos señala el aprovisionamiento (matalotaje) que se consiguió a los sacerdotes en ese puerto ribereño español:

² Es por ello que Cristóbal Colón prefirió zarpar del pequeño puerto de Palos de Moguer y no de Cádiz.

...compraron ornamentos, colchoncillos, camisas, pescado, aceite, vino, garbanzos, arroz, conservas, muchas vasijas de cobre, así como cántaros, ollas, sartenes, aceiteras, jeringas, vino, bizcocho y otras muchas cosas que son necesarias para la mar y para después llegados a tierra; y por dilatarse mucho la partida se perdió mucho del matalotaje y otro se dañó. (Martínez, 1983: 60)

Varias semanas duraba la navegación entre las Canarias y las Antillas del Caribe, entre ellas La Española (Santo Domingo), Cuba, Jamaica y San Juan de Borínquen (Puerto Rico). Al igual de lo sucedido tras la conquista de las Islas Canarias, los animales que llegaron vivos a las Antillas se multiplicaron de manera extraordinaria en un corto tiempo, y sirvieron para el sostenimiento de los nuevos colonos, y poco después para las incursiones de conquista en la Nueva España y en la Tierra Firme. Para este momento ya existía una buena cantidad de ganado bovino en las Antillas, tal vez una mezcla indefinida principalmente de las razas andaluzas y canarias, que es la misma variedad y diversidad que se encuentra hoy día en el ganado Criollo americano.

La multiplicación del ganado bovino en el Caribe fue tan grande, que en la primera mitad del siglo XVI había tal abundancia de carne de vaca que para 1544 en Santo Domingo “no vale una vaca más que un ducado³, que es el valor del cuero” (Martínez, 1983: 108); estos cueros se habían vuelto uno de los principales productos de exportación a España, y siempre se procuraba que las naves hicieran el retorno con esa carga.

Los viajes de colonización

Una vez que se establecieron las rutas marítimas entre la Península y las diferentes islas antillanas, no únicamente se pensaba en el traslado de los animales que harían más llevadera la vida de los incipientes colonos, sino en que ellos pudieran valerse por sí mismos. De este modo, a principios de 1502 zarpó de Sanlúcar de Barrameda una imponente flota de 30 navíos, capitaneada por Nicolás de Ovando, recién nombrado como nuevo gobernador de La Española, en donde viajaron más de 2,500 españoles que conformaron “la primera expedición netamente colonizadora en la

³ Con fines comparativos, en esa época el pasaje de una persona era de 6 ducados desde España hasta la Nueva España (Martínez, 1983: 48). Un ducado equivalía a 375 maravedíes.

que viajaron toda suerte de hombres de leyes, frailes, artesanos, albañiles, contadores, pastores, jueces, agricultores” (Cebrián, 2006: 59), y seguramente también se embarcaron ganados y ganaderos para asentar la población de manera más permanente.

Para el año 1504, el sevillano Rodrigo de Bastidas, próspero mercader de las islas del Caribe, se dedicó a invertir en ganado bovino en La Española, asociado nada menos que con Diego Colón (Cebrián, 2006), y se puede establecer la tesis de que había tierra apta y suficiente ganado para esta empresa, así como recursos económicos para hacerla realidad. La procedencia de este ganado puede situarse en las tierras andaluzas desde donde partían las naves, o bien de los hatos que ya prosperaban en las Islas Canarias, formados por gran cantidad de animales que por su carácter manso eran llevados desde el norte de la Península (Sánchez, 1984). Esa es la razón de la diversidad de las razas de bovinos en las Canarias, y puede ayudar a explicar la variedad genética y fenotípica del ganado Criollo en los distintos países americanos.

Pocos años más tarde, una flota de tamaño igualmente considerable (30 navíos y más de 2,000 personas), capitaneada por el segoviano Pedrarias Dávila, designado gobernador del Darién (Panamá y Venezuela) en la Tierra Firme, zarpó de España en 1514 con una hueste formada por cientos de campesinos, ganaderos, clérigos y soldados (Cebrián, 2006), que ya en la Tierra Firme pudo desarrollar una agricultura y una ganadería prósperas, multiplicando las plantas y los animales traídos del Viejo Mundo.

Buen número de los capitanes españoles de la época de conquista, habían pasado sus primeros años como estancieros en alguna de las islas del Caribe, especialmente en La Española y Cuba, entre ellos Hernán Cortés, Bernal Díaz del Castillo, Francisco Pizarro y hasta el mismo Bartolomé de Las Casas, quien llegaría a ser el primer obispo de la provincia de Las Chiapas, pero que en sus años mozos —antes de tomar el hábito dominico— fuera terrateniente caribeño. El propio Hernán Cortés se embarcó en 1504 hacia La Española, donde realizó gestiones administrativas como escribano, generando ingresos cuantiosos que le permitieron prosperar como agricultor y ganadero. Después de la conquista de Cuba en 1511, que había sido ordenada por Diego Colón, las primeras cabezas de ganado vacuno que llegaron a Cuba fueron llevadas por Diego Velázquez de Cuéllar, las cuales entregó en las primeras encomiendas y repartimiento de indios (Tudela,

1993: 166). Pocos años más tarde, Cortés se desempeñó como alcalde de Baracoa, al oriente de Cuba, donde siguió aumentando su patrimonio gracias a varias encomiendas que, entre otras actividades, dedicaba a la cría de ganado caballar, bovino y lanar (Cebrián, 2006). Esa experiencia como ganadero, en su momento le sería de mucha inspiración para implantar la ganadería en la Nueva España.

Cuenta Gonzalo Fernández de Oviedo que en La Española llegaron a formarse grandes vacadas, y que no eran extraños los hatos de más de 5,000 cabezas; del ganado no se aprovechaba la carne, sino que se dedicaba más a la producción de cueros para su exportación a España (Fernández, 1959). Menciona Tudela (1993: 169) que el incremento de ganado en las Antillas fue desmedido en virtud de que eran los caballos la especie que generaba riquezas⁴, por lo que la gente descuidaba su ganado, el cual, estando libre en los campos, se reprodujo de tal manera que la gran cantidad de vacas empezó a constituir un peligro para los cultivos.

En el caso particular de La Española, la multiplicación del ganado bovino comenzó a ser un problema para la población local, porque las reses se metían sin control en las tierras de los labriegos; los vacunos andaban “por millares sin dueños en los montes y campos”, a tal grado que

Aprovéchanse de este ganado para cueros; salen negros o blancos en sus caballos con desjarraderas, al campo, y corren toros y vacas, y la res que hieren y cae es suya. Desuéllanla y llevando el cuero a su casa dejan la carne perdida por ahí, sin haber quien la gaste ni quiera por la sobra que hay de ella. (De Acosta, 2006, Capítulo 33: 198)

Esta es una clara descripción de lo que podía ser la vida cotidiana de los vaqueros y los ganaderos de las Antillas a mediados del siglo XVI, y tal vez de simple gente rural que, teniendo caballo, podía ir al monte a “cazar” alguna vaca. El mismo padre de Acosta menciona que los cueros son una de las mejores producciones que salen de La Española y de la Nueva España; según sus propias descripciones, en el año 1587 llegaron en la flota que venía de Santo Domingo, más de

⁴ Como referencia, en La Española costaba un potro o yegua domada 5 pesos oro, y una vaca un peso (Fernández, 1959, libro III, capítulo XI).

35,000 cueros, que “es de admirar cuando las bajaron en el río” Guadalquivir, en España (*Ibidem*). Y realmente sería algo digno de admirar, imaginando el movimiento de gente que subía y bajaba cueros, que llegarían seguramente crudos, y que darían trabajo y sustento a tantas familias en ambos continentes.

Se conoce la crónica de los primeros ganados que llegaron a la Tierra Firme (Sudamérica), precisamente desde La Española, donde Diego de Almagro, conquistador de esos dominios, embarcó en el año de 1514 el primer lote de bovinos, el que había adquirido al invertir gran parte de la riqueza que había obtenido como botín de sus andanzas de “pacificación y conquista”, como se le llamaba a lo que en realidad era el principio de la “destrucción de la tierra”; es así que Almagro, que en sus inicios había sido un simple vaquero, se convirtió en un envidiable criador de reses en Santa María de la Antigua, hoy Panamá (Bernand y Gruzinski, 1996: 368). Por supuesto, poca importancia se le dio al tipo y a la cantidad de las vacas que llevó desde las Antillas, datos que no se encuentran en las crónicas, aunque se puede suponer que eran los ganados ya criollos cuyos ancestros habían salido originalmente de Andalucía y las Islas Canarias, con algo de sangre del norte de España.

Un esquema semejante tuvo lugar en tierras más al sur, tal vez influenciado por el mismo Diego de Almagro quien, ya anciano y enfermo de sífilis, peleaba en 1538 con la familia Pizarro por sus derechos de conquista en el Perú, específicamente en la Nueva Toledo, provincia situada al sur de Cuzco; con las leyes promulgadas por Hernando Pizarro para reglamentar las relaciones entre los conquistadores y los indios, se sembraron los primeros frutales y se cosechó el primer trigo en suelo peruano, aunque “más que la agricultura, era la ganadería lo que satisfacía la predilección de los conquistadores por los grandes espacios, y empezaron a establecerse *vaqueros* en las sierras del Perú, donde eran los amos de los indios asignados a su servicio” (Bernand y Gruzinski, 1996: 437).

Como fue el caso en las tierras venezolanas y panameñas, poco o nada se documentó sobre el tipo de ganado bovino que llegó inicialmente a las tierras peruanas, ni de los sistemas de cría que se implementaron en estos nuevos ambientes americanos; sin embargo, puede pensarse que la mano de obra indígena tuvo un importante papel en el establecimiento de la ganadería, pues los

encomenderos residían generalmente en las ciudades, delegando sus funciones en los mayordomos quienes, aislados en las sierras, “adquirían las costumbres de los indígenas, hablando su lengua y compartiendo [...] sus conceptos del mundo y de la naturaleza” (Bernand y Gruzinski, 1996: 454). Esa situación era muy parecida a la que se había vivido en México en los años posteriores a la conquista, cuando la población nativa pagaba tributos que incluían animales de origen español y sus productos.

Los registros del flujo marítimo entre España y el Golfo de México en la primera mitad del siglo XVI, revela que las naves llevaban siempre “pipas de vino, barriles de harina, jarras de aceite, herramientas, útiles agrícolas, semillas y animales domésticos para pies de cría” (Martínez, 1983: 155). En términos generales, el tráfico marítimo a principios del siglo XVI alcanzó su punto más alto en 1520, con más de 70 embarcaciones que se trasladaron de Sevilla a las islas del Caribe. Muchas de estas naves no regresaron a España porque siguieron su viaje a México “para llevar hombres, caballos, pertrechos y alimentos”, y algunas más permanecieron ahí; en la década de 1530, el puerto más importante de la Nueva España era el de San Juan de Ulúa-Veracruz, hacia donde se fletaban directamente algunos barcos desde Sevilla, mientras que otros hacían escala en Santo Domingo “para cargar ganado” (*Ibíd.*: 156), que era ya una fuente de abastecimiento de animales domésticos y el sitio donde los bovinos habían logrado una pronta adaptación, que sería la primera, puesto que años más adelante tendrían que adaptarse a nuevas condiciones ambientales en las tierras continentales americanas.

Tratando de ver las cosas desde una óptica más amplia, se puede aseverar que ya en los momentos iniciales de la colonización, “sin los ganados de las islas y, sobre todo, sin los caballos, cerdos, cabras, ovejas y gallinas, no se hubiera dado un sólo paso en el continente” (Pereyra, 1986: 150), lo que viene a comprobar la importancia de las especies pecuarias para las actividades que se realizaron durante ese periodo de la historia tanto en la Nueva España como en los valles y las sierras de la Tierra Firme. Este último autor hace una clasificación de los animales hispánicos que vinieron al Nuevo Mundo, distinguiendo los que eran para la ‘conquista’ (caballos, perros y cerdos) y los que sirvieron para la ‘colonización’, entre los que destacan las gallinas, las vacas y las ovejas, en ese orden.

Aunque es relativamente fácil visualizar el papel de los caballos como elementos utilizados en las guerras —de lo cual hay detallada información—, y de los perros “ávidos de caciques” con que se dominaba a las poblaciones nativas, el importante trabajo de los cerdos como arma de guerra es algo más complejo y por desgracia mucho menos referido. Una idea general de la participación de los cerdos en las expediciones de conquista puede apreciarse en una investigación etnohistórica que describe el manejo de las piaras en las islas del Caribe y en la Tierra Firme, lo que viene a ser una reconstrucción apegada a la realidad basada en fragmentos de las crónicas de la época (Perezgrovas, 2007). Por su parte, no sería imaginable una labor práctica del ganado bovino para las acciones de conquista, que con su lento andar retrasarían mucho el paso de las huestes de caballeros y soldados; sin embargo, sí es posible pensar en la importante función de los toros y las vacas para proveer de crías, alimentos y seguramente tracción en los momentos determinantes de la colonización en América.

Hay que resaltar el papel determinante que jugó La Española en el devenir de la ganadería bovina en América; aquí llegaron animales principalmente del norte de África, del sur de España y de las Islas Canarias, y tuvieron que pasar una primera adaptación al medio tropical, y de aquí salieron la mayoría de las reses que poblaron el Nuevo Mundo en diferentes oleadas de conquista y colonización, y permitieron generar poblaciones locales de bovinos desde los Estados Unidos hasta la Patagonia Argentina.

México: primeros momentos de la conquista

Resulta atractivo tratar de imaginar cómo sería la vida cotidiana de los conquistadores españoles unos días después de haber tomado por las armas la ciudad de México-Tenochtitlan, hecho que concluyó el 13 de agosto de 1521. Se puede establecer que tras la caída del imperio azteca, después de 93 días de sitio, debió requerirse de un tiempo para restañar las heridas de los soldados y para dar inicio a la vida de los que prácticamente estaban convertidos ahora en los primeros colonos. Pocos días más tarde se recibió en Veracruz un cargamento de vino de Castilla y cerdos que fuera enviado desde Cuba, y que permitió un momento de esparcimiento y embriaguez a los fatigados ejércitos castellanos; este evento constituyó el primer banquete español en tierras americanas.

Desde esos primeros momentos posteriores a la conquista, se tuvo noticia de “una embarcación completa con cerdos, reses, ovejas, cabras, gallinas, barricas de vino, vajillas y vasos de estaño, así como comida para los animales”, que estaba amarrada en Veracruz (Curiel, 2011: 47). Esa es una de las primeras referencias directas sobre el ganado vacuno que arribó a tierras novohispanas, que provenía de las islas del Caribe, y que posiblemente fue reproducido en las ricas tierras veracruzanas antes de su distribución a otras partes del país; para los efectos de este trabajo, la crónica hace mayor énfasis —por desgracia— en la producción y uso de la manteca de los cerdos que en el papel que pudieron tener los rumiantes.

Difícil habrá sido el inicio de la “pacificación del país”, cuando los españoles siguen llevando una vida de soldados y el centro de México-Tenochtitlan es repartido entre los vencedores. Para 1525, Bernal Díaz del Castillo menciona que en el mercado de Tlatelolco ya no se encuentran las joyas y piedras preciosas de antaño, y que aparecen las plantas y legumbres de origen europeo aclimatadas por los indios, como también da cuenta de las “primeras natas y requesones⁵”, lo cual es un indicio claro de que las vacas ya habían alcanzado el altiplano del país (Bernand y Gruzinski, 1996: 289ss), en donde residían 150 españoles.

Por supuesto que no hay indicación del tipo de ganado que estaba llegando a México desde La Española y Cuba, pero es seguro que eran animales rústicos que se habían aclimatado a las Antillas, y que ahora lo hacían en el clima templado de esta parte del país. También es probable que esas natas y requesones hayan venido del propio ganado de Hernán Cortés, pues en sus haciendas de los actuales estados de Morelos y Puebla, además de membrillos, higueras, cítricos, manzanos, perales, viñedos y moreras, construyó pesebres y establos con vacas, becerros, toros y novillos, todos al cuidado de esclavos negros, indios y moros, que empleaban una torre (rollo) para vigilar el pastoreo desde lo alto, y así controlar a las reses y a las ovejas. Existen referencias en el sentido que el ganado que tenía Cortés en sus diferentes encomiendas constituye una de las primeras fuentes de carne, leche, quesos y natas (Curiel, 2011). Interesante resulta identificar algunos elementos del manejo del ganado, en particular el uso de esas torres de vigilancia, que es

⁵ En esa época los requesones eran simplemente la leche cuajada con la que se hacía el queso.

una práctica que se perdió con el paso de los años y con la implementación de nuevas medidas zootécnicas en el pastoreo.

El porvenir de los conquistadores ahora convertidos en colonos es incierto, pues los más estaban ya acostumbrados al clima y a los alimentos propios de las Antillas, y no sienten arraigo por estas tierras lejanas llenas de sierras ásperas y bosques. Los españoles comienzan a explorar, pero queda en ellos el temor a los nuevos e infinitos territorios, y se preguntan si es conveniente quedarse en esta tierra hostil, o es mejor vender las encomiendas recibidas y volverse a las islas o de una vez a Castilla, o seguir explorando al norte del país, o continuar en las guerras de conquista más al sur, en el Darién y el Perú. Destaca en este momento la figura de Hernán Cortés, quien es el nuevo “emperador”, al grado que cuando sale hacia sus palacios en Coyoacán o en Cuernavaca

Se desplaza rodeado de una verdadera corte: la inevitable doña Marina, capitanes y hombres de armas, una cohorte de caciques indígenas, un par de franciscanos flamencos, un mayordomo, pajes, un responsable de su casa, un bodeguero, toda una nube de servidores, cofres llenos de vajillas de oro y plata, músicos, un volatinero, un titiritero, cómicos, halconeros, bestias de carga y, atrás, una piara de cerdos que levanta nubes de polvo a su paso. (Bernand y Gruzinski, 1996: 300)

El Cortés soldado se convierte en administrador, para lo cual confía en lo aprendido como alcalde en Cuba, y aprovecha las minas de metales útiles, de azufre y salitre para hacer pólvora, y se preocupa por el desarrollo de la agricultura y la ganadería, haciendo obligatoria la siembra de las plantas de España, también valiéndose de su experiencia como agricultor y criador de ganado en Cuba.

En la mesa de Hernán Cortés en su palacio de Cuernavaca, se sirven espléndidas comidas a las que acuden conquistadores y religiosos; en el centro se pone un salero y jarras de vino, pulque o chocolate; tras limpiarse las manos con agua aromatizada con yerbas perfumadas inicia la comida con la bendición de los alimentos. La comida empieza con una sopa, y como segundo tiempo sigue con fruta novohispana servida sobre pan ligero. El tercer tiempo es un potaje espeso que acompaña la “ración” de carne cocida, asada o guisada, y que puede ser de pescado, aves o carne de presa, todo ello servido con una guarnición de frutas o verduras; se prefiere el cordero sobre la vaca, y el guajolote sobre las gallinas de Castilla. El protocolo permite comer con las manos,

porque se pueden detectar temperaturas, texturas, formas y detalles, y en la mesa del Marqués los comensales son muy poco solemnes, y más bien grotescos y ruidosos (Curiel, 2011: 91).

Es el propio Hernán Cortés quien, transformado ahora en administrador y recordando su experiencia antillana, se ocupa del progreso de la ganadería y la agricultura, y pide que sean enviados plantas y animales desde La Española, y en 1524 hace obligatorio el cultivo de la vid, el trigo y las frutas y legumbres de Europa; también se traza la ciudad y se reemplaza el templo de Huitzilopochtli por una catedral (Bernand y Gruzinski, 1996: 303).

Sin embargo, la vida no es color de rosa para todos, que habitan una ciudad que permanece vacía durante varios meses tras la rendición de los indígenas, los que son ahora la mano de obra para la reconstrucción, pues el centro de México-Tenochtitlan fue repartido entre los conquistadores.

Aparecen en esos primeros años las epidemias, y muchos de estos conquistadores de México-Tenochtitlan enferman de sífilis y mueren, después que miles de indígenas sufrieron la misma suerte con la viruela. Más de la mitad de los europeos abandonaron la Nueva España hacia 1534, al tiempo que una nueva oleada de colonos que no participaron en las guerras de conquista llega a estas tierras, y entre ellos ya no vienen soldados, sino artesanos, músicos, funcionarios de la Corona, mercaderes y religiosos, y se conforma una primera sociedad colonial plena de rencores, celos y amarguras entre los antiguos conquistadores y los nuevos pobladores a quienes aquellos tachan de oportunistas, de modo que “la primera sociedad colonial es una arena pulverizada en facciones y en clanes” (Bernand y Gruzinski, 1996: 290). Esta situación producía en los conquistadores un estado de tensión y privaciones que probablemente les incitó a continuar explorando el país.

A partir de 1523, la llegada de los religiosos dio un nuevo impulso a la colonización de México —así llamó Cortés a la ciudad conquistada— a través de las actividades agropecuarias, e hicieron sus propias solicitudes para que llegaran granjeros al país y se importaran plantas y animales europeos, y además se enseñaran artes y oficios a la población local, entre ellos la talabartería, denotando ya la existencia de una producción ganadera y de una transformación de los productos como el cuero. Tal como había sucedido en las Antillas, el número de ganado bovino se incrementó con rapidez en la Nueva España, en tal cantidad que invadió cultivos y poblados, motivo por el cual los virreyes obligaron a los ganaderos a construir cercos y a matar el ganado disperso;

al igual que en la Antillas, de esta “cacería” sólo se aprovecharon los cueros. Una descripción más completa de la forma como se realizaba la faena del ganado indica que

...los vaqueros, provistos de una media luna cortante colocada al extremo de una larga pértiga, perseguían a caballo la res que querían sacrificar y al alcanzarla le cortaban los jarretes [parte alta de la pantorrilla] con la media luna, dejando tumbada la res sin poderse levantar y entonces el vaquero echaba pie a tierra, la apuntillaba con su cuchillo, desollándola después, cargando las pieles en caballerías preparadas para su porteo. (Tudela, 1993: 170)

Para proporcionar algunos detalles de la vida cotidiana en la ciudad de México, puede describirse que en 1539, a escasos veinte años de la conquista de la ciudad, el entorno había cambiado radicalmente y son famosos los banquetes en casa de Cortés y del virrey Antonio de Mendoza, en los que no faltaron los platos de carne de vaca y cabezas de ternera degustados con espumoso chocolate, entre la gran variedad de platillos, mientras “los indios devoraron becerros enteros con pollos, gallinas, codornices, palomas y cerdos” (Bernand y Gruzinski, 1996: 324), lo que denota la amalgama, al menos gastronómica, entre las poblaciones española y aborigen, y deja ver que la ganadería era ya una actividad común en las tierras mexicanas.

Las corridas de toros

En el siglo XVI, en España, no existían las plazas de toros y las corridas se llevaban a cabo de manera ocasional en las plazas públicas, donde un grupo de carpinteros acondicionaba un tablado. Su otra modalidad era realizarlas en encierros privados que tenían lugar en el campo, como parte de las fiestas de los patronos. El espectáculo se realizaba por lo general a caballo, pues las corridas eran una actividad propia de los caballeros, y la suerte más habitual era el rejoneo; existían igualmente “humildes lidiadores de a pie, quienes recibían por su trabajo una remuneración en consonancia con el éxito que tuvieran” (Calvo, 2000: 81).

Es factible que algunas de estas fiestas de toros se realizaran en las tierras recién conquistadas. Ese es el caso de México, donde se ha registrado que Hernán Cortés organizó la primera corrida de toros en el año 1529 (de Alba, 2011: 10). También es el caso del Perú donde, tras varios meses de guerras internas por el poder, Gonzalo Pizarro fue nombrado gobernador en

1544, y entró a la ciudad de Lima bajo la “aclamación de una multitud delirante”. Este personaje se pasó varias semanas festejando su nombramiento, con “juegos de cañas, corridas de toros y un espectáculo de moros y cristianos” (Bernand y Gruzinski, 1996: 461).

Por la época, esos juegos de cañas eran espectáculos propios de caballeros, es decir, de gente de a caballo, en los que “varias cuadrillas de jinetes hacían competencias en destrezas” (Calvo, 2000: 83); por lo general, esas fiestas iban acompañadas con corridas de toros. De la casta de los toros no se hace mención en ninguna de las referencias citadas, pero probablemente no eran todavía razas de lidia, sino reses bravas utilizadas para recordar lo que los conquistadores habían visto en las fiestas españolas.

De acuerdo con Sánchez (1984: 492), no existía en el siglo XVI el ganado de lidia como hoy lo conocemos, sino animales que eran provistos por los carniceros y que los elegían de las vacadas comunales por su temperamento más dispuesto a la embestida, mientras que los demás animales “ilidiables” pasaban directamente “a la tabla”. Es así que se puede pensar que las corridas de toros celebradas en México y Sudamérica a principios de la época colonial, se llevaban a cabo con las reses más bravas que se identificaban entre los hatos de los vecinos.

La diáspora del ganado bovino

Posterior a los meses de la conquista de la ciudad de México-Tenochtitlan, y con algunos de los soldados establecidos como encomenderos recibiendo tributos en especie y en servicio de indios, empezó a multiplicarse el ganado mayor. En los primeros años, el desarrollo de la ganadería bovina sucedió en forma lenta, y los vacunos se empleaban para el transporte de bienes y personas en carretas y para el arado de las tierras de cultivo (Tudela, 1993: 135), e incluso se reguló su matanza para no reducir la escasa población de vacunos.

Además de los ganados traídos por Cortés a la Nueva España, probablemente entre 1521 y 1526, se tiene registro que fue Gregorio Villalobos el que llevó un lote de bovinos al actual puerto de Tampico en el año 1521, aunque de Alba (2011: 9) menciona que esa versión no es confiable debido a que sus cartas a la Corona sólo hacen referencia a que había realizado la introducción de ganado, sin proporcionar los detalles necesarios sobre la cantidad de semovientes y su origen.

Recordemos que en las probanzas de méritos se solían acrecentar sin freno ni medida las virtudes de los conquistadores.

En pocos años, sin embargo, el número de bovinos se incrementó de manera intensa y comenzó a criarse en lugares cada vez más alejados, a donde llegaban siguiendo las migraciones de los colonos. Se sabe que la expansión del ganado vacuno hacia el norte del país contribuyó no sólo al descubrimiento de los yacimientos mineros, sino a la explotación de las minas del Norte en Zacatecas, donde se le utilizaba como animales de tiro (Tudela, 1993: 137).

En su libro sobre los bovinos criollos de América, Jorge de Alba (2011: 9-11) hace un recuento de las diferentes regiones del país a las que se llevó ganado bovino. Destacan en su relación los siguientes datos:

- 1) Expansión de la ganadería en las costas del Golfo de México, desde la región norte de la Huasteca hasta la Península de Yucatán. Jorge de Alba indica que no es confiable la versión de que “un tal Gregorio Villalobos” llevó los primeros bovinos al territorio de México, arribando a Tampico en 1521; este autor también hace una referencia a que la escasa información sobre estos ganados en las costas del golfo se debe a que muchos de los animales servían para hacer el pago por el tráfico de esclavos, lo que puede deducirse con el registro de que en 1543 llegó a las costas de Campeche “un navío con armas, caballos y ganado que fueron trocados por esclavos indígenas”. Por ser la compra de esclavos una actividad ilegal, es posible que no se recabaran los detalles de las transacciones con ganado, lo que disminuye la cantidad de información disponible sobre los vacunos.
- 2) Expansión hacia el noroeste del país y las costas del Pacífico, partiendo del altiplano central. En la meseta central se desarrolló una ganadería de tipo trashumante hacia las faldas de la Sierra Madre, que incluso dio lugar a la creación de una Mesta Novohispana. En estas incursiones destaca la labor no sólo religiosa sino de desarrollo ganadero del padre Eusebio Kino, en sus misiones en los estados del norte de México y sur de Estados Unidos, en las que fomentaba la cría de ganado como medio para asentar a las tribus indígenas en poblados, lo cual facilitaba grandemente su labor de evangelización.

- 3) Expansión hacia el norte del país, por el lado de la costa de las Californias hasta territorios de lo que actualmente son los Estados Unidos. Por instrucciones del Virrey Antonio de Mendoza, el explorador Vázquez de Coronado partió en 1540 con un pequeño ejército y con 150 reses, muchas de las cuales fueron consumidas en el trayecto, pero algunas debieron quedar asilvestradas.
- 4) Expansión hacia el norte por la Meseta Central, gracias a las grandes superficies cubiertas con pastos naturales; estos ganados criollos dieron lugar a las razas de la Sierra Madre Occidental de México (Nayarit).

El ganado bovino pronto se integró a la vida económica novohispana, al abundarse de manera asombrosa en las tierras recién conquistadas. Su número fue aumentando debido a que se continuamente se solicitaba a la Corona el envío de machos y hembras de todos los ganados mayores y menores, desde vacunos y equinos hasta aves de cacería:

Los animales, al encontrarse con ricos y extensos pastizales sin guardas ni cercas, siguieron su instinto centrífugo de libertad en busca de aguadas y pastos salitrosos. Así, el ganado se crió libremente sin hierro ni señal, orejano, reproduciéndose en progresión geométrica. (Tudela, 993: 138)

Para el año 1555 era de tal magnitud la cantidad de ganado bovino, que, el virrey Luis de Velasco dirimió una disputa entre indios del valle de Toluca y algunos españoles respaldados por las mismas autoridades de la Iglesia; los naturales solicitaban que se retiraran de dichas tierras las “150,000 cabezas de vacas y yeguas en más de 60 estancias” por el gran daño que ocasionaban en sus sementeras y haciendas, y que ni siquiera podían salir de sus casas porque los toros los corrían y los mataban (Tudela, 1993: 180). La decisión del virrey se adelantó a su época, al mandar que se construyera una cerca de piedra y palos para dividir las estancias de las tierras de los indios, misma que tenía “más de diez leguas por cordel”, es decir, unos 55 kilómetros por lado.

Este alejamiento de los hatos ganaderos respecto de pueblos y ciudades tuvo como consecuencia que los pequeños ganaderos tuvieran que dejar la actividad, y fueron los poderosos

estancieros quienes pudieron mantener sus grandes rebaños al cuidado de vaqueros y esclavos negros. Con esta asistencia, los grupos de vacas podían incluso realizar un pastoreo extensivo que no afectara los cultivos, para lo cual se reglamentó el paso de ganado estableciendo “las vías pecuarias, los descansaderos, los abrevaderos y las caladas” (Tudela, 1993:137). Dichas vías pecuarias eran de “92 varas de ancho” (77 metros), y con el resto de la normatividad pecuaria, permitieron sentar las bases de una Mesta Novohispana.

No existe información específica sobre el tipo y las razas de ganado bovino que llegaron al Nuevo Mundo, acaso porque la definición de ‘raza’ no se había inventado y sólo se conocían los ganados propios de las distintas localidades, que conservaban y reproducían algunos caracteres externos y productivos. Sin embargo, las características genéticas de esos vacunos novohispanos se fueron delineando poco a poco. Es probable que el ganado se dispersara por la carencia de pastores, o por asustarse por la presencia de predadores (lobo, puma, jaguar) o por el ruido de las armas de fuego; el caso es que estos animales que no pueden regresar al hato caminaban para encontrar agua y pastos tiernos, volviéndose cimarrones. Los cambios morfológicos que se producían a la larga en los vacunos cimarrones, dependían de las condiciones ambientales del sitio donde estuvieran

Los más frecuentes son el embastecimiento y abundancia de pelo y la tendencia a unificar su color, la disminución de la talla, el aumento de la largura de crines, pezuñas, cuernos..., con acentuamiento de algunos caracteres originarios, según las especies. (Tudela, 1993: 145)

La Mesta novohispana y otros preceptos legales

La ganadería bovina se fue desarrollando a pasos agigantados en la Nueva España, y pronto los grandes ganaderos pensaron en adecuar lo que se hacía en España para regular esta actividad pecuaria a través de una Mesta novohispana, que sería una institución en un principio copiada de su antecesora española fundada en Castilla en 1273 como “Honrado Concejo de Mesta”.

Fue el propio Hernán Cortés quien hizo el primer intento por implantar una Mesta local, si bien estuvo pensada para los ganados lanares (Tudela: 1993: 164). Más adelante, a pocos años de iniciada la ganadería en tierras mexicanas

...los ganaderos pidieron a la Corona la autorización para crear en México un “Concejo de Mesta”, con el fin de recuperar las reses perdidas, mostrencas⁶, y así nace el 31 de julio de 1537 y se nombran en 1538 los Alcaldes de Mesta, elegidos por la Municipalidad, antes de la aprobación de los Estatutos por el Virrey. (Tudela, 1993: 163)

En relación a instituciones de origen español, como la Mesta, trasplantadas a la Nueva España, José Miranda (1972: 162) hace una interesante reflexión: dichas instituciones sufren un cierto retroceso, previo a una posterior evolución. En el caso particular de esta organización ganadera, la que se desarrolló en México terminó siendo de mayor espontaneidad, autonomía y vitalidad que su antecesora peninsular, en parte ayudada por una muy diferente fisiografía territorial que demandó adaptaciones importantes. Uno de dichos ajustes fue el cambio de un gremio de ganaderos —como funcionaba en España— para dar lugar a una asociación de propietarios de estancias. Esto se debió a que esta figura de tenencia y usufructo de tierra fue una institución característica de la Colonia “que brotó directamente de la realidad misma”. Por ser una institución regulada, las estancias debían obedecer a límites fijos; desde las primeras ordenanzas de 1537, la Mesta determinó que las de ganado mayor “debían medir de Oriente a Poniente cinco mil varas y de Norte a Sur otras cinco mil [...] y debían estar situadas no más cerca de mil varas de las casas de los indios” (*Ibíd.*: 165-6).⁷

El rápido crecimiento de la ganadería vacuna, y la existencia de tantas reses mostrencas debido al propio sistema de expansión, fueron determinando la necesidad de normar la actividad. En

⁶ Había tres tipos de ganado: 1) el *marcado* que tenía hierro y señal (cortes especiales en las orejas) y que se ocupaba para producir carne, manteca y terneras; 2) el *mostrenco* u *orejano* (orejisano) que no tenía marca ni señal; y 3) el *cimarrón* proveniente de ganado mostrenco que se había hecho salvaje (Tudela, 1993: 170).

⁷ La vara española medía 0.84 centímetros.

un principio, la Mesta de México agremió a los criadores de ganado lanar, pero pronto se unieron los del ganado vacuno para poder organizar el acopio y distribución de los bovinos orejanos, es decir, aquellos que no tenían marca de hierro ni señal en la oreja, lo cual tenía lugar en los rodeos que se hacían cada año para tal fin. A diferencia de la Mesta española, los ganados novohispanos estaban distribuidos en los alrededores de los pueblos y en su trashumancia del altiplano a las laderas bajas de la Sierra no había poblados ni tierras cultivadas, por lo que no resultaron necesarias las cañadas o veredas propias para los animales que en España tenían que dejarse libres. En ese momento de la historia, para ser 'Hermano de la Mesta' sólo se requería tener 20 cabezas de ganado mayor que estuvieran herradas (Tudela, 1993: 163), es decir, que tuvieran marca con fierro.

Confirmando lo anterior, de Alba (2011: 11) establece que la Mesta novohispana tuvo un periodo de fortaleza organizativa, de tal manera que entre 1538 y 1570 se registraron los nombres de 33 Alcaldes de Mesta en el Cabildo de la ciudad de México, con 118 marcas de fierro autorizadas para su uso en las estancias de la región. Las ordenanzas de la Mesta de 1537 fueron confirmadas por la Corona hasta cinco años más tarde, pero ya estaban en vigor en la Nueva España; entre esas disposiciones de la Mesta se señalaba que el Alcalde debía hacer dos concejos cada año, en fechas fijas que eran el 16 de enero y el 30 de agosto, y había especial atención al castigo de quienes se dedicaban a hurtar ganado (Miranda, 1972: 172).

Sin embargo, las grandes distancias dificultaban el desplazamiento de los 'Hermanos' para acudir a las reuniones anuales del Concejo de Mesta, razón por la cual surgieron iniciativas y solicitudes a la Corona para autorizar la creación de otras Mestas locales. A la de México siguió la Mesta de Oaxaca, autorizada por el virrey en junio de 1543

Por la presente doy licencia y facultad a la dicha cibdad de guaxaca e vezinos della para que puedan hacer y hagan las mestas que vieren que convenga para la guarda e buen recabado de los ganados de los vecinos e moradores de la dicha cibdad e sus comarcas [...] e no sean obligados a venir a esta cibdad de Mexico a las mestas que en ella se hazen... (Miranda, 1972: 173)

Alguna de las principales diferencias entre las Mestas de España y de la Nueva España, asociada a la figura de la estancia ganadera, es la implantación del "rodeo", que fue una manifestación

típicamente americana; las ordenanzas exigían que en cada estancia se “rodearan” todos los ganados vacunos y caballares entre junio y noviembre, a fin de revisar los fierros en los animales y se identificaran las mostrencas u orejanas. La Mesta estipulaba que por cada 2,000 reses debía haber “un estanciero y cuatro negros e indios, dos de a caballo y dos de a pie”, para llevar a cabo un rodeo semanal (Miranda, 1972: 181).

A pesar de todas las regulaciones señaladas en las ordenanzas, la situación empezó a cambiar después de varias décadas de auge ganadero, de tal manera que la cantidad de vacunos disminuyó drásticamente, y ocasionó que la propia organización de la Mesta promulgara disposiciones para evitar tanta pérdida de bovinos. Al efecto, las segundas ordenanzas de la Mesta Novohispana, emitidas en 1574 y que denotan la identidad propia y la gran diferencia que había con las que regían en España, mandan

Item, por quanto en esta Nueva España va faltando la mucha cantidad que solía haber de ganado vacuno, así por lo que se gasta en carnicerías porque en muchas partes se matan vacas hembras, y porque no multiplican tanto como solía que una vaca venía parida antes de cumplir dos años por que la tierra no estaba ollada [*sic*] y había muchos pastos fértiles, y ahora que cesa esto no paren hasta tres o cuatro años y porque se matan muchos ganados por indios [...]; y principalmente se siente la falta del dicho ganado porque a causa del valor que tienen los cueros en España, se matan cantidad grande de novillos y toros y vacas mayores por los propios dueños para aprovecharse del cuero y cebo de ellos [...]; por tanto, ordeno y mando que ningún dueño de estancia ni otra persona de cualquier calidad y condición que sea, no sea osado a tener ni tenga desjarretaderas ni otros instrumentos para matar ganados mayores... (Chávez, 1956: 34)

Sirva esta larga cita para poner en evidencia varios hechos relevantes; en primer lugar las causas reales de la rápida disminución de vacunos en la Meseta Central de la Nueva España, y que confirman la preocupación de las autoridades por este hecho; en segundo término se aprecia un fenómeno zootécnico asociado al alargamiento —la duplicación— del periodo interparto de las vacas a causa de la escasez de pastos; y finalmente que la Mesta novohispana se ocupaba puntualmente de los asuntos relacionados con el ganado mayor, algo que no se hacía con frecuencia en España.

Conclusiones

Las diferentes expediciones realizadas por los conquistadores españoles en el siglo XVI trajeron consigo una gran diversidad de animales domésticos, primero a las Antillas y luego al resto del continente; estos animales encontraron una gran variedad de climas y entornos ambientales, y tuvieron que adaptarse para sobrevivir y heredar a su progenie esa información genética.

La llegada del ganado bovino a las islas del Caribe, particularmente a La Española, fue un parteaguas en el devenir de la ganadería americana; ahí se suscitó la primera gran adaptación de los animales al clima tropical, y ahí también se comenzó a delinear la heterogeneidad genética y fenotípica propia del bovino criollo de nuestros días. Se puede decir que la primera diáspora de vacunos partió desde las Antillas para asentarse a lo largo y ancho del continente.

La conquista de México-Tenochtitlan puso en contacto a la cultura local con la española, y produjo una amalgama en las costumbres de ambos pueblos; los animales domésticos europeos vinieron a complementar no únicamente la dieta de los mexicanos, sino el acervo de conocimientos relacionados con las prácticas de manejo animal que han perdurado y se han adecuando a diferentes condiciones geoambientales a través de los siglos. Desde México-Tenochtitlan se realizó la segunda diáspora de ganado bovino, que llevó a esta especie a difundirse en todo el país, con una primera etapa de auge en la que los vacunos se multiplicaron en gran cantidad, requiriendo de una legislación contenida en las ordenanzas de la Mesta Novohispana, que ayudaran a regular esta actividad.

Al paso del tiempo esos animales, de por sí heterogéneos, dieron origen a nuevas razas autóctonas o locales, de las cuales pocas se conocen con detalle, a pesar de su enorme contribución al desarrollo social y económico de las poblaciones rurales del continente americano a lo largo de más de cinco siglos.

El acercamiento histórico, que es una herramienta de la etnozootecnia, resulta ser un elemento metodológico apropiado para conocer el desarrollo de la ganadería en México, y permite hacer una reconstrucción de la vida cotidiana de las personas que estaban en contacto con los

animales, ya fuera en una embarcación que viajaba al Nuevo Mundo, o en la mesa de los conquistadores o en el trabajo diario de los encargados del ganado dentro de la estancia. Sin este contexto histórico, sería más difícil comprender la importancia de conservar las razas localmente adaptadas de bovinos en México, pues ahora se puede apreciar que, al igual que nosotros mismos, tienen una historia que contar. Si estas razas locales se extinguen, como es la tendencia actual, también se pierde una parte de nuestra historia y de nuestra identidad.

Agradecimientos

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero brindado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas (COCYTECH), por medio del proyecto titulado 'Desarrollo histórico de la ganadería bovina en Chiapas: inicio de la época colonial'.

Literatura citada

- Acosta, Joseph de. (2006). *Historia Natural y Moral de las Indias*. Publicada en Sevilla en 1590. 3ª edición. Prólogo de Edmundo O'Gorman. Fondo de Cultura Económica. México – Buenos Aires.
- Calvo P., José. (2000). *Así vivían en el Siglo de Oro*. Serie: Historia (Vida Cotidiana). ANZOS, S. L. Madrid, España.
- Cebrián, J. A. (2006). *La aventura de los conquistadores. Colón, Núñez de Balboa, Cortés, Orellana y otros valientes descubridores*. La Esfera de los Libros, S. L. Madrid, España.
- Chávez O., Luis. (1956). *Papeles de la Mesta de la Nueva España. La organización de los ganaderos del siglo XVI*. Mecanuscrito. Banco Nacional de Crédito Agrícola y Ganadero, S. A. Ordenanzas de 1574, volumen III, Sección Cédulas Reales del Archivo General de la Nación. México, D. F.
- Colón, Cristóbal. (1972). *Primer viaje de Cristóbal Colón, según su diario de a bordo*. Transcrito por Bartolomé de Las Casas. Ed. Ramón Sopena. Madrid, España.
- Curiel M., José Luis. (2011). *La mesa de Hernán Cortés*. Editorial Porrúa. México, D. F.

- Fernández de Oviedo, Gonzalo. (1959). *Historia general y natural de las Indias*. Biblioteca de autores españoles, Tomo I. Ediciones Atlas. Madrid, España.
- Lewinsohn, R. (1954). *Animals and myths*. Harper and Brothers. New York, USA.
- Martínez, José Luis. (1983). *Pasajeros de Indias*. Alianza Editorial. Madrid, España.
- Miranda, José. (1972). *Vida colonial y albores de la independencia*. Colección SEP-Setentas. Secretaría de Educación Pública. México, D. F.
- Olvera R., Jorge. (2007). *Los mercados de la Plaza Mayor en la Ciudad de México*. Ediciones Cal y Arena. México, D. F. 167 pp.
- Pereyra, Carlos. (1986). *La conquista de las rutas oceánicas*. Editorial Porrúa. Colección Sepan Cuántos... N° 498. México, D. F.
- Perezgrovas G., Raúl. (2005). *La lana del Tunim Chij, el 'Venado de Algodón'*. 1ª edición. Serie Monografías N° 8. Instituto de Estudios Indígenas, UNACH y Fundación Produce Chiapas, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 363 pp.
- Perezgrovas G., Raúl. (Editor). 2007. *Cría de cerdos autóctonos en comunidades indígenas*. Serie Monografías N° 9. Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. 246 pp.
- Perezgrovas G., Raúl. (2013). Introducción del ganado lanar al Nuevo Mundo. En: Perezgrovas G. R. y Parés C., P.M. (editores) *Razas autóctonas de ganado lanar en Iberoamérica. Desarrollo histórico y características de la lana*. Universidad Autónoma de Chiapas. Instituto de Estudios Indígenas. Red CONBIAND. Taller de Publicaciones SPAUNACH. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Sánchez B., Antonio. (1984). *Razas bovinas españolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Saucedo M., Pedro. (1984). *Historia de la ganadería en México*. Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Soustelle, J. (2006). *La vida cotidiana de los aztecas en vísperas de la conquista*. 16ª reimpresión. Sección de Obras de Antropología. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Tudela de la Orden, José. (1993). *Historia de la ganadería Hispanoamericana*. Ediciones de Cultura Hispánica. Agencia Española de Cooperación Internacional, Instituto de Cooperación Iberoamericana y EGRAF. Madrid, España.
- Zavala, Silvio. (1984). *El servicio personal de los indios en la Nueva España*. Vol. I. COLMEX, El Colegio Nacional. México.

UNACH

III.

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LOS BOVINOS CRIOLLOS EN MÉXICO

UNACH

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LOS BOVINOS CRIOLLOS EN MÉXICO

Rafael Núñez Domínguez, Rodolfo Ramírez Valverde, José G. García Muñiz

Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo

Introducción

Entre las especies animales utilizadas en México para la alimentación en la época precolombina, sobresalen el guajolote y el xoloitzcuintle; sin embargo, con la llegada de los españoles al continente americano se incrementó de manera significativa la diversidad zoogenética en el país, misma que para varias especies se logró adaptar a condiciones muy diferentes a las que tenían en su lugar de origen. A esos animales procedentes de la península Ibérica, que fueron sobrevivientes y adaptados después de 500 años de residencia en América, se les conoce como Criollos. En la Figura 1 se muestran imágenes de un mural del Museo Nacional de Agricultura, ubicado en la Universidad Autónoma Chapingo, en donde se ilustra la diversidad fito y zoogenética antes y después de la conquista, y el intercambio de recursos genéticos de América a Europa y viceversa.

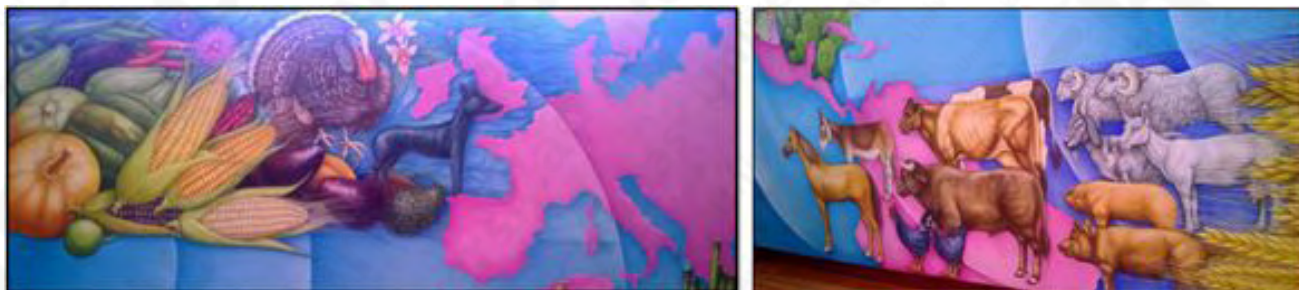


Figura 1. Murales sobre el ganado prehispánico y el introducido después de la conquista de México (Obra del Maestro Ventura Cervantes Argueta, Museo Nacional de Agricultura, Universidad Autónoma Chapingo).

Al llegar a México los bovinos ibéricos en 1521 (de Alba, 2011), fueron enfrentando una gran diversidad agroclimática, desde regiones de trópico húmedo hasta ambientes áridos con temperaturas extremas muy diferentes a los ambientes templados de donde provenían, así como la presencia de nuevas plagas y enfermedades (O'Neill *et al.*, 2010). En los pasados cinco siglos, los bovinos Criollos se fueron adaptando y evolucionando en condiciones ambientales muy diversas y adversas, manejados y conservados con el uso de prácticas zootécnicas tradicionales, y en los que la decisión de cuáles animales podían reproducirse estuvo a cargo de la madre naturaleza, lo que sugiere que esos animales poseen material genético para características de adaptabilidad, en frecuencias distintas a las de razas exóticas de bovinos.

¿Por qué es de interés el estudio de los bovinos Criollos? Son animales que han estado produciendo en ambientes marginales que se espera se amplíen en el futuro, debido a las consecuencias del cambio climático; prácticamente se han mantenido aislados de programas de fomento ganadero tendientes a “mejorar” genéticamente el ganado; han sido transformadores de biomasa de ecosistemas no aptos para la agricultura intensiva, en alimentos (carne y leche prácticamente orgánicos) para la población humana, particularmente de comunidades indígenas o marginadas; han sido alcancía, pero también válvulas de escape para tener paz social, por su contribución a la seguridad alimentaria; han evolucionado conjuntamente con el ambiente y los poseedores del ganado, quienes han definido

qué animales se reproducen; y son animales multipropósito, ya que su especialización consiste en sobrevivir y reproducirse en ambientes adversos.

A finales de la década de 1990, desde la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) se coordinaron cuatro foros nacionales sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios, en los que participaron representantes de organizaciones de criadores, y especialistas en mejoramiento genético animal de distintas instituciones de docencia e investigación del país. Uno de esos foros se dedicó a revisar el estado de los recursos Criollos (SAGAR, 1998a). Con base en los resultados y conclusiones de esos foros se elaboró el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (SAGAR, 1998b), el cual establece los lineamientos generales para la caracterización, conservación y uso sostenible de estos recursos. Con el propósito de implementar las acciones de este Programa, en 1999 se creó el Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN). Estas acciones sirvieron para tomar conciencia y poner en la agenda de muchas instituciones gubernamentales, académicas y de investigación, el tema de la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos pecuarios.

En este contexto, es importante destacar la iniciativa de la **Red sobre la Conservación de la Biodiversidad de los Animales Domésticos Locales para el Desarrollo Rural Sostenible (Red CONBIAND)**, particularmente la Red Mexicana CONBIAND, por coordinar recursos humanos especializados del país interesados en el estudio de los animales domésticos locales y por producir la presente publicación sobre los Bovinos Criollos, la que sin duda será un complemento de gran relevancia a documentos de referencia en la materia, como son: *The Criollo: Spanish Cattle in the Americas* (Rouse, 1977); el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (SAGAR, 1998b); el Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios en México (SAGARPA, 2002); El Libro de los Bovinos Criollos de América (de Alba, 2011); la Tipificación del Ganado Criollo Mexicano (Hernández, 2012); y el Documento Metodológico para el Cálculo del Subíndice de Diversidad Pecuaria (FAO-SAGARPA, 2012). Entre esas fuentes bibliográficas sobresale el trabajo realizado en forma particular por el Dr. Jorge de Alba Martínez, quien dedicó su vida profesional al estudio de los bovinos Criollos, enfatizando el hecho de que la producción de satisfactores debe basarse en animales adaptados y no en animales exóticos,

ya que estos últimos tendrían que destinar gran parte de la energía consumida para sobrevivir en condiciones muy distintas a las cuales fueron seleccionados. Todas estas acciones subrayan la importancia de caracterizar, conservar y utilizar de manera sostenible la diversidad genética, que por tantos años ha sido base para el sostenimiento de las formas de vida en comunidades rurales.

El objetivo del presente capítulo es contribuir al mejoramiento de la difusión del conocimiento sobre las virtudes de los bovinos Criollos y su importancia, con el fin de sensibilizar a la sociedad sobre los beneficios de su conservación y utilización para el diseño de sistemas sostenibles de producción de alimentos y otros satisfactores en ambientes adversos.

Caracterización de los Bovinos Criollos

Diversidad, inventarios y poseedores

Una de las principales limitantes en materia de caracterización de los recursos zoogenéticos, es la disponibilidad de información confiable sobre las razas existentes y sus inventarios. Cuando se elaboró el Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios en México, se lograron identificar 45 razas de bovinos (SAGARPA, 2002), de las cuales cinco eran Criollas. Más tarde, cuando la FAO solicitó a un grupo de investigadores la preparación de una propuesta para medir la diversidad en recursos zoogenéticos en México, se hizo una estimación de los inventarios ganaderos (hembras en edad reproductiva), mediante tres fuentes de información: organizaciones de productores pecuarios, informantes clave, y encuesta nacional a productores pecuarios (FAO-SAGARPA, 2012). En ese estudio se lograron identificar 54 razas de bovinos, incluyendo 10 razas Criollas, y estimar el número de hembras en edad reproductiva; las 10 razas de bovinos Criollos (y hembras en edad reproductiva) fueron: Criollo de Rodeo o Rarámuri (488,125), Criollo del Golfo (222,696), Ganado de Lidia (24,500), Criollo Chinampo (10,000), Criollo Coreño o del Nayar (6,240), Frijolillo (1,921), Cuernos Largos (585), Criollo Lechero Tropical (462), Romosinuano (370), y Nunkiní (200). Las razas Criollo Lechero Tropical, Romosinuano y Cuernos Largos son de reciente introducción al país; la primera fue desarrollada en Nicaragua, la segunda en Colombia y la última en los EE. UU.

En nuestro país se tienen reconocidas las siguientes asociaciones de criadores: Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano, A.C. (ASOCRIOLLO), Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Cuernos Largos, A.C., Asociación Nacional de Criadores de Toros de Lidia, y Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical, A.C. Los bovinos Criollos registrados en las organizaciones de criadores son relativamente pocos y la mayor parte se encuentra en unidades de producción pequeñas.

A diferencia del trabajo realizado en Colombia, en donde desde hace muchos años se dieron a la tarea de diferenciar poblaciones de bovinos Criollos y formar asociaciones de criadores en función de las características externas, de adaptación y propósito zootécnico del ganado, en México esto es todavía una tarea pendiente. Las organizaciones de criadores de ganado son fundamentales para asegurar no sólo la conservación de sus recursos genéticos, sino también para conjuntar a los poseedores de los animales y consensuar programas de mejora de gran visión. Entre las funciones de las asociaciones de criadores se tienen: mantenimiento de inventarios, controles uniformes genealógicos y de comportamiento productivo, y establecimiento de objetivos y programas de selección para el mejoramiento del desempeño de los animales.

¿A quiénes se debe la existencia de los bovinos Criollos en nuestros días? Esencialmente quienes han sido los principales poseedores y usuarios de los bovinos Criollos han sido comunidades indígenas y los animales se encuentran ampliamente distribuidos en el país (Figura 2), aunque muchos de ellos ya encastados con otras razas, principalmente de ganado Cebú a partir de su importación de Brasil en 1884 (Rouse, 1977). Sin embargo, estos recursos genéticos también están siendo conservados y estudiados por instituciones académicas y de investigación, así como por asociaciones de criadores (Cuadro 1). En el caso del bovino Criollo del Norte del país, Ríos y Rodríguez (1998a) señalan dos razones por las que este ganado se ha conservado: una es que el productor Tarahumara es muy celoso y ha sido reticente a que sus animales sean cruzados con otras razas; y la otra razón es que el becerro tiene un mercado económicamente rentable cuando se exporta para fines de rodeo. Estos autores también subrayan que la ganadería de bovinos Criollos, por el hecho de desarrollarse de manera aislada en regiones inhóspitas y escarpadas de

la Sierra Madre Occidental, durante la década de 1940 pudo librar el “rifle sanitario” para la erradicación de la fiebre aftosa.

Figura 2. Distribución de las principales poblaciones de bovinos Criollos en México.



Cuadro 1. Principales poseedores de poblaciones de bovinos Criollos en México.

Bovinos	Poseedores
Criollo de Rodeo o Rarámuri	Comunidades Tarahumaras o Rarámuris Universidad Autónoma de Chihuahua Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano, A.C.
Criollo Coreño o del Nayar	Comunidades Huicholes, Coras y Tepehuanes Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Criollo Chinampo	Universidad Autónoma de Baja California Sur Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Criollo Lechero Tropical	Colegio de Postgraduados Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical, A.C.
Criollo de Los Altos de Chiapas	Comunidades Tsotsiles y Tseltales
Ganado de Lidia	Asociación Nacional de Criadores de Toros de Lidia
Criollo Mixteco	Comunidades indígenas y mestizas de la Mixteca (Puebla, Oaxaca y Guerrero)
Criollo Nunkiní	Comunidades Mayas (Campeche)
Romosinuano	Colegio de Postgraduados Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical, A.C.
Criollo Cuernos Largos	Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Cuernos Largos, A.C.

Caracterización fenotípica

Con el propósito de documentar la variabilidad fenotípica en bovinos Criollos y su posible uso en programas de mejoramiento genético animal, en el país se han realizado algunos estudios para su caracterización. Los estudios de caracterización fenotípica han considerado aspectos de apariencia externa y de medidas zoométricas, y características de desempeño productivo y de adaptación.

Una caracterización por apariencia externa (color de pelaje) fue realizada por Perezgrovas *et al.* (2011) en bovinos Criollos de la región montañosa central de Chiapas, criados principalmente

por los grupos étnicos Tzotsiles y Tzeltales. Estos autores identificaron los grupos fenotípicos principales asociados al color del pelaje: serrano, negro, rojo, ruano, pinto, y hosco; además, un segundo conjunto incluyó los fenotipos: barcino, blanco, berrendo, café, pardo y blanco orejinegro. En el Norte de México, Espinoza *et al.* (2009a) caracterizaron la coloración de bovinos Criollos introducidos al Sur de la península de Baja California, localmente conocidos como Chinampos; ellos encontraron que la coloración predominante fue la combinación de blanco con rojo, en segundo lugar el rojo uniforme, seguido por el negro, blanco con negro, blanco con hosco, barcino o rojo rayado de negro, y otras combinaciones de colores aparecieron en proporciones inferiores. Aunque estos trabajos son sólo una aproximación a la posible diversidad genética para otras características de importancia zootécnica y económica, los resultados muestran la alta diversidad fenotípica en características externas dentro de poblaciones de bovinos Criollos.

Para la caracterización apropiada de apariencia externa de los bovinos Criollos, destaca el documento Tipificación del Ganado Criollo Mexicano, publicado por ASOCRIOLLO (Hernández, 2012) y que sirve de guía para agrupar a los animales en función de rasgos como tipo de cuernos y cabeza, color del pelaje, inserción de la cola, borla de la cola, ombligo o prepucio, entre otros. En ese estudio se utilizó la Guía para Determinar el Fenotipo del Ganado Criollo de Chihuahua, con el fin de tipificar y comparar los tipos de bovinos Criollos de los estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit. El resultado del estudio fue que esta Guía puede utilizarse en los demás estados de la República para que inicien con su hato fundador, y con los procesos para el registro y certificación de bovinos Criollos. Aunque existe gran diversidad de tonalidades de pelo en estos animales, hay aspectos que son comunes como la talla pequeña, pesos al nacimiento livianos, pelo y orejas cortos, prepucio recogido, y pezuñas duras y cortas.

Algunos trabajos con bovinos Criollos han intentado caracterizar la diversidad en medidas corporales de poblaciones específicas. En bovinos Criollos procedentes de la región Mixteca (estados de Oaxaca, Guerrero y Puebla), Méndez *et al.* (2002) presentaron mediciones de 42 variables morfométricas clasificadas en tres grupos: longitudes, alzadas y perímetros, mostrando los promedios y la existencia de una alta variabilidad.

Fuentes-Mascorro *et al.* (2011) caracterizaron 11 medidas corporales de bovinos (hembras y machos) Criollos de Oaxaca, concluyendo que este ganado presentó una gran heterogeneidad en la morfoestructura y un dimorfismo sexual evidente, obteniendo las mayores diferencias en la longitud corporal, el perímetro torácico, la profundidad del pecho, y el ancho y la longitud de la grupa. Como ejemplos de la caracterización de los diferentes fenotipos externos de bovinos Criollos en México, a continuación se muestran algunas fotografías con la diversidad fenotípica externa observada (Figura 3).

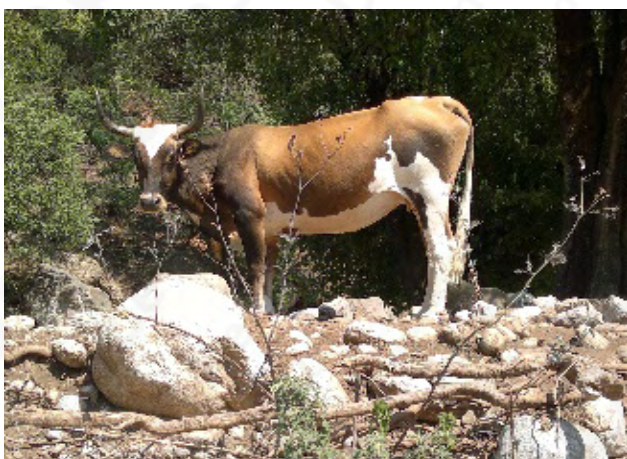
Dadas las diferentes condiciones ambientales a las que han sido sometidos los bovinos Criollos, tiene poco sentido la comparación del desempeño productivo de diferentes razas y ambientes. Sin embargo, algunos estudios han tratado de caracterizar las razas bovinas Criollas en ambientes específicos (naturales o en centros de investigación). La medición del desempeño productivo en condiciones naturales resulta en valores aproximados, debido a las limitantes en infraestructura y controles de registros productivos; mientras que en condiciones experimentales las mediciones pueden ser más precisas, pero no necesariamente corresponder a las obtenidas en el ambiente y manejo específico de los ganaderos poseedores de esos recursos.

En condiciones naturales de Baja California Sur, Espinoza *et al.* (2009a) caracterizaron el peso corporal de bovinos Chinampos, observando valores en hembras entre 115 ± 12 y 255 ± 9 kg para animales de 1 año y mayores de 6 años de edad, respectivamente; mientras que el peso corporal de los machos varió de 130 ± 8 kg en animales de 1 año de edad hasta 345 ± 15 kg en toros de 4 o más años. En su ambiente natural de la región mixteca, Méndez *et al.* (2002) reportaron un peso promedio a los 19 meses de edad de 176 ± 51 kg para bovinos Criollo Mixteco. En bovinos Criollos de Oaxaca alimentados con base en pastoreo de gramas nativas, Fuentes-Mascorro *et al.* (2011) reportaron pesos corporales de 291.6 ± 10.8 y 241.8 ± 20.6 para vacas y toros de 6.2 ± 4.0 y de 2.7 ± 1.1 años de edad, respectivamente.

En dos regiones de Chihuahua (cálida y templada), Hernández (2012) estimó los pesos corporales de bovinos Criollos de Rodeo. Para la región cálida reportó medias de cuadrados mínimos en las hembras a los 12, 40 y 86 meses de edad de 112, 184 y 239 kg, respectivamente; mientras que en los machos a los 11, 17 y 67 meses de edad de 129, 197 y 293 kg, respectivamente. En

general, los valores promedio para la región templada fueron similares a los de la región cálida, excepto para machos de 12 meses (106 kg) y hembras de 29 meses (169 kg). El peso al nacimiento promedio en ambas regiones fue 17.5 kg, lo que es similar a lo reportado por Ríos y Rodríguez (1998a) en el mismo tipo de ganado.

Figura 3. Ejemplares de bovinos criollos: arriba de izquierda a derecha: Criollo del Golfo, Criollo Coreño; abajo de izquierda a derecha: Criollo de Rodeo, y Criollo Chinampo (Fotografía del Criollo Coreño proporcionada por el Dr. Guillermo Martínez Velázquez, INIFAP).



En estudios realizados en el Campo Experimental “El Verdineño” en Nayarit, se han reportado algunas estimaciones para características productivas en bovinos Criollos Coreños. Los promedios para las tasas de estro, gestación, parición y destete fueron 69 ± 9 , 60 ± 9 , 59 ± 10 y 52 ± 10 %, respectivamente (Martínez et al., 2006b); el largo de gestación fue 284.10 ± 0.9 días (Martínez et al., 2008); los porcentajes de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en leche fueron 2.81 ± 0.1 , 3.88 ± 0.1 , 4.71 ± 0.1 , 9.29 ± 0.1 , respectivamente, y los kilogramos por lactancia (210 d) de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos fueron 22.3 ± 1.7 , 31.6 ± 1.3 , 39.5 ± 1.8 y 76.9 ± 3.3 , respectivamente (Martínez et al., 2010). Los promedios de producción de leche total por lactancia (PTL, 210 d), producción diaria de leche, producción máxima de leche (PML), día al pico de producción máxima de leche y persistencia de la lactancia (PTL/PML) fueron 805 ± 34 kg, 3.9 ± 0.1 kg, 5.8 ± 0.2 kg, 70 ± 3 d, y 143 ± 2 , respectivamente (Martínez et al., 2012).

Martínez-Tinajero et al. (2006) utilizaron vacas Criollo Lechero Tropical con sus crías en condiciones del Soconusco, Chiapas. Las vacas pastorearon una pradera establecida con pasto Estrella de África (*Cynodon plechtostachyus*) y en el corral recibieron 2 kg/d/animal de un concentrado comercial al momento de la ordeña. Las crías se alimentaron artificialmente con un sustituto de leche. Las vacas fueron ordeñadas mecánicamente dos veces por día, sin el apoyo del becerro. Entre las variables caracterizadas estuvieron el intervalo parto-primer estro (55.1 ± 20.3 d) y la producción diaria de leche (6.6 ± 1.9 l/d). Rosendo-Ponce y Becerril-Pérez (2015) sintetizaron los hallazgos obtenidos con el hato experimental de bovinos Criollo Lechero Tropical del Colegio de Postgraduados en el estado de Veracruz.

Los animales pastorearon en praderas de estrella de África (*Cynodon plechtostachyus*), gramas nativas (*Paspalum sp*) y pará (*Brachiaria mutica*) y se les suministró sal común todo el año, con suplementación eventual en algunos años de sequía extrema (caña de azúcar fresca picada, ensilado de maíz o pollinaza); se ordeñaron una vez al día y se usó inseminación artificial todo el año. Estos autores reportaron un promedio de producción total de leche por lactancia de $1,174 \pm 11$ kg, duración media de la lactancia mayor de 319 d, servicios por concepción de 1.6 ± 0.03 , edad al primer parto de 40 meses, intervalo entre partos de 15 meses, grasa en la leche entre 3.67 y 4.98 %, proteína en la leche entre 3.38 y 5.59 %, y sólidos totales en leche de 12.7 ± 0.3 %. En

este mismo ganado, cuando se usó suplementación a las vacas lactantes se favoreció la producción total de leche, grasa y proteína (Domínguez-Pérez *et al.*, 2011).

Con el propósito de identificar algunas de las ventajas principales en el uso comercial de bovinos Criollos, algunos investigadores han tratado de describirlos en función de características relevantes relacionadas con sobrevivencia y capacidad de producción en condiciones ambientales específicas.

En bovinos Chinampos, Espinoza *et al.* (2007) estudiaron el comportamiento estral de las vacas y concluyeron que en presencia del macho, las vacas concentraron su conducta estral en un periodo más corto y aumentaron la proporción de estros con duración menor que 8 h, donde la presencia del macho influyó en la hora de inicio del estro (por la mañana). En vacas Criollas de Rodeo de Chihuahua, Zárate-Martínez *et al.* (2010) determinaron su comportamiento reproductivo con amamantamiento restringido y sincronización del estro, observando que todas las vacas presentaron estro después de la aplicación de los protocolos hormonales. Guerrero *et al.* (2011a) caracterizaron el comportamiento estral de vacas Criollo Lechero Tropical sincronizadas con PGF2 α y observaron una aceptable tasa de manifestación del estro (67 %) y conducta sexual intensa. Además, Guerrero *et al.* (2011b) evaluaron la tasa de ovulación y dinámica folicular de estas vacas, encontrando 100 % de ovulación después de la administración de PGF2 α y la presentación de un ciclo estral natural; los autores sugieren que estas vacas son capaces de mantener la funcionalidad ovárica con un nivel de alimentación basado en pastoreo, debido a su adaptación a las condiciones tropicales y a que tal vez sus niveles de producción de leche no requieren un consumo extra de nutrientes. Asimismo, Montiel *et al.* (2011) estimaron que el uso de una dosis baja de PGF2 α resultó en una aceptable tasa de gestación general (74%) en vaquillas Criollo Lechero Tropical, lo que significa disminución en el costo del programa de sincronización. En vacas Criollo Lechero Tropical del Soconusco, Chiapas, Martínez-Tinajero *et al.* (2006) estimaron un intervalo parto-primer estro (55 d) aceptable y menor al de vacas comerciales de doble propósito (93 d).

Algunos estudios sobre bovinos Criollos Chinampos, ejemplifican la evaluación de características importantes relacionadas con su adaptación a condiciones ambientales adversas. De acuerdo con los resultados presentados por Espinoza *et al.* (2011b), los hábitos de amamantamiento en

becerros Criollos Chinamos siguen un patrón similar al reportado en otras razas productoras de carne (la frecuencia es mayor durante las primeras horas de la mañana y al final de la tarde, la frecuencia y el tiempo de amamantamiento se redujeron a los 180 días, y las hembras mamaron con más periodicidad que los machos). Espinoza *et al.* (2009b; 2011a) compararon razas bovinas en su respuesta a variables fisiológicas relacionadas con la tolerancia al calor (temperatura rectal y tasa respiratoria), concluyendo que las vacas Chinampo fueron más tolerantes que las Jersey o Holstein. Por otra parte, Hernández *et al.* (2007) estudiaron la variabilidad de las mismas características relacionadas con tolerancia al calor en vacas Criollo Lechero Tropical; los resultados obtenidos indican que las vacas tienen diferencias individuales en su capacidad para disipar el calor, lo que sugiere considerar estas variables como posibles criterios para el establecimiento de programas de selección.

Otra característica poco estudiada en México para bovinos Criollos es el grado de infestación por garrapatas. Al respecto, en un estudio realizado en Veracruz con ganado Criollo Lechero Tropical, González-Cerón *et al.* (2009) determinaron las especies y la frecuencia de ocurrencia de garrapatas, identificándose las especies *Amblyomma cajennense* y *Boophilus microplus*, en donde 33 % de los animales tuvieron conteos menores que 10 garrapatas, grado de infestación que se considera no afecta el comportamiento productivo.

Dado que los bovinos Criollos han sobrevivido en áreas naturales sin mucha presión de selección artificial, se esperaría que hayan desarrollado mejores hábitos de pastoreo o ramoneo que los animales de razas exóticas, lo que se traduce en menores daños al ambiente. Un estudio que permitió evaluar lo antes señalado fue publicado por Peinetti *et al.* (2011), quienes compararon hábitos de pastoreo de bovinos Angus y Criollo en áreas desérticas de la región Suroeste de los EE. UU., (ecosistema y ganado similar al del Norte de México). Los animales fueron provistos de collares con GPS para caracterizar la distribución espacial del pastoreo y se evaluó en cada raza la asociación entre los hábitos o patrones de pastoreo y los factores ambientales causantes de esos patrones. La evaluación se realizó durante cuatro semanas en primavera y otoño, comparando una disponibilidad forrajera alta (primavera) y otra baja (otoño), y manteniendo un coeficiente de agostadero de 100 ha/animal. Estos autores encontraron

que los patrones de pastoreo de ambos genotipos fueron similares en primavera, pero diferentes en otoño. Cuando hubo menor disponibilidad forrajera, el pastoreo de animales Angus se restringió a distancias menores que 2,000 m del abrevadero; por el contrario, la probabilidad de desarrollar actividades de pastoreo de los Criollos fue mayor que 90 % en sitios de hasta 4,000 m de distancia del abrevadero. Los factores más importantes que determinaron los patrones de pastoreo fueron distancia al abrevadero, tipo de cobertura forrajera, y pendiente del terreno; además de las diferencias en tamaño corporal de las razas.

Lo anterior puede explicarse por las características físicas y anatómicas de los bovinos Criollos, especialmente de las relacionadas con el tamaño corporal y la consistencia de la pezuña. Por ejemplo, Hernández (2012) observó que los bovinos Criollos tuvieron pesos corporales adultos pequeños (entre 294 y 315 kg en toros, y 239 y 235 kg en vacas), así como una alta proporción (más del 98%) de animales con pezuñas duras y cortas, lo que caracteriza a los bovinos que caminan grandes distancias y en terrenos abruptos. El estudio de Peinetti *et al.* (2011) sugiere que los animales Criollos, que han evolucionado en condiciones de escasez de forraje y baja disponibilidad de agua, causan menor impacto ambiental que los de razas exóticas. Lo anterior es importante si se considera que 35% de la superficie terrestre son agostaderos, sabanas y monte bajo, los cuales son el ecosistema en donde se maneja el 50% del ganado en el planeta y el sobrepastoreo es una causa importante de la desertificación (UNCCD, 2014).

Como lo señalan Cardellino y Boyazoglu (2009), la principal área de la genética que no se ha atendido en forma suficiente es el mejoramiento genético para poblaciones localmente adaptadas en ambientes adversos, así como la falta de investigación en genética y genómica funcional de características relacionadas con adaptación y resistencia a enfermedades.

Con el propósito de identificar posibles usos de los bovinos Criollos en sistemas de producción comercial, el bovino Criollo Coreño está siendo caracterizado en cruzamiento con Guzerat, en el Campo Experimental "El Verdineño" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Los estudios han incluido variables relacionadas con crecimiento posdestete y características de la canal (Martínez *et al.*, 2006a); tasas de estro, gestación, parición y destete (Martínez *et al.*, 2006b); productividad de vacas hasta el destete (Martínez *et al.*, 2008); producción y composición

de leche, y pesos al nacimiento y al destete (Martínez *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2012). De los resultados de esos estudios destacan las ventajas en heterosis que las vacas híbridas (F1) han mostrado en peso al nacimiento (-4%) y al destete ajustado a 210 d (7 a 12%) de sus crías; peso al destete/vaca expuesta al empadre (42%); tasas de presentación de estro (20%), gestación (15%), parición (13%) y destete (13%); producción total (17%), diaria (14%) y máxima (13%) de leche; y producción de grasa (21%), proteína (15%) y sólidos no grasos (16%) en leche.

Adicionalmente, estos autores estimaron mejor comportamiento de las crías de abuelas Criollas para algunas características de la canal (área del ojo de la costilla y peso de la canal caliente) y eficiencia alimenticia. En general, los resultados sugieren que la utilización del bovino Criollo Coreño como raza materna, tiene ventajas cuando se utiliza en sistemas de producción de becerros para engorda y es una alternativa viable para utilizarse en el diseño de estrategias de cruzamiento con el ganado Cebú en zonas tropicales. Sin embargo, se requiere del diseño y establecimiento de programas de mejoramiento genético con estos recursos que optimicen su composición racial, complementariedad y retención de heterosis, pero sobre todo que aseguren el mantenimiento de la diversidad de poblaciones de bovinos Criollos, a través de un uso racional y sostenible.

En general, los bovinos Criollos son de talla pequeña y bajos pesos al nacimiento, por lo que los problemas de distocia son prácticamente inexistentes en estos animales. Como lo señala Primo (1992), las razas bovinas Criollas generalmente se caracterizan por su mansedumbre, predominio de pelaje de color amarillo claro y rojo cereza, cabeza con cuernos, sobresalientes en fertilidad, habilidad materna y longevidad, piel bien pigmentada y ombligo corto, desprendimiento alto de la cola, dorso de apariencia ensillada, partos normales y terneros fuertes y vigorosos al nacimiento, toros sexualmente activos y alto vigor híbrido en cruces con Cebú.

Caracterización genética

Con el propósito de documentar la variabilidad genética en bovinos Criollos y su posible uso en programas de mejoramiento genético animal, en el país se han realizado algunos estudios para su caracterización. Estos estudios han considerado la estimación de parámetros y la predicción

de valores genéticos para características cuantitativas, y la aplicación de genética molecular para identificar genes asociados con rasgos de importancia económica.

La caracterización genética de bovinos Criollos mediante el uso de metodologías cuantitativas ha sido más exhaustiva en razas para las cuales existen asociaciones de criadores, ya que poseen libros genealógicos y de control de producción, como es el caso del Ganado de Lidia y Criollo Lechero Tropical. En esta última raza se ha estudiado la caracterización de la curva de lactancia y la estimación de valores genéticos, para producción de leche ajustada a 305 d (Santellano-Estrada *et al.*, 2008; Santellano-Estrada *et al.*, 2011). Según Rosendo-Ponce y Becerril-Pérez (2015), la curva de lactancia no mostró el ascenso inicial característico de razas de bovinos en climas templados, sino que mostró una producción máxima al inicio (6.8 kg/d) con descenso monótono después de 40 d (finalizando con 2.6 kg/d al final de la lactancia). La lactancia fue descrita ajustando un modelo de regresión aleatoria con un polinomio de Legendre de segundo orden, el cual utiliza todas las pesadas disponibles, permite estimar parámetros y predecir valores genéticos a través de la lactancia. La heredabilidad aumentó de 0.18 a 0.30 a través de la lactancia, y fue de 0.24 para la producción acumulada a 305 días; este valor es útil para la mejora genética por selección de la característica. La repetibilidad varió entre 0.35 y 0.62, con valores más altos al principio y final de la lactancia, y fue 0.43 para la producción acumulada a 305 d. El progreso genético anual estimado en producción de leche ajustada a 305 d fue 11 kg, lo que correspondió a 0.94 % de la media fenotípica, lo cual sugiere que estas tasas de mejoramiento genético pudieran obtenerse en otras poblaciones de bovinos Criollos.

Los bovinos de Lidia no son utilizados con fines específicos de producción de leche o carne, pero representan un recurso genético valioso, dado que desde su arribo a México se han desarrollado en ambientes difíciles y constituyen una posible fuente de genes favorables para su adaptación a ambientes adversos; por lo anterior, es importante su estudio y conservación, favoreciéndose esto último a través de la tradicional fiesta brava. Rangel (1924, citado por de Alba, 2011) menciona que para la celebración del regreso de Hernán Cortés de su expedición a Guatemala y las Hibueras, en 1529 se celebró una corrida de toros en la naciente Ciudad de México; aunque Rouse (1977) refiere que el hato de bovinos de Lidia del que se tiene registro, consistió

de 12 pares de toros y vacas que llegaron a México (Nueva España) hasta 1552. Domínguez-Viveros et al. (2014) mencionaron que la ganadería de Lidia se ha desarrollado en todo México, en ambientes muy diversos y con el mínimo contacto o manejo por el hombre; estos sistemas de producción y las características de su mercado, tienen particularidades que deben considerarse al establecer un programa de mejoramiento genético con base en evaluaciones genéticas. Estos autores consideraron las variables tiente a caballo, tiente a pie, lidia a caballo y lidia a pie. Los análisis se realizaron ajustando un Modelo Animal Multivariado, y las heredabilidades obtenidas oscilaron entre 0.09 y 0.47. Las tendencias de los valores genéticos fueron positivas y diferentes de cero ($P < 0.02$), y la ganancia por año, como porcentaje de la media, osciló entre 0.19 y 1.5 %. Los autores concluyeron que existe variabilidad genética importante para desarrollar programas eficientes de selección en las características relacionadas con la lidia. Sin embargo, es importante estudiar la magnitud de la variabilidad genética para otras características, además de identificar genes asociados con propósitos zootécnicos de producción de satisfactores, como las relacionadas con rusticidad, sobrevivencia, reproducción, crecimiento, calidad de la canal y resistencia a enfermedades.

Aprovechando los avances en la tecnología genómica, los bovinos Criollos cada vez son más estudiados para identificar alelos asociados principalmente con características de inmunidad y calidad de la leche. Algunos ejemplos de este tipo de estudios se mencionan a continuación.

Con respecto a estudios relacionados con inmunidad y resistencia a enfermedades, Félix et al. (2006) secuenciaron nuevos alelos BoLA-DRB3.2 en bovinos Criollos de Rodeo, observando que de 10 clonas analizadas sólo dos dieron homologías del 100 % con los alelos DRB3*1501 y DRB3*1602 previamente reportados, mientras que las ocho restantes tuvieron secuencias nucleotídicas diferentes a las publicadas con anterioridad. El análisis de la secuencia de estos nuevos alelos apoya la hipótesis de que el ganado Criollo de Rodeo posiblemente tiene mayor potencial genético para responder a una gama más amplia de antígenos patógenos que otras razas de bovinos. Estos autores recomendaron la realización de estudios de inmunogenética con los nuevos alelos identificados, que permitan comprobar la relación enfermedad/resistencia-BoLA-DRB3.2 que se ha postulado para el ganado Criollo de Rodeo.

Fernández *et al.* (2008) evaluaron el polimorfismo del *locus* BoLA-DRB3.2 del complejo mayor de histocompatibilidad en dos poblaciones de bovinos Criollos del Norte de México (Chihuahua y Tamaulipas). El *locus* BoLA-DRB3.2 fue estudiado mediante PCR-RFLP, detectándose 52 alelos (28 reportados previamente y 24 nuevos). En la población de Chihuahua fueron encontrados 18 alelos (5.5 alelos efectivos), mientras que en la población de Tamaulipas fueron 34 (10.8 alelos efectivos); las frecuencias alélicas fluctuaron entre 0.011 y 0.383 en Chihuahua, y entre 0.010 y 0.206 en Tamaulipas; y las frecuencias de nuevos alelos en ambas poblaciones fueron bajas (0.010 a 0.053). Vázquez-Flores *et al.* (2006) utilizando microsatélites, estudiaron la diversidad en genes asociados con la susceptibilidad a tuberculosis en bovinos Criollos y otras razas. Estos autores encontraron una gran diversidad (cinco variantes del *locus* Slc11a1) y altos niveles de heterocigosidad en la mayoría del ganado muestreado, concluyendo que la determinación de polimorfismos en este *locus* puede ser útil para probar la asociación de este gen con la resistencia a tuberculosis.

Con relación a estudios sobre calidad de la leche, Cervantes *et al.* (2007) presentaron resultados sobre la variabilidad genética en el *locus* de la k-caseína de un hato Criollo Lechero Tropical de Veracruz, basado en análisis de ADN por PCR-RFLP. Estos autores encontraron frecuencias alélicas en el *locus* CSN3 de 0.57 y 0.43 para las variantes A y B, respectivamente. La variante B es el alelo más favorable porque está asociado con mayor rendimiento de leche transformada en queso y productos fermentados. La frecuencia del alelo B en Criollo Lechero Tropical fue ligeramente inferior a la de Pardo Suizo (0.49) y Pardo Suizo x Cebú (0.57), pero mayor que la de Holstein (0.30), Cebú (0.26) y Holstein x Cebú (0.30).

En estudios sobre proteínas del suero de la leche, Meza-Nieto *et al.* (2010) determinaron por electroforesis capilar en zona libre, las variantes genéticas A y B de β -lactoglobulina en leche de vacas Criollo Lechero Tropical. Las frecuencias genotípicas en esa población fueron 0.14, 0.33 y 0.53 para AA, AB y BB, respectivamente. La concentración total de β -lactoglobulina en leche fue mayor ($P < 0.05$) cuando estuvo presente el alelo A. Meza-Nieto *et al.* (2012) estudiaron también la relación de las variantes A y B de la β -lactoglobulina con producción y componentes de la leche en bovinos Criollo Lechero Tropical. El genotipo BB de β -lactoglobulina

produjo leche con mayores concentraciones de grasa, proteína y sólidos totales, lo que sugiere que la leche de este ganado tiene propiedades fisicoquímicas y tecnológicas ventajosas para elaborar quesos y leches fermentadas.

La identificación de genes, algunos exclusivos de bovinos Criollos, asociados con características de importancia económica y biológica, es una oportunidad para su uso como genes candidatos en la selección asistida por marcadores genéticos, lo que puede acelerar el progreso genético sostenido de animales productivos y funcionales, no sólo en los recursos Criollos, sino también en los recursos exóticos o introducidos que se utilizan comercialmente.

Conservación de los Bovinos Criollos

Los tomadores de decisiones y los investigadores interesados en recursos genéticos pecuarios tienen la responsabilidad ética de resguardar la variabilidad genética que la naturaleza ha generado, particularmente la relacionada con poblaciones que han evolucionado en ambientes adversos. Como lo señala Hernández (2012), la mayor limitante en la educación de la sociedad humana es la falta de conciencia sobre el aporte que durante 500 años ya hizo la naturaleza en los bovinos Criollos, al desarrollar animales con gran aptitud para producir en zonas de marginación extrema. Es decir, ya existe un importante capital biológico en el que se requiere implementar prácticas zootécnicas, que favorezcan la multiplicación de los animales con mejor desempeño en las condiciones en las que han evolucionado.

La diversidad genética entre razas o poblaciones representa un activo para mejorar la productividad y adaptación a cambios en las condiciones ambientales a través de selección, considerando no sólo los impactos del cambio climático, sino también los cambios en las demandas del mercado, en prácticas de manejo, y para hacer frente a nuevas plagas o enfermedades (Boettcher *et al.*, 2010). En una revisión sobre la importancia de los recursos genéticos animales y las estrategias de conservación, Segura-Correa y Montes-Pérez (2001) mencionan que las principales razones para la conservación de estos recursos incluyen la amortiguación ante el cambio climático, la presencia de nuevas enfermedades o modificaciones en el mercado, y la reducción de riesgos de pérdida de alimentos y satisfactores para las generaciones actuales y futuras. Asimismo, estos

autores mencionan como las principales estrategias de conservación la determinación de inventarios en las poblaciones de animales domésticos, su caracterización fenotípica y genética, y la implementación de biotecnologías para la conservación de la variación genética (*in situ* y *ex situ*). Sin embargo, un problema generalizado en muchos países es la ausencia de censos o encuestas de los bovinos Criollos, que documenten quiénes los poseen, el desarrollo de las razas, el tamaño poblacional, las condiciones de manejo, el nivel de comportamiento productivo y reproductivo durante el ciclo de vida, y las características únicas de estos recursos (Woolliams, 2004). Con base en esa información se puede evaluar la magnitud de riesgo de extinción de algunos recursos y las acciones más eficaces para su conservación y desarrollo.

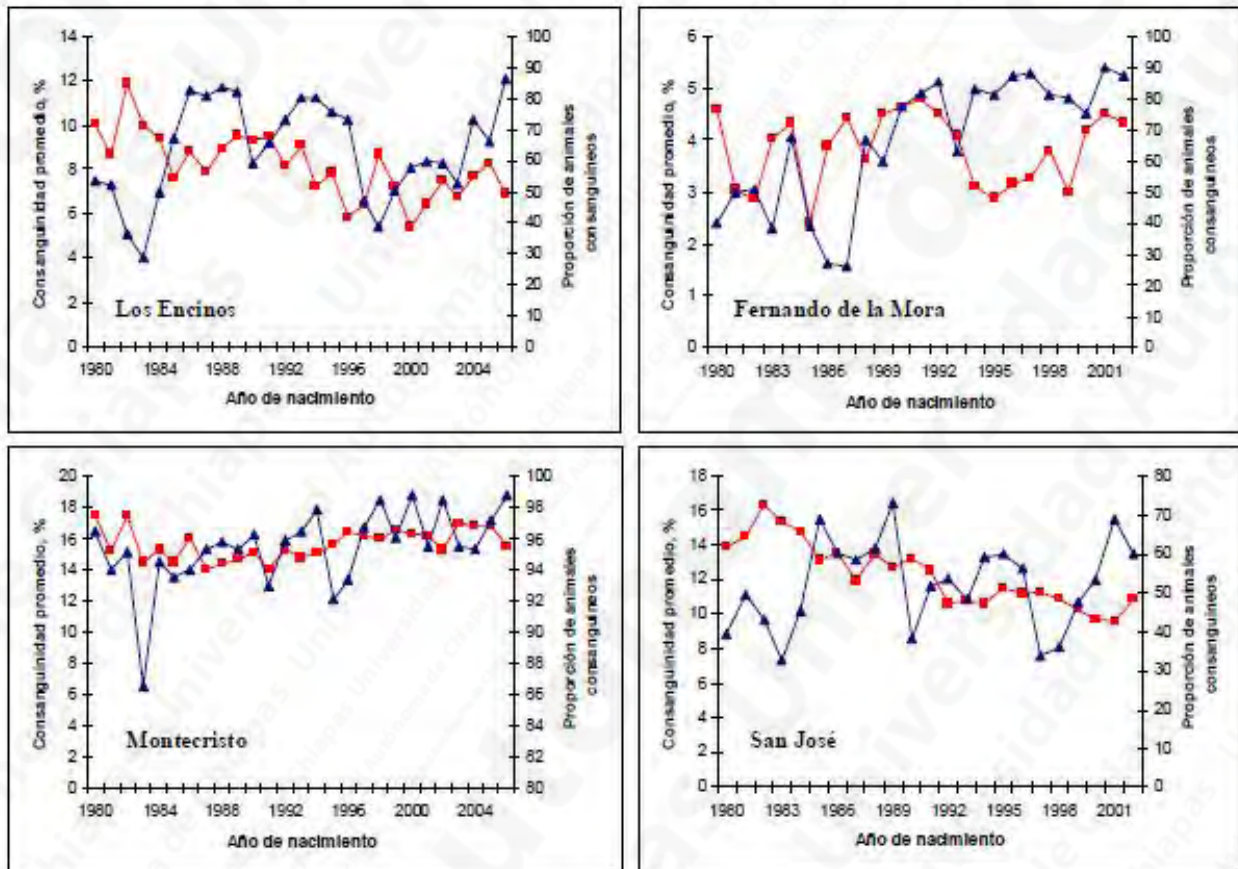
Debido a que no siempre es factible implementar programas de conservación para todas las razas de ganado, se han propuesto metodologías con el fin de determinar cuáles razas tienen prioridad para involucrarlas en programas de conservación. Con el fin de jerarquizar las razas en programas de conservación, Boettcher *et al.* (2010) revisaron metodologías para combinar medidas de diversidad genética basadas en marcadores moleculares, información de factores productivos y culturales que contribuyen al uso de una raza, así como estimaciones de probabilidad de extinción; además, listan programas de cómputo disponibles para este propósito. Sin embargo, estos autores señalan que ese *software* rara vez se ha utilizado en condiciones prácticas, debido a que muy pocas razas cuentan con caracterización a través de marcadores moleculares; por ello, proponen que un primer paso sea la caracterización de las razas en términos de sus fenotipos, sistemas de producción, distribución geográfica, e importancia socioeconómica y cultural.

A continuación se mencionan algunos estudios con bovinos Criollos en los que se han utilizado análisis poblacionales basados en información genealógica de las razas. Domínguez *et al.* (2010) analizaron el pedigrí de cuatro ganaderías de Lidia, observando que en animales consanguíneos el promedio de consanguinidad varió de 4.0 a 15.6%, con animales que alcanzaron hasta 47.7% de consanguinidad; además, en una ganadería sólo tres animales explicaron el 50% del pedigrí, mientras que en las otras tres ese número fue menor que 13 animales. Estos resultados sugieren que se deben supervisar los apareamientos para evitar pérdida de variabilidad genética en estas poblaciones.

En la Figura 4 se muestran las tendencias de consanguinidad y porcentaje de animales consanguíneos en estas ganaderías. En un estudio con la base de datos de la asociación de criadores de ganado de lidia, Domínguez-Viveros *et al.* (2012) analizaron información de 61,897 animales en el pedigrí y encontraron un promedio de 7.3% de consanguinidad en animales consanguíneos; el 10.8 % de la población fue consanguínea, con niveles máximos de 40.6%, y 527 ancestros explicaron el 50 % del pedigrí. Es importante considerar que la integridad del pedigrí (identificación de los ancestros) tuvo limitantes, ya que por ejemplo en la generación de bisabuelos esta integridad fluctuó entre 25 y 43%. Una particularidad de estos recursos genéticos es que generalmente hay poco intercambio de material genético entre ganaderías, provocando una reducción de variabilidad genética dentro de hato; sin embargo, al considerar la población nacional de ganado de Lidia se observa que existe una variabilidad genética sustancial. Una fortaleza para los bovinos de Lidia es la presencia de una asociación de criadores, que ha permitido conservar estos recursos y generar información genealógica que es de utilidad en el mantenimiento de la diversidad genética.

En ganado Romosinuano se ha observado que el nivel de consanguinidad se ha incrementado en años recientes, alcanzando promedios de 2.8% en toda la población y 4.9% en animales consanguíneos (Saavedra-Jiménez y Ramírez-Valverde, 2014). En esta población todos los animales jóvenes fueron consanguíneos y promediaron 7.7% de consanguinidad, y el tamaño efectivo de la población de animales nacidos entre 2001 y 2013 fue 23.5 (Núñez *et al.*, 2014). Estos resultados indican que los criadores deben diseñar los apareamientos para controlar la consanguinidad y mantener la diversidad genética en esta raza.

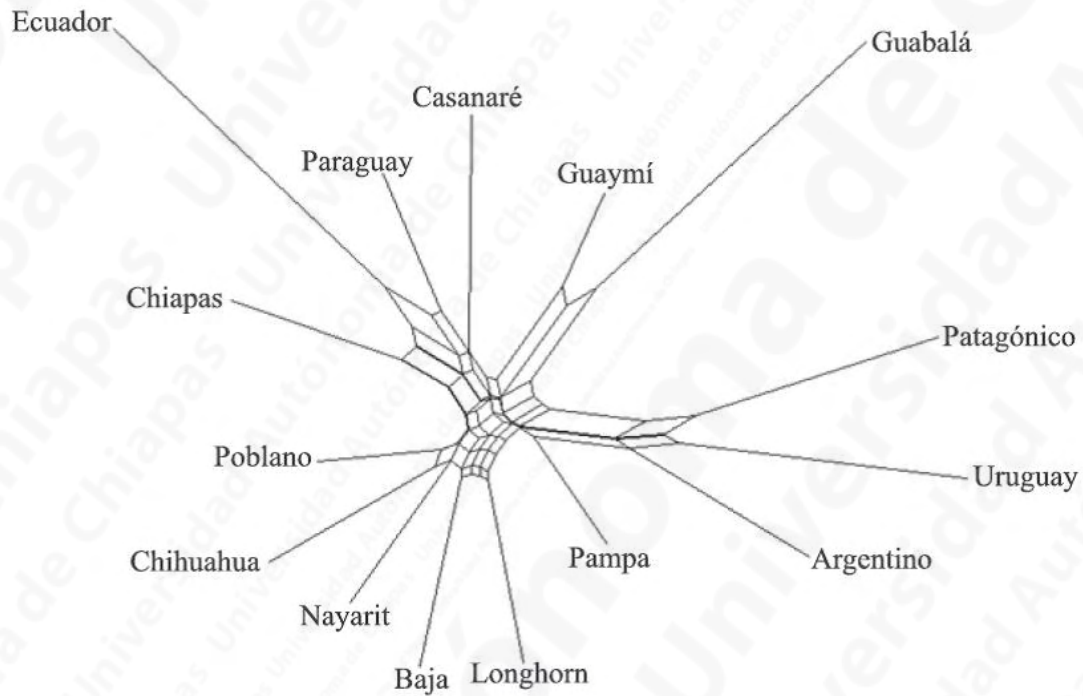
Figura 4. Tendencias de la consanguinidad en animales consanguíneos (□) y porcentaje de animales consanguíneos (Δ) a partir de 1980 en las ganaderías evaluadas (Fuente: Domínguez *et al.*, 2010).



Con el apoyo de la genética molecular se han caracterizado bovinos Criollos, estableciendo orígenes, similitudes y diferencias entre poblaciones. Ulloa-Arvizu *et al.* (2008) realizaron un estudio de siete grupos genéticos (Criollos de Chihuahua, Durango, Nayarit y Guerrero; Ganado de Lidia; Criollo Lechero Tropical; y Guzerat) utilizando ocho microsatélites para evaluar la diversidad genética de estos recursos. Estos autores encontraron que los Criollos de Durango, Chihuahua y Nayarit formaron un grupo, el Criollo de Guerrero estuvo más distante, posiblemente debido a cruzamiento con Cebú, y los otros tres grupos genéticos estuvieron claramente diferenciados.

Un estudio más amplio sobre caracterización genética de 26 razas de bovinos Criollos de 10 países latinoamericanos, que incluyó cinco razas Criollas de México, fue realizado por Delgado et al. (2011). Estos autores utilizaron 19 microsátélites para estimar la diversidad genética, como base para la implementación de programas de conservación y manejo sostenible. Ellos observaron que las diferencias entre razas explicaron 8.4 % de la variabilidad total; en el caso de los bovinos de México, se observó que las razas Criollas de Puebla, Chihuahua, Baja California y Nayarit formaron un conglomerado con el Criollo Cuernos Largos del Sur de Texas; mientras que el Criollo de Chiapas se agrupó con Criollos de Sudamérica y Cuba, tal vez debido a una mayor presencia de genes *Bos indicus* en esas poblaciones de regiones tropicales. En un estudio sobre la relación genética entre razas panameñas (Guabalá y Guaymí) con otras poblaciones criollas de Latinoamérica, Villalobos-Cortés et al. (2012) observaron una importante relación genética entre las poblaciones panameñas, criollas mexicanas y Texas Longhorn, debido a una estrecha relación histórica y geográfica. La Figura 5 ilustra las diferencias entre poblaciones de bovinos mediante estudios de distancias genéticas en estas poblaciones.

Figura 5. Splitgraph con el método NeighborNet de poblaciones bovinas Criollas de América (Fuente: Villalobos-Cortés et al., 2012).



De acuerdo con el Informe de México sobre la Situación de los Recursos Zoogenéticos (SAGARPA, 2002), algunas razas tienden a reducir su población y otras están en riesgo de desaparecer, y las acciones para la conservación de estos recursos han sido limitadas y poco documentadas; además, no se dispone de un sistema de información para la conservación y monitoreo de los recursos zoogenéticos. Una forma práctica de evaluar la situación de peligro de extinción de una raza, es mediante el número de hembras en edad reproductiva. Utilizando ese indicador, la situación de riesgo de una raza de bovinos es “crítica” si el número de hembras es menor que 150, se “requiere de acciones” si ese número está entre 150 y 1,500, y reside en situación de “alerta” si es menor que 3,000 (Alderson, 2010). Aplicando estos criterios, en un estudio realizado recientemente en México (FAO-SAGARPA, 2012) se encontró que las razas Criollos Lechero

Tropical (462 hembras en edad reproductiva) y Nunkiní (200) están en una situación que requiere acciones para incrementar sus poblaciones; mientras que la raza Frijolillo (1,921) está en situación de alerta, lo que implica la necesidad de un monitoreo frecuente. Es importante considerar que aunque ciertas razas Criollas no aparecen en alguna categoría de riesgo de extinción, esto no necesariamente implica que no estén en peligro, ya que las condiciones de aislamiento en que frecuentemente se mantienen (ganadería de traspatio) y la ausencia de organizaciones de criadores, aumentan la posibilidad de que esas razas se extingan.

Como consecuencia parcial de las acciones prioritarias establecidas en el Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios (SAGARPA, 2002), en marzo de 2012 fue inaugurado en Tepatitlán, Jalisco, el Centro Nacional de Recursos Genéticos; la institución responsable de su funcionamiento es el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Este Centro es un importante activo para resguardar *ex situ* la diversidad del germoplasma agrícola, forestal, pecuario, microbiano y acuático, y asegurar la producción sustentable de alimentos y otros satisfactores. La operación del Centro representa un seguro biológico ante amenazas a la diversidad como la presencia de plagas y enfermedades, desastres naturales o catástrofes por efectos del cambio climático; pero más importante, sirve para disponer de la diversidad genética actual con el fin de afrontar las demandas futuras en función de las preferencias del consumidor, las exigencias del mercado y los cambios en los sistemas de producción. Tiene capacidad para resguardar tres millones de muestras de material genético bajo condiciones adecuadas por más de 100 años, dispone de dos cámaras frías, un sistema de anaqueles de alta densidad, cuatro cámaras de preservación para tejidos vegetales y 10 contenedores de nitrógeno líquido, con capacidad para almacenar 600 mil muestras de semen, embriones, óvulos, larvas, cepas microbianas, etcétera. Sin embargo, la cantidad de muestras biológicas de bovinos Criollos en almacenamiento es muy limitada, por lo que se requieren acciones orientadas a resguardar esta diversidad genética.

La principal forma de conservación de bovinos Criollos es *in situ*, mediante su uso. Entre los principales usos de los bovinos Criollos están: comercialización como animales de rodeo (Ríos y Rodríguez, 1998a), lidia (Rouse, 1977; Domínguez *et al.*, 2010) o jaripeo; como animales de tracción para la yunta, carga y transporte; como cosechadores de biomasa en ecosistemas no

aptos para sistemas agrícolas intensivos, para transformarla en alimentos para el consumo humano (carne y leche natural, carne seca, quesos tradicionales y genuinos); y como removedores de biomasa en áreas forestales y áreas naturales protegidas, para reducir el riesgo de incendios.

Conclusiones y Oportunidades

1.- México cuenta con una riqueza de bovinos Criollos que, gracias al cuidado y manejo de los grupos indígenas quienes los han utilizado, conservado y protegido de la introducción de genes de razas exóticas durante cinco siglos, continúan suministrando satisfactores a la sociedad en ambientes adversos y constituyen verdaderas válvulas de escape para mantener paz social. Al respecto, existe la oportunidad de realizar estudios sobre valoración económica de los productos y servicios colaterales que los bovinos Criollos ofrecen a la sociedad y a los ecosistemas en donde han evolucionado. Asimismo, se requiere rescatar y documentar el conocimiento de las comunidades indígenas y rurales sobre las prácticas de salud animal, y otras prácticas zootécnicas como adiestramiento de los animales para mansedumbre, disposición para ser uncidos al yugo y reconocimiento de rutinas de trabajo.

2.- Existe una amplia diversidad en razas de bovinos Criollos, distribuidas en todo el territorio nacional, aunque sólo algunas cuentan con asociación de criadores formalmente constituida, que debido a lo reciente de las organizaciones, éstas cuentan con limitada información genealógica y de comportamiento de los animales, lo que restringe la oportunidad de mejora del ganado en el corto plazo. Además de las comunidades indígenas que continúan utilizando estas razas Criollas, en años recientes algunas instituciones de investigación y de educación superior poseen o evalúan estos recursos. Existen condiciones para que tanto las comunidades indígenas como las instituciones dedicadas al estudio de los bovinos Criollos, trabajen conjuntamente en la definición de criterios y objetivos de selección, así como en alternativas de generación de valor para el uso sostenible de estos recursos.

3.- La caracterización fenotípica de los bovinos Criollos ha considerado mediciones morfométricas, de comportamiento productivo y de adaptación. No obstante la gran variabilidad en características externas, hay aspectos que son comunes como la talla pequeña, pesos al nacimiento

livianos, pelo y orejas cortos, prepucio recogido, y pezuñas duras y cortas. La información sobre el desempeño productivo de los bovinos Criollos es aún escasa y esto se acentúa para características de adaptación, lo que representa una importante oportunidad para los interesados en el estudio de estos recursos.

4.- Los estudios sobre caracterización genética de bovinos Criollos para rasgos cuantitativos se han realizado en sólo dos razas, debido a la existencia de una estructura organizativa y la disponibilidad de registros. Asimismo, los estudios de aplicación de la genómica a la caracterización de bovinos Criollos son incipientes, principalmente para rasgos de inmunidad y calidad de la leche. Se requiere fortalecer las organizaciones de criadores en lo relativo a registros genealógicos y de comportamiento productivo, así como promover la afiliación de más criadores de bovinos Criollos en estas organizaciones, con el fin de facilitar la realización de estudios de mayor cobertura, particularmente para características relacionadas con rusticidad, sobrevivencia, reproducción y resistencia a enfermedades. La identificación de genes únicos de bovinos Criollos es una oportunidad para su uso como genes candidatos en la selección asistida por marcadores genéticos.

5.- Algunas de las razas de bovinos Criollos están en situación de riesgo de extinción por lo reducido del tamaño efectivo de la población y niveles crecientes de consanguinidad, lo que se ha documentado a través de análisis de pedigrí, mientras que en otras no se conoce con precisión su estatus. Los estudios de distancias genéticas muestran similitudes y diferencias entre razas de bovinos Criollos, información que es importante en la definición de programas de conservación. Se requiere mejorar sustancialmente la integridad de las genealogías en las razas bovinas Criollas y ampliar los estudios de determinación de la variabilidad genética a través de herramientas genómicas.

6.- México tiene un banco de germoplasma equipado con tecnología de vanguardia para resguardar su diversidad genética, donde la conservación *ex situ* de los recursos genéticos Criollos debe ser prioritaria. Es urgente coordinar a los investigadores interesados en el estudio de los bovinos Criollos para elaborar un plan nacional de conservación *ex situ* en el Centro Nacional de Recursos Genéticos.

7.- La manera más eficaz de conservar los bovinos Criollos es cuando ellos participan en un proyecto de generación de valor, con propósitos definidos. Estos bovinos no sólo se han usado

para producción de alimentos, sino también para trabajo, servicios ambientales y fines recreativos y de entretenimiento. Existe la oportunidad de caracterizar y definir prototipos de animales de acuerdo con el uso específico, para incorporarlos en sistemas alternativos de generación de valor.

Recomendaciones de Políticas para la Conservación y Uso Sostenible de los Bovinos Criollos

Sensibilización de la sociedad

La sociedad y los directamente relacionados con el subsector pecuario, deben estar informados de la importancia que tienen los bovinos Criollos. Lo anterior, es urgente debido a la propaganda creciente sobre los supuestos daños que causan los bovinos al ambiente y a la salud humana; además de la edad avanzada de los productores pecuarios y del poco interés de los jóvenes por continuar en la actividad ganadera. Entre las alternativas para revertir este proceso están: 1) difundir estudios de caso que demuestren que la actividad agropecuaria es rentable; 2) fomentar y difundir el conocimiento de los valores culturales y religiosos ligados a los bovinos Criollos; 3) preparar materiales didácticos sobre la historia de la ganadería en México y su importancia social, económica y ambiental, para utilizarlos desde la educación básica formal; 4) realizar estudios sobre valoración económica integral de los bovinos Criollos que justifiquen su inclusión en los planes y políticas nacionales de fomento a la ganadería; 5) incorporar en las ferias comunitarias muestras de ganado que representen la diversidad de bovinos Criollos y de los productos que ofrecen a la sociedad; 6) aprovechar los zoológicos o granjas ecológicas para exhibir las razas de bovinos Criollos; y 7) hacer uso de los medios de comunicación masiva para concientizar a la sociedad sobre importancia de conservar y utilizar de manera sostenible los bovinos Criollos de México.

Capacitación de recursos humanos

Para llevar a cabo la caracterización, conservación y gestión de los bovinos Criollos, es indispensable contar con técnicos y productores capacitados. Éstos deberán capacitarse en: identificación de animales, y control genealógico y productivo; interpretación y uso de indicadores

generados con los registros; diseño de estrategias de apareamiento; y técnicas reproductivas y de genética molecular. Además, se requiere que tanto técnicos como productores desarrollen habilidades para una comunicación efectiva basada en valores, que sea el sustento para el desarrollo de organizaciones de criadores confiables.

Coordinación interinstitucional

Existen varios grupos de interés relacionados con la conservación y gestión de los bovinos Criollos. Los productores rurales que han mantenido los bovinos Criollos por cinco siglos, podrán hacer una mejor contribución en la medida que se organicen para llevar el control, registro y desarrollo de sus razas, lo que a su vez les permitirá acceder a los recursos públicos que su tarea les demanda. Las asociaciones de criadores de bovinos Criollos existentes en el país, pueden contribuir tanto a la creación de un nivel de organización superior, como apoyar la constitución de nuevas asociaciones de criadores. Los investigadores deben: promover que el tema de recursos zoogenéticos sea prioritario en sus instituciones; fortalecer las redes de investigación en recursos zoogenéticos como la Red Mexicana CONBIAND; apoyar a los productores y a las asociaciones de criadores que mantienen razas Criollas; y coadyuvar con las instancias gubernamentales y con el CONARGEN para avanzar en la caracterización integral de estos recursos. Los tres niveles de gobierno en México reconocen la importancia de la biodiversidad, por lo que se requiere que los programas que éstos operan, incorporen en la asignación de recursos el tema de los bovinos Criollos.

En México, el CONARGEN tiene como misión coordinar a los diversos grupos de interés vinculados con los recursos zoogenéticos. Sin embargo, en lo que corresponde a las razas Criollas, existe la oportunidad de implementar acciones que permitan integrar los esfuerzos que de manera aislada se hacen en el país. La magnitud de la tarea de avanzar significativamente en la conservación y uso sostenible de los bovinos Criollos es tal, que demanda la participación de los grupos de interés bajo una coordinación nacional efectiva y contar con los recursos económicos correspondientes. Lo anterior debe conducir a la elaboración de una propuesta de creación de valor, para lograr que en el corto plazo la conservación y uso sostenible de los bovinos Criollos sea autofinanciable.

Definición de prioridades de conservación

Una forma de realizar y mejorar el monitoreo de la diversidad zoogenética es que durante los censos nacionales agropecuarios, se aplique una encuesta adicional relativa a las razas de ganado y sus inventarios. Con la información de los censos se podrá evaluar la situación de riesgo de las razas Criollas para la definición de prioridades y operación de programas que promuevan su conservación y uso sostenible.

En la definición de cuáles razas de bovinos Criollos incluir en un programa nacional de conservación se deben considerar los propósitos de uso y propuesta de generación de valor. En esta definición deben participar todos los grupos de interés para asegurar la implementación apropiada del programa. Entre los objetivos del programa de conservación se deben considerar: las demandas futuras del mercado; los impactos del cambio climático; la evolución de los sistemas de producción; la participación relativa de las especies pecuarias en la producción y demanda nacional; el valor social, cultural o histórico de las razas; las oportunidades de investigación; el valor ecológico; las características de adaptación, importancia económica, y caracteres únicos y distintivos de la raza; el grado de separación filogenética respecto al resto de razas; y el grado de riesgo de extinción.

Alternativas de conservación

La estrategia más efectiva para conservar los recursos zoogenéticos es *in situ*, es decir, manteniendo los animales en su ambiente de producción. Entre las alternativas a considerar para lograr programas sostenibles de conservación y desarrollo de estos recursos están: la incorporación de la raza como parte de un programa organizado de cruzamiento, garantizando el mantenimiento de la población de bovinos Criollos; la búsqueda de nichos de mercado de los animales y sus productos con “marca propia”, enfatizando el uso de etiquetado que destaque las condiciones de crianza, la región de procedencia, y componentes nutritivos y benéficos para la salud humana; y el pago de subsidios a los productores que mantengan las razas de bovinos Criollos en las comunidades indígenas, acompañados de apertura de canales de comercialización bajo el esquema de comercio justo.

Recursos económicos para la conservación de los bovinos Criollos

La implementación de las políticas recomendadas en relación con la caracterización, conservación y uso sostenible de las razas de bovinos Criollos, así como el monitoreo de la diversidad, implica acciones sostenidas en el corto, mediano y largo plazo, por lo que es indispensable que cuente con una asignación específica de recursos económicos. En México, la trascendencia y complejidad de asegurar la diversidad en razas de bovinos Criollos como parte de la sostenibilidad ambiental ha sido reconocida como un asunto de Estado, que debe convertirse en un eje transversal de las políticas públicas. Por lo anterior, corresponde al gobierno federal asignar los recursos económicos necesarios, para la operación de un Programa Nacional de Conservación y Uso Sostenible de las Razas de Bovinos Criollos, que beneficie no sólo a las generaciones presentes, sino también a las futuras.

Referencias bibliográficas

- Alderson, L. (2010). *Breeds at risk. Criteria and classification*. Report from a seminar held in London. ERF, RBI and RBST. UK. 14 p.
- Boettcher, P. J., M. Tixier-Boichard, M. A. Toro, H. Simianer, H. Eding, G. Gandini, S. Joost, D. García, L. Colli, P. Ajmone-Marsan, and the GLOBALDIV Consortium. (2010). Objectives, criteria and methods for using molecular genetic data in priority setting for conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 41: 64-77.
- Cardellino, R. A., and J. Boyazoglu. (2009). Research opportunities in the field of animal genetic resources. *Livestock Science*, 120: 166-173.
- Cervantes P., M. Luna, A. Hernández, F. Pérez-Gil, P. Ponce, y O. Uffo. (2007). Polimorfismo genético en el locus de la kappa-caseína, en vacas de diferentes razas y cruces en el trópico mexicano. *Revista de Salud Animal*, 29(2): 78-84.
- de Alba M., J. (2011). *El Libro de los Bovinos Criollos de América*. Biblioteca Básica de Agricultura. Ediciones Papiro Omega, S.A. de C.V. México. 444 p.
- Delgado J., V., A. M. Martínez, A. Acosta, L. A. Álvarez, E. Armstrong, E. Camacho, J. Cañón, O. Cortés, S. Dunner, V. Landi, J. R. Marques, I. Martín-Burriel, O. R. Martínez, R. D. Martínez, L. Melucci, J. E. Muñoz, M. C. T. Penedo, A. Postiglioni, J. Quiróz, C. Rodellar, P. Sponenberg, O. Uffo, R. Ulloa-Arvizu, J. L. Vega-Pla, A. Villalobos, D. Zambrano, P. Zaragoza, L. T. Gama, and C. Ginja. (2011). Genetic characterization of Latin-American Creole cattle using microsatellite markers. *Animal Genetics*, 43: 2-10.

- Domínguez-Pérez, A., C. M. Becerril-Pérez, A. Rosendo-Ponce, y C. Narciso-Gaytán. (2011). Suplementación de vacas Criollo Lechero Tropical. *Memorias de la XXXIX Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Chapingo, México. p 392.
- Domínguez V., J., F. A. Rodríguez A., R. Núñez D., R. Ramírez V., J. A. Ortega G., y A. Ruíz F. (2010). Análisis del pedigrí y efectos de la consanguinidad en el comportamiento del Ganado de Lidia mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 59(225): 63-72.
- Domínguez-Viveros, J, F. A. Rodríguez-Almeida, J. Á. Ortega-Gutiérrez, y E. Santellano-Estrada. (2012). Análisis de la información genealógica y estimación de parámetros de poblaciones en bovinos de lidia y equinos de pura raza española de México. *Revista Científica FCV-LUZ*, 22(5): 443 – 450.
- Domínguez-Viveros, J., F. A. Rodríguez-Almeida, R. Núñez-Domínguez, R. Ramírez-Valverde, y A. Ruiz-Flores. (2014). Parámetros genéticos y tendencias genéticas para características de comportamiento en ganaderías de lida mexicanas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(3): 261-271.
- Espinoza V., J. L., R. López A., A. Palacios E., R. Ortega P., N. Ávila S., y B. Murillo A. (2007). Efecto del toro sobre el comportamiento estral de vacas Chinampas (*Bos taurus*) en una región tropical seca. *Zootecnia Tropical*, 25(1): 19-28.
- Espinoza V., J. L., J. A. Guevara F, y A. Palacios E. (2009a). Caracterización morfométrica y faneróptica del bovino Criollo Chinampo de México. *Archivos de Zootecnia*, 58 (222): 277-279.
- Espinoza V., J. L., J. Sánchez, J. A. Gracia, J. R. Sánchez, R. Ortega, and A. Palacios. (2009b). Thermoregulation differs in Chinampo (*Bos taurus*) and locally born dairy cattle. *Turkish Journal Veterinary and Animal Science*, 33(3): 175-180.
- Espinoza V., J. L., R. Ortega P, A. Palacios E., y A. Guillén T. (2011b). Tolerancia al calor y humedad atmosférica de diferentes grupos raciales de ganado bovino. *Revista MVZ Córdoba*, 16(1): 2302-2309.
- Espinoza V., J. L., R. López A., R. Ortega P, A. Palacios E., A. Guillén T., y H. Hernández C. (2011a). Hábitos de amamantamiento del ganado bovino Chinampo (*Bos taurus*) de México. *Revista MVZ Córdoba*, 16(3): 2686-2691.
- FAO-SAGARPA. (2012). *Documento Metodológico para el Cálculo del Subíndice de Diversidad Pecuaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 92 p.
- Félix P, M., J. G. Ríos R., G. E. Erosa V., y F. Rodríguez A. (2006). Secuenciación de nuevos alelos BoLA-DRB3.2 detectados en ganado Criollo mexicano. *Técnica Pecuaria en México*, 44(1): 15-25
- Fernández, I. G., J. G. Ríos R., A. Gayosso V., R. Ulloa A., and R. A. Alonso M. (2008). Polymorphism of locus DRB3.2 in populations of Creole Cattle from Northern Mexico. *Genetics and Molecular Biology*, 31(4): 880-886.

- Fuentes-Mascorro G., M. A. Carmona M., E. Pérez V., y Z. Chirinos. (2011). Caracterización del dimorfismo sexual en ganado Criollo de Oaxaca, mediante medidas corporales. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1: 94-96.
- González-Cerón, F., C. M. Becerril-Pérez, G. Torres-Hernández, y P. Díaz-Rivera. (2009). Garrapatas que infestan regiones corporales del bovino Criollo Lechero Tropical en Veracruz, México. *Agrociencia*, 43: 11-19.
- Guerrero H., L. J., P. Pérez-Hernández, S. López-Ortiz, F. Montiel P., A. Estrella-García, y C. Ahuja A. (2011a). Sincronización del estro con PGF2 α y conducta estrual en vacas Criollo Lechero Tropical. *Archivos de Zootecnia*, 60(231): 829-832.
- Guerrero H., L. J., P. Pérez-Hernández, S. López-Ortiz, F. Montiel P., A. Estrella-García, y C. Ahuja A. (2011b). Tasa de ovulación sincronizada con PGF2 α y dinámica folicular en vacas Criollo Lechero Tropical. *Archivos de Zootecnia*, 60(232): 1335-1338.
- Hernández, A., P. Cervantes, V. M. Salinas, R. García, A. Tejeda, F. Gallardo, y J. L. Álvarez. (2007). Respuesta al estrés por calor en la vaca Criollo Lechero Tropical bajo un sistema de doble propósito en México. *Revista de Salud Animal*, 29(2): 85-90.
- Hernández S., R. (2012). *Tipificación del ganado criollo mexicano de los Estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit*. Chihuahua, Chih. México. 52 p.
- Martínez V., G., J. J. Bustamante G., J. A. Palacios F., y M. Montaña B. (2006a). Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento posdestete y características de la canal. *Técnica Pecuaria en México*, 44(1): 107-118.
- Martínez V., G., M. Montaña B., y J. A. Palacios F. (2006b). Efectos genéticos directos, maternos y heterosis individual para tasas de estro, gestación, parición y destete de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas F1. *Técnica Pecuaria en México* 44(2): 143-154.
- Martínez V., G., M. Montaña B., y J. A. Palacios F. (2008). Productividad hasta el destete de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas F1. *Técnica Pecuaria en México*, 46(1): 1-12.
- Martínez V., G., J. A. Palacios F., J. J. Bustamante G., Á. Ríos U., V. E. Vega M., y M. Montaña B. (2010). Composición de leche de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas F1 y su relación con el peso al destete de las crías. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(4): 311-324.
- Martínez V., G., A. Borrayo Z., M. Montaña B., J. J. Bustamante G., J. A. Palacios F., V. E. Vega M., y Á. Ríos U. (2012). Producción de leche de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas F1 y su relación con el peso al destete de las crías. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(4): 501-514.
- Martínez-Tinajero, J. J., J. F. Aguirre-Medina, G. Martínez-Priego, y G. Torres-Hernández. (2006). Comportamiento productivo y reproductivo de tres genotipos bovinos en la región del Soconusco, Chiapas, México. *Zootecnia Tropical*, 24(2): 109-120.
- Méndez M., M., J. Serrano P., R. Ávila B., M. Rosas G., y N. Méndez P. (2002). Caracterización morfométrica del bovino Criollo Mixteco. *Archivos de Zootecnia*, 51: 217-221.

- Meza-Nieto, M. A., A. F. González-Córdova, C. M. Becerril-Pérez, F. J. Ruíz-López, P. Díaz-Rivera, y B. Vallejo-Cordoba. (2010). Polimorfismo genético de la β -lactoglobulina en la leche de vacas Holstein y Criollo Lechero Tropical. *Agrociencia*, 44: 531-539.
- Meza-Nieto, M. A., A. F. González-Córdova, C. M. Becerril-Pérez, A. Rosendo-Ponce, P. Díaz-Rivera, F. J. Ruíz-López, y B. Vallejo-Cordoba. (2012). Relación de las variantes A y B de la β -lactoglobulina con la producción y composición de la leche de vacas Holstein y Criollo Lechero Tropical. *Agrociencia*, 46: 15-22.
- Montiel P, F., P. Pérez H., J. Gallegos S., y A. Rosendo P. (2011). Manifestación de estro y gestación en vaquillas Criollo Lechero Tropical sincronizadas con dosis baja de PGF2 α . *Zootecnia Tropical*, 29(2): 179-185.
- Núñez D., R., R. Ramírez V., y L. A. Saavedra J. (2014). Análisis de pedigrí de la raza bovina Romosinuano en México. *L Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Mérida, Yucatán del 6 al 9 de octubre de 2014. p 153.
- O'Neill, C. J., D. L. Swain, and H. N. Kadarmideen. (2010). Evolutionary process of *Bos taurus* cattle in favourable versus unfavourable environments and its implications for genetic selection. *Evolutionary Applications*, 3: 422-433.
- Peinetti, H. R., E. L. Fredrickson, D. P. C. Peters, A. F. Cibils, J. O. Roacho-Estrada, and A. S. Laliberte. (2011). Foraging behavior of heritage versus recently introduced herbivores on desert landscapes of the American Southwest. *Ecosphere* 2(5): 1-14.
- Perezgrovas, R., D. Vázquez, G. Rodríguez, y D. Galdámez. (2011). Aproximación fenotípica a la diversidad de los bovinos Criollos en la región central montañosa de Chiapas, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1: 384-387.
- Primo, A. T. (1992). El ganado bovino Ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de Zootecnia*, 41(154, extra): 421-432.
- Ríos R., J. G., y F. A. Rodríguez A. (1998). El ganado bovino Criollo en el Norte de México. In: *Memoria del Segundo Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganado Criollo*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Chihuahua, Chih. pp: 4-9.
- Rosendo-Ponce, A., y C. M. Becerril-Pérez. (2015). Avance en el conocimiento del bovino Criollo Lechero Tropical de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(5): 233-243.
- Rouse, J. E. (1977). *The Criollo: Spanish Cattle in the Americas*. University of Oklahoma Press. U.S.A. 303 p.
- Saavedra-Jiménez, L. A., y R. Ramírez-Valverde. (2014). Niveles y tendencias de consanguinidad en bovinos Romosinuano en México. XLI Reunión de la AMPA. Mérida, Yuc. 2 al 4 de junio de 2014. Summaries XLI AMPA-VII SASYP, Mérida, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2014 (17): 398.

- Santellano-Estrada, E., C. M. Becerril-Pérez, J. de Alba, Y. M. Chang, D. Gianola, G. Torres-Hernández, and R. Ramírez-Valverde. (2008). Inferring genetic parameters of lactation in Tropical Milking Criollo Cattle with random regression test-day models. *Journal of Dairy Science*, 91: 4393-4400.
- Santellano-Estrada, E., C. M. Becerril-Pérez, Y. Mei-Chang, D. Gianola, G. Torres-Hernández, R. Ramírez-Valverde, J. Domínguez-Viveros, y A. Rosendo-Ponce. (2011). Characterization of lactation and genetic evaluation of Tropical Milking Criollo cattle using a random regression model. *Agrociencia*, 45: 165-175.
- SAGAR. (1998a). *Segundo Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: "Ganado Criollo"*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Chihuahua, Chih. 87 p.
- SAGAR. (1998b). *Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios de México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Disponible en: <http://dad.fao.org>.
- SAGARPA. (2002). *Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios de México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Segura-Correa, J. C., y R. C. Montes-Pérez. (2001). Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. *Revista Biomédica*, 12(3): 196-206.
- Ulloa-Arvizu, R., A. Gayosso-Vázquez, M. Ramos-Kuri, F. J. Estrada, M. Montañón, and R. A. Alonso. (2008). Genetic analysis of Mexican Criollo cattle populations. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 125: 351-359.
- UNCCD. (2014). Planning guide. World Day to Combat Desertification 2014. Disponible en: <http://www.unccd.int/Documents/Planning%20Guide%20-%20WDCD.pdf>
- Vázquez-Flores, F., R. Alonso, N. Villegas-Sepúlveda, C. Arriaga, A. L. Pereira-Suárez, R. Mancilla, and C. Estrada-Chávez. (2006). A microsatellite study of bovine solute carrier family 11 a1 (Slc11a1) gene diversity in Mexico in relation to bovine tuberculosis. *Genetics and Molecular Biology*, 29(3): 503-507.
- Villalobos-Cortes, A., A. Martínez, J. L. Vega-Pla, V. Landi, J. Quiroz, R. Martínez, R. Martínez L., P. Sponenberg, E. Armstrong, D. Zambrano, J. Ribamar M., y J. V. Delgado. (2012). Relaciones entre los bovinos Criollos panameños y algunas razas Criollas de Latinoamérica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(11): 1637-1646.
- Wooliams, J. A. (2004). *Managing populations at risk*. In: *Farm Animal Genetic Resources*. Ed. by G. Simm, B. Villanueva, K. D. Sinclair, and S. Townsend. Nottingham University Press. pp: 85-106.
- Zárate-Martínez, J. P., J. A. Ramírez-Godínez, y F. A. Rodríguez-Almeida. (2010). Comportamiento reproductivo de vacas Criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1): 121-130.

UNACH

IV.
**EL BOVINO CRIOLLO
DE LA SIERRA TARAUMARA**

UNACH

EL BOVINO CRIOLLO DE LA SIERRA TARAHUMARA

Ezequiel Rubio Tabarez¹, Eduardo Pérez Eguía¹ y Raúl Andrés Perezgrovas Garza²

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas.

Departamento de Ciencias Veterinarias. erubio@uacj.mx

² Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas

Resumen

El bovino Tarahumara es descendiente del Criollo Mexicano que en 1572 fue introducido al estado de Chihuahua por las regiones de Santa Bárbara, San José del Parral y Valle de San Bartolomé (hoy de Allende). En 1627 los misioneros jesuitas lo adaptaron a la Sierra Tarahumara. Sus ancestros descienden del ganado español llegado a México procedente de la Península Ibérica, tomando la ruta que los conquistadores españoles siguieron en forma cotidiana, camino hacia el nuevo continente: la Nueva España (Islas Canarias→ La Española→ Jamaica y Cuba). El ganado se fue reproduciendo y poblando nuevas tierras, de la mano de los colonos y misioneros en su andar hacia las regiones mineras de la Nueva Vizcaya (hoy los estados de Durango, Coahuila y Chihuahua), las cuales requerían de carne, leche, sebo, pieles y animales de tiro para su desplazamiento y trabajo de labranza en los terrenos agrícolas de las nuevas regiones; hasta nuestros días, en la región se sigue utilizando en forma tradicional la tracción animal (caballos, asnos, mulas y bueyes) en las tierras marginadas. En lo que atañe al bovino, esta especie se fue seleccionando en forma

empírica por su fortaleza física y sobre todo la de sus cuernos, en los cuales soportaba los arreos necesarios para realizar la tracción de carretas, arados y herramientas, labores cotidianas en el campo mexicano de aquellos tiempos. La evolución del ganado chihuahuense se dio en la mayoría de los ranchos ganaderos hacia animales más productivos, desarrollándose en la actualidad dentro del sistema conocido como vaca-becerro. Esto no ocurrió así en las regiones más aisladas de la sierra de Chihuahua, lo cual ha favorecido en estos 400 años de historia y aislamiento, la persistencia del bovino Criollo de Chihuahua. Un nicho de conservación de estos animales son las comunidades indígenas de la Sierra Tarahumara en las cuales el bovino es parte muy importante del ecosistema y la economía de las distintas comunidades, tanto de los ganaderos indígenas como mestizos que poseen animales de ecotipo Criollo. Su relevancia en la actualidad estriba en los precios de venta en el mercado internacional como ganado deportivo, lo cual posibilita estudios estratégicos que permitan su protección, conservación y fomento, con su respectiva y equitativa derrama económica de la actividad ganadera regional, camino a la sustentabilidad.

Palabras clave: Socioeconomía, ganadería, historia, fenotipos.

Introducción

El ganado vacuno fue el animal que en mayor grado contribuyó a moldear la civilización y dar estabilidad al nuevo hombre americano: indígena, español, criollo y mestizo. Con sus productos y servicios, el vacuno está ligado indiscutiblemente a la civilización de América; su colonización, economía, trabajo familiar, su comercio, nutrición e industria han dependido en gran parte de su explotación (Sastre, 2003). De ahí el interés de los estudiosos sobre la ganadería iberoamericana criolla y su origen en las razas peninsulares (Beteta, 1997).

Para sustentar la procedencia del ganado bovino criollo de los países de América, Manuel Beteta en sus investigaciones coincide con Aparicio Sánchez y otros estudiosos del tema, concluyendo que: los tipos de ganado español se originaron a partir del *Bos taurus primigenius* de Europa y África, generando a su vez por influencias mutuas y las del medio, variaciones en los tipos de animales, que en el territorio peninsular español se expresan en tres agrupaciones bovinas, siendo la más importante el Tronco Turdetano (rojo convexo) que constituye la entidad étnica de mayor

impacto en la ganadería española y que, sin lugar a dudas, fue la que más influyó en la formación de las razas Criollas americanas. En este tronco se encuentran las razas Retinta, Berrenda en Colorado (de Andalucía) y Rubia Gallega como las principales, y que por estar próxima a los puertos de salida para América fueron la base de la ganadería iberoamericana. No olvidemos a las razas procedentes de las Islas Canarias como la Palmera y Canaria que, descendientes de la raza Rubia Gallega, también aportaron su genética en el ganado Criollo americano. El tronco Ibérico (negro ortoide) y el tronco cántabro (castaño cóncavo), tuvieron menor influencia en la conformación de las razas que posteriormente marcharon a América. Al tronco Ibérico pertenece la raza de Lidia, pero no en exclusividad (Primo, 1992; Beteta, 1997).

Se considera como ganado criollo a los bovinos (*Bos taurus*) descendientes de los originalmente traídos de Europa, principalmente de España, durante los años posteriores a la conquista, los cuales se adaptaron evolutivamente y se reprodujeron en diferentes regiones agroecológicas de América (de Alba, 1981).

Las razas criollas se han desarrollado por su función zootécnica, aislamiento y los efectos de la selección natural en ambientes específicos; su conservación representa el enfrentar los distintos retos de todo animal en estudio. Para poder lograr preservarlo con éxito, es necesaria la interacción de los ganaderos con las instancias científicas proponentes de posibles cambios, y los mercados demandantes del producto final (Sponenberg, 2008). El papel de los ganaderos es trascendental en los procesos de selección de animales para un posible programa de preservación y mejora, por lo que su consideración en cualquier programa será acorde con sus conceptos.

Salida del bovino para América

Los primeros embarques de vacunos hacia el Nuevo Mundo se realizan a partir del segundo viaje de Cristóbal Colón (Cádiz, 25 de septiembre de 1493). Por problema de espacio en aquellas pequeñas naves el ganado era pequeño, becerros y becerras, que en esta travesía fueron acompañados de cerdos y ovejas con destino a la isla de Santo Domingo, llamada por Colón La Española. En el tercer viaje (30 de mayo 1498), desde Sanlúcar de Barrameda se mandaron un mayor número

de animales, especialmente caballos para las necesidades de la conquista, y parejas de bovinos y de asnos a fin de promover su cría.

En todo caso, la introducción del ganado vacuno en el mundo novohispano fue muy lenta y bastante difícil debido a diversos factores, principalmente por la dificultad que implicaba la salud y la nutrición de los becerros de corta edad y la casi imposibilidad de manejar y alimentar animales adultos, poco mansos, en aquellos barcos tan rudimentarios. Por estas circunstancias las autoridades y/o el Gobernador de La Española impidieron la salida de este tipo de ganado de la isla, más aún, permanentemente urgían a la Corona sobre nuevos envíos de bovinos pequeños y caballos para la conquista; sin embargo, en los envíos posteriores se prefirieron los cerdos, las ovejas y cabras por su fácil embarque y transporte (Sastre, 2003).

Estos viajes se iniciaron en la costa suroeste de España, entre Huelva y Cádiz, región denominada Puerta de América, en donde se encontraban las actuales razas Retinta, Berrenda en rojo y negro, Salinera, Cárdena y Negra Andaluza, no hay duda de que estas razas fueron las artífices de ese gran mundo ganadero criollo presente en América.

El Dr. Gustavo Hernández Boada, de Colombia, en su estudio realizado sobre inmunogenética (polimorfismo bioquímico) de diversas razas españolas, incluida la Retinta, más otras portuguesas, encuentra una relación estrecha entre esas razas y las criollas. En el mismo sentido, al parecer, se encuentran los estudios realizados por el profesor Stone de la Universidad de Wisconsin (Hernández, 2007).

Por lo tanto, el bovino Criollo americano desciende directamente de los animales que llegaron en el segundo viaje de Colón en 1493. Estos animales, así como posteriores envíos, con destino a la isla denominada La Española, hoy asiento de la República Dominicana y Haití (Primo, 1992). Sevilla era la ciudad que tenía la exclusividad para organizar los embarques oficiales a América. Diversos autores afirman que también salieron barcos para América desde Galicia, en el norte de España. Sin embargo, no se conoce con seguridad si todo el ganado provenía de las regiones cercanas a Sevilla o si algunos embarques se hicieron en las Islas Canarias, ruta y escala habitual en los viajes hacia América. Las razas españolas actuales que podrían ser descendientes de

los mismos planteles de los cuales provienen los Criollos, son la Retinta, la Berrenda, la Cacereña y la Negra Andaluza (Beteta, 2009).

El bovino criollo Mexicano

El ganado bovino Español traído a las islas del Caribe americano, por el Almirante Cristóbal Colón en el siglo XV, y posteriormente introducido a la Nueva España, hoy México, por orden del Capitán General Don Hernando de Cortés en 1521, fue durante más de 350 años el único tipo de ganado bovino, convirtiéndose así en el Ganado Criollo Mexicano (Hernández, 2007).

Al ser descendiente de bovinos procedentes de la isla La Española, no cabe duda del parentesco del criollo mexicano con los criollos de Norte, Centro y Sudamérica, países en los cuales los estudios sobre sus criollos han tomado tal relevancia, que múltiples razas de animales criollos regionales han sido descritas. Así, se puede concluir que los aproximados 400 años de permanencia de los bovinos introducidos a la isla, procedentes de España, y su muy descrita reproducción sin control aparente, son la causa por la cual al momento de ser trasladado el ganado a tierra firme y tierra adentro, presentaba características muy propias. Estas características se modificaron en el proceso de adaptación de los animales al nuevo medio (características regionales), pero conservando la similitud fenotípica y genotípica del ganado criollo mexicano actual.

Quiroz Valiente describe de forma interesante y puntual la entrada del ganado bovino a tierra firme mexicana, por lo que hoy es el estado de Veracruz, su adaptación y reproducción en el trópico húmedo, su ascenso y distribución en el altiplano mexicano, la emigración a lo que fue La Nueva Galicia y su arribo a La Nueva Vizcaya. Desde el punto de vista de diferenciación genética, el Criollo Mexicano se puede clasificar como una raza con tres tipos de animales, acordes a su distribución geográfica y con características regionales: los bovinos del Norte, Centro y Sur del país, y que podrían separarse como tres poblaciones diferentes para su estudio (Quiroz, 2007).

Estos animales se exportan para usarse en el deporte del rodeo en los Estados Unidos; la demanda anual en este país es de 40,000 animales aproximadamente: En la actualidad no existe dificultad para comercializar los novillos que se producen a precios competitivos; por ejemplo, novillos Criollos mexicanos para rodeo con edades entre 8 y 20 meses, tienen un precio de 350

a 450 dólares en los Estados Unidos de Norteamérica, lo que aunado a los bajos costos de producción la hacen una de las actividades pecuarias más rentables (Quiroz, 2007).

El bovino criollo de Chihuahua

A principio de la colonización española al estado de Chihuahua, el ganado era temporalmente introducido y utilizado casi en su totalidad para la alimentación de soldados y colonos. Posteriormente, ya a finales del siglo XVI, se formaliza la crianza de ganado en la región del sur del Estado, correspondiendo al capitán Cristóbal de Ontiveros el mérito de ser el fundador de la ganadería chihuahuense. Como dato preciso, en 1590 funda con sus hijos la estancia ganadera de “Roncesvalles” en las cercanías de Parral, dándose así la base de la actual ganadería del estado (González, 1989).

La historia de la ganadería en el estado de Chihuahua se remonta a las primeras incursiones de los conquistadores españoles a estas nuevas regiones a finales del siglo XVI, seguidos de colonos y misioneros a los nuevos sitios mineros del sur de lo que hoy es el estado de Chihuahua. Así se establecieron los primeros sitios ganaderos en ejidos para la producción de alimentos, y animales para el trabajo, indispensables para los nuevos pobladores, en los Valles de San Bartolomé, hoy Valle de Allende y San Pablo de Balleza, puntos desde los cuales inicia la población ganadera en su andar hacia las distintas regiones agroecológicas en la meseta o llanura, el desierto y la sierra de Chihuahua (Rubio y Pérez, 2012).

Un dato interesante en el sur de la entidad fue el arribo del adelantado Juan de Oñate, en el año de 1595 con 7,000 cabezas de ganado (1,000 bovinos), para la colonización de lo que hoy es el estado de Nuevo México. Esta avanzada tuvo que permanecer en la región del sur de la entidad, dadas las trabas que le fueron impuestas por los burócratas que no estaban de acuerdo con la forma en que Oñate había obtenido la autorización del virrey de la Nueva España, Álvaro de Zúñiga (quien recibió la nueva encomienda del virreinato del Perú). El nuevo virrey atendió los reclamos de la burocracia y retrasó la colonización de la Tierra Adentro, hasta el año de 1598, que es cuando se destraba esta propuesta. Como dato preciso, el día cuatro de mayo de ese año cruza el Río Grande con su encomienda. Estos más de dos años de permanencia del ganado y las familias de colonos, tuvieron efecto en la ganadería regional del sur del estado.

Figura 1. Juan de Oñate. Momentos españoles, foto de archivo.



Fuente: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/onate_juan.htm

La primera vía del Camino Real de Tierra Adentro se debió a Juan de Oñate, que en 1598 inicia una expedición hacia el Norte. Aunque recibió el permiso real tres años antes, en septiembre de 1595, se retrasa su partida hacia las regiones del norte de Nueva España debido a razones burocráticas causadas por los envidiosos funcionarios del virreinato, celosos de que Oñate pudiera unir la gloria a su enorme fortuna. El contrato estipulaba que Oñate debía financiar una expedición colonizadora, para descubrir y poblar “con toda paz, amistad y cristiandad”, compuesta de 200 hombres bien armados y equipados, con sus familias, cinco sacerdotes y un lego; 1,000 reses vacunas, 3,000 ovejas Churras, 1,000 carneros, 150 potros y 150 yeguas, además de caballos para los expedicionarios, equipos, aperos, mobiliario, herramientas y material de repuesto para las carretas, los vehículos de ruedas y las cabalgaduras.

A lo anterior se sumaba un transporte de harina de trigo, maíz, carne en salazón, galletas, aves de corral, frutos secos, útiles corrientes para la administración de la comitiva: papel, tinta; y un surtido de medicinas. A cambio de ello, recibía el título de Gobernador, Adelantado y Capitán General de Nuevo México, por dos generaciones, con derecho a otorgar encomiendas y repartimientos de indios. Algo muy importante para convencer a los indecisos fue que los nuevos colonos obtendrían la condición de hidalgos.

Figura 2. Conducción de carretas. Momentos españoles.



Fuente: <http://momentosespañoles.es/subseccion.php?categoria=12>

En el convoy viajaban frailes, colonos y soldados de escolta, así como múltiples artículos: plantones, semillas, muebles, instrumentos musicales, vestuario, papel, tinta, etcétera. A la retaguardia seguían ovejas, caballos, vacas, cerdos, cabras y el resto de muestrario de la ganadería española lista para ser transportada al septentrión hispano.

Oñate al fin pudo dar la orden de marcha el 26 de enero de 1598, unos tres años después de obtener el permiso. La larga caravana de hombres, animales y carretas (83 carros tirados por

bueyes y 7,000 cabezas de ganado) ocupaba una legua, y en ella viajaban sus dos sobrinos, Zaldívar y Gaspar de Villagrà, que cantarà la èpica del viaje en un largo poema de pocas cualidades literarias, pero de enorme interès històrico titulado: "Historia de la Nueva Mèxico", publicado en 1610.

Cuando Juan de Oñate saliò de Santa Bàrbara (actual Chihuahua), esta localidad era hasta entonces la mäs septentrional de Nueva España, y el final de uno de los cuatro caminos del virreinato. Todos los caminos nacían en Mèxico: el primero iba hasta Veracruz, al Sureste; el segundo llegaba a Acapulco, al Suroeste; el tercero a Guatemala, al Sur; y el cuarto, el de Durango, era el citado que finalizaba en Santa Bàrbara. Mäs allà se perfilaba el Río Grande y un territorio por descubrir.

Durante el siglo XVII el desarrollo de las haciendas en Chihuahua fue muy numeroso, ubicándose generalmente a los lados del Camino Real; despuès su creaciòn siguiò a la de los Reales durante la segunda mitad de dicho siglo y los inicios del XVIII, hacia el centro y norte del estado. Algunas de las primeras haciendas de estos siglos son la de San Gregorio y Santa Cruz de Neira en el municipio de Allende del siglo XVII, San Francisco Javier en Villa Coronado y la de Talamantes tambièn en Allende del siglo XVIII.

Figura 3. Camino Real de Tierra Adentro o Camino de la Plata. Momentos españoles.



Fuente: <http://momentosespañoles.es/contenido.php?recordID=165>

Por tanto, el desarrollo ganadero en la entidad inicia en la región de Santa Bárbara y su distribución en un proceso de adaptación a las distintas regiones. Río abajo estaban: El Parral (San José del Parral), Río del Valle y Río Primero (Valle de San Bartolomé), Río Florido (Valle del Pico del Águila), vertientes al Río Conchos, el cual es afluente en el noreste del estado del Río Bravo (Río Grande). Río arriba se situaban por las riberas del Conchos y sus afluentes (Río Nonuava y Satebo), por el centro hacia el Valle de Zaragoza, la región Nonuava y San Francisco de Borjas. Por el oeste hacia el Valle de San Pablo de Balleza. Estas dos regiones (Nonuava y Balleza) son los puntos de entrada de la ganadería con animales de producción de procedencia española, hacia las misiones de la Baja y Alta Tarahumara.

La sierra Tarahumara

La región Tarahumara corresponde al sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental del Estado de Chihuahua. Limita al noroeste con la región de Janos y Casas Grandes, al oeste la zona montañosa de Sonora, hacia el este los Valles Centrales de Chihuahua y la región forestal de El Salto, siendo el estado de Durango el que define su porción sureste. Tiene una extensión de 560 km de longitud norte-noroeste y una altitud promedio de 2,270 m sobre el nivel del mar. En ella alternan las barrancas profundas y calientes con las altas cimas y mesas frías y boscosas, y representa el 25% de su extensión total (Porrás, 1999).

La agricultura y la ganadería son las principales ocupaciones de la población serrana, junto con la explotación forestal. De las aproximadamente 160,000 hectáreas de superficie agrícola, 95% es de temporal, con unos rendimientos sumamente pobres debido a lo delgado, pedregoso y pendiente de los suelos y a los avanzados procesos de erosión que ha propiciado la tala irracional de los bosques.

Políticamente la región serrana comprende 17 municipios y se estima una población de 240,515 habitantes (el 9.8% del total estatal) de los que 63,437 son indígenas (el 84.9% de todo el estado). Las etnias mayoritarias y su población a nivel de todo el estado son: tarahumaras o rarámuris (50,393), pimas u o'oba (402, mayoritariamente en el municipio de Temósachi), tepehuanes u ódamis (2,980, casi todos en el municipio de Guadalupe y Calvo). Por lo que respecta

a los guarijíos o warijós, que sorprendentemente (en un caso más de etnocidio estadístico) no aparecen en el censo de 1990, el Instituto Nacional Indigenista (INI) calculaba unos 1,500 para el año 1945, repartidos en los municipios de Moris, Uruachi y Chínipas (que para 1950 contaban con 406, 312 y 474 hablantes guarijíos respectivamente). Se trata pues de una interesante región multiétnica y pluricultural, en la que se presentan diferentes tipos de relaciones y varias problemáticas a diversos niveles, que requieren tanto de estudios teóricos como de investigaciones aplicadas (Porras, 1999).

Por lo que se refiere a la producción ganadera, se cuenta con una superficie de agostadero de 1, 250,476 ha, pero de baja capacidad, pues se calcula que cada unidad animal requiere de 10 a 30 ha. Entre los principales problemas de este sector sobresalen la común práctica del sobrepastoreo, la falta de definición con mayor precisión de los reglamentos sobre uso de pastizales y la carencia de apoyos en infraestructura para la cría del ganado (ganadería tradicional en terrenos comunales que en la actualidad se están dividiendo en ejidos).

La ganadería en la región Tarahumara fue parte muy importante para la incursión y colonización española en la zona, ya que desde un principio fue una de las herramientas utilizadas por los misioneros jesuitas para atraer a los indígenas para su evangelización y reducción a los pueblos misionales.

El nacimiento de la ganadería con animales domésticos de producción española, en la Sierra Tarahumara, se desprende de la enseñanza jesuita de religión, agricultura, ganadería y un nuevo modelo de organización social.

Con el siglo XX llegó la Revolución Mexicana, movimiento armado que trajo dramáticos cambios a la vida de Chihuahua, que obviamente afectaron a la ganadería. El progreso de la ganadería se estancó, las tierras cambiaron inesperadamente de propietario y el número de ganado fue sistemáticamente mermado hasta casi quedar los ranchos desolados. En estas condiciones sólo prevaleció el ganado Criollo o "corriente", como se le denomina localmente (González, 1989).

Hernández (2012), al realizar un análisis comparativo entre bovinos criollos regionales en distintas entidades, concluye que el bovino Criollo Mexicano actual, es un tipo de ganado que se produce principalmente en las sierras más abruptas y en climas tropicales adversos en

varios estados de la República, y que por la evolución que ha sufrido a lo largo de varios siglos, constituye un germoplasma importante por su rusticidad y adaptación a las condiciones más diversas de terreno clima, nutrición y manejo (ganadería de montaña).

El censo ganadero realizado en 2006 por la SAGARPA, el Gobierno del Estado y la Unión Ganadera Regional, reporta un total de 157,122 cabezas de ganado Criollo. Sin embargo, se considera que este es mucho menor en términos de Criollo de descendencia española puros o con un alto porcentaje de pureza. De igual manera, sucede en los otros estados de la República Mexicana, que aún tienen en su inventario ganado Criollo de origen español (Hernández, 2012).

Figura 4. Toro Tarahumara en la comunidad de Guicorachi.



Sistema de producción

La evolución del ganado chihuahuense se dio en la mayoría de los ranchos ganaderos hacia animales más productivos, desarrollándose en la actualidad el sistema conocido como vaca-becerro. Esto no ocurrió así en las regiones más aisladas de la sierra de Chihuahua, lo cual ha favorecido en estos 400 años de historia y aislamiento, la conservación del bovino Criollo del estado. Un nicho de persistencia de estos animales son las comunidades indígenas tarahumaras, en las cuales el bovino es parte muy importante del ecosistema y la economía de la población local. Tanto de los ganaderos indígenas como mestizos que poseen animales de ecotipo Criollo.

En la sierra Tarahumara, el sistema de producción desarrollado por los ganaderos indígenas es el conocido como tradicional, basado en el pastoreo extensivo con el mínimo de insumos y en terrenos comunales. Las prácticas de manejo del ganado, como identificación, aplicación de vacunas y pruebas de hato se realizan a sugerencia de los posibles compradores de ganado, como requisito para la movilización de animales para su comercialización a los centros de acopio y el desplazamiento hacia la frontera de los novillos para su exportación como ganado deportivo.

Dentro de la población mestiza es común tener corrales para el acopio de bovinos adultos para su engorda y sacrificio para consumo local de carne, y el principal objetivo es el acopio de novillos para acondicionamiento y su posterior exportación hacia los Estados Unidos de Norteamérica.

El sistema de producción desarrollado en la Sierra Tarahumara, es coincidente con el utilizado en otros países de Latinoamérica, en los que se realiza ganadería de alta montaña con animales criollos. En la República Mexicana, diversos autores han realizado caracterizaciones de criollos regionales y coinciden en las tendencias en los porcentajes de pureza, favoreciendo al ganado que se explota en comunidades indígenas (Perezgrovas, 2008; Hernández, 2012), en las cuales la presencia de animales criollos llega a poseer el 100% de pureza y que en las poblaciones que se componen de individuos mestizos, es común los cruzamientos con razas de bovinos exóticos, lo que pone en riesgo la persistencia del ganado Criollo.

Características fenotípicas

El fenotipo del ganado Criollo de la Sierra de Chihuahua, presenta características muy propias, que señalan lazos comunes con un número diverso de razas bovinas de los tres troncos étnicos españoles: 1) Rojo convexo turdetano; 2) Negro recto ibérico y 3) Castaño cóncavo cantábrico. Sin embargo, es preciso aclarar, que el fenotipo no es necesariamente una buena base para determinar la variabilidad genética, ya que individuos de una misma clase de ganado podrán parecer similares, pero son genéticamente diferentes. También a la inversa, ciertos grupos de ganado, como el ganado de la Sierra de Chihuahua, podrán parecer muy diferentes, más genéticamente podrán ser iguales (Ríos, 2001). De aquí que un método confiable será el determinar la distancia genética, que puede ser estimada a través de la diferencia de las frecuencias de diferentes variables genéticas (alelos) por medio de marcadores microsatélites (Russel *et al.*, 2000).

Características físicas

Los cuernos son abiertos con dirección hacia arriba y hacia adelante; son de talla pequeña, cuerpo estrecho y patas largas (ASOCRIOLLO, 2008). Los colores de la capa de pelo de estos bovinos presentan una gran variedad de tonos, dado a su origen de las razas españolas que llegaron a México hace 500 años, y que varía: del pinto (Variopinto; Ríos, 1997), barcino en sus tonos negro y rojo, hosco (colorado, Josco) y castaño en sus tonalidades del oscuro al claro (López, 2015, comunicación personal).

En los estudios realizados por Hernández (2001) sobre las características fenotípicas del bovino criollo de Chihuahua reporta en porcentajes la persistencia de los colores Hosco (33%), berrendo en colorado (22%), berrendo en colorado y negro (16%), berrendo en negro (16%) seguido del colorado (10%), barroso (3%), moro (3%) y blanco orejinegro (0.5%). Esto coincide con lo observado por Fierro y Torres (1996) y Ríos (1997), quienes afirman que la variabilidad cromática del Criollo de Chihuahua va desde el negro, rojo (retinto y castaño), berrendo en negro, berrendo en colorado, barroso y moro, entre los principales.

Rabasa *et al.* (1986) concluyen que los bovinos Criollos pueden presentar cualquier color de capa característico del *Bos taurus*, aunque por selección y origen ciertos colores pueden predominar

sobre otros. Los autores también señalan que los pelajes pintos y berrendos pueden ser considerados recesivos.

Desde fines del siglo XVI y hasta las primeras dos décadas del siglo XX, el ganado Criollo montaraz se movía libremente por la selva (Jordan, 1993). A mediados del siglo XVIII, en tiempos en que el ganado vacuno llevaba entre 150 y 200 años en el territorio mexicano (unas 35 a 50 generaciones, aproximadamente), ya se había notado que el ganado criado tenía pelajes muy variados, mientras que los cimarrones presentaban una cierta uniformidad, pues generalmente eran hoscos y colorados. Se puede definir el pelaje hosco como una capa castaña que presenta en la cabeza, cuello, miembros, panza y cola, color más oscuro, y cuyo hocico es siempre negro. La variedad de pelajes de los animales criados en cautividad siempre era muy grande: negros, blancos, bayos (amarillento), colorados, moros (negro entremezclado con blanco), barrocos, atigrados, overos (mezcla de pelos negros, blancos y castaños), yaguanés (de cualquier color con el lomo y vientre de color blanco) y otros más (Carrazzoni, 2002, citado por Quiroz, 2007).

Actualmente la selección por sus características físicas, su cornamenta y el color de capa de pelo, son su tarjeta de presentación para obtener el mejor precio en el mercado internacional, el cual fluctúa entre los 500 y 700 dólares por animal (Criollo de Chihuahua), el cual se comercializa por punta a los 12-18 meses de edad (Hernández, 2012).

Figura 5. Bovinos criollos y mestizos en corral de engorda (Guazapares).



Conclusión

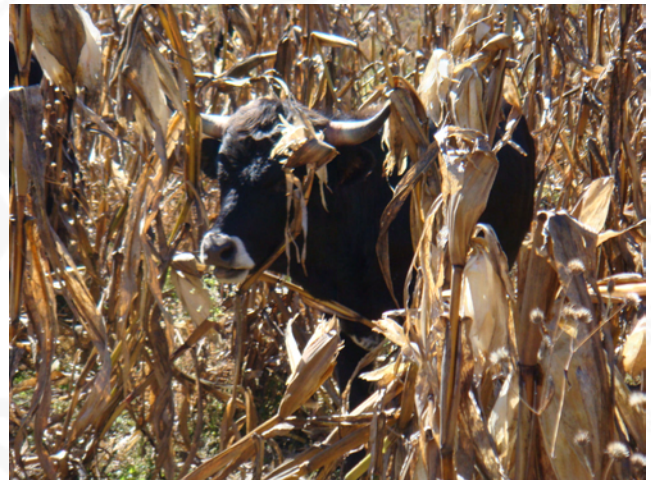
El fenotipo del ganado Criollo de la Sierra de Chihuahua, presenta características muy propias, que señalan lazos comunes con un número diverso de razas bovinas, de los tres troncos étnicos españoles que les dieron origen a los criollos mexicanos, los cuales procedían de la isla La Española, y que en su proceso de adaptación a las distintas regiones del país generaron razas regionales, como son los criollos de Chihuahua. Dentro de estos últimos se desarrolló el actual ecotipo Criollo de la Sierra, lugar donde persiste el bovino "Tarahumara", motivo de nuestro estudio.

Referencias bibliográficas

- Beteta, O. M. (1997). Las razas autóctonas españolas y su participación en los bovinos criollos iberoamericanos. *Simposium sobre Utilización de Razas y Tipos Bovinos Creados y Desarrollados en Latinoamérica y el Caribe*. Maracaibo, Venezuela.
- Beteta, O. M. (2009). *Las razas autóctonas españolas y su participación en los bovinos criollos iberoamericanos*. Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto. Castello, 45 - Izda, 28001, Madrid, España.
- de Alba, J. (1981). *Recursos genéticos animales en América Latina. Ganado Criollo y especies de altura*. FAO. Roma Italia.
- González, D. D. (1989). Breve Historia de la Ganadería en Chihuahua. In: L. O. Parada González (ed.). *Tecnovet de México*, Chihuahua, México.
- Hernández, S. R.M. (2001). Caracterización fenotípica y del sistema de producción del ganado Criollo de rodeo de la Sierra de Chihuahua. *Tesis de Maestría*. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua. México.
- Hernández, S. R. M. (2012). *Tipificación del ganado criollo mexicano de los estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit*.
- Jordan, T.G. (1993). *North American Cattle-Ranching Frontiers. Origins, diffusion and differentiation*. (Histories of the American Frontier). University of New México, Albuquerque (USA).
- López., E. L. y Del Río., S. L. (1999). La ganadería vacuna en la isla Española (1508-1587). *Revista Complutense de Historia de América*, 25: 11-49. Universidad Complutense de Madrid.
- Perezgrovas, R., D. Vázquez, G. Rodríguez y D. Galdámez. (2011). 'Aproximación fenotípica a la diversidad de los bovinos criollos en la región central montañosa de Chiapas, México'. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, vol. 1: 384-387.

- Quiroz, V. J. (2007). Caracterización genética de los bovinos criollos Mexicanos y su relación con otras poblaciones bovinas. *Tesis Doctoral*. Córdoba España.
- Ríos, R. J.G. (1997). El ganado Criollo, un auténtico producto Chihuahuense de exportación. *Synthesis Agropecuaria*. Trimestre abril-jun. Pp. 3-5.
- Rubio, E. y Pérez, E. (2012). Desarrollo de la ganadería en el estado de Chihuahua. *Chihuahua hoy. Historia, economía, política y cultura*. Tomo X. Chihuahua.
- Russell, N. D., J. Ríos, G. Erosa, M. D. Remmenga & D. E. Hawkins. (2000). Genetic differentiation among geographically isolated populations of Criollo cattle and their divergence from other *Bos Taurus* breeds. *Journal of Animal Science*, 78: 2314-2322.
- SAGARPA. (2002). Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios de México. *Claridades Agropecuarias*, 111: 2-52.
- Sánchez, B. A. (1996). *Catálogo de razas autóctonas españolas. Especie Bovina*. M.A.P.A. Madrid, España.
- Sastre, H. J. (2003). *Descripción, situación actual y estrategias de conservación de la raza bovina Colombiana Criolla Casanare*. Universidad de Córdoba. Facultad de Veterinaria. Departamento de Producción Animal. España.
- Sponenberg, Ph. (2008). Conservación sostenible de los recursos zoogenéticos en los EE.UU. *IX Simposio Iberoamericano sobre conservación y utilización de recursos zoogeneticos*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Criollo Tarahumara (Guicorachi, Chih.)



Criolla Tarahumara (Rejogochi, Chih.)



Criolla Tarahumara (Guicoraci, Chih.) Criollas Tarahumara (Rejogochi, Chih.)



Criollos de Chihuahua





UNACH

V.
**EL BOVINO CRIOLLO
DEL OCCIDENTE DE MÉXICO**

UNACH

EL BOVINO CRIOLLO DEL OCCIDENTE DE MÉXICO

Guillermo Martínez Velázquez¹ y Moisés Montaña Bermúdez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km. 6 Entronque Carretera Internacional México-Nogales. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México C.P. 63300. martinez.guillermo@inifap.gob.mx.

²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

Introducción

En los países en desarrollo, la falta de caracterización de las razas locales confunde la toma de decisiones sobre qué poblaciones conservar y cómo utilizar eficientemente los fondos disponibles para su conservación. Estas poblaciones locales representan una parte importante de la diversidad genética para la agricultura y la alimentación, y son recursos genéticos animales cuya erosión está ocurriendo de manera alarmante (Scherf *et al.*, 2005).

En México las poblaciones bovinas criollas son recursos genéticos locales que pueden ser útiles para el mejoramiento genético bovino. Lo anterior, considerando los resultados publicados sobre la viabilidad de los programas de mejoramiento genético en bovinos de carne implementados en los países en desarrollo (Cartwright y Blackburn, 1989). Existen poblaciones de ganado

bovino Criollo en México que se utilizan para producir becerros al destete en ecosistemas caracterizados por escasa disponibilidad de alimento, condiciones ambientales difíciles y escasas vías de comunicación. Una de estas poblaciones se localiza en la región de la Sierra Madre Occidental que comparten los estados de Durango, Jalisco, Nayarit y Zacatecas (Figuras 1, 2 y 3).

Es importante mencionar que en las localidades serranas en donde habita el ganado Criollo, el pastoreo ocurre en cerros, laderas y barrancas cuyas vías de acceso son brechas transitables a pie o a caballo. Este ganado es de temperamento dócil bajo condiciones de manejo constante y llega a utilizarse como animal de apoyo en labores agrícolas (Figura 4). Esta mansedumbre es consecuencia del contacto permanente que la familia tiene con el ganado al cuidarlo mientras pastorea; el pastor se mantiene con el rebaño todo el día.

Se estima un censo de alrededor de 16,000 cabezas de este tipo de ganado en la región serrana del estado de Nayarit, con promedios de 18 y 107 kg para peso al nacer y al destete y promedios de 363 y 278 kg para peso adulto de toros y vacas, respectivamente. La tasa de participación estimada en la población es de 60%. En general, el ganado Criollo es propiedad de diferentes ganaderos en las regiones indígenas, pero se mantiene como un solo ható bajo condiciones de pastoreo en agostaderos comunales, donde las gramíneas y leguminosas nativas representan la principal fuente de alimentación de estos animales, con marcada escasez de alimento disponible durante el período de secas de cada año (Martínez, 2005; SAGARPA, 2002).

Figura 1. Vaca Criollo Coreño del Municipio “El Nayar”, Nayarit, México.



Figura 2. Vaca Criollo Coreño del Municipio “Santiago Ixcuintla”, Nayarit, México.



Figura 3. Toro Criollo Coreño del Municipio "La Yesca", Nayarit, México.



Figura 4. Ganado Criollo Coreño en el Municipio "El Nayar", Nayarit, México.



En Nayarit, al ganado Criollo se le conoce popularmente como ganado Criollo Coreño y, sin tener una evaluación objetiva, ha sido menospreciado y tiende a desaparecer por considerársele un animal improductivo. En contraste con lo anterior, estudios realizados por investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-SAGARPA) han señalado la posible contribución del ganado Criollo Coreño en los sistemas de producción de carne de bovino en la región tropical del occidente de México. En los estudios mencionados se estimó el potencial de este tipo de ganado en la producción de becerros para la engorda, con resultados que muestran que utilizar este ganado en esquemas de cruzamiento contribuye a mejorar la fertilidad y la habilidad materna de las vacas, y el crecimiento y la sobrevivencia predestete de las crías, lo que se traduce en un incremento de los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre (Martínez *et al.*, 2006b; Martínez *et al.*, 2008). De igual manera, se ha documentado que toretes Criollo Coreño y sus cruza con Guzerat y/o Angus desarrollados y finalizados en confinamiento en la región tropical de Nayarit, producen canales de buena calidad y con buenos rendimientos (Martínez *et al.*, 2006a; Bustamante *et al.*, 2014a; Bustamante *et al.*, 2014b).

En este trabajo se presentan los resultados sobre caracterización productiva que han sido generados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-SAGARPA) con bovinos Criollo Coreño, en la región tropical del Occidente de México. En el presente capítulo los términos Criollo Coreño y Criollo tienen el mismo significado.

Aspectos reproductivos

Edad a primer parto

La edad al primer parto es un parámetro importante para evaluar la eficiencia reproductiva de los bovinos. La importancia de la edad al primer parto reside en la asociación que ésta tiene con el tamaño y el peso adulto de las vacas, además de ser un factor importante para determinar el peso y la cantidad de becerros que produce cada vaca durante su vida productiva. Cabe señalar que existe información que establece que la vida útil de las vacas decrece conforme se incrementa su edad al primer parto, disminuyendo también la eficiencia económica del sistema al aumentar los costos de producción (Núñez-Domínguez *et al.*, 1991; Pirlo *et al.*, 2000).

En relación a la edad al primer parto del ganado Criollo, un análisis realizado con información de vaquillas nacidas de un cruzamiento dialélico en el que se utilizaron animales Criollo (*Bos taurus*) y Guzerat (*Bos indicus*) estableció diferencias importantes en la edad en que las vaquillas presentaron su primer parto (Rivera, 2001). En el estudio mencionado, que se realizó en la región tropical de Nayarit, se observó que vaquillas puras y cruzadas hijas de toros Criollo presentaron una edad menor ($P < 0.05$) al primer parto en 158 ± 37 días con respecto al promedio de vaquillas puras y cruzadas hijas de toros Guzerat; por otro lado, vaquillas puras y cruzadas hijas de vacas Criollo tuvieron su primer parto 104 ± 35 días más temprano que vaquillas puras y cruzadas hijas de vacas Guzerat. Cabe señalar que al comparar la edad al primer parto entre vaquillas Guzerat y vaquillas Criollo se observó que las vaquillas Guzerat fueron más tardías ($P < 0.05$) para presentar su primer parto comparadas con las vaquillas Criollo (1655 ± 31 vs 1392 ± 38 días, respectivamente).

Los resultados del estudio mostraron que las vaquillas Criollo tuvieron su primer parto nueve meses más temprano, en promedio, que las vaquillas Guzerat. Lo anterior significa una mayor eficiencia productiva de las vaquillas Criollo comparada con la de las vaquillas Guzerat, considerando que vaquillas que paren por primera vez a una menor edad producen más becerros durante su vida productiva.

Estro, gestación, parición y destete

La fertilidad en bovinos productores de carne es un componente muy importante a considerar para evaluar la eficiencia económica del sistema vaca-cría (Dickerson, 1970; Melton, 1995). Algunos parámetros útiles para evaluar esta eficiencia son los porcentajes de vacas que gestan, paren y destetan crías en relación a las vacas expuestas a empadre. Considerando la posibilidad de que el ganado Criollo se incluya en esquemas de cruzamiento y así mejorar el comportamiento reproductivo se realizó un estudio con vacas Criollo, vacas Guzerat y vacas cruzadas Criollo x Guzerat y Guzerat x Criollo (Martínez et al., 2006b).

La información se generó en el Sitio Experimental "El Verdineño" (INIFAP-SAGARPA) que se localiza en la región tropical del estado de Nayarit. Las vacas Criollo mostraron promedios superiores ($P \leq 0.10$) a los de vacas Guzerat en 20, 14, 17 y 14% para tasas de estro, gestación,

parición y destete, respectivamente. Las vacas Criollo x Guzerat y Guzerat x Criollo también fueron mejores ($P \leq 0.10$) que las vacas Guzerat en 26 y 33% para tasa de estro, en 18 y 26% para tasa de gestación y en 16 y 25% para tasa de destete (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para porcentajes de estro (TE), gestación (TG), parición (TP) y destete (TD) de vacas Guzerat (G), Criollo (C), Guzerat x Criollo (GC) y Criollo x Guzerat (CG).

Genotipo de la vaca	PIP	PAE	PEFIP	GADIP	EFALI
G	226.0±6.1 ^a	359.5±8.4 ^a	405.6±9.7 ^a	1.15±.04 ^a	0.105±.002 ^a
GC	206.7±10.7 ^{ab}	338.5±14.8 ^{ab}	388.6±17.1 ^{ab}	1.13±.06 ^a	0.114±.004 ^b
CG	208.9±6.5 ^b	329.5±8.9 ^b	377.1±10.4 ^b	1.07±.04 ^a	0.103±.002 ^a
C	164.6±10.8 ^c	279.4±14.9 ^c	335.2±17.2 ^c	1.09±.07 ^a	0.109±.004 ^{ab}

^{a,b,c} Letras diferentes dentro de columna indican diferencias significativas ($P < 0.10$)

* ($P \leq 0.10$).

Adaptado de Martínez et al., 2006b.

No se detectaron diferencias ($P > 0.10$) entre los efectos genéticos directos de Criollo y Guzerat para ninguna variable. Las diferencias entre efectos genéticos maternos no fueron importantes ($P > 0.10$) para las tasas de estro, gestación o destete. Se detectaron diferencias ($P \leq 0.10$) entre efectos maternos para tasa de parto a favor de vacas Criollo en 15%.

Las diferencias entre efectos genéticos maternos sugieren un mejor comportamiento reproductivo del ganado Criollo que el ganado Guzerat. Utilizar vacas cruzadas Guzerat x Criollo representa una estrategia adecuada para mejorar la eficiencia reproductiva del sistema vaca-cría en la región tropical del Occidente de México. Cabe señalar que esta estrategia implica la conservación de la población Criollo para poder generar las hembras cruzadas Guzerat x Criollo requeridas como reemplazos.

Etapa nacimiento-destete

Productividad hasta el destete

Los kilogramos de becerro destetado por vaca expuesta al empadre son un indicador global de la eficiencia en la producción de becerros al destete (Jenkins y Ferrell, 1994; Pala *et al.*, 2000; Riley *et al.*, 2001). Este indicador es el resultado de la fertilidad, la habilidad materna y la producción de leche de las vacas así como de la sobrevivencia y el crecimiento hasta el destete de sus crías. Considerando utilizar al Criollo para mejorar la eficiencia en la producción de becerros al destete en regiones tropicales, se comparó la productividad hasta el destete de vacas de los genotipos Criollo, Guzerat, Guzerat x Criollo y Criollo x Guzerat (Martinez *et al.*, 2008).

Las variables evaluadas fueron peso al nacer, peso al destete ajustado a 210 días de edad, kilogramos de becerro parido por vaca en empadre y kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre (Cuadro 2). Para peso al nacer los mayores promedios correspondieron a crías de vacas Guzerat y Criollo x Guzerat siendo diferentes ($P < 0.05$) al promedio de crías de vacas Criollo hasta en 2.86 kg. Para peso al destete las crías de vacas Guzerat, Criollo x Guzerat y Guzerat x Criollo tuvieron promedios más altos ($P < 0.05$) que las crías de vacas Criollo, con diferencias de 24, 30 y 34 kg. No se detectaron diferencias entre los cuatro genotipos para kg de becerro parido por vaca en empadre ($P > 0.05$), sin embargo, las vacas cruzadas mostraron los mayores promedios con 19.73 ± 2.6 y 18.21 ± 1.5 kg para vacas Guzerat x Criollo y Criollo x Guzerat, respectivamente. No se detectaron diferencias en kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre ($P > 0.05$) entre Guzerat y Criollo. Las vacas Guzerat y Criollo destetaron menos kilogramos de becerro por vaca en empadre ($P < 0.05$) que vacas Guzerat x Criollo.

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para características relacionadas con la productividad al parto y al destete de vacas Guzerat (G), Guzerat x Criollo (GC), Criollo x Guzerat (CG) y Criollo (C).

Genotipo de la vaca	PN (kg)	PA210 (kg)	BN (kg)	BD (kg)
G	31.72±0.3 ^a	177.42±2.8 ^a	17.69±1.2 ^a	98.44±8.4 ^{ac}
GC	30.44±1.0 ^{ab}	187.45±7.7 ^a	19.73±2.6 ^a	143.50±24.1 ^b
CG	31.11±0.4 ^a	183.34±3.3 ^a	18.21±1.5 ^a	116.15±10.9 ^{ab}
C	28.86±0.3 ^b	153.50±2.6 ^b	16.38±1.3 ^a	83.97±7.9 ^c

PN = Peso al nacer; PA210 = Peso al destete; BN = kg de becerro nacido por vaca en empadre; BD = kg de becerro destetado por vaca en empadre; *($P < 0.05$); ns No significativo.

^{a,b,c} Letras diferentes dentro de columna indican diferencias estadísticas con $P < 0.05$ para PN, PA210 y BN y con $P = 0.07$ para BD.

Adaptado de Martínez et al., 2008.

Aunque no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre las cruzas recíprocas para las características estudiadas, las vacas Guzerat x Criollo mostraron una tendencia favorable al producir crías con pesos al destete más altos y mayor cantidad de kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre (Cuadro 2). Lo anterior sugiere que entre las cruzas, las vacas Guzerat x Criollo pueden ser las de mayor potencial para mejorar la productividad hasta el destete.

Utilizar vacas Guzerat x Criollo en la producción de becerros plantea la necesidad de incentivar la conservación del ganado Criollo para poder generar las hembras que se utilizarán en la producción de los reemplazos. Lo anterior promueve la cría del ganado Criollo como germoplasma útil para la ganadería regional, contribuyendo a la conservación de un recurso genético animal importante en la sustentabilidad del sistema vaca-cría en la región tropical del Occidente de México.

Producción y composición de leche y su relación con el peso al destete de las crías

En el sistema vaca-cría, la sobrevivencia y el desarrollo del becerro dependen en gran medida del ambiente materno. El componente más importante de ese ambiente es la nutrición recibida a través de la leche (Clutter y Nielsen, 1987). Conocer la cantidad y composición de la leche producida por los diferentes genotipos utilizados en el sistema vaca-cría es importante para desarrollar estrategias de manejo acordes a los cambios en requerimientos de energía de las vacas durante la lactancia y a las diferencias en su potencial genético lechero (Montaño *et al.*, 1990). Diferentes estudios señalan que la variación en la producción de leche de las vacas representa entre el 40 y el 65% de la variabilidad en el peso al destete de su progenie (Rutledge *et al.*, 1971; Robison *et al.*, 1978). Por lo anterior y para caracterizar la producción de leche de las vacas Criollo y conocer su relación con el peso al destete de los becerros, se realizó un estudio en la región tropical de Nayarit para comparar la producción de leche y su influencia sobre el crecimiento hasta el destete de las crías de vacas Criollo, Guzerat y sus cruizas recíprocas F1 (Martínez *et al.*, 2012).

Las variables evaluadas fueron día de máxima producción, producción máxima en lactancia, producción total de leche, producción diaria de leche, persistencia de la lactancia y peso al destete ajustado a 210 días de edad. No se detectaron diferencias ($P > 0.10$) entre las medias para día de máxima producción o persistencia de la lactancia entre los cuatro grupos genéticos evaluados; sin embargo, para la producción máxima en lactancia, las vacas Guzerat x Criollo fueron superiores ($P \leq 0.10$) en 1.5 y 0.8 kg a las vacas Criollo y Guzerat. En relación a producción total de leche y producción diaria de leche se observó que las vacas Guzerat x Criollo fueron superiores ($P \leq 0.10$) a las vacas Criollo y Guzerat en 254 y 110 kg para producción total de leche y en 1.1 y 0.5 kg para producción diaria de leche. Entre vacas Guzerat y Criollo también se detectaron diferencias ($P \leq 0.10$) favorables a Guzerat para producción total de leche (144 kg) y producción diaria de leche (0.6 kg) (Cuadro 3).

Se detectaron diferencias favorables a Guzerat sobre Criollo ($P < 0.05$) entre los efectos genéticos directos para producción máxima en lactancia, producción total de leche y producción diaria de leche. No se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre los efectos genéticos maternos para ninguna de las variables analizadas; sin embargo, los promedios estimados para producción total de leche, producción diaria de leche y producción máxima en lactancia coinciden en mostrar una tendencia favorable a Criollo (Cuadro 3).

Las correlaciones estimadas entre producción total de leche y peso al destete ajustado a 210 días de edad fueron significativas ($P < 0.05$) en todos los grupos genéticos evaluados (Cuadro 3). La diferencia entre las correlaciones estimadas para las cruza recíprocas indica una mayor asociación entre la producción de leche de las vacas Guzerat x Criollo y el peso al destete de sus crías ($r = 0.49$) comparada con la asociación entre vacas Criollo x Guzerat y sus crías ($r = 0.25$). Esto sugiere que la recomendación de utilizar vacas Guzerat x Criollo o Criollo x Guzerat para la producción de becerros al destete debe incluir la utilización de estrategias diferentes para el manejo alimenticio durante la lactancia de cada uno de estos genotipos. Cabe señalar que considerando a los cuatro genotipos la correlación global entre producción total de leche y peso al destete ajustado a 210 días de edad fue de 0.44.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para características de la lactancia de vacas de cuatro grupos genéticos. Diferencias entre efectos genéticos directos (g^i) y maternos (g^m) y coeficientes de correlación (r) y regresión (b) entre peso al destete ajustado a 210 días de edad y producción total de leche (PTL).

GEN	PTL kg	PDL kg	PML kg	DMP días	PER días	r	b () [‡]
G	949±27 ^a	4.5±.1 ^a	6.5±.1 ^a	76±2 ^a	147±2 ^a	0.34*	0.032±0.009* (30.9)
GC	1059±54 ^b	5.0±.2 ^b	7.3±.3 ^b	74±5 ^a	147±4 ^a	0.49*	0.037±0.014* (27.3)
CG	990±42 ^{ab}	4.7±.2 ^{ab}	6.7±.3 ^{ab}	77±4 ^a	149±3 ^a	0.25*	0.027±0.015 [^] (37.3)
C	805±34 ^c	3.9±.1 ^c	5.8±.2 ^c	70±3 ^a	143±2 ^a	0.41*	0.044±0.014* (22.5)
Global						0.44*	0.049±0.007* (20.5)
g^i	213±72 [*]	0.9±.3 [*]	1.3±.5 [*]	3.0±7 ^{ns}	2.0±5 ^{ns}		
g^m	-69±58 ^{ns}	-0.3±.2 ^{ns}	-0.6±.4 ^{ns}	3.0±6 ^{ns}	2.0±4 ^{ns}		

GEN=grupo genético; G=Guzerat; GC=Guzerat x Criollo; CG=Criollo x Guzerat; C=Criollo; PDL=producción diaria de leche; PML=producción máxima en lactancia; DMP=día de máxima producción; PER=persistencia de la lactancia; g^i =G+GC-C-CG; g^m =CG-GC

()[‡]Entre paréntesis kg de leche por lactancia para incrementar 1 kg de peso al destete.

^{a,b,c}Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística ($P \leq 0.10$) para DMP, PER, PDL, PML y PTL.

^{ns}($P > 0.05$), *($P < 0.05$), [^]($P < 0.10$).

Adaptado de Martínez et al., 2012.

En el Cuadro 3 se muestran los coeficientes de regresión estimados ($P < 0.05$) para los cuatro grupos genéticos evaluados. Los mayores coeficientes de regresión de peso al destete sobre producción total de leche correspondieron a los grupos genéticos Criollo y Guzerat x Criollo lo

que sugiere que crías de madres o abuelas Criollo tuvieron una menor dependencia nutricional de la leche materna y dependieron en gran medida de fuentes alimenticias alternas de menor valor nutricional. Lo anterior está de acuerdo a lo propuesto por Clutter y Nielsen (1987), quienes evaluaron el efecto de la producción de leche sobre el crecimiento antes y después del destete de crías de vacas con diferente potencial genético lechero, encontrando que el coeficiente de regresión más alto correspondió al grupo de vacas con potencial lechero más bajo. De manera similar, diferentes estudios han estimado una relación más fuerte entre producción de leche y crecimiento predestete en poblaciones con bajo potencial lechero (Fiss y Wilton, 1993; Mallinckrodt *et al.*, 1993; Brown y Brown Jr., 2002).

En relación a los kilogramos de leche por lactancia requeridos por cada grupo genético para producir 1 kg de peso al destete, los resultados del estudio (Cuadro 3) sugieren un uso más eficiente de la leche disponible por parte de las crías de vacas Criollo y Guzerat x Criollo, que consumieron, en promedio, 22.5 y 27.3 kg de leche por cada kg de peso al destete mientras que el consumo de las crías de vacas Guzerat y Criollo x Guzerat fue de 30.9 y 37.3 kg, respectivamente. Es importante resaltar la diferencia de 10 kg de leche consumida, entre crías de vacas Criollo x Guzerat y Guzerat x Criollo, para producir 1 kg de peso al destete. La diferencia mencionada debe tomarse en cuenta al hacer recomendaciones sobre el uso de estos grupos genéticos para la producción de becerros al destete.

Los coeficientes de regresión estimados sugieren un uso más eficiente de la leche consumida por las crías de vacas Criollo y Guzerat x Criollo. Entre las cruza recíprocas se estimó una diferencia importante en la leche requerida para producir 1 kilogramo de peso al destete, lo que refleja diferencias en la eficiencia de utilización de la leche consumida por las crías de vacas Guzerat x Criollo en relación a las crías de vacas Criollo x Guzerat. En general, las diferencias estimadas en la eficiencia de utilización de la leche consumida por las crías sugieren que la producción de becerros con vacas Guzerat, Guzerat x Criollo, Criollo x Guzerat y Criollo debe considerar estrategias diferentes de alimentación durante la lactancia para cada grupo genético (Martínez *et al.*, 2012).

Etapa desarrollo, finalización y sacrificio

Crecimiento posdestete y características de la canal

La producción de bovinos para carne también requiere animales con un óptimo crecimiento posdestete y un buen rendimiento en canal, además de la eficiencia reproductiva buscada en el sistema vaca-cría. Considerando lo anterior y para caracterizar al ganado Criollo durante la etapa en corral de engorda y determinar su contribución en los sistemas de producción de carne bovina, se realizó un estudio para estimar los efectos raciales del Criollo y del Guzerat sobre el comportamiento de sus crías en corral de engorda y para características de la canal. Las crías evaluadas nacieron de vacas Criollo, Guzerat, Criollo x Guzerat y Guzerat x Criollo inseminadas con semen de toros Angus rojo (Martínez *et al.*, 2006a). En el estudio se evaluaron variables de crecimiento (peso al inicio de la engorda, peso al año de edad, peso al final de la engorda, ganancia diaria promedio durante la engorda y eficiencia alimenticia) y variables asociadas a la calidad de la canal (área del ojo de la costilla, grasa de cobertura, peso de la canal caliente, porcentaje de rendimiento en canal, grasa en riñón y pelvis, grado de rendimiento de la canal, porcentaje de rendimiento en cortes primarios y porcentaje total de cortes al menudeo). El grado de rendimiento de la canal, el porcentaje de rendimiento en cortes primarios y el porcentaje total de cortes al menudeo se estimaron de acuerdo a lo planteado por Boggs y Merkel (1993). El peso al inicio de la engorda de crías de vacas Criollo fue menor ($P < 0.10$) al peso de las crías de vacas Guzerat, Criollo x Guzerat y Guzerat x Criollo con diferencias de hasta 61.4, 80.1 y 70.4 kg a favor de Guzerat (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar (kg) para algunos índices productivos de crías de toros Angus y vacas Guzerat (G), Criollo (C), Guzerat x Criollo (GC) y Criollo x Guzerat (CG).

Genotipo de la vaca	PIP	PAE	PEFIP	GADIP	EFALI
G	226.0±6.1 ^a	359.5±8.4 ^a	405.6±9.7 ^a	1.15±.04 ^a	0.105±.002 ^a
GC	206.7±10.7 ^{ab}	338.5±14.8 ^{ab}	388.6±17.1 ^{ab}	1.13±.06 ^a	0.114±.004 ^b
CG	208.9±6.5 ^b	329.5±8.9 ^b	377.1±10.4 ^b	1.07±.04 ^a	0.103±.002 ^a
C	164.6±10.8 ^c	279.4±14.9 ^c	335.2±17.2 ^c	1.09±.07 ^a	0.109±.004 ^{ab}

^{a,b,c} Letras diferentes dentro de columna indican diferencias significativas ($P < 0.10$).

PIP = peso al inicio de la engorda; PAE = peso al año de edad; PEFIP = peso al final de la engorda; GADIP = ganancia diaria promedio; EFALI = eficiencia alimenticia

Adaptado de Martínez *et al.*, 2006a.

Los resultados del Cuadro 5 muestran que la progenie de vacas Guzerat y Guzerat x Criollo tuvieron rendimientos superiores ($P < 0.10$) a la progenie de vacas Criollo x Guzerat y Criollo para área del ojo de la costilla y peso de la canal caliente. En el mismo cuadro se observa que a la progenie de vacas Criollo correspondió el promedio más bajo para porcentaje de rendimiento en canal. No se detectaron diferencias importantes ($P > 0.10$) entre los genotipos evaluados para grasa de cobertura. Con relación a grado de rendimiento de la canal, porcentaje de rendimiento en cortes primarios y porcentaje total de cortes al menudeo se observó que las vacas Guzerat y Criollo x Guzerat produjeron crías con mejor comportamiento que las crías de vacas Criollo.

En el Cuadro 6 se presentan las diferencias entre los efectos de la raza de los abuelos y las abuelas para peso al inicio de la engorda, peso al año de edad, peso al final de la engorda, ganancia diaria promedio y eficiencia alimenticia. Los resultados señalan que, en promedio, las crías de abuelos Guzerat iniciaron el período de engorda 29.6 ± 8.6 kg más pesados ($P < 0.10$) que las crías de abuelos Criollo.

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para algunas características al sacrificio de crías de toros Angus y vacas Guzerat (G), Criollo (C), Guzerat x Criollo (GC) y Criollo x Guzerat (CG).

Genotipo de la vaca	AOC (pulg)	GRC (pulg)	PCC (kg)	PRC (%)	RP (kg)	GR (Unidades)	RC (%)	PTC (%)
G	10.73+.35a	.367+.056a	241.7+8.2a	60.2+.62a	8.06+.6a	2.61±.15a	50.79±.36a	76.58±.7a
GC	11.83+.53a	.475+.084a	249.6+12.3a	58.6+.93ab	2.91+1.5b	2.92±.23ab	50.06±.54ab	75.12±1.1ab
CG	9.66+.31b	.375+.051a	210.6+7.5b	58.2+.57b	5.34+.5b	2.62±.14a	50.80±.33a	76.61±.7a
C	8.40+.62c	.400+.102a	187.5+14.9b	54.2+1.13c	7.95+.9a	3.21±.28b	49.48±.65b	73.97±1.3b

^{a,b,c} Letras diferentes dentro de columna indican diferencias significativas ($P < 0.10$).

AOC = área del ojo de la costilla; GRC = grasa de cobertura; PCC = peso de la canal caliente; PRC = porcentaje de rendimiento en canal; RP = grasa en riñón y pelvis; GR = grado de rendimiento de la canal; RC = porcentaje de rendimiento en cortes primarios; PTC = porcentaje total de cortes al menudeo.

Adaptado de Martínez *et al.*, 2006a.

Cuadro 6. Diferencias en kg entre efectos raciales de abuelos^a y abuelas Guzerat y Criollo para algunos índices productivos de crías en corral de engorda.

Guzerat – Criollo	PIP	PAE	PEFIP	GADIP	EFALI
Raza de abuelo	29.6+8.6*	44.6+11.9*	41.0+13.7*	0.06+.05 ^{ns}	0.004+.003 ^{ns}
Raza de abuela	2.26+12.31 ^{ns}	-9.05+17.03 ^{ns}	-11.47+19.63 ^{ns}	-0.06+.07 ^{ns}	-0.01+.004*

^a Incluye ¼ del efecto genético directo y ½ del efecto genético materno, asumiendo valores similares de heterosis individual.

* ($P < 0.10$). ^{ns} Diferencia no significativa ($P > 0.10$).

PIP = peso al inicio de la engorda; PAE = peso al año de edad; PEFIP = peso al final de la engorda; GADIP = ganancia diaria promedio; EFALI = eficiencia alimenticia.

Adaptado de Martínez *et al.*, 2006a.

Esta ventaja inicial se mantuvo durante todo el período de engorda. Así, los nietos de toros Guzerat pesaron 44.6 ± 11.9 kg más ($P < 0.10$) al año de edad y 41.0 ± 13.7 kg más ($P < 0.10$) al final de la engorda que los nietos de toros Criollo. No se detectaron diferencias importantes para ganancia diaria promedio o eficiencia alimenticia entre razas de abuelos. Sin embargo, las diferencias entre razas de abuelos, que se presentan en el Cuadro 7, sí mostraron que los nietos de toros Guzerat tuvieron mayores rendimientos ($P < 0.10$) en área del ojo de la costilla (2.25 pulgadas²), peso de la canal caliente (46.58 kg) y porcentaje de rendimiento en canal (3.15%) comparados con los nietos de toros Criollo. Estos resultados muestran la conveniencia de utilizar toros-abuelos Guzerat para mejorar el comportamiento de los nietos sobre las variables mencionadas.

No se observaron muchas diferencias entre razas de abuelas ($P > 0.10$) para las variables medidas durante la engorda (Cuadro 6) o para características de la canal (Cuadro 7). Sin embargo, los resultados para eficiencia alimenticia ($P < 0.10$) indicaron que, en promedio, vacas hijas de vacas Criollo produjeron becerros con mayor eficiencia alimenticia ($0.01 \pm .004$ kg) que vacas hijas de vacas Guzerat. De igual manera, los nietos de abuelas Criollo mostraron ventajas ($P < 0.10$) comparados con los nietos de abuelas Guzerat, en área del ojo de la costilla ($2.20 \pm .61$ pulgadas²) y peso de la canal caliente (39.02 ± 14.4 kg).

De manera global y considerando los valores de los Cuadros 6 y 7, las diferencias entre razas de abuelas tendieron a favorecer a los nietos de abuelas Criollo, aunque sólo se detectaron diferencias significativas ($P < 0.10$) para eficiencia alimenticia, área del ojo de la costilla y peso de la canal caliente. Lo anterior sugiere que hijas de vacas Criollo tendieron a parir becerros con mejores características de la canal.

Cuadro 7. Diferencias en kg entre efectos raciales de abuelos^a y abuelas Guzerat y Criollo para algunas características al sacrificio de crías en corral de engorda.

Guzerat - Criollo	AOC (pulg.)	GRC (pulg.)	PCC (kg)	PRC (%)	RP (kg)	GR (unidades)	RC (%)	PTC (%)
Raza del abuelo	2.25±.47*	.034±.08 ^{ns}	46.58±11.0*	3.15±.83*	-1.15±.93 ^{ns}	-0.14±.21 ^{ns}	0.28±.49 ^{ns}	0.56±.98 ^{ns}
Raza de la abuela	-2.20±.61*	-.100±.10 ^{ns}	-39.02±14.4*	-0.41±1.1 ^{ns}	2.42±1.58 ^{ns}	-0.30±.27 ^{ns}	0.74±.63 ^{ns}	1.49±1.26 ^{ns}

^a Incluye 1/4 del efecto genético directo y 1/2 del efecto genético materno, asumiendo valores similares de heterosis individual.
* (P<0.10).

^{ns} Diferencia no significativa (P>0.10).

AOC = área del ojo de la costilla; GRC = grasa de cobertura; PCC = peso de la canal caliente; PRC = porcentaje de rendimiento en canal; RP = grasa en riñón y pelvis; GR = grado de rendimiento de la canal; RC = porcentaje de rendimiento en cortes primarios; PTC = porcentaje total de cortes al menudeo.

Adaptado de Martínez *et al.*, 2006a.

Se concluye que las diferencias entre razas de abuelos sugieren un mejor comportamiento, durante la engorda y para algunas características de la canal, de las crías de abuelos Guzerat. Las diferencias entre razas de abuelas sugieren un mejor comportamiento de las crías de abuelas Criollo para algunas características de la canal. Considerando de manera conjunta las diferencias detectadas entre razas de abuelos y abuelas, las vacas Guzerat x Criollo mostraron ser mejor opción que las vacas Criollo x Guzerat para la producción de becerros para la engorda en la región tropical de Nayarit (Martínez *et al.*, 2006a).

Rendimiento y composición de la canal de toretes Criollo

Existen estudios relacionados con la calidad de la carne de ganado Criollo en donde se ha destacado su valor nutricional y su calidad considerando la proporción de ácidos grasos insaturados que contiene (Garriz *et al.*, 1993; Orellana, 2009). De igual manera, las canales de ganado Criollo son apreciadas por su sabor, bajo contenido en grasa, buen rendimiento y terniza (Ortiz, 1998).

Sin embargo, es importante señalar la escasa caracterización que sobre el ganado Criollo se ha realizado para variables que determinan el rendimiento y la composición de la canal cuando este ganado se finaliza en corral de engorda. Por lo anterior y para contribuir a la caracterización productiva del Criollo se realizó un estudio para evaluar algunas características de rendimiento, calidad de la canal y el perfil de ácidos grasos de toretes Criollo alimentados con distintos niveles de energía en la dieta (Bustamante *et al.*, 2014a; Bustamante *et al.*, 2014b).

El estudio se realizó en el Sitio Experimental "El Verdineño" (INIFAP-SAGARPA) ubicado en la región tropical del estado de Nayarit, utilizándose 32 animales machos Criollo con edad inicial de 19.7 ± 4.68 meses, peso corporal de 184.2 ± 31.6 kg e índice de formato de 2.0 ± 0.65 puntos en una escala de 1 a 9 (Dhuyvetter, 1995). Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de energía metabolizable/kg de materia seca (EM/kg MS) combinados con dos etapas de cambio o no de dieta (menor o mayor a 300 kg de peso corporal) de acuerdo a lo siguiente: Tratamiento 1: Dieta con 2.2 Mcal EM/kg MS desde inicio hasta final de la prueba de alimentación. Tratamiento 2: Dieta con 2.4 Mcal EM/kg MS desde inicio hasta final de la prueba de alimentación. Tratamiento 3: Dieta con 2.2 Mcal EM/kg MS de inicio hasta 300 kg de peso corporal continuando con dieta de 2.4 Mcal EM/kg MS hasta final de prueba. Tratamiento 4: Dieta con 2.4 Mcal EM/kg MS de inicio hasta 300 kg de peso corporal continuando con dieta de 2.6 Mcal EM/kg MS hasta final de prueba. Todas las dietas contenían 13% de proteína cruda. El peso de sacrificio de los toretes fue de 380 kg en promedio y la prueba de alimentación tuvo una duración de 214 ± 66 días.

Para determinar calidad de la canal, las variables evaluadas fueron rendimiento de la canal, área del ojo de la costilla, grasa de cobertura, grasa renal, pélvica y cardíaca, grado de rendimiento, rendimiento de cortes primarios, cortes totales y cortabilidad. Para determinar el perfil de ácidos grasos (AG) las variables evaluadas fueron la cuantificación de los AG (g AG/100 g grasa) que fueron: ácido palmítico (C16:0), ácido Palmitoleico (C16:1), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2 ω -6), ácido linoleico (C18:3 ω -3), AG no identificados (AGNI), AG saturados (AGS), AG monoinsaturados (AGM), AG poliinsaturados (AGP), relación AGP/AGS, AGP+AGP/AGS y C18:2/C18:3.

Los valores para características de rendimiento y calidad de la canal se presentan en el Cuadro 8. Para rendimiento en canal el tratamiento 2 fue diferente ($P < 0.05$) al tratamiento 4 (51.2 ± 0.66 y $53.1 \pm 0.57\%$). Los promedios para los tratamientos 1 y 3 fueron de 52.0 ± 0.54 y $51.9 \pm 0.61\%$, respectivamente. Para área del ojo de la costilla se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos 1 y 4, con promedios de 11.2 ± 0.39 , y 12.3 ± 0.41 pulgadas². Se detectó un valor menor ($P < 0.08$) en el porcentaje de grasa renal, pélvica y cardiaca para el tratamiento 4 ($3.05 \pm 0.35\%$) comparado con el tratamiento 1 ($3.95 \pm 0.32\%$). La grasa de cobertura fue diferente ($P < 0.08$) entre los tratamientos 3 y 4. En general, los resultados mostraron que los toretes Criollo alimentado en corral tuvieron una buena respuesta a las dietas altas en energía.

Cuadro 8. Características de rendimiento y calidad de la canal de toretes Criollo alimentados con diferentes niveles de energía en la dieta.

Variable de respuesta	Tratamientos (T)				EEM	P
	T1	T2	T3	T4		
Peso de canal caliente (kg)	212	227	222	232		
Rendimiento de canal (%)	52.0 ^{ab}	51.2 ^b	51.9 ^{ab}	53.1 ^a	0.59	**
Área del ojo de la costilla (pulg ²)	11.2 ^b	11.6 ^{ab}	11.4 ^{ab}	12.3 ^a	0.43	**
Grasa de cobertura (pulg.)	0.26 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.31 ^a	0.22 ^b	0.03	*
Grasa RPC (%)	3.95 ^b	3.37 ^{ab}	3.45 ^{ab}	3.05 ^a	0.34	*
Grado de rendimiento (1-5)	2.0 ^{ab}	2.4 ^a	2.1 ^{ab}	1.6 ^b	0.25	**
Cortes primarios (%)	52.0 ^{ab}	51.2 ^a	51.9 ^{ab}	53.1 ^b	0.59	**
Cortes totales (%)	79.4 ^{ab}	77.4 ^b	78.7 ^{ab}	81.2 ^a	1.10	**
Cortabilidad (%)	49.2 ^b	48.1 ^{ab}	48.9 ^{ab}	50.1 ^a	0.59	**

EEM = error estándar de la media.

P = probabilidad.

PC = proteína cruda.

EM = energía metabolizable.

** ($p < 0.05$) * ($p < 0.08$).

Adaptado de Bustamante *et al.*, 2014a.

Para perfil lipídico de la carne los resultados se muestran en el Cuadro 9. Contrario a lo esperado, la dieta con el nivel más alto de energía (tratamiento 4) resultó en un menor ($P < 0.05$) contenido de ácidos grasos saturados (35.0 g/100 g de grasa) y, en contraste, el mismo tratamiento registró un mayor contenido ($P < 0.05$) de ácidos grasos no identificados (17.6 g/100 g de grasa). El tratamiento 3 mostró el mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados (42.6 g /100 g de grasa) siendo diferente ($P < 0.05$) del tratamiento 1 (39.7 g /100 g de grasa). Con respecto a los ácidos grasos poliinsaturados el tratamiento 4 mostró el mayor contenido (5.5 g /100 g de grasa) siendo diferente ($P < 0.05$) de los tratamientos 1, 2 y 3, (con 4.1, 4.6 y 4.6 g/100 g de grasa, respectivamente). En cuanto a la relación entre los ácidos C18:2 ω -6/ C18:3 ω -3, ésta se modificó de acuerdo a la dieta mejorando conforme se incrementaron los niveles de energía (Cuadro 9). Así, esta relación mostró en la carne de los toretes Criollo una relación baja entre los ácidos grasos omega-6: omega-3 lo que es deseable para mantener un buen balance entre estos ácidos grasos en dietas para consumo humano. Cabe señalar que la proporción omega-6: omega-3 recomendada a nivel internacional se encuentra en un rango de 4:1 a 10:1 (Gebauer et al., 2006).

Cuadro 9. Perfil de ácidos grasos en carne de toretes Criollo (g de ácidos grasos/100 g de grasa) alimentados con distintos niveles de energía.

Variable	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	EEM	p
Acido palmítico C16:0	27.0 ^a	24.2 ^c	26.6 ^a	20.5 ^b	0.72	**
Ácido Palmitoleico C16:1 cis-9	3.2 ^a	3.3 ^a	3.4 ^a	2.7 ^b	0.13	**
Ácido Esteárico C18:0	20.7 ^a	17.6 ^b	16.9 ^b	17.0 ^b	0.76	**
Ácido Oleico C18:1 cis-9	37.0	38.9	39.5	37.5	1.17	ns
Ácido Linoleico C18:2 cis-9,12	3.0 ^a	4.0 ^{bc}	3.6 ^{ac}	3.8 ^{ac}	0.29	*
Ácido Linolénico C18:3 cis-9,12,15	1.07 ^a	0.71 ^a	0.68 ^a	1.90 ^b	0.21	**
Ácidos Grasos Saturados	45.0 ^a	42.8 ^a	45.0 ^a	35.0 ^b	1.09	**
Ácidos Grasos Monoinsaturados	39.7 ^{ac}	42.4 ^{bc}	42.6 ^b	41.2 ^{bc}	1.24	*
Ácidos Grasos Poliinsaturados	4.1 ^b	4.6 ^b	4.6 ^b	5.5 ^a	0.26	**
Relación AGP/AGS	0.08 ^a	0.12 ^b	0.11 ^b	0.15 ^c	0.005	**
Ácidos Grasos no Identificados	8.7 ^b	6.6 ^b	6.4 ^b	17.6 ^a	1.95	**
Relación AGP+AGM/AGS	0.98 ^a	1.13 ^b	1.09 ^b	1.33 ^c	0.02	**
Relación omega-6 / omega-3	0.37 ^b	0.26 ^b	0.10 ^b	0.82 ^a	0.12	*

AGP: ácidos grasos poliinsaturados; AGM: ácidos grasos monoinsaturados.

AGS: ácidos grasos saturados; EEM = error estándar de la media. P = probabilidad. ** (p<0.01) * (p<0.05).

Adaptado de Bustamante *et al.*, 2014b.

Conclusiones e implicaciones

- La edad al primer parto y las diferencias entre efectos genéticos maternos indican una mayor eficiencia reproductiva de las hembras Criollo comparadas con las hembras Guzerat.
- Las vacas Guzerat x Criollo produjeron crías con pesos al destete más altos y mayor cantidad de kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre. Esto indica que las vacas Guzerat x Criollo son una buena alternativa para mejorar la productividad hasta el destete en la región tropical de Nayarit.
- De acuerdo a la cantidad de leche requerida por cada kilogramo de peso al destete producido, se detectó una mayor eficiencia en la utilización de la leche consumida por las crías de vacas Criollo y vacas Guzerat x Criollo, comparada con la eficiencia de la leche consumida por las crías de vacas Guzerat y vacas Criollo x Guzerat.
- Considerando las diferencias entre efectos genéticos de razas de abuelos y abuelas para comportamiento durante la engorda y características de la canal, las vacas Guzerat x Criollo mostraron ser mejor opción que las vacas Criollo x Guzerat para la producción de becerros para la engorda en la región tropical de Nayarit.
- Utilizar vacas Guzerat x Criollo en la producción de becerros plantea la necesidad de incentivar la conservación del ganado Criollo para poder generar las hembras que se utilizarán en la producción de los reemplazos.
- Los toretes Criollo alimentados en corral tuvieron una buena respuesta a las dietas altas en energía. Se detectó en la carne de toretes Criollo una relación baja entre los ácidos grasos omega-6: omega-3 lo que es deseable para mantener un buen balance entre estos ácidos grasos en dietas para consumo humano.

Referencias bibliográficas

- Boggs DL, Merkel RA. (1993). *Live animal carcass evaluation and selection manual*. 4th Edition. USA. Kendall / Hunt Publishing Company. ISBN 0-8403- 7609-X
- Brown MA, Brown Jr AH. (2002). Relationship of milk yield and quality to preweaning gain of calves from Angus, Brahman and reciprocal-cross cows on different forage system. *J Anim Sci* (80):2522-2527.
- Bustamante GJJ, Martínez VG, Basurto GR, Palacios FJA, Moreno FLA, Montaña BM. (2006a). Rendimiento y Calidad de la Canal de Toretas Criollos Finalizados en Corral. *I Congreso en Ciencias Veterinarias y Zootécnicas "Amado Neruo"*. Nuevo Vallarta, Nay., México: 432-436.
- Bustamante GJJ, Martínez VG, Palacios FJA, Basurto GR. (2006b). Perfil de Ácidos Grasos en Carne de Toretas Criollo Alimentados con Distintos Niveles de Energía en la Dieta. *I Congreso en Ciencias Veterinarias y Zootécnicas "Amado Neruo"*. Nuevo Vallarta, Nay., México: 437- 442.
- Dhuyvetter J. (1995). *Beef Cattle Frame Scores*. AS-1091. NDSU Extension Service. North Dakota State University. ND, U. S. A.
- Mallinckrodt CH, Bourdon RM, Golden BL, Schalles RR, Odde KG. (1993). Relationship of maternal milk expected progeny differences to actual milk yield and calf weaning weight. *J Anim Sci* (71):355-362.
- Cartwright TC, Blackburn HD. (1989). Portability of animal breeding research to developing countries: beef cattle. *J. Anim. Sci.* 67: 342 – 347.
- Clutter AC, Nielsen MK. (1987). Effect of level of beef cow milk production on pre- and postweaning calf growth. *J Anim Sci* (64):1313-1322.
- Dickerson GE. (1970). Efficiency of animal production-molding the biological components. *J Anim Sci* (30):849-859.
- Fiss CF, Wilton JW. (1993). Contribution of Breed Cow Weight, and Milk Yield to the Preweaning Feedlot, and Carcass Traits of Calves in Three Beef Breeding Systems. *J Anim Sci* (71):2874-2884.
- Garriz CA, Gallinger MM, Zamorano M y Mezzadra C. (1993). Calidad de la carne en novillos de raza Criolla Argentina y Aberdeen Angus puros y cruza Criollos x Angus y Nelore x Angus en ganado bovino Criollo. Tomo iii orientación gráfica editora. pp 178-197
- Gebauer SK, Psota TL, Harris WS, Kris-Etherton PM. (2006). n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *Am. J Clin Nutr* 83 (suppl):1526S-1535S.

- Jenkins TG, Ferrell CL. (1994). Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities. I. Initial evaluation. *J Anim Sci* (72):2787-2797.
- Martínez VG. (2005). *El ganado bovino Criollo en Nayarit: Ubicación y población estimada*. Sitio Experimental "El Verdineño". CIRPAC- INIFAP. Folleto Técnico Número 1. Nayarit, México.
- Martínez VG, Bustamante GJJ, Palacios FJA, Montaña BM. (2006a). Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento posdestete y características de la canal. *Téc Pecu Méx* 44(1):107-118.
- Martínez VG, Montaña BM, Palacios FJA. (2006b). Efectos genéticos directos, maternos y heterosis individual para tasas de estro, gestación, parición y destete de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas FI. *Téc Pecu Méx* 44(2):143-154.
- Martínez VG, Montaña BM, Palacios FJA. (2008). Productividad hasta el destete de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas FI. *Téc Pecu Méx* (46):1-12.
- Martínez VG, Borrayo ZA, Montaña BM, Bustamante GJJ, Palacio FJA, Vega MVE, Ríos UA. (2012). Producción de leche de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas FI y su relación con el peso al destete de las crías. *Rev Mex Cienc Pecu* 3(4):501-514.
- Melton BE. (1995). Conception to consumption: The economics of genetic improvement. In: *Proc. Beef Improvement Federation 27TH Research Symposium and Annual Meeting*, Sheridan, Wyoming 40-71.
- Montaña BM, Nielsen MK, Deutscher GH. (1990). Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. *J Anim Sci* (68):2279-2288.
- Nuñez-Domínguez R, Cundiff LV, Dickerson GE, Gregory KE, Koch RM. (1991). Lifetime Production of Beef Heifers Calving First at two vs three Years of Age. *J Anim Sci* 69:3467-3479.
- Orellana C, Peña F, García A, Perea J, Martos JV, Domenech JV, Acero R. (2009). Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. *Meat Science*, 81(1):57-64
- Ortiz LCI. (1998). Producción de pie de cría de ganado para rodeo en el estado de Tamaulipas. *Memorias del Segundo Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: "Ganado Criollo"*, hacia el establecimiento del Programa Nacional de Recursos Genéticos Pecuarios. SAGAR. Chihuahua, México.
- Pala A, Robison OW, McCraw RL. (2000). Evaluation of crossbred calf and cow types for the coastal plain of North Carolina. *J Anim Sci* (78):2253-2256.

- Pirlo, G, Miglior, F, Speroni M. (2000). Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs on Italian Holsteins. *J Dairy Sci* 83:603-608.
- Riley DG, Sanders JO, Knutson RE, Lunt DK. (2001). Comparison of F1 *Bos indicus* x Hereford cows in Central Texas. I. Reproductive, maternal, and size traits. *J Anim Sci* (79):1431-1438.
- Rivera U. (2001). Edad a primer parto e intervalo inicio de empadre-parto de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas, y comportamiento predestete de sus crías [Tesis de Maestría]. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Robison OW, Yusuff MKM, Dillard EU. (1978). Milk Production in Hereford Cows I. Means and Correlations. *J Anim Sci* (47):131-136.
- Rutledge JJ, Robinson OW, Ahlschwede WT, Legates JE. (1971). Milk Yield and its Influence on 205-Day Weight of Beef Calves. *J Anim Sci* (33):563-567.
- SAGARPA. (2002). *Informe sobre la situación de los Recursos Genéticos Pecuarios (RGP) de México*. Coordinación General de Ganadería. www.sagarpa.gob.mx/Dgg.
- Scherf B, Rischkowsky B, Hoffmann I. (2005). Options and Strategies for the Conservation of FAnGR, AGROPOLIS, Montpellier, France 9-16.

VI.

LA RAZA CRIOLLA LECHERO TROPICAL DE MÉXICO

UNACH

LA RAZA CRIOLLA LECHERO TROPICAL DE MÉXICO

Carlos Miguel Becerril Pérez¹ y Adalberto Rosendo Ponce²

¹ Colegio de Postgraduados, campus Montecillo

² Colegio de Postgraduados, campus Veracruz

Décimas Jarochas

Limpio verdor de mis llanos
alfombrados por la grama,
donde el recental nos brama
y hacen coro sus hermanos

¡Quién con sus versos galanos
los pudiera describir,
si siento que al escribir
me tiemblan de amor las manos!

Llanero en todos los llanos seré siempre,
hasta morir.

Soy jarocho de sabana
que a los tiros me enardezco,
al compás de la jarana
y con la trova galana...

...voy enhebrando tu amor,
sabiendo que eres primor,
jarocho llena de brío
que siendo del mismo río
no te rindes al calor...

Guillermo Cházaro Lagos

Resumen

Se presentan conocimientos científicos y empíricos de la raza criolla Lechero Tropical de México (LT) que se han publicados en diferentes revistas y memorias desde el inicio de la formación de la raza en la década de los años 60, sobre temas relevantes relacionados con su comportamiento productivo y reproductivo, mejora genética de la producción de leche a través de la selección, experimentos de alimentación en praderas de gramíneas, asociaciones gramínea-leguminosa y a corral, suplementación de vacas en producción, resistencia a garrapatas, calidad de semen y de embriones; así como determinación de las variantes genéticas que inciden en el rendimiento y composición química de leche, entre otros temas de interés zootécnico. La evidencia experimental muestra que la raza LT es un recurso genético que puede contribuir sensiblemente a la producción de leche y carne, en aquellos territorios con climas cálidos de la zona intertropical de México y similares de Latinoamérica y el resto del planeta.

Introducción

Las razas bovinas criollas ya están consideradas como parte del acervo de los recursos genéticos con que cuenta México para producir leche, carne y otros productos de origen animal en diferentes regiones del país. Estas razas criollas son tanto naturalizadas y desarrolladas en el propio país, descendientes de los ganados traídos por los conquistadores castellanos poco tiempo después de la conquista del imperio mexica durante el siglo XVI, tales como la Rarámuri de la Sierra de Chihuahua, la Chinampo de Baja California Sur y la Nayar de Nayarit, entre las más conocidas (de Alba, 2011); así como también las criollas naturalizadas y desarrolladas en otros países de América y traídas a México durante la segunda mitad del siglo XX, como la Romosinuano de Colombia y la Reyna de Nicaragua. Todas y cada una de estas razas criollas desarrollaron diversas capacidades para su permanencia y productividad dependiendo del medio físico y biótico con el cual se vieron confrontadas, en particular, en los climas cálidos tropicales —con temperatura media del mes más frío superior de 18 °C y altura inferior de 1200 msnm— donde el régimen de lluvias y la humedad relativa son variables a través de todo el año, generalmente con época definida de sequía, que implica disponibilidad muy variable de forrajes en cantidad y calidad, y la presencia estacional de

plagas y enfermedades; ahí se desarrollaron, como se les conoce en el argot ganadero, las razas criollas tropicales.

La Lechero Tropical de México (LT) proviene en gran medida del departamento de Rivas, en la vertiente del Pacífico al sur de Nicaragua, 11° 25' N y 85° 50' O, de clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 26.4 °C (25.5 en enero – 27.7 en mayo), precipitación anual de 1,345 mm, época de sequía de enero a abril y a 53 msnm. La LT tiene su origen en la raza criolla Reyna, criada en la hacienda de La Flor, propiedad de Don Joaquín Reyna Gutiérrez y difundida por su viuda la señora María del Socorro Cordón Martínez a partir de la década de los años 60. La raza LT de México tuvo su origen en 17 vacas de Rivas, Nicaragua, y dos toros de Turrialba, Costa Rica, traídos por el Dr. Jorge de Alba Martínez en 1965.

Lechero Tropical es la denominación utilizada en este escrito para referirnos a todos los descendientes nacidos en México de aquel grupo inicial de vacas traídas de Nicaragua, de los diferentes toros importados en varias ocasiones de Costa Rica, a través de pajillas de IA y de las vacas Oaxaqueñas y de Colima que fueron anexadas a la población original importada. En este escrito, se presentan los resultados de investigación de acuerdo a tres etapas durante las cuales esta se realizó.

Conformación del hato Lechero Tropical

Después de siete años en pasturas arrendadas, el destino final del ganado traído a México fue el rancho de 398 ha denominado El Apuro —Centro de Adiestramiento y Mejoramiento de la Producción Animal (CAMPA) a partir de 1972—, a 60 km al norte del puerto de Tampico, en el municipio de Aldama, del estado de Tamaulipas, 22° 39' 30" N y 97° 55' 12" O, a 5 - 10 msnm, con clima A_{w0} cálido subhúmedo seco, temperatura media de 24.5 °C y temperaturas máximas superiores a 40 °C durante el verano, precipitación de 841 mm (García, 1988), con presencia de octubre a abril de vientos de gran intensidad con descenso de temperatura drástico y repentino, llamados "nortes"; el rancho fue propiedad de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C. (AMPA), cuyo primer presidente fue Don Jorge. A este grupo inicial se agregaron posteriormente 30 vacas provenientes de la costa de Oaxaca y otras de Colima; las

primeras sin mayor trascendencia, pero de las segundas, una vaca tuvo influencia en el desarrollo ulterior del hato; posteriormente se introdujeron pajillas de IA del orden de 20 toros de Turrialba, de los cuales tres fueron de origen Nicaragüense y uno Dominicano.

La investigación con datos de El Apuro y Centros Demostrativos FIRA

Los primeros datos de la raza LT se obtuvieron del CAMPA y de dos centros demostrativos de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura del Banco de México (FIRA); los informes de resultados de las observaciones empíricas e investigaciones experimentales fueron publicados principalmente en la *Revista Mexicana de Producción Animal* de la AMPA, que vio su primer volumen publicado en 1968.

En 1973 se importaron de Canadá vaquillas Jersey (J) y Canadiense (CA), con el fin de estudiar el comportamiento de hembras jóvenes no adaptadas a las condiciones de trópico cálido y producir hembras híbridas. Se implantó un sistema de cruzamientos alternos entre la LT y estas razas desadaptadas, para obtener los beneficios potenciales de la heterosis, estabilizada en la quinta generación a 66%. Durante 1974, de nueve vacas originales centroamericanas inseminadas a un solo servicio con pajillas de tres toros del mismo origen, tres resultaron gestantes, sin embargo de las diez criollas oaxaqueñas inseminadas nueve quedaron gestantes. Con pajillas de toros de otras razas, 66.7% de todas las vacas criollas quedaron gestantes.

En ese año se obtuvieron las primeras crías de IA de toros criollos centroamericanos de Turrialba, Costa Rica, y se iniciaron cruzamientos con vacas J, CA y Suizo Pardo (SP), para comparar el comportamiento de los mestizos, a su vez que se desarrollaba una línea pura. El ganado estaba en pastoreo continuo, con suplementación con caña de azúcar en caso de requerirse durante la época de sequía (CAMPA, 1975). Para el siguiente año, se obtuvo 53% de gestaciones comprobadas a un servicio de IA de toros criollos en vacas de los diversos genotipos existentes (CAMPA, 1976).

Para 1977 se habían utilizado en México 17 toros originarios de Costa Rica y se inició por primera vez la selección de toros con base en su valor genético estimado (VGE) y su habilidad de transmisión estimada (HTE) a través de la producción de leche de sus progenitores maternos,

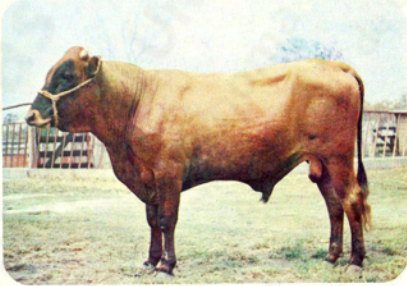
poniéndose a la venta pajillas de IA (Figura 1). La recomendación del uso de las pajillas fue para cruzamientos con vacas con exceso de encaste de razas lecheras de climas templados produciendo en climas cálidos tropicales; también se agregó un grupo de vaquillas mestizas LT x Holstein (H), obtenidas por IA en la región de La Laguna; de diez vaquillas originales, dos murieron durante la época de lluvias. Los primeros promedios de producción de leche por lactancia, a un ordeño por la mañana con el becerro al pie, alimentación a pastoreo sin ninguna suplementación de las LT, fueron de 1,274 y 1,328 kg en 1975 y 1976, seleccionando seis vacas como madres de sementales; de 30 vacas oaxaqueñas solamente dos produjeron más de 1,000 kg de leche por lactancia, por lo que se decidió eliminarlas para el siguiente año; los pesos vivos de los becerros a los seis meses de edad variaron de 103 a 128 kg para las LT puras y las oaxaqueñas, los becerros mestizos variaron de 120 a 124 kg de peso vivo (CAMPA, 1977).

Las vaquillas puras J y CA importadas años atrás de Canadá, sufrieron los efectos del clima cálido tropical, con un comportamiento productivo muy bajo y solamente llegaron al tercer parto 5/10 J y 11/19 CA, con intervalos interparto mayores de 530 d y producción total de leche por lactancia menor de 850 kg, mientras que las criollas fueron 7/8, 448 d y 910 kg (CAMPA, 1978). Un primer listado de nueve toros criollos con VGE positivos para producción de leche fue publicado (CAMPA, 1979), siendo el más desatacado con +329 el toro C-9 Me-tralla, nacido el 15 de abril de 1976.

Figura 1. Primeros toros con evaluación genética positiva para producción de leche y disponibilidad de pajillas para inseminación artificial.

TOROS C.A.M.P.A.

CO01, EL METRALLA DEL C.A.M.P.A.
CC C-9



CC C001 C-9 EL METRALLA
Nació en el "Apuro" 15 de Abril, 1976
INDICE DE SELECCION POR PEDIGRI, CAMPA 5/78

VGE = $1/2(+81) + 1/4(930) + 1/8(+450) = +329$ Kg
HTE = $1/2(+329) = +165$ Kg.
Confiabilidad: VGE = 60% HTE = 30%

ARGELIO 1094 VGE de Turrialba + 571 Kg.

GRANADA 8-1 Nacida en el Porvenir: Ver. Sep 1, 68. 2 LACT. Completas en el Apuro Equiv. Ad. 1549 Kg. a los 107 meses de edad.
- Un ordeño x día y criando becerro.


FIDEL 833 del IICA Turrialba.

CLAVEL 688 Vaca con el record mas alto en Turrialba Costa Rica 6 Loc. Compl. \bar{x} adulto 3403 Kg. (2X).

JARANO 220 Donado al AMPA por el IICA de Turrialba Costa Rica.

SANDIA 9-5 Importada por AMPA del hato de Dr. Joaquín Reyna Rivas, Nicaragua. Lactancia incompleta 1975, 188d, 975 Kg.

CO02, ARROGANTE DEL C.A.M.P.A.
CC B-47



CC C002 B-47 ARROGANTE
Nació en el "Apuro" 6 de Diciembre 1975
INDICE DE SELECCION POR PEDIGRI CAMPA 5/78

ELEGANTE 3-21 Nació en el Apuro Sep. 1º de 1973. Vendido al Ejido Pungarabao, Gro.

COQUETA 1-3 Nacida en el Barco Tamps: 22 de Feb. 1971 2 Lactancias Completas en el Apuro 1976 y 1977 Eq. Ad. 2537 Kg. a los 68 meses de edad. (1X).

NUBARRON 8-3 Nacida, julio 15. 68.

CHOCOMILK 5-1 Nacida en Río Florida S.L.P., octubre, 2 1965.

FIGURIN 306 Donado al AMPA por el IICA Turrialba Costa Rica.

CACAO 7-7 Nacida en Río Florida S.L.P., julio 28, 67 Lactancia incompleta $\bar{x} = 7.3$ en 85 días.

En la unidad demostrativa de producción de leche El Tamarindo, municipio de Altamirano, Guerrero, de clima cálido A_{w0} , de temperatura media de 28.0 °C (en mayo la temperatura máxima es de 40 °C y puede registrar valores superiores de 50 °C) y precipitación de 1010 mm (con 96.3% de lluvias de mayo a octubre y sequía severa en febrero y marzo), las mestizas LT x J y J puras en pastoreo de praderas irrigadas de gramíneas, leguminosas y sus mezclas, sostuvieron cargas animales de 3.5 ua ha⁻¹ año⁻¹ y lactancias de 1,500 y 1,400 kg (Torres-Barrientos, 1980). Se estimó la producción de leche de vacas LT y LT x J de 275 a 335 kg de peso pastoreando praderas de *Setaria anceps* cv kasungula fertilizada con nitrógeno vs., asociada con *Glycine wightii* cv tinaroo, *Clitoria ternatea*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides* durante las épocas de sequía (con riego) y lluvias; las producciones fueron 5.5 y 5.9 (p≤0.01), y 6.5 y 6.9 kg vaca⁻¹ d⁻¹ (p≤0.05) para tipo de pastoreo y época, respectivamente; la utilización de leguminosas permitió un ahorro de 51.8 y 65.3% de fertilización nitrogenada para sequía y lluvias (Pérez-Gutiérrez et al., 1981).

En el Cuadro 1 se presenta el comportamiento de supervivencia de hembras LT puras y encastadas de razas europeas desadaptadas; la mayor sobrevivencia hasta el primer parto fue de las LT puras (Acosta et al., 1980).

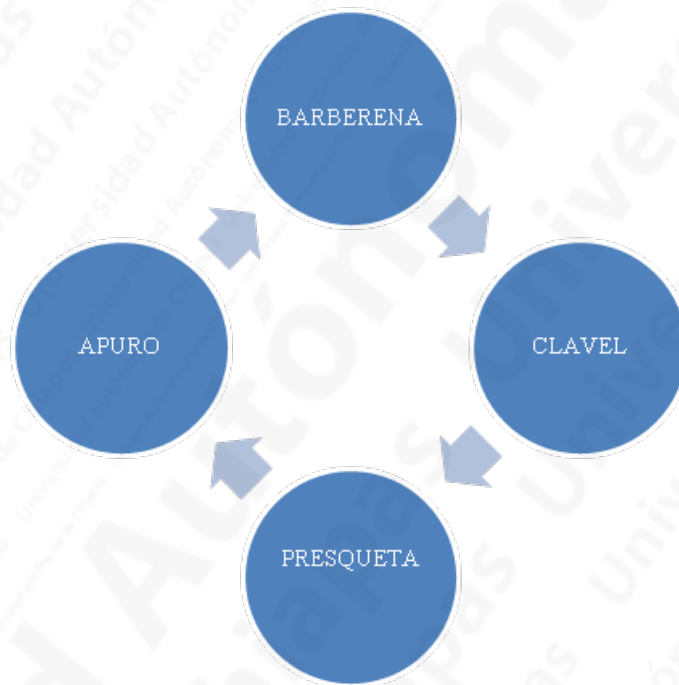
Cuadro 1. Supervivencia (%) hasta el primer parto por genotipo de hembras criollas y mestizas con europeas lecheras en Tamaulipas, México.

Genotipo	Destete	Primer celo	Primer parto	Esterilidad a la pubertad	Edad primer servicio (m)	Edad primer parto (m)
LT n=71	91	83	75	8.5	23.0	35.0
LT x J n=29	79	72	60	0.0	22.4	32.6
LT x SP n=29	79	69	62	25.0	23.6	33.8

LT = Lechero Tropical; J = Jersey; SP = Suizo Pardo.

Con el fin de evitar la consanguinidad, ya que está relacionada a pérdidas en vigor, fertilidad y sobrevivencia, características sobresalientes en el ganado LT, se propuso la formación de cuatro familias de vacas fundadoras con 18 a 27 vacas por familia (Figura 2): A –Apuro–, B –Barberena–, C –Clavel– y P –Presqueta–; en cada familia se seleccionaron toros, los cuales se aparearon con hembras de la siguiente familia según el siguiente esquema:

Figura 2. Esquema de apareamientos en cuatro familias del ganado Lechero Tropical (los machos se aparean con hembras de la siguiente familia).



Un tataranieta de un toro en A eventualmente servirá a medias hermanas de esa misma familia, pero la consanguinidad de ese cruzamiento será de solamente 0.015% (CAMPA, 1980).

Desde 1977 se había establecido colaboración con el McDonald College, de Quebec, Canadá, para el procesamiento de los datos productivos del hato del CAMPA. De los reportes de 1981, los intervalos de 44 – 54 vacas en ordeño fueron: intervalo entre partos 486 – 680, días

abiertos 195 – 256 y número de servicios por concepción 1.4 – 2.3. Se nota una gran variabilidad y amplias respuestas reproductivas, las cuales fueron atribuidas al ordeño con apoyo del becerro, que se alimentaba exclusivamente de la leche consumida durante las horas de la mañana después del ordeño, lo que ocasionó la aparición de anestros; el bajo número de servicios por concepción indica que la vaca es altamente fértil cuando está ciclando y que la técnica de inseminación se realizó adecuadamente (CAMPA, 1981).

En el centro demostrativo El Tamarindo de ciudad Altamirano, Guerrero, de 355 inseminaciones realizadas durante cuatro años a partir de 1976, el número de servicios por parto fue de 2.17 en vacas J y 1.47 en vacas F₁ LT x J ($p \leq 0.05$). No se encontró efecto de año, ni de estación de servicio, a pesar de la ocurrencia de temperaturas medias superiores de 33 °C durante la estación de sequía (Carmona *et al.*, 1982); se estimaron los pesos medios al nacimiento de 615 becerros, en partos ocurridos de 1975 a 1981, de 22.1, 22.9, 25.5 y 25.9 para J, LTxJ x SPxCebú, LT x LTxJ y SPxCebú x J (Ortega *et al.*, 1982). La eficiencia reproductiva de LT, LT x J, LT x SP, J y CA fue 55, 54, 60, 39 y 21%, que indica mayor fertilidad en la LT y los genotipos mestizos (Martínez *et al.*, 1982).

En el CAMPA, el comportamiento reproductivo de 44 a 64 vacas del hato LT fue de intervalo entre partos de 382 – 601 y días abiertos 100 – 319; separar al becerro durante 48 h en vacas con más de 100 d postparto sin entrar en celo, redujo ambas variables. La producción de leche y número de lactancias por genotipo de 1975 a 1980 fue LT 1154, 156; J 1381, 8; CA 1410, 29; LT x J 1244, 29; LT x SP 1148, 32 y LT x H 1115, 4. La mayor producción de leche se ha obtenido para vacas entre siete y ocho años de edad. En el Cuadro 2 se presenta el comportamiento productivo de vacas LT, J, F₁ LT x J.

Cuadro 2. Comportamiento productivo de vacas Lechero Tropical (LT), Jersey (J) y sus cruzas F1 LT x J, en tres localidades de México.

Característica	El Apuro		El Tamarindo			El Bule*	
	LT	J	F1	J	F1	J	F1
Edad al primer parto (d)	1071±175 (63)	795±92 (9)	1016±139 (18)	860±154 (102)	894±142 (48)	792±79 (25)	848±128 (19)
Primer servicio efectividad (%)	55 (233)	50 (26)	60 (32)	43 (528)	67 (189)	52 (338)	60 (50)
Intervalo entre partos (d)	471±112 (141)	484±118 (10)	446±103 (37)	434±117 (395)	386±72 (107)	404±85 (204)	-
Producción de leche (kg)	1154±328 (156)	1382±259 (8)	1244±328 (29)	1558±339 (432)	1506±357 (98)	1745±367 (90)	1373±405 (14)

* En Culiacán, Sinaloa, de clima árido en praderas artificiales de Bermuda Cruza I y Ballico.

La edad al primer parto fue más tardía en la LT, aunque la efectividad al primer servicio fue inferior en la J con superioridad de la F1, esta última con menor intervalo interparto. La producción de leche tendió a ser superior en la J. Es conveniente considerar características que combinan caracteres productivos y reproductivos, como la producción de leche por día de entre partos y la producción de por vida (CAMPA, 1982).

Se exportaron a Canadá 5,045 pajillas de IA de toros LT para iniciar un programa de producción de vaquillas F₁ LT x H, gestando al menos 3,000 hembras. Se llevaron pruebas sanitarias en Canadá en muestras de sangre de brucelosis, paratuberculosis, tricomoniasis, campilobacteriosis, leucosis bovina enzoótica, lengua azul, enfermedad hemorrágica epizoótica y estomatitis vesicular de 17 toros con VGE superiores de + 100 para producción de leche, de los cuales solamente cuatro pasaron todas las pruebas. En la lista publicada se incluyeron 12 toros LT y uno Romosinuano (CAMPA, 1982).

De 593 partos ocurridos de 1974 a 1982, se estimaron el peso al nacimiento y destete (286 d) de diferentes genotipos; la cruce LT x SP tuvo los mayores pesos de 35.6 y 178 kg y la J pura

los menores de 18.5 y 73 kg (Quesada y Ortega, 1983a; 1983b). En El Bule, Sinaloa, con registros productivos de 1977 a 1981 de vacas J (269) y LT x J (19), se estimó producción de leche a 305 d (kg) y días abiertos de 1764 ± 110 , 79.4 ± 7.6 vs 1543 ± 202 , 67.1 ± 14.0 (Torres-B. et al., 1983). No se encontró efecto en producción de leche a la suplementación de 1.8 kg de melaza $\text{cbz}^{-1} \text{d}^{-1}$ de 10 vacas LT y LT x J de 283 ± 24 kg de peso pastoreando rotacionalmente dos ha de leguminosas —*Leucaena leucocephala* var. Perú, *Centrosema pubescens* nativa y *Galactia striata* var. Palenque—, la producción de leche fue de 7.0 y 7.1 kg d^{-1} , sin y con suplementación; la *Leucaena* no causó ningún efecto tóxico en las vacas, ni cambios en el sabor y olor de la leche (Pérez y Zamora, 1983). La producción de leche por lactancia de todas las lactancias acumuladas por genotipo para LT, J, CA, Oaxaqueña, LT x J, LT x CA, LT x H y LT x SP fueron 1128 ± 323 , 1280 ± 278 , 1349 ± 309 , 814 ± 244 , 1318 ± 346 , 1532 ± 315 , 1279 ± 229 y 1137 ± 296 ; puede observarse una evidencia de heterosis para esta característica (CAMPA, 1983).

Una compilación de la mayoría de los experimentos realizados en El Apuro fue publicada por Ortega Rivas (1985), donde destaca resultados del comportamiento productivo y reproductivo de diversos genotipos mestizos de LT. Vale decir que en 1986 se subastaron por primera vez dos sementales LT y Romosinuano criados en el CAMPA.

También se realizó un estudio sobre curvas de crecimiento de 27 novillos de tres diferentes genotipos: de carne (Senepol, Brahman, Barzona, Romosinuano y Tarentaise), leche (LT y mestizos J y CA) y sus cruza, en pastoreo de *Digitaria decumbes* var. Transval, durante los meses de marzo a agosto; las ganancias de peso fueron 535, 474 y 467 g d^{-1} , respectivamente; el implante anabólico indujo un aumento medio de 16.6 kg ($p \leq 0.05$) durante el periodo experimental (Ortega-R. y Cortenbach, 1989).

El estudio más sobresaliente sobre parámetros genéticos de características de importancia económica de la raza LT y sus cruza con razas de origen templado, que utilizó un total de 1746 lactancias acumuladas por más de tres lustros en El Apuro, fue publicado por de Alba y Kennedy (1994); esta publicación puso a la raza LT de México en el contexto científico internacional. La tecnología de producción incluyó alimentación en potreros de gramíneas, ordeño a máquina una vez al día durante la mañana con presencia del becerro, el cual se alimentó con la leche residual,

pesada de la leche una vez separado el becerro de su madre por 24 h y servicio de IA. Las medias estimadas de las características estudiadas fueron: producción de leche a 305 días 1224 ± 320 (PL305, kg), lactancia 314 ± 64 (DL, d), servicios por concepción 1.26 ± 0.36 (SC), edad al primer parto 39.3 ± 5.8 (EP, m) y producción de leche de por vida 3466 ± 2533 (PLV, kg). Por máxima verosimilitud se estimaron índices de herencia h^2 de 0.17 ± 0.09 PL305, 0.0 DL y SC, 0.07 ± 0.08 , EP y 0.01 ± 0.12 PLV.

Las cruzas tuvieron un mejor comportamiento que las razas puras; la mayor PL305 fue para las F_1 , LT x CA y LT x H, sin embargo la PLV fue mayor en la F_1 LT x J. Todas las cruzas (excepto con Suizo Pardo) tuvieron menores SC y EP. Heterosis (%) en las cruzas LT x J y LT x CA fueron 11.6 PL305, 5.0 DL, 7.7 SC, 2.3 EP y 60.0 PLV. El h^2 de la PL305 permite asegurar una mejora genética de esta característica a través de la selección; a su vez, su nivel de heterosis sugiere utilizar el cruzamiento en ranchos lecheros tropicales comerciales. Vale decir que durante varios años se ha intentado establecer colaboración con productores comerciales de leche que utilizan ganado LT puro y cruzado; sin embargo, el éxito de esta colaboración ha sido limitado.

La investigación con datos de El Respiro

El primero de octubre de 1991, el hato LT fue trasladado al rancho de 100 ha denominado El Respiro en el km 63.5 de la carretera federal Poza Rica–Nautla, municipio de Tecolutla, en la región del Totonacapan del estado de Veracruz, $20^\circ 23' 58''$ N y $96^\circ 59' 54''$ O, 10 msnm, con clima $A_{m(e)}$ cálido húmedo, temperatura media de 25.2°C y precipitación del orden de 1600 mm, con presencia de nortes (García, 1988); El Respiro estaba mejor comunicado y contaba con mejores servicios que su predecesor.

En 1996 se inició la colaboración entre el Colegio de Postgraduados (CP) y la AMPA con el fin de fortalecer la investigación y vinculación sobre la raza LT, que dio como resultado una estancia académica en El Respiro y la obtención del grado de maestro en ciencias del segundo autor (Rosendo-Ponce, 1998). Por máxima verosimilitud y con un modelo animal, se estimaron parámetros y se realizó una evaluación genética de la población LT pura; se dispuso de 1220 lactancias de 1974 a 1997, provenientes de El Apuro y El Respiro y de cinco hatos cooperadores

(17.6%) del estado de Veracruz. Con registros de parentesco de 637 animales, 239 hembras con progenie, 66 toros y 330 vacas con registros de producción, se estimó 1111 ± 383 kg PL305, 318 ± 76 d DL, 1.57 ± 0.93 SC, 1207 ± 220 d EP, 451 ± 78 d intervalo interparto (II), 2.7 ± 0.95 kg d^{-1} producción de leche por interparto (PLI) y $70 \pm 46\%$ vacas con segundo parto (VSP).

Se estimaron h^2 de 0.17 ± 0.09 PL305, 0.063 ± 0.113 DL, 0.261 ± 0.151 EP, 0.01 ± 0.32 SP, 0.047 ± 0.089 II, 0.095 ± 0.107 PLI y 0.166 ± 0.180 VSP. Se confirmó que la PL305 es una característica útil en un programa de selección para la mejora genética del LT y la EP pudiera considerarse, aunque teniendo presente que su estimador tuvo un error estándar grande (Rosendo-Ponce y Becerril-Pérez, 2002). En un estudio posterior, aumentado el tamaño de la base de datos y realizando una edición más detallada, se estimaron medias y h^2 de 1174 ± 445 kg y 0.20 ± 0.07 PL305, 1222 ± 250 d y 0.32 ± 0.13 EP y se realizó la segunda evaluación genética solamente con animales puros LT (Rueda-Barrientos, 2003).

El comportamiento productivo de la raza LT se presenta en el Cuadro 3 (Rueda, 2003). Sobre todo, destacan los bajos servicios por concepción y la larga lactancia, ambas características problemáticas en otras razas utilizadas en climas cálidos tropicales. Sin embargo, el rendimiento lechero es competitivo en pureza para esas condiciones adversas, de un solo ordeño al día con presencia del becerro, alimentación prácticamente exclusiva con pastos y bajos insumos veterinarios. Es oportuno mejorar la precocidad al primer parto y el reinicio de la actividad reproductiva postparto.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de la raza Lechero Tropical de México.

Característica	N	n	Media	Desviación estándar
Producción total de leche por lactancia (kg)	386	1075	1280	445
Producción de leche corregida a 305 días (kg)	386	1075	1174	374
Duración de la lactancia (d)	388	896	319	68
Edad al primer parto (d)	388	388	1222	250
Servicios por concepción	399	1263	1.6	0.9
Intervalo entre partos (d)	242	619	455	79
Producción de leche interparto (kg d ⁻¹)	260	751	2.7	1.1
Vacas que alcanzaron el segundo parto (%)	394	394	73	44

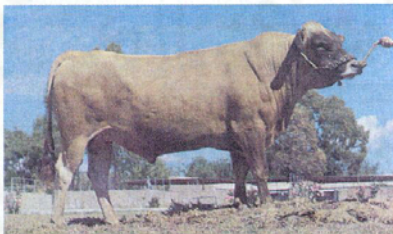
N = número de vacas; n = número de registros.

A inicios del presente siglo, a nivel nacional se comercializaron pajillas de sementales positivos LT para PL305 a través de la Comisión Nacional para el Mejoramiento Genético y Reproducción Animal (Figura 3; CONAMEGRA, 2001).

Figura 3. Toros con evaluación genética positiva para producción de leche, con disponibilidad de pajillas de inseminación artificial y distribución nacional.

RAZA: LECHERO TROPICAL


3-CL FIFI



Fifi (AMP U17)
Registro: HFLT343 **Peso:** 600 kg (06/97)
Fecha de Nacimiento: 04/04/93
Propietario: Marcela Mercado Pérez
Procedencia: México
Padre: Catrín AMPH4 **Madre:** AMPJ46.
Kappa Caseína: AB.

Es muy adaptable al trópico, longevo, muy fértil y con facilidad al parto. Es recomendable para hatos de doble propósito, con vacas comerciales para programas de hibridación. Además de ser alto productor de leche, ésta contiene Kapa Caseína tipo B, la que transmite más calidad en la leche para producción de quesos.

4-CL ESCONDIDO



Escondido (JAM W73)
Registro: HFLT187 **Peso:** 580 kg (04/99)
Fecha de Nacimiento: 24/09/94
Propietario: Jorge de ALba Martínez
Procedencia: México
Padre: Tesoro JAMR13 **Madre:** JAMS8
Kappa Caseína: BB

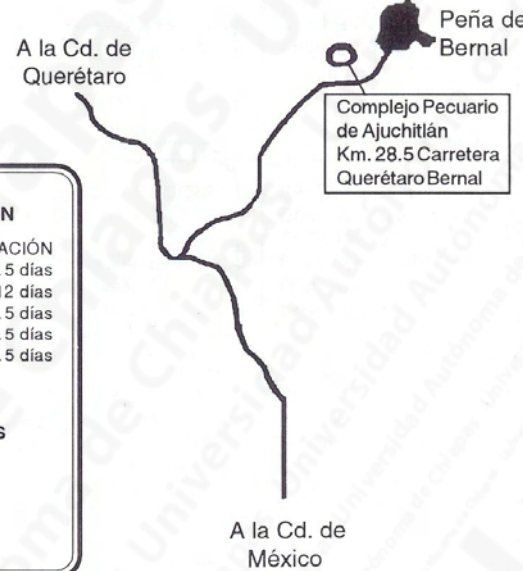
DURACIÓN DE LOS CURSOS DE CAPACITACIÓN

CURSO	DURACIÓN
Inseminación Artificial Básico	5 días
Inseminación Artificial Formación de Instructores	12 días
Reproducción Aplicada en Ganado Lechero	5 días
Evaluación de Semen y Sementales	5 días
Transferencia de Embriones	5 días

En todos los casos el precio incluye estancia y alimentación

PIDA INFORMES SOBRE COSTOS A LOS TELÉFONOS
 55-70-30-66, 55-70-80-09, 55-70-26-89 y 55-70-75-42
 de la Ciudad de México.

(01 42) 92-03-04; 92-00-92; 92-03-41
 de Ajuchitlán, Qro.



Peña de Bernal

Complejo Pecuario de Ajuchitlán
Km. 28.5 Carretera Querétaro Bernal

A la Cd. de Querétaro

A la Cd. de México

La investigación con datos de El Colegio de Postgraduados

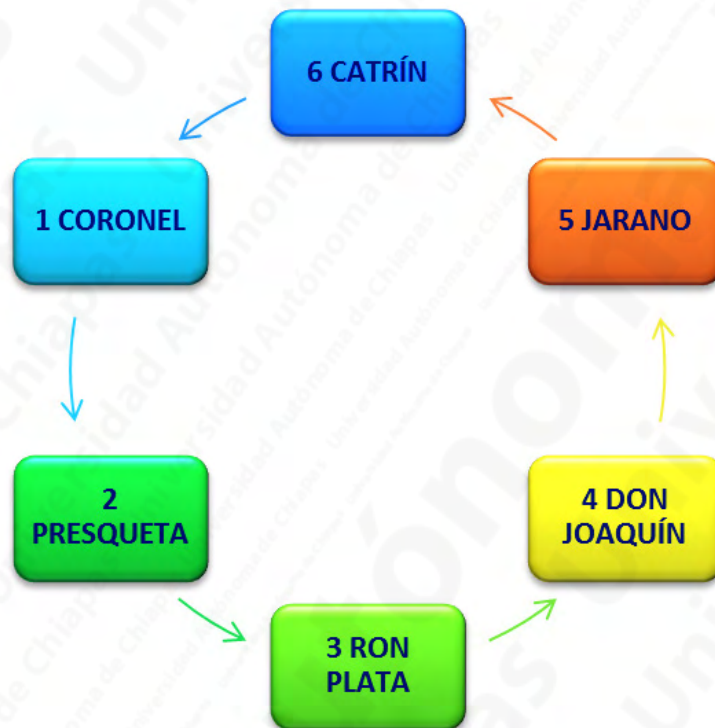
En marzo de 2000 el Colegio de Postgraduados (CP) adquirió 61 hembras y 5 machos LT, que llegaron al campus Veracruz del CP, en las cercanías del puerto de Veracruz, carretera federal Xalapa-Veracruz km 88.5, comunidad de Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, en la región de Sotavento; 19° 11' N y 96° 20' O, a 23 msnm, precipitación y temperatura medias anuales de 1,060 mm y 26.4 °C. En febrero de 2008 con el fin de hacer crecer el proyecto y salvarlo de su extinción debido a inestabilidades institucionales y asuntos gremio laborales, el núcleo LT fue ampliado al predio Huilango, carretera federal Córdoba-Veracruz km 87.0, comunidad La Capilla, municipio de Cotaxtla, Veracruz; 18° 53' N y 96° 15' O y 32 msnm, precipitación y temperatura medias anuales de 1,400 mm, distribuidas de junio a noviembre y 25.0 °C. El clima de ambas localidades es $A_{w(w)(i)g}$, cálido subhúmedo con lluvias en verano, con presencia de nortes (García, 1988). En 1998 se habían iniciado cruzamientos entre sementales LT, a través de la inseminación artificial, con vacas de diferentes grados de encaste de razas lecheras europeas y cebú, que se encontraban en el campus Veracruz.

Descripciones de la investigación realizada del LT en el CP han sido publicadas (Becerril-Pérez 2005; Becerril-Pérez et al., 2012; Rosendo-Ponce y Becerril-Pérez 2015). El núcleo genético (Vassallo et al., 1986) del CP está formado por cerca de 200 cabezas, el tamaño de la población LT pura y de animales con diferente grado de encaste del país es del orden de 1,000 cabezas (AMCROLET, 2012), que se encuentran ubicadas en la mayoría de los estados mexicanos tropicales con climas cálidos tanto de la vertiente del Golfo de México como del Océano Pacífico.

En el núcleo del CP la tecnología zootécnica incluye alimentación a base de pastoreo de gramináceas introducidas, principalmente pará (*Brachiaria mutica*) y pangola mejorado (*Digitaria decumbens*), con suplementación de ser necesaria durante la estación de sequía con caña de azúcar fresca integral picada, ensilado de maíz o pollinaza, con acceso libre a sal común todo el año. Las hembras se sirven con inseminación artificial todo el año, detectando estros con toro marcador; postparto las vacas se sirven a primer estro limpio detectado, los apareamientos se asignan según el esquema de seis familias del núcleo —desde 1992—, donde el semental se asigna a hembras de la siguiente

familia para continuar evitando apareamientos de individuos emparentados y los efectos adversos de la consanguinidad (Figura 4).

Figura 4. Esquema de apareamientos de seis familias del núcleo CP de la raza Lechero Tropical.



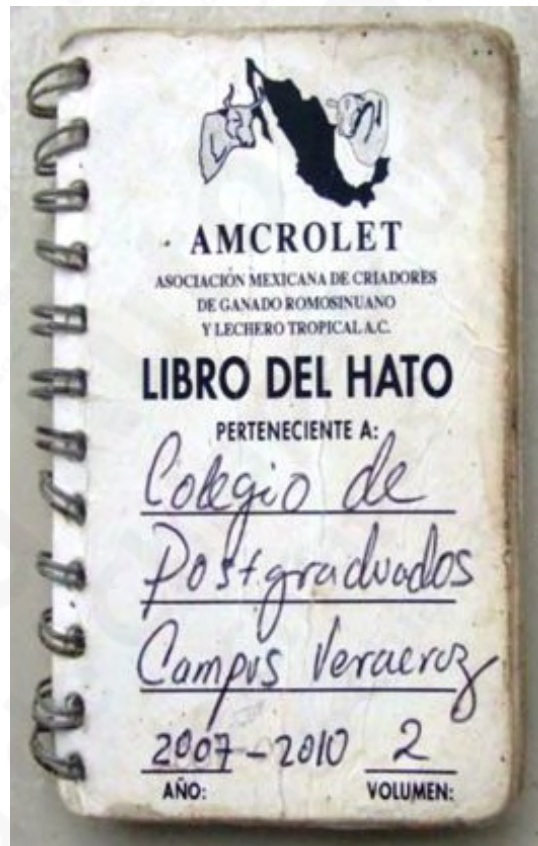
Se aplica vacuna de rabia parálitica bovina cuando se observan picaduras de vampiro, no se realizan desparasitaciones externas contra garrapata y mosca, ni internas contra vermes, para preservar la alta resistencia de la LT a estos parásitos. El núcleo está certificado libre de brucelosis y tuberculosis.

El ordeño es a mano una vez al día al amanecer, con la presencia del becerro, los cuales se alimentan con la leche residual de 30 minutos y se destetan al terminar la lactancia; antes de 15 días de edad se tatúan en las orejas y descuernan, se hierran en el costillar izquierdo enseguida

del destete. La leche se pesa en una cubeta con báscula de reloj cada cuatro semanas, separando al becerro de su madre el día anterior por 24 h.

Se selecciona para mayor rendimiento lechero utilizando evaluaciones genéticas con BLUP Modelo Animal, identificando a las mejores madres de toros y se estiman parámetros genéticos por máxima verosimilitud restringida; cada vaca cuenta con un registro de (re)producción individual en una tarjeta. Todos los eventos reproductivos se registran en el libro del hato (Figura 5), herramienta clave para el seguimiento y control del núcleo para el técnico responsable. Se eliminan vacas por problemas reproductivos, mastitis, ubres defectuosas y baja producción de leche.

Figura 5. Libro del Hato, herramienta fundamental para el seguimiento y gestión ganadera del núcleo Lechero Tropical.



Realizada la tercera y más precisa evaluación genética con ganado puro LT (Figura 6), en la cual se detectaron 10 toros con valores genéticos positivos para PL305, se selecciona para esta característica y se ha obtenido una respuesta anual a la selección de 11.04 ± 0.71 kg año⁻¹ que corresponde a 0.94 % de la media fenotípica, satisfactoria para una población seleccionada por la vía de madres de toros. El h^2 para PL305 fue 0.24 que varió a través de la lactancia de 0.18 a 0.30. Se observó y estimó por regresión aleatoria que la máxima producción de leche ocurrió al inicio de la lactancia, con descenso lineal monótono, diferente a las curvas de lactancia en climas templados (Santellano-Estrada *et al.*, 2008; 2011).

Figura 6. Toro Lechero Tropical CPJ7 Jibarito NLT684 positivo para producción de leche + 214 y número uno en la evaluación 2009.



Los porcentajes de grasa, proteína, caseína, sólidos totales y rendimiento de queso fresco de la leche de vacas LT fueron 3.9 ± 0.2 , 3.9 ± 0.2 , 3.2 ± 0.2 , 12.7 ± 0.3 y 17.0 ± 0.9 (Guerrero-Hernández, 2002). Esta leche es útil para la producción de queso fresco y se requieren 5.9 kg de leche por cada 1.0 kg de queso fresco. La consistencia, color y textura del yogurt elaborado con leche de vacas LT fue firme 81.7, blanco 78.3 y cremosa 88.3%, todas favorables a una alta calidad de yogurt y gusto del consumidor (Estrella-García, 2002).

Las frecuencias observadas por electroforesis capilar de las variantes genéticas de la β -lactoglobulina (β -LG) fueron por genotipo AA 0.14, AB 0.33 y BB 0.53 y por alelo A 0.35 y B 0.65; la variante B está asociada a mayor rendimiento quesero (Meza-Nieto *et al.*, 2010). La leche de vacas de genotipo BB tuvo 4.4 ± 0.2 , 4.6 ± 0.2 y $13.9 \pm 0.3\%$ de grasa, proteína y sólidos totales, superiores a los genotipos AA 3.2 ± 0.2 , 3.9 ± 0.2 , 12.8 ± 0.3 y AB 3.4 ± 0.2 , 3.6 ± 0.2 y 12.3 ± 0.3 (Meza-Nieto *et al.*, 2012).

Las frecuencias obtenidas por fragmentos de ADN amplificados por PCR de las variantes genéticas de la κ -caseína fueron por genotipo AA 0.09, AB 0.60 y BB 0.31 y por alelo A 0.39 y B 0.61; también favorables a la variante B, relacionada con mejores propiedades queseras de la leche. No se encontraron diferencias por genotipo de la κ -caseína en la composición química de la leche (Álvarez-Cepeda *et al.*, 2014).

Las frecuencias obtenidas por fragmentos de ADN amplificados por PCR de las variantes genéticas de la β -caseína fueron por genotipo A1A1 0.09, A1A2 0.78 y A2A2 0.13 y por alelo A1 0.48 y A2 0.52. La variante A2 está asociada a leche más saludable al consumidor y a una mayor producción por vaca (Duifhuis-Rivera *et al.*, 2015).

Se presenta la producción y composición de la leche (Cuadro 4) durante los primeros 120 d de lactancia de vacas ordeñadas dos veces al día con becerro al pie, de primer parto LT y mestizas F1 LT x CC (cebú encastado de europeo) suplementadas 0 kg (PA), 1 kg por 2.5 kg (SA) y 1 kg por 5 kg (SB) de leche corregida a 4% de grasa, con concentrado de 20% de compuestos nitrogenados totales y 50% de proteína degradable en rumen, pastoreando durante la época de sequía para *Brachiaria mutica* en una carga animal de 2 cbz ha⁻¹. La composición química de la leche fue mejor en las LT, pero tuvieron un menor rendimiento que las mestizas; en la producción

total de proteína y grasa no hubo diferencias entre genotipos. Para los tres niveles de suplementación la producción de leche total fue 7.35 ± 0.14 , 8.75 ± 0.15 y 8.61 ± 0.12 kg d⁻¹ con diferencias ($p \leq 0.05$) entre PA, y SA y SB; sin diferencias ($p > 0.05$) entre las suplementadas.

Cuadro 4. Producción y composición química de la leche de vacas Lechero Tropical (LT) y FI LT x Cebú Europeo.

Característica	Genotipo	
	LT	FI
Grasa (%)	$4.29^a \pm 0.07$	$3.85^b \pm 0.07$
Proteína (%)	$3.65^a \pm 0.03$	$3.19^b \pm 0.03$
Sólidos totales (%)	$13.26^a \pm 0.08$	$12.35^b \pm 0.08$
Células somáticas (log)	$4.51^a \pm 0.13$	$3.96^b \pm 0.13$
Leche total (kg d ⁻¹)	$7.74^a \pm 0.17$	$8.73^b \pm 0.17$
Grasa total (kg d ⁻¹)	$0.326^a \pm 0.009$	$0.341^a \pm 0.009$
Proteína total (kg d ⁻¹)	$0.280^a \pm 0.007$	$0.281^a \pm 0.006$

a, b: Medias con letras distintas en la misma hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

La suplementación favoreció la producción total de leche, grasa y proteína (Domínguez-Pérez et al., 2011). La suplementación baja con concentrado de 20% también aumentó la producción de leche en toda la lactancia a 6.18 ± 0.20 vs 4.76 ± 0.21 kg d⁻¹ en vacas sin suplementación ($p \leq 0.001$), aunque no hubo diferencias ($p > 0.05$) en la composición química de la leche (Ríos-Ortiz et al., 2014).

Las garrapatas producen pérdidas económicas al ganadero ya que transmiten enfermedades, causan estrés y muerte al ganado poco resistente. La raza LT es resistente a las garrapatas *Amblyomma cajennense* y *Boophilus microplus*, con una media de infestación de solamente 14.5 ± 1.15 y una distribución con asimetría positiva, con solamente 7% de los bovinos con más de 21 garrapatas y 33% con menos de 10, que no afecta el comportamiento productivo (González-Cerón

et al., 2009a). Las vacas lactantes fueron las más susceptibles a la infestación por garrapatas y los menos las vaquillas y toretes, las mayores infestaciones se relacionaron con precipitaciones altas ($R = 0.83$; $p \leq 0.01$) y descensos de temperatura, en los meses de agosto y octubre (González-Cerón et al., 2009b)

Características del semen de siete toros jóvenes LT fueron estudiados en dos épocas, fresca (enero, $21.9\text{ }^{\circ}\text{C}$) y calurosa (mayo, $27.3\text{ }^{\circ}\text{C}$), con 70 eyaculados obtenidos con vagina artificial. Las épocas no afectaron el volumen de eyaculado y espermatozoides vivos, con media y porcentaje general superiores de 4.0 mL y 80.0% ; en la época calurosa la concentración espermática I, $196.6 \pm 77.8 \times 10^6\text{ mL}^{-1}$ ($p \leq 0.01$), la movilidad individual $75.7 \pm 5.4\%$ ($p \leq 0.07$) y los espermatozoides normales $80.8 \pm 1.5\%$ ($p \leq 0.01$) fueron mayores que en la época fresca. Los sementales jóvenes fueron aptos para utilizarlos en IA y monta natural (Villatoro-Salinas et al., 2013)

Con el objetivo de determinar la mejor dosis de Hormona Folículo Estimulante (FSH, Follitropin-V) en el comportamiento super ovulatorio de 25 hembras LT (47.0 ± 4.0 meses y 423.9 ± 12.0 kg), se aplicaron dosis de 260 (FS1) y 210 mg (FS2) de FSH. La edad y peso influyeron en el número de cuerpos lúteos. El peso influyó en ovocitos no fertilizados, embriones degenerados y total de estructuras recolectadas.

Sólo en ovocitos no fertilizados se encontró diferencia estadística ($p \leq 0.004$) entre tratamientos, pero no en cuerpos lúteos, embriones degenerados, blastocisto, embriones calidad I, embriones transferibles y total de estructuras recolectadas ($p > 0.05$). Las dosis de 260 y 210 mg de FSH indujeron resultados similares en el número de embriones transferibles (2.7 ± 0.6 vs 3.5 ± 0.7) y calidad I (2.5 ± 0.6 vs 3.4 ± 0.7), por lo que la dosis de 210 mg de FSH sería la más recomendable (Rosales-Martínez et al., 2013; 2015).

Resultados preliminares en condiciones de campo de la transferencia de 20 embriones, se realizaron comparando dos métodos de congelación, curva lenta y vitrificación y dos genotipos de receptoras, LT puras y mestizas (Suizo Pardo x Cebú). No se observaron diferencias entre métodos y entre genotipos de las receptoras en el porcentaje de gestación, los cuales fueron 11.1 y 27.3 % para curva lenta o vitrificación (Naranjo-Chacón et al., 2014; 2015).

Con el fin de continuar disponiendo de los mejores sementales (y pajillas de IA) positivos para PL305 se realizó la cuarta evaluación genética (Becerril-Pérez y Rosendo Ponce, 2009) de la cual se publicó un pequeño catálogo, que ha sido útil a criadores y ganaderos para planear los apareamientos más convenientes en sus ranchos (Figura 7).

Se están realizando estudios para determinar el comportamiento de toretes mestizos LT X Tarentaise en engorda intensiva a corral (Figura 8) y se estudia la variabilidad genética de la población LT con información genealógica, entre otras investigaciones tendientes a un mayor conocimiento de la raza LT.

Figura 7. Catálogo de sementales elaborado por el Colegio de Postgraduados para la asociación de criadores de la raza Lechero Tropical y ganaderos comerciales.



Figura 8. Toretas Tarentaise x Lechero Tropical en engorda intensiva a corral.



Implicaciones

Como se ha descrito, la investigación realizada con la raza Lechero Tropical ha intentado cubrir las disciplinas más relevantes de la producción animal. El proceso de consolidación de la raza como un recurso genético importante para la ganadería de regiones tropicales cálidas, ha sido acompañado de la participación de diferentes actores e instituciones que buscan el desarrollo de capacidades en concordancia con nuestras necesidades de conocimientos y tecnologías, propias para las condiciones ambientales y socioeconómicas imperantes en nuestro medio.

Se continuará con la mejora genética, tecnológica y expansión de la población LT, buscando la participación protagonista de criadores y ganaderos, el desarrollo de empresas que contribuyan a incrementar la productividad de la raza y su papel en la ganadería comercial y la contribución de instituciones que apoyen la investigación y el conocimiento científico de esta valiosa raza bovina (Contexto Ganadero, 2015).

Referencias bibliográficas

- Acosta C., Ortega E., y de Alba J. (1980). Supervivencia del nacimiento al primer parto en ganado Lechero Tropical. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 12:51.
- Álvarez-Cepeda A., Rosendo-Ponce A., Alonso-Morales R.A., Gayosso-Vázquez A., Torres-Hernández G., and Becerril-Pérez C.M. (2014). K-casein genotypic and allelic frequencies in the Tropical Milking Criollo cattle. *Proc. 10th World Cong. Gen. App. Liv. Prod.* Vancouver, Canada.
- AMCROLET. (2012). *Libro de registro raza Criollo Lechero Tropical*. Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical, A. C. Veracruz, México. 129 pp.
- Becerril-Pérez C.M. (2005). El ganado Criollo Lechero Tropical en el Colegio de Postgraduados. *Mem. Congreso Internacional en Ciencias Veterinarias*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tecamachalco, Puebla. pp. 196-2001.
- Becerril-Pérez C.M. y Rosendo-Ponce A. (2009). *Criollo Lechero Tropical. El Progreso Genético*. Colegio de Postgraduados. Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical A.C. Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios A.C. 16 pp.
- Becerril-Pérez C.M., Rosendo-Ponce A., Santellano-Estrada E., González-Cerón F., y Meza-Nieto M. (2012). Avances en el conocimiento del ganado Criollo Lechero Tropical en México. *Mem. III Foro Internacional de Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria*. Colegio de Postgraduados. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. Páginas sin número.
- Carmona S., Ortega E., y de Alba J. (1982). Efectividad de servicios de vacas Jersey y F1 Jersey x Lechero Centroamericano en Tierra Caliente de Guerrero. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 14:30-31.
- Contexto Ganadero. (2015). Este viernes darán a conocer avances genéticos en ganado criollo. <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/este-viernes-daran-conocer-avances-geneticos-en-ganado-criollo>.
- CAMPA. (1975). Informe anual 1974. 6. Producción de leche en el trópico mexicano con ganado adaptado. *Rev. Mex. Prod. An.* 7:56-57.
- CAMPA. (1976). Informe anual 1975. 6.1 Producción de leche en el trópico mexicano con ganado adaptado. *Rev. Mex. Prod. An.* 8:48-49.
- CAMPA. (1977). Informe anual 1976. 6.1 Producción de leche en el trópico mexicano con ganado adaptado. *Rev. Mex. Prod. An.* 9:54-55.

- CAMPA. (1978). Informe anual 1977. 6.1 Producción de leche en el trópico mexicano con ganado adaptado. *Rev. Mex. Prod. An.* 10:46-48.
- CAMPA. (1979). Informe anual 1979. 5. Producción de leche en el trópico mexicano con ganado adaptado. *Rev. Mex. Prod. An.* 11:57.
- CAMPA. (1980). Informe anual 1980. Planes para evitar el exceso de consanguinidad. *Rev. Mex. Prod. An.* 12:136.
- CAMPA. (1981). Informe anual 1981. Investigaciones sobre ganado lechero. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 13:58-59.
- CAMPA. (1982). Informe anual 1982. Investigaciones sobre ganado lechero. Producción de germoplasma. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 14:80-85.
- CAMPA. (1983). Informe anual 1983. Investigaciones sobre ganado lechero. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 15:114-118.
- CONAMEGRA. (2001). *Catálogo de sementales 2000 – 2001*. Comisión Nacional para el Mejoramiento Genético y la Reproducción Animal A. C. p 42.
- de Alba J. (2011). *El libro de los bovinos criollos de América*. Biblioteca Básica de Agricultura. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 444 pp.
- de Alba J., and Kennendy B.W. (1994). Genetic parameters of purebred and crossbred Milking Criollos in tropical Mexico. *Anim. Prod.* 58:159-165.
- Domínguez-Pérez A., Becerril-Pérez C.M., Rosendo-Ponce A., Narciso-Gaytán C. (2011). Suplementación de vacas Criollo Lechero Tropical. *Mem. XXXIX Reunión Asoc. Mex. Prod. Anim.* Chapingo, México.
- Duifhuis-Rivera T., Ayala-Valdovinos M.A., Alonso-Morales R.A., Gayosso- Vázquez A., Rosendo-Ponce A., Becerril-Pérez C.M. (2015). Frecuencias genotípicas y alélicas de la β -caseína y su relación con la producción de leche del bovino Criollo Lechero Tropical de México. *Actas. XI Congreso Federación Iberoamericana de Razas Criollas*. Zaragoza, España. pp. 89-91.
- Estrella-García A.G. (2002). Características fisicoquímicas del yogurt durante la lactancia de vacas de la raza Criollo Lechero Tropical (CLT). *Tesis de Licenciatura*. Universidad Veracruzana. 42 pp.
- García E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 191 pp.
- Guerrero-Hernández L.J. (2002). Composición láctea y rendimiento quesero de vacas de la raza Criollo Lechero Tropical (CLT). *Tesis de Licenciatura*. Universidad Veracruzana. 49 pp.

- González-Cerón F, Becerril-Pérez C.M., Torres-Hernández G., Díaz-Rivera P. (2009a). Garrapatas que infestan regiones corporales del bovino Criollo Lechero Tropical en Veracruz, México. *Agrociencia* 43:11-19.
- González-Cerón F, Becerril-Pérez C.M., Torres-Hernández G., Díaz-Rivera P, Santellano-Estrada E., y Rosendo-Ponce A. (2009b). Infestación natural por *Amblyomma cajennense* y *Boophilus microplus* en bovinos Criollo Lechero Tropical durante la época de lluvias. *Agrociencia* 43:577-584.
- Martínez J.C., Ortega E., y de Alba J. (1982). Eficiencia reproductiva de ganado lechero en el Trópico. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 14:31.
- Meza-Nieto M.A., González-Córdova A.F, Becerril-Pérez C.M., Ruíz-López F.J., Díaz-Rivera P, y Vallejo-Córdova B. (2010). Polimorfismo genético de la β -lactoglobulina en la leche de vacas Holstein y Criollo Lechero Tropical. *Agrociencia* 44:531-539.
- Meza-Nieto M.A., González-Córdova A.F, Becerril-Pérez C.M., Rosendo-Ponce A., Díaz-Rivera P, Ruíz-López F.J., y Vallejo-Córdova B. (2012). Relación de las variantes A y B de la β -lactoglobulina con la producción y composición de la leche de vacas Holstein y Criollo Lechero Tropical. *Agrociencia* 46:15-22.
- Naranjo-Chacón F, Rosendo-Ponce A., Canseco-Sedano R., Soto-Estrada A., y Becerril-Pérez C.M. (2014). Transferencia de embriones del ganado Criollo Lechero Tropical. *Mem. XLII Reunión Asoc. Mex. Prod. Anim.* Mérida, Yucatán.
- Naranjo-Chacón F, Becerril-Pérez C.M, Canseco-Sedano R., Zárate-Guevara O.E., Soto-Estrada A., Rosales Martínez F, y Rosendo-Ponce A. (2015). Transferencia de embriones del ganado Criollo Lechero Tropical. *Eco. Rec. Agrop. Enviado.*
- Ortega E., de Alba J., y Barrón F. (1982). Peso al nacer de becerros en clima caliente de Guerrero. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 14:35.
- Ortega Rivas E. (1985). Resultados experimentales del Centro de Adiestramiento y Mejoramiento de la Producción Animal de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 17(Suplemento):13-32.
- Ortega-R E., y Cortenbach J. (1989). Curvas de crecimiento de ganado en el trópico. *Mem. XXII Reunión Anual AMPA.* Montecillo, México. p 87.
- Pérez-Gutiérrez J.Z., de Alba J., y Tránquilino-P M. (1981). *Setaria* versus *Setaria* asociada con leguminosas para producción de leche. *Mem. Reunión ALPA.* 16:110.
- Pérez J., y Zamora G. (1983). Suplementación de vacas lecheras en pastoreo de *Leucaena*-leguminosas rastreras. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 15:39.

- Quesada J.J. y Ortega Rivas E. (1983a). Crecimiento de razas lecheras en el trópico seco I. Peso al nacer. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 15:95.
- Quesada J.J. y Ortega Rivas E. (1983b). Crecimiento de razas lecheras en el trópico seco II. Peso al destete. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 15:96.
- Ríos-Ortiz Á., Rosendo-Ponce A., Rodríguez-Olivares D., y Becerril-Pérez C.M. (2014). Producción y composición química de la leche de vacas Criollo Lechero Tropical en pastoreo suplementadas con concentrado. *Mem. XLII Reunión Asoc. Mex. Prod. Anim.* Mérida, Yucatán.
- Rosales-Martínez F., Rosendo-Ponce A., Canseco-Sedano R., Cortéz-Romero C., Torres-Hernández G., Becerril-Pérez C.M. (2013). Superovulación en ganado Criollo Lechero Tropical. *Mem. XLI Reunión Asoc. Mex. Prod. Anim.* Villahermosa, Tabasco.
- Rosales-Martínez F., Rosendo-Ponce A., Canseco-Sedano R., Cortéz-Romero C., Torres-Hernández G., Villatoro-Salinas R.J., Ríos-Ortiz Á., Naranjo-Chacón F., y Becerril-Pérez C.M. (2015). Superovulation of Tropical Milking Criollo females. *Rev. Col. Cien. Pec. Enviado.*
- Rosendo-Ponce A. (1998). Evaluación genética de una población de ganado Criollo Lechero en el Trópico Mexicano. *Tesis de Maestría en Ciencias.* Colegio de Postgraduados. México. 81 pp.
- Rosendo-Ponce A., y Becerril-Pérez C.M. (2002). Productive performance and genetic parameters in the Tropical Milking Criollo cattle in Mexico. *Proc. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.* Montpellier, France. Communication 25-25.
- Rosendo-Ponce A., y Becerril-Pérez C.M. (2015). Avance en el conocimiento del bovino Criollo Lechero Tropical de México. *Eco. Rec. Agrop.* 2(5):233-243.
- Rueda-Barrientos J.Á. (2003). Estimación de parámetros y evaluación genética del ganado Criollo Lechero Tropical. *Tesis de Maestría en Ciencias.* Colegio de Postgraduados. México. 48 pp.
- Santellano-Estrada E., Becerril-Pérez C.M., de Alba J., Chang Y.M., Gianola D., Torres-Hernández G., and Ramírez-Valverde R. (2008). Inferring genetic parameters of lactation in Tropical Milking Criollo cattle with random regression test-day models. *J. Dairy Sci.* 91:4393-4400.
- Santellano-Estrada E., Becerril-Pérez C.M., Chang Y.M., Gianola D., Torres-Hernández G., Ramírez-Valverde R., Domínguez-Viveros J., y Rosendo-Ponce A. (2011). Caracterización de la lactancia y evaluación genética del ganado Criollo Lechero Tropical utilizando un modelo de regresión aleatoria. *Agrociencia* 45:165-175.

Torres-Barrientos I. (1980). Producción de leche en praderas tropicales. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 12:47.

Torres-B I., Cárcamo-V Á., Serrano-J M.C. y Tewolde A. (1983). Comportamiento productivo y reproductivo de los grupos genéticos Jersey y Criollo x Jersey bajo condiciones de pastoreo. *Rev. Mex. Prod. Anim.* 15:102.

Vassallo J.M., Díaz C., y García-Medina J.R. (1986). A note on the population structure of the Avileña breed of cattle in Spain. *Livest. Prod. Sci.* 15:285–288.

Villatoro-Salinas R.J., Rosendo-Ponce A., Canseco-Sedano R., Cortez-Romero C., Torres-Hernández G., y Becerril-Pérez C.M. (2013). Características seminales de toros Criollo Lechero Tropical. *Mem. XLI Reunión Asoc. Mex. Prod. Anim.* Villahermosa, Tabasco.

UNACH

VII.

LOS BOVINOS CRIOLLOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

UNACH

LOS BOVINOS CRIOLLOS EN EL GOLFO DE MÉXICO

**Antonio Hernández Beltrán*, Patricia Cervantes Acosta, Federico Gómez-Boucrin,
Belisario Domínguez Mancera y Manuel Barrientos Morales**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Veracruzana,
Región Veracruz, México *anhernandez@uv.mx

Introducción

La ganadería bovina mexicana inició en las regiones costeras del Golfo de México donde, hasta la fecha, ocupa grandes extensiones de su territorio, lo que la ha convertido en una de las principales actividades rurales de la Costa Este mexicana, con un vigoroso impacto sobre la economía y el ambiente. Tales circunstancias han influido significativamente en los modos de vida de muchos de los habitantes de la mencionada región, en virtud de su gran influencia en las manifestaciones y prácticas culturales.

Numerosas evidencias permiten construir una sólida descripción de la trayectoria efectuada por la ganadería de la región del Golfo de México. Dicho recorrido inicia con el desembarco de los primeros bovinos en las costas del estado de Veracruz, y pasa por su rápida y compleja adaptación a las características ecológicas de la región en el marco del complicado entorno histórico del pasado colonial, en el que alcanzó una gran importancia política y social. Debe mencionarse,

además, su capacidad de adaptación a los intensos fenómenos sociales y económicos que distinguieron al México independiente y de la revolución, así como su integración a la actual actividad pecuaria nacional.

Invariablemente, dichas jornadas históricas son acompañadas por la presencia preponderante de las razas bovinas criollas en el Golfo de México, desde la Colonia, hasta los inicios de la década de 1960, cuando empiezan a perderla como consecuencia de la introducción de otras razas.

Una búsqueda reciente de individuos con atributos morfológicos *Bos taurus* en las regiones de la costa ganadera del centro de Veracruz, en el Golfo de México, está permitiendo constatar su supervivencia. La pesquisa comprendió ejemplares no conformados como razas europeas introducidas a la región (tales como el Suizo y el Holandés y sus cruzas), hasta aquellos que se alejaron de los rasgos morfológicos distintivos del Cebú y sus cruzas, con una apariencia similar a las razas Criollas, sin pertenecer al grupo ampliamente reconocido como Criollo Lechero Tropical u otros grupos raciales registrados como razas Criollas Latinoamericanas.

En el presente trabajo se revisa esta trayectoria, se muestra lo logrado en su búsqueda y se analiza la importancia de realizar esfuerzos orientados a su conservación en el entorno ambiental y cultural que le dio cabida y propició su expansión en México.

La ganadería Criolla de la Costa del Golfo en Veracruz

El Golfo de México, formado por aguas del Océano Atlántico, está limitado por las costas de México y Estados Unidos. Le cierra la entrada, por el oriente, la isla de Cuba, formando dos canales: el de Yucatán, al sur entre la península de este nombre y la mayor de las Antillas y el estrecho de la Florida al norte. El litoral mexicano sobre el Golfo principia en la desembocadura del Río Bravo, el límite con Estados Unidos, termina en el cabo Catoche, en el noreste del procurrente yucateco y tiene una longitud aproximada de 2,100 kilómetros (Muñoz, 1978).

La mayor parte de los terrenos llanos de la región costera del Golfo en el estado de Veracruz, presenta algunos declives hacia la costa o pequeños y continuos lomeríos que forman valles y cuencas que protegen los suelos. Estos suelos, que se han distinguido en términos generales, tanto por su variedad como por muchas de sus calidades, son particularmente fértiles, gracias,

además, a los regímenes de lluvias. El territorio veracruzano es húmedo casi en su totalidad; ello se debe a las muy frecuentes entradas de corrientes del Golfo, que se enfrentan a los macizos montañosos produciendo excelentes condiciones para la agricultura (Álvarez, 1994).

De acuerdo con el Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe (Gardi *et al.*, 2014), el área se encuentra al sur del trópico de Cáncer. En general las variaciones estacionales de la temperatura en los trópicos son pequeñas (unos 5 °C); no obstante, la altitud es un importante factor que influye en la temperatura, por debajo de los 1,000 msnm las temperaturas son altas (promedios diarios de 25 °C en la costa del Golfo). Los huracanes afectan a ambas costas de México, Pacífico y Golfo, en forma de fuertes vientos e intensas lluvias de junio a noviembre. En la costa del Golfo de Tabasco, la proximidad a la superficie de las aguas subterráneas sobre sedimentos aluviales da lugar a grandes extensiones de Gleysols, que permanecen encharcados durante largos periodos (dando lugar a pantanos, por ejemplo). En la costa son patentes las condiciones salinas. Las condiciones tropicales y la vegetación exuberante dan lugar al predominio de suelos más profundos, con contenido en arcilla y óxidos de hierro (Luvisols, Acrisoles, Plintosoles).

La presencia de bovinos en la región ha sido descrita en diversas investigaciones. Todas ellas coinciden en, al menos, los siguientes aspectos: su llegada a costas veracruzanas, su expansión en el resto del país y el sur de los Estados Unidos, las causas que propiciaron dicha distribución y las que la limitaron, la manera en que ha subsistido, así como su influencia en la construcción de una cultura ganadera regional y en la transformación del paisaje.

De acuerdo con Alcántara (2004), “la presencia de la actividad ganadera entre los habitantes de la Costa del Golfo como detonadora de procesos socioculturales inició desde las primeras décadas de la etapa virreinal”; para Del Ángel (1994), existe una relación directa entre el área circunvecina de Veracruz con las condiciones naturales del sitio, donde se localiza “un complejo hidrológico compuesto por una red de corrientes de agua fijas y estacionales, así como por tierras ‘bajas’ sujetas a inundaciones periódicas...”. Lo anterior posibilita que en el siglo XXI se distinga en el paisaje de la llanura costera del Golfo veracruzano la huella de barcos cargados de europeos, esclavos africanos y ganado, que propiciaron el desarrollo de la ganadería. Dicha traza mantiene aún su presencia por medio de diversas manifestaciones culturales regionales que se han generado

a lo largo quinientos años, a partir de la llegada de los primeros rumiantes durante el siglo XVI (Barrera-Bassols, 2015).

Se sabe que los primeros ejemplares provenían de las cuatro islas de las Antillas, a donde había llegado ganado entre 1493 y 1512. Poseen, por su origen, una mayor importancia las razas Ibéricas, como el ganado marismeño del Delta del Guadalquivir. Cabe mencionar como ejemplo que, por esa época, en Jamaica el 35% del ganado era originario de las Marismas de Sevilla y Huelva, con una importante presencia de reses extremeñas. Se ha reportado que, además de las razas Ibéricas, el ganado Criollo o rústico descendía de una mezcla de éstas con razas africanas provenientes de los puertos de Andalucía y las Islas Canarias (Guevara y Lira-Noriega, 2004).

Para Florio (2008), las razas Ibéricas que llegaron a América durante la conquista española y en la época colonial corresponden a los grupos raciales de bovinos reconocidos como razas: Retinta y Rubia de Andalucía, Andaluza Negra, Pirenaica, Tudanca, Cárdena, Andaluza, Rubia Gallega y Berrenda. A su llegada a México, estas razas, transformarían el paisaje al instalarse una actividad que ocupara toda la costa a lo largo de Veracruz, con un crecimiento explosivo de hatos de ganado Criollo durante los primeros 60 años de colonización ganadera.

El Criollo, "rumiante de grupa ancha, bajito, robusto y con grandes cuernos" (Barrera-Bassols, 2015), mostró adaptabilidad a los ecosistemas tropicales y subtropicales. Tal circunstancia, aunada a la considerable experiencia de los criadores de ganado, permitió enfrentar el ambiente americano con alternativas novedosas, de tal suerte que, aunque el ganado vacuno se introdujo con el fin de disponer de carne, leche y cueros para la subsistencia de los europeos, como fuerza de trabajo permitió roturar el suelo, manejar cultivos y plantíos extensos, construir sistemas de riego y almacenar y transportar productos del campo (Guevara y Lira-Noriega, 2004).

Sobre su manejo en el México colonial, Sluyter (2001) considera que es muy difícil determinar, por ejemplo, las cargas animales, ya que si bien las dotaciones legales de terrenos eran de 500 cabezas para ganado mayor, éstas sólo fueron las mínimas necesarias para asegurar y retener la tenencia de la tierra, de modo tal que existen evidencias de que a menudo se excedían las dotaciones mínimas legales, con frecuencia de una manera considerable.

Los registros del Archivo General de la Nación permiten reconocer lo que Barrera-Bassols (1996) ha llamado “La irrupción de las reses”, ya que el arribo del ganado vacuno coincidió con el llamado “derrumbe demográfico” de la población mesoamericana. La disminución poblacional fue resultado, entre otras cosas, de las epidemias, la guerra colonizadora y el maltrato de los conquistadores. Entre estos últimos está bien documentada la esclavitud, como la que propició el conquistador Nuño de Guzmán, el primer rancharo de México, a su llegada a Pánuco, Veracruz, en 1527. El proyecto de Nuño de Guzmán consistió en intercambiar ganado de las Antillas por esclavos indios de la región, quienes eran trasladados al Caribe, donde existía deficiencia de mano de obra.

Acciones como la descrita dieron lugar a la ocupación por el ganado de las tierras agrícolas de la población originaria, de tal manera que para 1620 en el centro de la Nueva España pastaban alrededor 1'300,000 bovinos y 8'100,000 borregos y cabras, en una superficie de 77,700 kilómetros cuadrados. También ha sido posible su cálculo a partir del estudio de las mercedes (dotaciones de tierra para agostadero). En un análisis que consideró 10,000 mercedes, el número de bovinos varió entre 1.5 a 2 millones en alrededor de 150,000 kilómetros cuadrados, con un índice de agostadero de un animal por hectárea. Del total de la población ganadera indicada, se estima que para la región de las llamadas tierras bajas del Golfo pastaban 665,000 bovinos, ocupando más del 50% de este territorio (Barrera-Bassols, 1994). Sobre el índice de agostadero hace referencia Melgarejo (1980), quien menciona que en 1589, en el área de Huatusco, Veracruz, “en algo así como unas 8,775 hectáreas, y aun cuando nadie lo cumplía, estaba en obligación de poner 2,500 cabezas en un año y supuestamente con el índice de agostadero de un poco más de tres hectáreas por cabeza”.

Estos registros no consideraron a una parte del ganado introducido en zonas adyacentes al Golfo de México, que al inicio de la colonización, quedó fuera de control, lo que dio lugar a la formación de vaquerías de ganado alzado o cimarrón. Entre las principales razones para que esto sucediera se han considerado varias circunstancias, tales como que los españoles no pudieron atender el ganado o no contaron con suficiente personal para organizar sus explotaciones y que la participación de los pobladores indígenas no resultaba suficiente. Sin embargo, fue posible organizar explotaciones pecuarias sobre rutas de expansión para el ganado, las cuales dependieron

del desarrollo y la mencionada expansión de los bovinos, lo que requirió de un largo proceso de adaptación que dependió del reordenamiento del uso del suelo, así como la presencia de un mercado capaz de absorber sus productos, tales como cueros, sebo o lana. Dichas condiciones se desarrollarían en el curso de la cuarta y quinta décadas del siglo XVI (García, 1994).

La reproducción de los bovinos Criollos en el periodo colonial resultó un fenómeno calificado como de enorme trascendencia social, biológica y económica, que superó todas las expectativas. Dicho prodigio se observó una vez que había pasado el periodo de asentamiento. En 1544 se generó un enunciado por parte del fiscal de audiencia de México “Los ganados de todo género y especies hay en abundancia y multiplican mucho, casi dos veces en quince meses”. Esta cifra se traducía en cientos de miles de nuevos ocupantes del suelo. El periodo más acelerado de dicho crecimiento en la Nueva España se dio entre 1538 y 1570. Este hecho se atribuye a factores positivos tales como un clima favorable, los buenos pastos naturales sin pastorear y un medio propicio, con la ausencia de depredadores y de enfermedades que afectarían al ganado. Dichos factores, que se convirtieron en beneficios biológicos, explicarían la rápida reproducción del ganado. Este fenómeno propiciaría la aparición de los ganaderos o señores del ganado, entre 1535 y 1540 (García, 1994). Para 1580 se habían otorgado en las zonas bajas de alrededor del Puerto de Veracruz 62 estancias de ganado. El correspondiente informe del alcalde reportó 150,000 vacas y yeguas (Sluyter, 2004).

Dadas tales circunstancias, al finalizar la primera centuria del dominio español, las haciendas ganaderas eran ya la principal fuente de riqueza de las jurisdicciones más importantes de las regiones bajas de la costa del Golfo, como eran La Nueva Veracruz, Cosamaloapan, Los Tuxtlas, Guazaqualco, Guaspaltepec, Alvarado y Tlacotalpan. Dicha prosperidad se vio favorecida por procesos sociales, entre los cuales destacan sucesos como la merma de los antiguos cacicazgos y comunidades indias de aquellas latitudes por las enfermedades, la sobreexplotación laboral y los ataques piráticos, con el consecuente descenso demográfico (Alcántara, 2004).

A finales del siglo XVI, la ganadería se había convertido en el oficio más importante de los colonos españoles. Una muestra de ello es el registro de la saca de ganado de Orizaba de 1668–1701, que demuestra que las haciendas del sur de Veracruz, principalmente de las

provincias de Cosamaloapan, Tlacotalpan y Acayucan, enviaron al centro del virreinato más de 272,000 cabezas de ganado (Alcántara, 2007).

Un estudio sobre la ganadería vacuna colonial en tierras veracruzanas realizado por Velazco (2004) en la región de la cuenca del Río Papaloapan, describe cómo el vacío que produjo la reducción de la población originaria en la segunda mitad del siglo XVI por los motivos antes señalados, posibilitó el establecimiento de un sistema de producción pecuaria, de ganado bovino que se trasladó del altiplano a la costa del Golfo. Para conseguir este objetivo se concedieron mercedes de sitio de ganado mayor, que más tarde se transformarían en haciendas. Aunque esta investigación no encontró referencias sobre la raza de los bovinos que se reprodujeron en el Papaloapan, se tienen informes de que se trataba de ganado Criollo, cuya característica sobresaliente era ser “muy bravo y escabroso”. Este ganado, que se reproducía rápidamente y alcanzó una constitución física que derivó de la propia selección natural, descendía del ganado proveniente de los campos de Andalucía y las Islas Canarias. Su adaptación al clima, tipo de pastos y huracanes no fue sencilla, pero de él derivó el ganado Criollo, con condiciones físicas que resultaron adecuadas para el trópico húmedo.

Este sistema ganadero se basó en el grado de domesticación alcanzado por el manejo de los animales o “cimarronaje”. Se distinguen tres grupos: *cimarrón*, ganado que pastaba de manera libre con bajo o nulo manejo, se reproducía libremente y del que se atrapaban para ser sacrificados sólo los machos adultos. El segundo grupo, denominado *rodeano*, estaba constituido por ejemplares cimarrones que eran integrados a grupos que más tarde serían trasladados a los centros urbanos para ser comercializados; finalmente, el tercer grupo, llamado *chichihua*, lo constituían vacas que se dedicaba a la producción de leche y se tenían cerca de los pueblos o de la hacienda.

De esta ganadería extensiva se destacan elementos de modernidad por el carácter privado e individual de la propiedad de la tierra, la relación de trabajo libre y asalariado, así como las adaptaciones técnicas que el ganadero tuvo que realizar en respuesta al nuevo entorno natural, que era distinto a la práctica tradicional Ibérica. Conviene recordar, por ejemplo, que en la Península atrapar animales para su sacrificio o comercialización era una situación extraordinaria que se realizaba sólo para la recuperación de animales extraviados durante su traslado por cambio de pastizales,

y no una actividad ordinaria en un sistema que, aprovechando la abundancia de pastos y agua, permitía su libre crianza, sin un manejo definido, que se reducía a sólo atraparlo cuando estaba listo para el abasto y en caso reducido, para su ordeña (Velazco, 2004).

La concepción de la propiedad rural por medio de “Mayorazgos”, resultó la base de los latifundios monolíticos. Esta modalidad permitió la integración de una ganadería extensiva de libre pastoreo, anterior a las praderas cultivadas. Al consumarse la independencia de México, los latifundios fueron señalados como nocivos y acabaron suprimiéndose ante la ley (Melgarejo, 1980).

En el Veracruz independiente, los liberales asociaron el progreso al fomento de la propiedad individual, por lo que a partir de 1826, el gobierno estatal impulsó la colonización e incluyó las tierras bajas de Veracruz. Para 1885 se legisló en torno a la ganadería y en prevención del abigeato y se introdujeron nuevas razas de ganado, pastos mejorados, rotación de potreros y separación de animales (Del Ángel, 1994). Como consecuencia, a finales del siglo XIX la ganadería salió de la crisis originada desde la guerra de independencia, cuando el ganado (manso y cimarrón) pasó a manos de grupos virreinales e insurgentes, para alimentar a las tropas.

Para Rouse (1977), en el siglo XIX los ganaderos mexicanos no se interesaban en seleccionar al ganado, por lo que no existía una raza definida, aunque en el sur de México se estaba conformando un Criollo de tipo lechero. En 1884 llegó de Brasil el primer Cebú, con lo que los cruzamientos del ganado de dicha raza se esparcieron gradualmente por la zona costera. Nellore, Gyr e Indobrazil, fueron las razas más favorecidas hasta la segunda guerra mundial. Después de la guerra, el Criollo fue desapareciendo de las planicies costeras de México y los toros Brahman se usaron en los hatos Criollos. A finales de 1960, el Criollo habría desaparecido de México, a excepción de pequeños grupos en el interior del país.

De acuerdo con Melgarejo (1980), en el año de 1903 el gobierno de Veracruz estimuló la introducción de ganado vacuno mejorado, por lo que particulares introdujeron a sus unidades de producción vacunos de las razas Suiza y Holandesa y, más tarde, Jersey, Shorthorn y Hereford; en cuanto a la raza Cebú en la costa baja de Veracruz, el dato más confiable corresponde al año 1923, cuando de un barco que conducía bovinos de esta raza hacia los Estados Unidos, fueron desembarcados algunos ejemplares para ser llevados a una feria al interior de la República. Dichos

animales fueron dispersados en potreros de la costa veracruzana. Aunque en un principio fueron rechazados, finalmente estos bovinos fueron comprados por ganaderos locales. La adaptación de las razas introducidas prosperó en la región. Skerrit (1989) documentó que en esa zona existían en 1910, haciendas que contaban con 2,000 cabezas de ganado de las razas Suiza y Holstein.

La búsqueda del Bovino Criollo del Golfo en la actualidad

De acuerdo con da Silva (2014), la importancia de los recursos genéticos animales o zoogenéticos resulta un componente primordial de los sistemas de producción pecuaria, ya que determinan aspectos fundamentales para los propios sistemas, tales como la cantidad y calidad de los productos generados, y constituye la base para la selección direccional y la adaptación animal.

En México y América Latina, pese a que los recursos genéticos animales forman la base de la producción ganadera, actualmente existen grupos en peligro de extinción, ya que estos tienden a desaparecer dada su limitada incorporación a los sistemas productivos, debido a que en su selección no se ha considerado algún fin específico. Aunque en México la proporción de bovinos Criollos es mayor en zonas montañosas habitadas por grupos indígenas, sobre todo de los fenotipos serrano, negro, pinto y tostado, la dilución del material genético local es evidente y se requieren acciones inmediatas para su estudio (Perezgrovas *et al.*, 2011).

Aunque la conservación de los recursos genéticos debería aplicarse a todas las poblaciones animales domésticas, la prioridad actual recaería en las razas nativas o locales, por lo que sería urgente realizar una caracterización, lo más completa posible, de estos recursos zoogenéticos. En este sentido, la importancia de conservar las poblaciones “*in situ*” debería ser una estrategia básica, acompañada, asimismo, de la conservación “*ex situ*” de estas razas locales, utilizando las técnicas de conservación “*in vitro*” y creando colecciones de germoplasma de las razas, con el objetivo primordial de preservar la mayor cantidad de variabilidad genética posible, en el menor número de individuos (Landi y Quiroz, 2011).

La variabilidad genética de la gran mayoría de caracteres de interés económico está determinada, generalmente, por varios *loci* (herencia poligénica). Sin embargo, la teoría del modelo infinitesimal, el que supone que las características cuantitativas están determinadas por muchos

genes con poco efecto, ha mostrado algunas excepciones, que hacen posible detectar algunos genes que poseen efectos de una mayor magnitud, a los que se les ha denominado como genes mayores (QTL's) (Uffo, 2003).

La conservación de las razas domésticas locales se justifica porque son una fuente de variación genética, que por selección natural desarrollaron genotipos con una amplia gama de adaptación a diversos ecosistemas y permiten el desarrollo económico y social de ciertas regiones en Latinoamérica. Pese a ello, no todos los recursos genéticos se han caracterizado y continúan sin haberseles otorgado garantías para su preservación. Las razones son diversas y parten desde la dificultad de contar con recursos económicos y tecnologías, para así dar a conocer su características relevantes para conservarse y evitar que estos recursos locales sean sustituidos por otros foráneos, que en teoría resulten más productivos, sin previamente conocer cuáles son esas características que han permitido que las razas locales permanezcan desde siglos atrás de su introducción y contribuyan al desarrollo de una región (Landi y Quiroz, 2011).

De acuerdo al registro del organismo de la FAO para la conservación de los recursos genéticos (DAD-IS, 2014), en la costa del Golfo de México subsiste un número determinado de bovinos Criollos que ha sido designados como Bovinos Criollos del Golfo; sin embargo, no existen reportes publicados sobre sus características morfométricas y genéticas que permitan asignarle a este grupo genético una finalidad zootécnica específica necesaria para su inserción a una vida productiva que garantice su conservación.

Dentro de la Cumbre de la Tierra de que se celebró en Río de Janeiro, donde México y otros 177 países firmaron la Declaración de Principios y la Agenda 21, se supedita el uso de la herencia genética mundial a una serie de condiciones y presenta un primer nivel en este ámbito (DAD-IS, 2014).

A partir de su integración a los acuerdos de Río de la ONU sobre la conservación del medio ambiente en 1992 (ONU, 1992), México adquirió el compromiso de preservar sus recursos zoológicos y es una obligación legal mantener las razas locales y Criollas que se han desarrollado en el país, como es el caso del ganado Criollo del Golfo.

La diversidad de una raza puede ser observada y medida directamente a partir de su fenotipo. Hay características fenotípicas poco influenciadas por el ambiente y que pueden aportar importantes evidencias de la diversidad animal como por ejemplo la conformación y el tamaño de la cabeza y de los cuernos (Delgado, 2006). Las diferencias fenotípicas entre razas sirven para priorizarlas con un criterio de adaptación y funcionalidad, y las distancias basadas en caracteres fenotípicos cuantitativos son indicativas de la adaptación a factores ambientales (Martínez, 2008). Un animal adecuadamente adaptado a determinado ambiente, a menudo posee características fenotípicas distintivas de su raza que indican su adaptabilidad. Conociendo estas cualidades el criador podrá seleccionar en función de ellas, evitando el peligro de introducir tipos no adaptados. Los bovinos Criollos mexicanos muestran una estructura genética común que podría considerarse como uniforme, con alguna diferencia en cada región geográfica, producto de la introgresión de otras razas que a pesar de ello, no las hace perder su identidad (Quiroz, 2007).

En un primer acercamiento a la caracterización fenotípica del bovino criollo de las montañas centrales de Chiapas, se evaluaron por inspección 320 animales adultos, y 58% fueron Criollos que se distribuyeron en siete grupos fenotípicos principales asociados al color de la capa y al menos otros seis de menor frecuencia, sin mencionar varios animales que no se pudieron encuadrar en ninguno de los anteriores (Perezgrovas *et al.*, 2011). Ese trabajo permitió apreciar una gran diversidad en tonos de la capa y en la presencia de manchas, y además se encontró una mayor proporción de bovinos criollos en el medio rural, lo que se puede asociar a las poblaciones indígenas que los atienden utilizando sistemas tradicionales de cría.

Con ello fue posible hacer comparaciones muy preliminares con algunas razas autóctonas españolas, sin pretender establecer ascendencias definidas sino semejanzas que invitan a realizar estudios más exhaustivos (Perezgrovas *et al.*, 2011), pero que estarían asociadas a lo que de Alba (2011) denomina Bovinos Criollos “grupo de estirpe”, a los que les une un origen común y fuerzas selectivas similares en la época en que se crearon. Estos animales tienen su origen en los bovinos Ibéricos descendientes del *Bos primigenius*.

Trabajo de campo

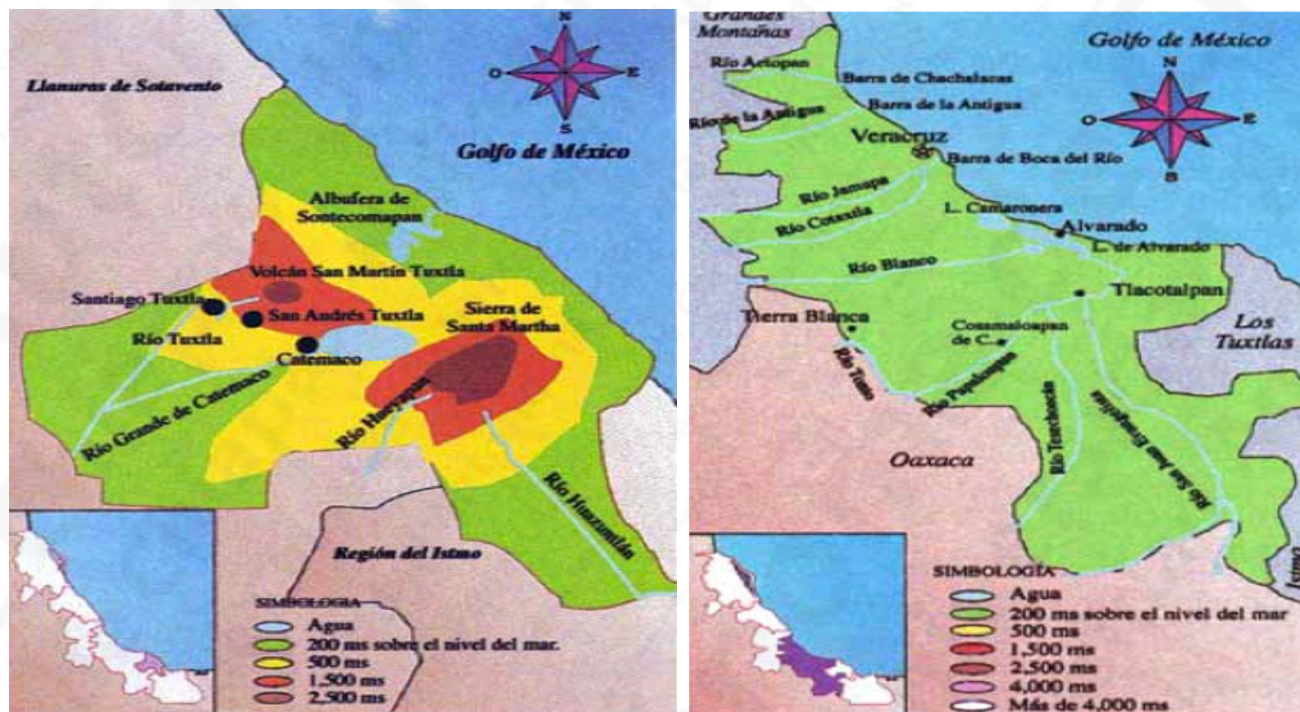
Es importante documentar las características básicas de estas razas, con el objetivo de decidir qué animales incluir o excluir en los programas de la conservación. En varias poblaciones hay un núcleo relativamente reducido de animales puros de origen ibérico, y un grupo mayor de animales mestizos con otras razas. En cada caso se necesita definir el nivel relativo de pureza racial en la población, y las razones históricas de ese nivel de pureza. En situaciones donde el tamaño de la población es grande, con muchos animales puros, es posible insistir en un nivel de pureza muy alto sin perder un futuro seguro de la raza.

En esta situación, rechazar a los animales cruzados es oportuno para preservar la pureza del recurso y asegurar su función en sistemas agropecuarios productivos. En otras situaciones, los cruzamientos han ocurrido hace mucho tiempo y ya están en la mayoría de la población. Muchas de estas poblaciones, aunque con mestizaje, tienen características únicas que merecen su conservación (Sponenberg, 2012), por lo que de acuerdo con Cevallos (2012), insistir en altos niveles de pureza de origen significaría perder el recurso genético. Ante estos dos extremos de poblaciones locales de recursos genéticos, se ha necesitado desarrollar métodos para decidir, para cada población o raza, el nivel relativo de pureza racial que necesita estar garantizada, y los pasos a seguir para lograr estos objetivos (Cevallos 2012).

Ubicación geográfica

El trabajo se realiza en el estado de Veracruz en dos de las regiones consideradas como naturales de Veracruz (INEA, 2015); estas regiones se localizan en el trópico bajo y son: Llanuras del Sotavento y Los Tuxtlas (Figura 1), las cuales cumplen con las características de corresponder a las regiones de pastizales las cuales no exceden su altura sobre el nivel del mar por más de 200 metros, por lo que este será uno de los principales criterios de inclusión.

Figura 1. Regiones naturales: Los Tuxtlas (1) y Llanuras del Sotavento (2).



Fuente: INEA; CONAVyT, Gobierno de Veracruz. SEP. Biblioteca digital.

Criterios de inclusión

Se realiza la búsqueda de bovinos con las características de otros bovinos Criollos que existen en México y América, mediante un sistema de evaluación recomendado por Perezgrovas *et al.* (2014), a partir de una idea original de Sponenberg (2014). A cada animal del hato a evaluar se le asignará una calificación relacionada con su origen Ibérico; se dará un valor de 100 a los animales sin influencia exótica, y los que muestran un nivel de 50 % de sangre Ibérica (Cuadro 1). Los animales que cumplan con este primer requisito serán seleccionados y a ellos se les hará la caracterización morfológica

Cuadro I. Índice de Criollo.

	Cebuino (C)	½ C/T	¾ C/T	5/8 C/T	Taurino (T)
Cuernos					
Oreja					
Capa					
Papada					
Grupa					

Caracterización morfológica y fenotípica

Cuernos. Se observa la inserción, el diámetro o grosor y la forma de dichos apéndices; estas características son de básica importancia para la calificación en la selección del animal como reproductor y transmisor de genes del tipo de cuernos.

Cabeza. Se toma en cuenta la forma del cráneo, con las siguientes características: plana, cóncava y convexa, para descartar que tenga la forma distintiva de alguna otra raza, principalmente de *Bos indicus* (Cebú).

Orejas. Es importante la forma y el tamaño de las orejas, ya que esta variable es una de las partes que más definen la pureza del animal; las orejas grandes colgantes y anchas se descartan por su origen índico, pues las taurinas tienen que ser pequeñas, redondas y con dirección horizontal.

Toga o Papada. Debe ser corta y poco pronunciada. Su tamaño es también muy determinante para medir la pureza de este tipo de ganado.

Lomo. Se caracteriza por no ser plano, tendiendo a pandearse en la parte central y alzándose en la parte posterior del animal.

Grupa. Estrecha y conalzada, marcándose los huesos ilíacos. El prepucio (machos) es recogido y corto.

Ombliigo. Es corto y recogido (Hernández, 2012)

Forma del pelaje. El pelaje que se busca es corto, lustroso y ralo, que es el que se observa en los animales adaptados al clima tropical; los colores que se encuentran son parotillo, atigrado pinto, pardo, rojo canela, quemado, humo, negro, hosco y retinto, que son los colores que tienen las principales razas criollas que se encuentran en las mismas condiciones climáticas (Bavera, 2004).

Coloración de las mucosas. La mucosa se clasifica en: Negra, Pintada y Blanca.

Pigmentación de las pezuñas. Las pezuñas son pigmentadas y se clasifican según su coloración en: Negras y Marrones.

Hallazgos recientes de bovinos con aspecto de Criollos localizados en la región

Estos resultados son el producto de 10 visitas de campo a distintas unidades de producción (UP) localizadas en la región, donde fue posible evaluar seis UP con un promedio de 60 animales cada una (3,600 animales), en las cuales 22 bovinos presentaron un aspecto que correspondían a las características del ganado Criollo, de acuerdo a lo propuesto por Cevallos (2012) y Hernández (2012); sin embargo, al ser evaluados sólo 14 de ellos cumplieron con los indicadores propuestos como herramientas de evaluación.

Las Figuras 2, 3, 4 y 5, muestran algunos de los 14 bovinos localizados y que por su aspecto han sido incluidos para análisis morfológico (efectuado) y genético (pendiente), para lo cual ya se han obtenido sus respectivas muestras de sangre con anticoagulante y se conservan en refrigeración a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los animales corresponden a las características morfológicas de cada una de las capas que coincidían con las imágenes indicadas para los colores propuestos por Cevallos (2012) y Hernández (2012); para ilustrarlo, se escogieron las capas que correspondieron a los colores: Jaspeado (Figura 2), Colorado (Figura 3), Josco (Figura 4), y Blanco (Figura 5).

A partir de los 14 animales encontrados a la fecha, ha sido posible elaborar estudios morfométricos, cuyos resultados se pueden observar en el Cuadro 2, que compara los parámetros encontrados con los reportados por Canales (2014), los cuales se realizaron con bovinos de la raza Criollo Lechero Tropical criados en la misma región del Golfo de México.

En el Anexo Fotográfico al final del capítulo se incluyen más imágenes de bovinos considerados para el presente estudio.

Figura 2. Jaspeado.



Figura 3. Colorado Overo.



Figura 4. Josco.



Figura 5. Blanco.



Cuadro 2. Promedio y desviación estándar de los parámetros morfológicos de bovinos preseleccionados para el estudio morfométrico del Bovino Criollo del Golfo (n = 14).

Parámetro	Media ± D.E.	CLT (Canales, 2014) (n = 45)
Peso corporal	394.9 ± 53.45	391.59 ± 53.9
Altura a la cruz	1.25 ± 0.058	1.24 ± 5.43
Altura a la cadera	127 ± 0.054	126.94 ± 5.79
Perímetro torácico	1.73 ± 0.085	171.75 ± 8.54
Ancho de la cabeza	0.18 ± 0.017	16.13 ± 1.22
Ancho de la grupa	0.40 ± 0.058	49.22 ± 2.79
Acho de tórax	0.42 ± 0.067	38.31 ± 4.2
Perímetro de la caña	0.21 ± 0.017	16.83 ± 1.0
Longitud de la grupa	0.39 ± 0.069	31.94 ± 2.28
Longitud corporal	1.39 ± 0.073	146.32 ± 7.95
Largo de la cabeza	0.49 ± 0.026	46.44 ± 3.28

El empleo de marcadores moleculares para identificar bovinos Criollos

La posibilidad de detectar diferencias en la secuencia de ADN y de que éstas se utilicen como marcadores para desarrollar estudios en el genoma, cambió significativamente la aplicación de la genética y permitió el desarrollo de técnicas para el diagnóstico molecular, que se utilizan en animales domésticos y para identificar genes de importancia económica. Por esta razón, la importancia económica del ganado vacuno justifica que el genoma de esta especie sea ampliamente estudiado y que en el conjunto de los genomas de los animales domésticos, el bovino es el tercer mejor conocido después del perro y el pollo.

Derivado de conocer la secuencia del genoma del bovino se llegó a una conclusión importante, que identificó que el genoma bovino se asemeja más al humano que el del ratón o el de la rata. Cuenta con un mínimo con 22,000 genes, de los que un conjunto importante comparte con otras siete especies incluyendo al hombre. Existen reordenaciones que se localizan principalmente en los genes implicados en la reproducción, la inmunidad, el metabolismo y la digestión. Tales cambios llevan a explicar la eficacia de los rumiantes para convertir forrajes energéticamente pobres en carne y leche, procesos biológicos que han sido explotados por el hombre desde la domesticación, que inició en el Cercano Oriente hace unos 8,000 a 10,000 años. Desde entonces se han establecido más de 800 razas de ganado, lo que representa un importante patrimonio de la humanidad y un recurso científico propicio para la comprensión de la genética de rasgos complejos (Elsik *et al.*, 2009).

Si bien el conocimiento del genoma de las especies ganaderas es uno de los proyectos actuales en el campo de la Genética Animal, otro, no menos importante, es el mantenimiento de la riqueza genética. La búsqueda del incremento de producción ha dado lugar, en muchas ocasiones, a la introducción masiva de animales muy productivos en zonas rústicas donde tradicionalmente se encontraban las razas autóctonas. Esto ha llevado a la pérdida de un material genético de enorme importancia, tanto biológica como económica, por su gran adaptación a medios difíciles.

La selección en la especie bovina tiene como meta principal mejorar caracteres cuantitativos como termotolerancia, resistencia a enfermedades, producción de carne y leche, de esta última el volumen, grasa y proteínas controlados por múltiples *loci* y con baja influencia del ambiente. Es importante tener en cuenta que los efectos de mejora de este tipo de caracteres se han realizado principalmente a través del control en los machos y haciendo las medidas fenotípicas en individuos adultos, lo que lleva a un progreso en la mejora genética lenta y costosa. La integración del conocimiento entre la producción, salud y bienestar de los bovinos se expresa en la necesidad de desarrollar y aplicar herramientas para su evaluación tanto en lo individual como en los hatos, de tal manera que se gane tiempo y especificidad en el conocimiento de los rasgos favorables en los diferentes genotipos bovinos.

El avance en el conocimiento de la importancia de genes asociados a caracteres productivos permitió priorizar los caracteres cualitativos asociados a la calidad. Son varios los marcadores moleculares que se consideran herramientas fundamentales para conocer genes de interés económico (QTLs), así como los que se aplican de forma directa en programas de mejora a través de la Selección Asistida por Marcadores (MAS) (Fries y Rubinsky, 1999).

Por su gran potencial de uso en este tipo de Selección Asistida por Marcadores, así como para la caracterización y diferenciación de poblaciones, las proteínas de la leche han sido muy investigadas en países del continente americano (Golijow *et al.*, 1999; Kemenes *et al.*, 1999).

Las proteínas lácteas bovinas incluyen cuatro caseínas ($\alpha 1$, β , $\alpha 2$, κ -caseínas) y dos proteínas séricas (α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina), cada una de las cuales muestra como mínimo dos variantes genéticas. Durante décadas se han publicado numerosos estudios de asociación de algunas de estas variantes con las características tecnológicas de la leche (Grosclaude, 1988; Rohallah *et al.*, 2007). Así mismo se identificaron variantes genéticas de dichas proteínas que son típicas de razas específicas.

Alfa-lactoalbúmina (LAA) es una proteína de suero de leche de vaca importante y también está presente en la leche de muchas otras especies de mamíferos; la variante A de la α -lactoalbúmina se considera como marcador racial de ganado *Bos indicus* (Zhou y Dong, 2013). Se trata de una metaloproteína cálcica de estructura globular, muy conservada entre las especies de rumiantes domésticos que controla la síntesis de la lactosa, ya que forma parte de la enzima lactosa sintetasa a nivel de la estructura interna del aparato de Golgi de la glándula mamaria, modificando la especificidad de sustrato glucosa/beta-galactosa de la galactosiltransferasa (Bleck y Bremel, 1993), y por ello se relaciona directamente con la producción y composición láctea.

La kappa-caseína (CSN3) es de las proteínas más abundantes de la leche; su función principal es evitar la agregación de las micelas de caseína, y es responsable de las múltiples interacciones con el medio, lo cual tiene consecuencias inmediatas en el estado físico de la leche durante la coagulación. En bovinos, un polimorfismo funcional κ -caseína se ha asociado con las concentraciones de la grasa, calcio, el contenido de proteína de la leche y la contracción de la cuajada más rápido en la producción de queso. La contracción más rápida de la cuajada reduce la pérdida de sólidos

de la leche mejorando el rendimiento del queso. El polimorfismo del gen que regula a CSN3 induce una doble sustitución de aminoácidos (Thr136Ile y Ala148Asp); las variantes alélicas más frecuente son A y B. El efecto del polimorfismo influye en las propiedades tecnológicas de la leche ya que la acción de las enzimas coagulantes como las renina y quimosina son mejores cuando predomina el alelo B (Azebedo *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos por diferentes autores parecen contradictorios, pues a la complejidad del carácter producción láctea se une la gran variabilidad de las condiciones experimentales, tales como: tamaño de muestra, razas implicadas, proteína específica estudiada y frecuencias relativas de sus variantes, procedimientos de determinación de genotipos y variantes consideradas, métodos de estimación de la producción, etcétera, así como el rigor de los ajustes estadísticos de otros factores igualmente importantes sobre la producción de leche, como la edad de la vaca, estación, estado sanitario o efectos de otras variantes genéticas (Falaki *et al.*, 1997; Buchberger y Dovc, 2000).

En el área de Centroamérica y el Caribe no existe abundante información referente a la caracterización por técnicas de genética molecular de hatos autóctonos. En Cuba se han desarrollado estudios de polimorfismo bioquímico a nivel proteínico en las razas bovinas precursoras de nuevos cruzamientos. Estas poblaciones autóctonas suponen una fuente de información genética que hoy es desconocida y que resulta esencial para los estudios de caracterización genética así como para los estudios de diferenciación y evolución con otras poblaciones (Uffo *et al.*, 2013).

En México, la ganadería Criolla posee un papel socioeconómico y ecológico importante en diversas regiones y se asocia a poblaciones rurales de bajos recursos económicos (Alonso, 1997). La leche producida en esta región es utilizada en mayor proporción para la elaboración tanto industrial como artesanal de derivados lácteos; la importancia biológica del gen CSN3 en el rendimiento lechero y el efecto de su polimorfismo constituyen una herramienta de selección asistida por marcadores en animales portadores de los alelos que favorecen una mayor concentración de sólidos de la leche. Cervantes *et al.* (2007) encontraron en ganado Criollo Lechero Tropical frecuencias del alelo A de CSN3 de 0.571 y de B 0.429, valores inversos a los encontrados en la raza Rubia Gallega CSN3A 0.4703 y CSN3B 0.5297 (Viana *et al.*, 2001). Aún con estas diferencias

en las frecuencias y por las características de origen de CLT en América, con un comportamiento productivo similar a la Rubia Gallega en cuanto a un bajo volumen de leche y rendimiento alto de sólidos; se puede asumir que el rebaño CLT analizado aún conserva caracteres genotípicos de sus ancestros europeos.

Conclusiones

Aún es posible reconocer la presencia en las costas del Golfo de México (a menos de 200 msnm), de bovinos con rasgos similares a los Criollos, cuya variabilidad genética estaría asociada a los descendientes de los bovinos que colonizaron México y el sur de los Estados Unidos durante la Colonia, según es posible inferir a partir de trabajos de campo recién iniciados en la costa del centro del estado de Veracruz.

El empleo de herramientas moleculares deberá confirmar esta relación con bovinos Ibéricos y Criollos de Latinoamérica, así como con razas comerciales europeas y cebuínas; sin embargo, quedaría pendiente conocer la razón de su permanencia, y cuál el papel que desempeñan en la ganadería moderna de México, país en el que influyeron tanto en su economía y desarrollo, como su ecología durante más de cuatro siglos.

Referencias bibliográficas

- Alcántara L.A. (2004). *Ariles de la majada. Ganadería, vida social y cultura popular en el sur de Veracruz Colonial*. Posgrado de Historia. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. 282 pp.
- Alonso M.R. y Ulloa R.A. (1997). Hacia un proyecto nacional de investigación en genomas de animales domésticos. *Veterinaria México* 28 (4), 365.
- Alcántara L.A. (2007). Élites ganaderas, redes sociales y desobediencia cotidiana en el sur de Veracruz a finales del siglo XVIII. *Historia Mexicana* 56, 779 - 816.
- Álvarez N.J.R. (1994). *Veracruz, Cultura y Desarrollo*. Harte Reinking Editores S.A. de C.V. México. pp. 11.
- Azevedo A.L., Nascimento C.S., Steinberg R.S., Carvalho M.R., Peixoto M.G., Teodoro R.L., Verneque R.S., Guimarães S.E. & Machado M.A. (2008). Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genet Mol Res* 7, 623-30.

- Bavera G.A. (2004). *El pelaje del bovino y su importancia en la producción*. Primera edición. Editorial Río Cuarto. Córdoba, Argentina.
- Barrera-Bassols N. (1996). Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias* 44, 14 - 27.
- Barrera-Bassols N. (2015). Ganaderización: la influencia de Europa y África en América. Disponible en la web: www.uv.mx/ethnobotany/ganado.html. [Consultado el 24 de junio de 2015].
- Bleck G.T. & Bremel R.D. (1993). Correlation of the α -lactalbumin (+ 15) polymorphism to milk production and milk composition of Holsteins, *J Dairy Sci* 76, 2292-2298.
- Buchberger J. & Dovc P. (2000). Lactoprotein genetic variants in cattle and cheese making ability. *Food, Technology and Biotechnology* 38, 91-98.
- Canales U.A.M. (2014). Caracterización genética y morfológica de la raza Criollo Lechero Tropical. *Tesis de Maestría*. Universidad Veracruzana. Veracruz. México. 91 pp.
- Cervantes A.P., Luna R. M., Hernández B.A., Pérez-Gil R.F., Ponce C.P., Uffo R.O. (2007). Polimorfismo genético en el locus de la kappa-caseína, en vacas de diferentes razas y cruces en el trópico mexicano. *Rev. Salud Anim* 29:, 8-84.
- Cevallos F. (2012). Caracterización morfoestructural y faneróptica del bovino criollo en la provincia de Manabi. *Tesis de Maestría*, Manabi-Ecuador. Universidad de Córdoba pp. 5-10
- DAD-IS. (2014). Base de Datos sobre la Diversidad de los Animales Domésticos. FAO. Roma, Italia. Consultado en línea en 10 de noviembre de 2014 [<http://dad.fao.org/>].
- da Silva, A. (2014). El plan de acción mundial de la FAO sobre los recursos zoogenéticos y su aplicación en Latinoamérica y el Caribe. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48, 1.
- de Alba J. (2011). Los Criollos Lecheros Tropicales. In: J. de Alba Martínez "El libro de los Bovinos Criollos de América". Ediciones Papiro Omega S.A. de C.V. México, D.F. Pp. 92-98.
- Del Ángel P.A.L. (1994). Formación de la estructura productiva ganadera en la llanura costera de Veracruz central. En: Hoffmann O. y Velázquez (Coord.) *Las llanuras costeras de Veracruz. La lenta construcción de regiones*. Orstom y Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 340 pp.
- The Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium. Elsik,CG. Tellam R.L., Worley K.C. (2009). The Genome Sequence of Taurine Cattle: A window to ruminant biology and evolution. *Science* 324, 522-528.

- Falaki M., Gengler N., M. Sneyers A., Praudi S., Massart A., Formigoni., Burny A., Portilit D. & Renaville R. (1997). Relationship of polymorphism for growth hormone and growth hormone receptor genes with milk production traits for Italian Holstein- Friesian bulls. *J Dairy Sci* 79, 1446-1453.
- Florio J. (2008). Uso de bovinos Criollos en cruzamientos con otras razas bovinas en América Latina con énfasis en Ganadería Doble Propósito. En: González S.C., Madrid B.N. y Soto B.E. (Edits.) *Desarrollo Sostenible de la Ganadería de Doble Propósito*. GIRARZ. Venezuela. 941 pp.
- Fries R. & Rubinsky A. (1999). *The Genetic of Cattle*. CABI publishing. NY, USA.
- García M.B. 1994. Los primeros pasos del ganado en México. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad* 15, 11-44.
- Gardi, C., Angelini M., Barceló S., Comerma J., Cruz Gaistardo C., Encina Rojas A., Jones A., Krasilnikov P, Mendonça S., Brefin M.L., Montanarella L., Muniz Ugarte, O., Schad P, Vara Rodríguez M.I. y Vargas R. (eds). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.
- Golijow C.D., Giovambattista G., Rípoli M.V, Dulout F.N. & M.M. Lojo. (1999). Genetic variability and population structure in loci related to milk production traits in native argentine creole and commercial argentine Holstein cattle. *Genetics and Molecular Biology* 22, 395-398.
- Grosclaude F. (1998). Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines, INRA. *Prod. Anim.* 1, 5-17.
- Guevara S. y Lira-Noriega A. (2004). De los pastos de la selva a la selva de los pastos: La introducción de la ganadería en México. *Pastos* 34, 109-150.
- Hernández S.R. (2012). *Tipificación del ganado criollo mexicano de los estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Puebla y Nayarit*. Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano, A.C. Chihuahua, pp 52.
- INEA. (2015). Geografía de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz. México. 5. En línea: bibliotecadigital.conevyt.org.mx. [Consultado el 30 de abril de 2015]
- Kemenes P.A., De Almeida R.L.C., De Magalhães R.A.J., Packer I.U, Razook A.G., De Figueiredo L.A., Silva N.A., Etchegara M.A.L. & Lehmann C.L. (1999). κ -Casein, β -Lactoglobulin and growth hormone allele frequencies and genetic distances in nelore, gyr, guzerá, caracu, charolais, canchim and santa gertrudis cattle. *Genetics and Molecular Biology* 22, 539-541.
- Landi, V. & Quiroz V.J. (2011). Advances in genetic technologies and their application in animal selection. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1, 33-43.

- Martínez R.D. (2008). Caracterización genética y morfológica del bovino criollo Argentino de origen Patagónico tesis doctoral. (En línea) <http://www.tdx.cat/handle/10803/22097> Fecha de consulta 10 de octubre del 2014.
- Melgarejo V.J L. (1980). *Historia de la ganadería en Veracruz*. Ediciones del Gobierno de Veracruz. Xalapa. 240 pp.
- Muñoz R.A. (Gerente). (1972). *Enciclopedia de México*. Tomo V. Enciclopedia de México S.A. México pp. 429.
- Perezgrovas R., Vázquez D., Rodríguez G. y Galdámez D. (2011). Aproximación fenotípica a la diversidad de los bovinos criollos en la región central montañosa de Chiapas, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1, 384-387
- Perezgrovas R., Vázquez M. D. y Galdámez F. D. (2014). 'Características fenotípicas de bovinos criollos con potencial para conformar razas locales chiapanecas'. P. 565-570. *Memorias. I Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Octubre de 2014.
- Quiroz V.J. (2007). Caracterización Genética de los bovinos Criollos Mexicanos y su relación con otras poblaciones bovinas. *Tesis Doctoral*. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Rohallah A., Mohammadreza MA., Shahin MB. (2007). Kappa-casein gene study in Iranian Sistani cattle breed (Bos indicus) using PCR-RFLP. *Pak J Biol Sci* 10, 4291-4.
- Rouse J.E. (1970). *The Criollo: Spanish cattle in the Americas*. University of Oklahoma Press. USA. 303 pp.
- Skerritt G.D. (1989). *Una historia agraria en el centro de Veracruz 1850 - 1940*. Centro de Investigaciones Históricas. Universidad Veracruzana. Xalapa. 305 pp.
- Sluyter A. (2001). Ganadería española y cambio ambiental en tierras bajas tropicales de Veracruz, México, siglo XVI. En: Hernández, L. (Comp.) *Historia Ambiental de la Ganadería en México*. Instituto de Ecología A.C, Xalapa, México, 276 pp.
- Sluyter A. (2004). Los orígenes ecológicos y las consecuencias de la ganadería en la Nueva España durante el siglo XVI. En: *De las Marismas del Guadalquivir a la costa de Veracruz: cinco perspectivas sobre cultura ganadera*. Velazco T. J. y Skerritt G. D. (Edit.) Instituto Veracruzano de la Cultura. Veracruz. 157 pp.
- Sponenberg (2014). Comunicación personal.
- Uffo O., Acosta A., Ribot A., Ruiz K., Ronda R. & Martínez S. (2013). Molecular characterization of the Cuban Siboney cattle. *Biotecnología Aplicada* 30, 232-233.
- Viana J.L., Fernández A., Iglesias A., Sánchez L. & Becerra J. (2001). Analysis by PCR/RFLPs of the most frequent κ -casein genotypes Rubia Gallega cattle breed. *Arch. Zootec.* 50, 91-96.
- Zhou J.P. & Dong C.H. (2013). Association between a polymorphism of the α -lactalbumin gene and milk production traits in Chinese Holstein cows. *Genet Mol Res.* 4 (12), 3375-82.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Fotografías de los bovinos considerados en el estudio.







UNACH

VIII.

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ANIMAL EN ZONAS MONTAÑOSAS DE CHIAPAS Y PROPUESTA DE RAZAS LOCALES DE BOVINOS CRIOLLOS

UNACH

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ANIMAL EN ZONAS MONTAÑOSAS DE CHIAPAS Y PROPUESTA DE RAZAS LOCALES DE BOVINOS CRIOLLOS

Raúl Andrés Perezgrovas Garza¹ y Jorge Antonio Velázquez Avendaño²

¹ Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas. rgrovas@unach.mx

² Unidad Yajalón, Universidad Intercultural de Chiapas

Resumen

Chiapas es un estado megadiverso, y en él existe una considerable cantidad de especies autóctonas, sin que se hayan emprendido acciones sistemáticas para el estudio, conservación y fomento de las razas localmente adaptadas de animales domésticos. El presente estudio analiza —en lo general— el papel de grupos indígenas de Chiapas y su ubicación en zonas de montaña para la preservación de sistemas tradicionales de cría animal, y —en lo particular— la diversidad de bovinos Criollos que se pueden ubicar en diversos entornos ambientales. Por medio de entrevistas abiertas con productores e inspección de reses en cinco regiones económicas, se evaluó la cantidad de ganado local y el uso de sistemas empíricos de cría; los indicadores para definir el ganado local tomaron en cuenta la conformación de orejas y cuernos, el color de la capa y las

características de la piel. Los resultados muestran una alta correlación entre la presencia de grupos indígenas de origen Maya, la cantidad de vacas Criollas y la altitud geográfica. En el área rural de Los Altos (2100 m) se encontró 52% de ganado local, manejado por tzotziles y tzeltales (hombres y mujeres), y en comunidades tojolabales de la Meseta Comiteca (1700 m) bajó a 22%. El ganado autóctono fue escaso (<2%) en poblaciones mestizas de las zonas bajas (650 m). Los principales fenotipos de bovinos Criollos encontrados fueron: Serrano (26%), Alteño (22%), Pinto (18%) y Tostado (16%), los cuales se describen brevemente; por su cantidad y uniformidad fenotípica, todos ellos muestran potencial para constituir razas localmente adaptadas. Los indígenas mantienen bovinos Criollos para cumplir diversos propósitos económicos (ingresos directos, ahorro) y sociales (prestigio, preservación de tradiciones, amortiguación de riesgos, saberes tradicionales que pasan de generación en generación); además, mencionaron que su ganado Criollo se enferma menos, produce con pocos insumos externos (sal común) y tiene una mayor resistencia a las condiciones ambientales adversas como la poca agua disponible y las variaciones estacionales en la existencia de recursos forrajeros. La cría sustentable de bovinos autóctonos bajo sistemas empíricos tradicionales de bajos insumos, representa un valioso reservorio de saber ancestral y de genes; ambos pueden extinguirse si no se les considera con la prioridad necesaria para emprender acciones concretas de conservación y fomento.

Palabras clave: sistemas empíricos, tzotziles, tzeltales, razas locales, topografía

Antecedentes

En el estado sureño de Chiapas existe una considerable diversidad de animales domésticos Criollos, es decir, de aquellos que hoy en día se reconocen como razas localmente adaptadas, en virtud del tiempo prolongado que tienen de vida en su particular medio ambiente y de que forman parte del modo de vida de las poblaciones. Estas razas locales abarcan a las diferentes especies domésticas, y de ellas se tiene un grado variable de estudios demográficos, de caracterización fenotípica y zoométrica, y de análisis de los sistemas tradicionales de manejo a que son sometidos por la población que los atiende, generalmente dentro de grupos indígenas y en zonas de montaña. En el caso particular del ganado lanar de las zonas de montaña, se han emprendido

exhaustivos estudios de caracterización con miras al mejoramiento genético por selección (Perezgrovas, 2004), lo cual se realizó con una innovación metodológica que tomó como base los criterios empíricos de las pastoras y las artesanas tzotziles (Perezgrovas, 2005); estas investigaciones eventualmente condujeron al registro del 'Borrego Chiapas' como raza local mexicana en la base de datos de recursos genéticos animales de la FAO (www.dad.fao.org). Más recientemente se llevó a cabo un estudio comparativo de la calidad de la fibra de lana en 35 razas autóctonas de ganado lanar de Iberoamérica (Perezgrovas y Parés, 2013), lo que evidenció la importancia de las metodologías desarrolladas en Chiapas para analizar la calidad de la fibra de lana que se utiliza con fines artesanales.

Un esfuerzo académico semejante comenzó hace una década para estudiar y caracterizar el ganado porcino local de las regiones montañosas de Chiapas, y evaluar su potencial productivo en sistemas de manejo de bajos insumos externos (Perezgrovas, 2007); dichos trabajos se vieron truncados por las políticas públicas que pretendieron evitar la cría de los porcinos utilizando los sistemas de manejo empíricos, argumentando su falta de condiciones sanitarias. Por desgracia, la abundancia histórica de ganado porcino en comunidades tzeltales de Los Altos se ha visto reducida a su mínima expresión, y ahora es inminente la extinción no únicamente de esas razas locales con sus valiosos genes de rusticidad y de resistencia a enfermedades, sino también de los sistemas tradicionales de cría que los mantuvieron durante siglos.

Por su parte, el trabajo con las aves del traspatio ya se está llevando a cabo en Chiapas (Perezgrovas et al., 2014), y se espera su continuidad en los aspectos de caracterización morfológica, faneróptica y genética, a efecto de poder hacer propuestas para la utilización sustentable particularmente de las gallinas Criollas y de los guajolotes mexicanos, sin olvidar los patos, las palomas, los gansos y las demás especies que se crían de manera tradicional como parte de las estrategias de desarrollo sustentable de las poblaciones rurales.

Muchas de estas razas locales están amenazadas, debido principalmente a los cruzamientos casi siempre sin control, los que son promovidos por las diferentes agencias oficiales e incluso por las organizaciones no gubernamentales, las que no se han detenido a valorar los recursos genéticos locales y su participación en los sistemas de vida de las poblaciones marginadas. Ya se ha

reconocido que dentro de sus características más valiosas, las razas locales de animales domésticos presentan una alta rusticidad, resistencia a enfermedades, resiliencia ante adversos fenómenos sanitarios y ambientales, y además se manejan utilizando sistemas de crianza de muy bajos insumos externos, lo que les confiere un fuerte elemento de sustentabilidad que justifica el tiempo y el esfuerzo que puedan invertirse en su investigación.

Para el caso particular de los bovinos localmente adaptados, y siguiendo lo que ya es una tendencia académica de revaloración de los recursos animales autóctonos, en el estado de Chiapas se han realizado varios estudios de diagnóstico y caracterización fenotípica que abarcan diferentes regiones económicas, como la montañosa central de Los Altos (Perezgrovas *et al.*, 2011; Perezgrovas *et al.*, 2014), los valles centrales del estado (Vázquez, 2014), así como la Meseta Comiteca cercana a la frontera con Guatemala (Galdámez *et al.*, 2013). Este trabajo intenta presentar una visión panorámica del avance en las investigaciones sobre los bovinos Criollos de Chiapas, con la finalidad de generar información confiable que conduzca al diseño de programas estatales de conservación y fomento de estos recursos zoogenéticos.

El bovino Criollo de México

De acuerdo con los datos que presenta la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Criollo (ASOCRIOLLO, 2010) con sede en Chihuahua, y que es la primera agrupación del país en trabajar para y con los productores que se dedican a la cría, manejo y comercialización de ganado Criollo de la raza Rodeo, es posible hacer una descripción genérica de lo que es el bovino Criollo mexicano. Según esta agrupación, el ganado Criollo es de baja talla corporal, anguloso y de cuernos largos, mayormente hacia arriba y adelante, de base gruesa, más largos en las hembras que en los machos; sus orejas son cortas y pilosas, tiene pezuñas oscuras y duras, y prepucio recogido. Los animales que pertenecen a este grupo genético son de peso liviano: no mayor de 300 kg las vacas y de 400 a 600 kg los toros, y los becerros nacen con 20 a 25 kg. Los toros presentan una líbido acentuada, pero tanto machos como hembras comparten una característica de alta fertilidad, y las vacas se distinguen por su facilidad de parto y gran habilidad materna. El ganado Criollo es dócil y muestra una alta rusticidad; camina en terrenos agrestes y quebrados, a menudo grandes

distancias, bajo climas extremos, soportando escasez de forrajes pues sus requerimientos nutricionales son menores que los de la generalidad del ganado.

En el desierto bajacaliforniano, donde se le conoce como “Chinampo”, el bovino Criollo es prácticamente el único que sobrevive a las difíciles condiciones ambientales, demostrando las características de rusticidad de las razas localmente adaptadas; este ganado también es resistente a parásitos internos y externos, y a ciertas enfermedades. El color de su capa es diverso, como igualmente variadas fueron las razas españolas que lo originaron, pero presenta tonalidades y combinaciones únicas. Además, es un animal longevo. La función zootécnica de la raza es multipropósito (leche, carne, trabajo), y se cumple a bajo costo para el productor (ASOCRIOLLO, 2010).

En México, se tienen datos fenotípicos de varias razas de bovinos locales con las que diferentes instituciones han trabajado, de las cuales se hace aquí una breve semblanza, aunque muchos de ellos serán descritos a profundidad en otros capítulos. El Criollo Chinampo de Baja California es un bovino cuyos antecesores fueron introducidos a la Península de Baja California en 1697, donde las distintas variedades quedaron expuestas al ambiente desértico y seco de la región durante muchos años; este es un animal pequeño (255 kg las hembras y 345 kg los machos), pero muy resistente a condiciones de aridez extrema donde es capaz de sobrevivir y reproducirse. Como muchos otros bovinos Criollos, el Chinampo es explotado en sistemas de pastoreo extensivo en zonas marginadas que no son aptas para la cría de razas especializadas, y ha sido muy poco estudiado. El color predominante de la capa es una combinación de blanco con rojo, seguido por el color rojo uniforme, aunque también hay ejemplares negros, blancos con negro y barcinos (Espinoza *et al.*, 2009).

En la sierra de Nayarit se encuentra el ganado Chinampo Nayarita, el cual ha sido menospreciado y tiende a desaparecer sin que se le haya evaluado adecuadamente porque no existe una propuesta encaminada a conocer de manera sistemática su dinámica poblacional. Estos bovinos están a cargo de indígenas Coras y Tepehuanos, y es un ganado sumamente diverso en cuanto al color de la capa y al manejo tradicional en pastoreo extensivo al que es sometido y que incluye la tracción en las labores agrícolas; el peso corporal de los animales va de 278 a 363 kg en hembras y machos, respectivamente. La población de estos animales es reducida (2.2% del total estatal,

pero 12% del ganado evaluado en la Sierra Nayarita) y está en peligro de extinción; su permanencia depende de que se mantengan aislados en comunidades rurales relativamente inaccesibles y de bajos recursos económicos, principalmente en las partes altas de la Sierra Madre Occidental (Martínez, 2005).

En el sureste de México, Méndez *et al.* (2002) realizaron la caracterización morfométrica del bovino Criollo de la Mixteca, en las zonas montañosas y semi-desérticas de Oaxaca, Guerrero y Puebla. Entre sus características sobresalen la resistencia física, su agilidad y el tamaño y forma de los cuernos, encontrando animales de bajo peso corporal (176 ± 51 kg), con perímetro torácico de 134 ± 10 cm, y alzada a la cruz de 103 ± 16 cm. El bovino Criollo Mixteco es criado por diferentes grupos de indígenas y mestizos en sistemas de producción que los autores califican de "primitivos", pero que deberían considerarse muy eficientes desde el punto de vista etnozootécnico, toda vez que han permitido la supervivencia de los animales, por no mencionar el aporte que hacen a la propia persistencia de las familias campesinas que viven en condiciones de alta marginación en la región Mixteca.

En su estudio monográfico sobre los bovinos Criollos de América, de Alba (2011) describe con detalle las características de otras razas locales de bovinos de México, como el Criollo Lechero Tropical (CLT) que se extiende por amplias zonas del continente. Esta raza está formada por varias estirpes con visible parecido y funcionalidad similar entre ellas, y que se les ha denominado con el nombre genérico de Criollas Lecheras Tropicales, cuyas características incluyen alta tolerancia al calor, pelaje corto, resistencia a los parásitos internos y externos, elevada fertilidad y longevidad; el color del pelaje es rojo, con algunas variaciones en intensidad. Actualmente ya se cuenta en México con una asociación nacional de criadores de esta raza.

El ganado Rarámuri de Chihuahua presenta un bajo peso al nacer en vacas igualmente pequeñas (239 kg), mientras que los toros alcanzan entre 293 y 315 kg según se hallaran en las barrancas o en las zonas altas, respectivamente. Este ganado muestra una alta capacidad de sobrevivencia en sitios donde el pasto es escaso, y cubre terreno con increíble facilidad para buscar agua. El color de la capa es muy variable, predominando animales de laterales rojos o negros, berrendos (cuando el color se va fraccionando en pequeñas salpicaduras hacia el tren posterior) y

“joscos”; este último describe la presencia de pelo negro en la cabeza y pecho, con el pelaje rojo o bayo en el resto del cuerpo y con el testus de color rojo o bayo (de Alba, 2011).

El bovino Criollo Nunkiní de Campeche es descendiente de “un cargamento de caballares y bovinos sacados de contrabando de la Isla Hispaniola” que llegó a Campeche en 1543, y que debió adaptarse al trópico para llegar a poblar todo la península y el actual estado de Tabasco. El color del ganado Criollo Nunkiní es variable, con predominio del “josco” arriba descrito, el rojo, el bayo, negro y berrendo, con el pelo de tamaño menor a 5 mm en los ejemplares más puros. El censo actual es muy limitado, de alrededor de 200 cabezas en los terrenos comunales de la población de origen maya (de Alba, 2011).

En el caso de Chiapas, la investigación sistemática sobre los bovinos locales apenas comienza, de modo que los reportes son parciales y abarcan hasta el momento la parte central del estado (regiones Metropolitana y Valles Zoque), la región económica V Altos Tsotsil Tseltal (Perezgrovas *et al.*, 2011), la región XIV Tulijá Tseltal Chol, así como para gran parte de la región XV Meseta Comiteca Tojolabal (Galdámez *et al.*, 2012).

Con todos los antecedentes mencionados, la presente investigación pretende analizar de manera integral la proporción de bovinos Criollos y exóticos y los sistemas de manejo productivo en cinco de las quince Regiones Económicas de Chiapas, con miras a generar conocimiento actual que fundamente su estudio y las acciones que coadyuven primero a su conservación, y luego a su revaloración y fomento. Igualmente se tiene como objetivo analizar las interacciones que existen entre las poblaciones indígenas de Chiapas, su entorno geográfico, la cantidad de razas locales de ganado bovino y los sistemas tradicionales de manejo pecuario, en un intento por establecer los patrones que rigen a estos componentes del sistema de vida de las poblaciones rurales del estado.

Planteamiento del problema

Debido a la influencia de los programas ganaderos oficiales, el material genético local representado por las razas autóctonas de bovinos se ha estado diluyendo gradualmente y, de no realizarse un estudio específico, no se podrán ponderar sus características y posibles aportes como recurso zogenético para el desarrollo rural sustentable. Esta situación ha sido evidenciada por la misma

FAO que, en su reporte sobre la situación de los recursos zoogenéticos mundiales (FAO, 2007), denuncia con alarma la extinción de al menos una raza de ganado cada mes durante lo que va del presente siglo XXI, poniendo énfasis en la erosión genética que representan los cruzamientos indiscriminados con las llamadas razas 'mejoradoras', a las que igualmente denomina 'transfronterizas' por su generalizada distribución.

Eso mismo ha sucedido en México donde, desde 1996, se pusieron en marcha los Programas de Fomento Ganadero de la Alianza para el Campo, entre ellos: a) los llamados GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología); b) Ganado Mejor, que entrega hasta 50% del precio de un semental de razas exóticas; y c) Productividad Pecuaria, diseñado con la idea de mejorar la base productiva de los ganaderos. Todos estos programas se plantearon desde el centro del país para apoyar la capitalización de los ganaderos y acelerar la adopción de tecnología en lo relacionado a alimentación, mejoramiento genético y sanidad, con asistencia técnica a fin de elevar la productividad tanto por unidad de superficie (hectárea) como por unidad animal (cabeza) (<http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/Paginas/default.aspx#>). Debe tenerse en mente, sin embargo, que la producción bovina recae en un número muy limitado de las denominadas razas transfronterizas, cuyo material genético es limitado porque ha sido seleccionado para una alta producción en condiciones zootécnicas controladas; la cada vez más frecuente ocurrencia de desastres de salud animal, como la fiebre aftosa y la 'enfermedad de las vacas locas', ha evidenciado que dicho conjunto de genes ha perdido la resistencia y la rusticidad de las razas originarias, con lo cual podrían defenderse mejor de tales desastres zoonosológicos.

En Chiapas, al sur de México, la situación del ganado Criollo es compleja, pues su propio devenir histórico ha sido un factor determinante para la conservación de las razas locales de distintos animales domésticos. Por su lejanía de los centros administrativos de la Nueva España (México) durante la época colonial, o por haber pertenecido durante muchos años a la Audiencia de los Confines en Centroamérica, o por la enorme concentración de grupos étnicos que defienden sus valores y tradiciones, el caso es que en Chiapas hay una considerable proporción de razas locales de bovinos domésticos como no existe en otras regiones del país. Sin embargo, la falta de

estudios sistemáticos no permite su valoración correcta, y la amenaza de dilución genética sigue latente y ganado terreno de manera persistente.

Procesos metodológicos

En el desarrollo del presente estudio se contemplaron cinco de las 15 Regiones Económicas en que se divide el estado de Chiapas; dichas regiones están situadas en diferentes nichos ecológicos y bandas altitudinales, a saber: I Metropolitana (~570 msnm), II Valles Zoque (~600 msnm), V Altos Tzotzil-Tzeltal (> 1800 msnm), XIV Tulijá Tseltal Ch'ol (~700 msnm) y XV Meseta Comitica Tojolabal. La clasificación del estado en diferentes regiones económicas fue propuesta en 2011 por el gobierno del Estado de Chiapas (<http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/Secciones/InfoPorNivel/.pdf>). Para efectos del presente trabajo, la región V se dividió en dos subregiones: Rural, que comprende comunidades dispersas, y Peri-urbana, que corresponde a los alrededores de poblados y cabeceras municipales; por su parte, la región XV también se subdividió en dos subregiones: Alta, en localidades por arriba de los 1,700 msnm, y Baja, para aquellas por debajo de esa banda altitudinal.

El diseño metodológico empleado en esta investigación incluyó recorridos por carreteras y caminos secundarios, e inspección de hatos ganaderos en las regiones I, II, V y XV, empleando una cédula para registrar las características fenotípicas principales (porcentaje de sangre criolla, cruza predominantes, sexo, edad, color de capa, presencia y tamaño de manchas y condición corporal). El trabajo de campo se pudo mejorar con el uso de binoculares, debido a que algunos de los hatos se encontraban dentro de potreros y sin personas que atendieran a los animales, y con esos lentes fue posible observar con cuidado los indicadores previstos sin tener que brincar los cercos sin permiso.

La proporción de sangre criolla se basó en una modificación de la metodología propuesta por Sponenberg (2012), que considera entre otros indicadores la conformación de orejas y cuernos para establecer el origen taurino o cebuino del animal, asumiendo que las poblaciones originales que llegaron a las américas —y que debieron fundar los ganados criollos— eran de procedencia europea. Igualmente se realizaron entrevistas semiestructuradas a los productores que accedieron

a ello, para establecer las características del sistema tradicional de manejo del ganado y para identificar el tipo de instalaciones que se utilizan para los animales.

Se utilizó una metodología distinta para la región XIV, en donde algunos estudiantes universitarios hablantes de la lengua local (ch'ol) realizaron encuestas cerradas a los productores de los siete municipios que la integran. De este modo fue posible abarcar un gran número de animales que, si bien no se inspeccionaron directamente, fueron los mismos productores quienes proporcionaron información sobre sus características raciales, sobre las prácticas de manejo empleadas, y sobre las instalaciones que se tienen en las diferentes explotaciones ganaderas.

La información generada durante el trabajo de campo se capturó en bases de datos clasificadas por región económica, por municipio y por subdivisión geográfica, aplicando estadística descriptiva para analizar los distintos indicadores de composición racial. En el caso de la región económica XIV, las encuestas se realizaron con productores que asintieron a ello, sin considerar un tamaño específico de muestra, pero tratando de cubrir a la totalidad de los ganaderos, y se basaron en una guía para generar información sobre la genética de los animales, su alimentación, las instalaciones y medidas sanitarias, los apoyos otorgados por distintos programas de gobierno, la capacitación recibida, el acceso a asistencia técnica y los detalles de la comercialización de los animales. El trabajo de campo resultó en información confiable, debido a que los estudiantes que participaron de hecho pertenecen a las distintas comunidades visitadas, donde son personas conocidas a las que no se les negó información alguna.

Toda la información se capturó en una base de datos general, y se procesaron las bases específicas con la paquetería estadística Minitab versión 10.1 para establecer diferencias dentro de y entre regiones y subregiones geográficas.

Los bovinos locales de Chiapas

El total de bovinos relacionados en esta investigación fue de 10,493, lo cual constituye en sí mismo un gran resultado, debido a que es un número considerable de animales. De manera directa se inspeccionaron en total 2,147 bovinos en 207 predios ganaderos correspondientes a las regiones I y II, las dos subregiones de la V, y las dos subregiones de la XV. De manera indirecta también

se registró información de otros 8,346 animales de la región XIV por medio de 311 encuestas. La muestra podría parecer reducida ante un censo estatal de más de 1.4 millones de cabezas, pero debe tenerse en mente que la mayor parte de la ganadería en Chiapas se concentra en grandes explotaciones intensivas o semi-intensivas en las regiones de la costa, las cuales no fueron parte del estudio debido a que por lo general no suelen incluir ganado Criollo.

El análisis de las bases de datos revela un porcentaje global de ganado bovino Criollo en las 5 regiones estudiadas de 24.13%, con un amplio rango que fue de 0.22 hasta 67.3%; esto es debido a la diversidad encontrada en cuanto a climas, entornos geográficos, tipos de productor y sistemas de manejo. Un hecho significativo fue que las mayores concentraciones de animales Criollos se localizaron en comunidades rurales ubicadas en las montañas; una prueba simple de correlación estadística reveló la existencia de un elevado coeficiente de correlación ($r = 0.748$) entre la altitud media y la cantidad de vacas criollas, lo cual vino a confirmar los datos preliminares que se tenían respecto de la presencia de razas locales en áreas montañosas, las cuales están habitadas por diferentes grupos indígenas (Perezgrovas et al., 2014).

En el Cuadro 1 se puede observar que, en términos generales, la cantidad de animales de sangre Criolla pura podría parecer moderada, en especial en las zonas bajas y en los predios ganaderos de población mestiza; sin embargo, la proporción de sangre Criolla se incrementa de manera significativa en las zonas de montaña, en particular donde existen asentamientos indígenas.

La proporción global de bovinos Criollos en las cinco regiones del presente estudio (24.1%) es muy similar a la que reporta el INEGI (2007) para Chiapas en su último censo ganadero y que es de 22.9%. Esta cifra se puede dimensionar mejor si se considera que, según el propio INEGI (2007), Chiapas es el estado con mayor cantidad de ganado "corriente" en todo el país, seguido de Durango (19.1%), Chihuahua (18.6%) y Veracruz (15.4%). A pesar de que los datos oficiales señalan la existencia de esa gran diversidad de genes localmente adaptados, poco es lo que se ha hecho en Chiapas para estudiarlos, valorarlos y tratar de que se preserven como acervo genético y cultural, no sólo para el estado sino para el resto del país.

Siguiendo con los resultados específicos del estudio, la región I Metropolitana (~570 msnm), la XIV Tulijá Tseltal Chol (~700 msnm) y la parte Baja de la región XV Meseta Comitca (~1560

msnm) son las que presentan menor número de bovinos Criollos, y proporcionalmente la mayor cantidad de animales cruzados, predominando en todas ellas la raza Cebú (Cuadro I), seguramente como consecuencia de los programas de Ganado Mejor de la SAGARPA. Esta iniciativa del gobierno federal se dedica a introducir sementales de razas exóticas con miras a generar un incremento en la productividad de las explotaciones ganaderas al ir absorbiendo genes de alta producción dentro de los hatos. Debe considerarse, sin embargo, que este tipo de ganado exótico requiere de una alimentación igualmente mejorada y de prácticas de manejo sanitario que difícilmente pueden ser proporcionadas por los productores campesinos que no pueden pagar la asistencia técnica necesaria; esto significa que, en el corto plazo, los animales “mejoradores” difícilmente podrán cubrir sus altos requerimientos y dejarán de ser “altamente productivos”, para convertirse en animales de bajo rendimiento y que además hay que invertir en diversos insumos veterinarios sólo para mantenerlos con vida.

Cuadro I. Proporción de bovinos Criollos y sus cruzas en cinco regiones económicas de Chiapas.

Región Económica/ Subregión	Altura, msnm	N	Criollos, %	Cruzas, %	Raza exótica predominante
I Metropolitana	570	463	0.2	34.1	Cebú
II Valles Zoque	600	725	9.9	25.9	Suiza
V Altos Tzotzil-Tzeltal					
Peri-Urbano	>2200	94	37.2	5.3	Holstein
Rural	>2200	152	67.3	19.5	Cebú
XIV Tuilijá Tzeltal Chol	<400	8343*	3.2	38.7	Cebú y Suiza
XV Meseta Comiteca					
Subregión Alta	> 1700	190	47.2	26.1	Cebú y Suiza
Subregión Baja	<1700	477	2.1	46.7	Cebú

* Dato proveniente de encuestas con productores, sin inspección de animales

Por su parte, la región II Valles Zoque muestra una ganadería mucho más tecnificada y con una reducida cantidad de bovinos de sangre Criolla (9.9 %), la mayoría de estos últimos pertenecientes a un antiguo proyecto de fomento, probablemente de la raza autóctona española Rubia Gallega; estos animales son el vestigio de un programa de fomento de la década de 1970 y que ha sobrevivido gracias al tesón del dueño actual quien, sin embargo, ya comienza a hacer cruza-mientos con otras razas, diluyendo el material genético original, por falta de apoyo para obtener toros con sangre nueva que evite la consanguinidad.

En las regiones centrales de Chiapas, el sistema de manejo es mayormente tecnificado, con pastoreo en potreros cercados, corrales de alojamiento nocturno y comederos para proporcionar suplementos; los productores utilizan animales de la raza Suiza en sus cruzamientos buscando tener ganado de doble propósito (productores de carne y leche), y están organizados en asociaciones (regionales y nacionales), pueden pagar asistencia técnica y reciben los beneficios de los programas federales y estatales de mejoramiento ganadero. Estos productores son mestizos, hablan español y utilizan un lenguaje y terminología propios de ganaderos. Baste mencionar que el padrón de productores del Programa Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) de la SAGARPA en el municipio de Cintalapa, en la región económica Valles Zoque, es de más de 700 ganaderos; estos propietarios reciben apoyos en efectivo, a razón de \$375 por bovino los pequeños productores (5 a 35 cabezas de ganado mayor) y \$300 si tienen hasta 300 semovientes, con el compromiso de realizar obras de aprovechamiento sustentable del suelo y agua tales como cercados para división de potreros, aireación de pastizales en suelos muy compactados y establecimiento de viveros con especies de interés múltiple para uso en el predio.

A estos apoyos monetarios se puede acceder cumpliendo una larga lista de 92 requisitos, la mayor parte de los cuales corresponde a los titulares de parcelas ejidales o comunales (SAGARPA, 2008). Aunado a lo anterior, existen programas federales y estatales como el llamado "Ganado Mejor", que hacen entrega de sementales de razas exóticas o transfronterizas, los que están especializados en la producción de carne (http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/PROGAN_12/progran_chia_2012.pdf). Estas consideraciones permiten entender por qué la cantidad

de ganado Criollo no fue significativa en las regiones I, II y XIV, con ganaderos mestizos que utilizan razas exóticas (Cebú, Suiza) y un mayor grado de tecnificación y asistencia técnica.

Muy por el contrario, al llegar a las zonas montañosas de Chiapas el escenario cambia de manera radical; aquí se incrementa significativamente el número de animales Criollos, y la mayoría de ellos está a cargo de pobladores indígenas de las etnias tzotzil, tzeltal y tojolabal. Como características generales, estos productores son de menores recursos, no están integrados a asociaciones o gremios ganaderos y no reciben asistencia técnica; por lo general, estos productores utilizan un sistema tradicional de manejo basado en el pastoreo extensivo, no aplican medicamentos o biológicos (vacunas) y no proporcionan suplementación alimenticia más allá de la sal común.

Es posible comprender que dichos productores marginales estén fuera de los apoyos institucionales, y sólo se necesita revisar la extensa lista de 92 requerimientos que hace la SAGARPA para poder acceder a los beneficios económicos del PROGAN, 61 de los cuales corresponden a los propietarios de ganado que detenten certificados de propiedad ejidal o comunal, siempre y cuando se comprometan a reforestar con 30 plantas por cabeza beneficiada, que todos sus vientres bovinos estén vacunados contra brucelosis, que todo el hato reciba suplementación mineral comprobable y que tenga una identificación oficial por medio de los aretes que proporcionad el SINIIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado) de la SAGARPA, y que además se comprometan a realizar algunas de las obras de conservación de suelos y aguas especificadas en el Catálogo 2 de las Reglas de Operación.

Como se puede apreciar, el laberinto burocrático debe resultar demasiado complicado para un pequeño productor campesino o indígena que tal vez ni siquiera tenga el castellano como lengua materna. La realidad es que dichos programas federales y estatales de fomento ganadero están beneficiando a una minoría de productores tecnificados que pertenecen a alguno de los gremios de esta actividad. Tan es así, que los propios datos del último censo ganadero (INEGI, 2007) establecen que 43% de las unidades de producción (UP) ganadera de Chiapas emplean sistemas de libre pastoreo extensivo con 65% del hato estatal, mientras que apenas 12% de las UP mantiene su ganado bajo pastoreo controlado (19% del hato estatal). Para confirmar esta tendencia de que la ganadería Criolla chiapaneca está mayormente en manos de productores

campesinos e indígenas, el resultado del censo ganadero igualmente específica que sólo 11% del ganado de Chiapas consume algún tipo de alimento balanceado y que únicamente poco más del 1% de los bovinos están dentro de programas reproductivos basados en la inseminación artificial (INEGI, 2007).

El panorama anterior permite vislumbrar al menos dos ángulos de la problemática; por un lado, los programas de fomento ganadero están siendo aprovechados por los productores con mayores recursos, quienes prefieren ir cambiando gradualmente su ganado hacia biotipos más comerciales ayudados por los apoyos oficiales y por medio de sementales foráneos de los llamados “mejoradores”, sin darse cuenta que están reduciendo peligrosamente la base genética del ganado bovino, de modo que ahora se encuentra apenas media docena de esas razas exóticas o transfronterizas. Por el otro, los pequeños productores campesinos e indígenas de Chiapas quedan, por lo general, al margen de esos apoyos en efectivo y en especie, pero mantienen un ganado muchísimo más resistente a situaciones precarias de alimentación y alojamiento, de mayor rusticidad y que es menos vulnerable a enfermedades y a los riesgos derivados del cambio climático; además, estos animales locales representan igualmente un conjunto de genes valiosos que son susceptibles de preservarse (*in situ* y/o *ex situ*) para las futuras generaciones, y que introducen elementos de sostenibilidad al sistema productivo pecuario —y al modo de vida cotidiano— de las poblaciones menos favorecidas.

El hecho que los bovinos Criollos de Chiapas sean más numerosos en zonas de orografía accidentada y a mayor altura sobre el nivel del mar, así como entre productores pecuarios pertenecientes a alguna población indígena, ya había sido reportado en otros estados de la República y con otros bovinos Criollos. Tal es el caso del ganado bovino autóctono de Nayarit, que se asocia a poblaciones de las etnias Huichol y Tepehuana que habitan en los parajes que están más alejados y que son de difícil acceso (Martínez, 2005), y que sería el mismo caso para el ganado Rarámuri de la sierra Tarahumara de Chihuahua, como ya se mencionó en los antecedentes de este trabajo.

Sobresale en el presente estudio la cantidad de vacas Criollas en las áreas rurales de la región V Altos (67.3%), que fue el porcentaje más elevado de todas las regiones analizadas; esta zona montañosa está habitada por indígenas de las etnias tzotzil y tzeltal, y tienen a la cría de vacas

como un componente básico de sus estrategias diversificadas de desarrollo. Los productores indígenas de esta región se ocupan principalmente en la agricultura, en específico la siembra de maíz y frijol en pequeñas parcelas, pero que también dedican una parte de su labor a la cría de animales domésticos utilizando sistemas de manejo de bajos insumos, como igualmente pueden ocuparse como jornaleros en la agricultura o en la construcción, o dedicarse de tiempo parcial al comercio y al transporte.

Al consultar directamente con ellos, los productores indígenas mencionaron que su ganado Criollo se enferma menos, produce con pocos insumos externos, si acaso sal común, y resiste mejor las condiciones ambientales adversas, principalmente la lejanía de las fuentes donde se encuentra el agua y las variaciones estacionales en la disponibilidad de forraje; todas estas características han permitido y siguen permitiendo la persistencia de las razas locales y les dan una ventaja sobre las exóticas. Este es el modo de vida integral del campesino de bajos recursos y del indígena cuya existencia está en el límite de la marginación, para quienes no es conveniente poner toda su energía y recursos en una sola gran actividad, lo que conlleva un riesgo inherente, sino tener diversas fuentes de ingreso que amortiguan dicho riesgo y coadyuven a lograr la subsistencia.

Este último factor debe tomarse muy en cuenta, en especial ante las evidencias de desastres ambientales asociados al cambio climático, lo cual no es algo de ciencia ficción, sino una triste realidad en todo el mundo, donde ya son evidentes las modificaciones en los patrones anuales de temperatura y de precipitación pluvial, que deben estar poniendo focos rojos en la reducida base genética de las razas transfronterizas, que son tan carentes de resistencia, adaptación, rusticidad y resiliencia.

Siguiendo con los resultados, la cantidad de bovinos Criollos se reduce a la mitad en las zonas peri-urbanas de la región V Altos, empezándose a ver ganado Holstein y Jersey, propio de las tierras templadas, aunque en menor grado de cruzamiento (6 a 19%); hay que recordar que los productores de estas áreas son mestizos que alcanzan un mayor nivel de estudios y que disponen de medios electrónicos para obtener información y asesoría técnica. Cabe mencionar que esta sub-división en zonas urbana y peri-urbana no se encontró reportada en la literatura, si bien el tema de la agricultura urbana es muy trabajado en el centro del País como estrategia de

desarrollo sostenible en las grandes urbes (Losada *et al.*, 2001), y que tiene una dinámica muy diferente a la de la producción agropecuaria campesina e indígena de Chiapas, incluso en las zonas peri-urbanas, que se caracteriza por mantener las condiciones de las comunidades de origen.

En otro orden de ideas, y tratando de emplear un enfoque de género, se pensaba que la actividad ganadera campesina e indígena era exclusivamente una responsabilidad de los varones y los jefes de familia, pero no es así, pues se ha observado en esta investigación que las mujeres están participando ahora en forma cada vez más directa y activa en el cuidado del ganado mayor, además de las labores que ya realizaban, asumiendo ellas los compromisos de los varones que salen de sus comunidades para contratarse como jornaleros o que tratan de buscar otras fuentes alternativas de ingreso para subsanar necesidades monetarias. La situación se complica aún más ante las dificultades que muestra el relevo generacional en las actividades agropecuarias, particularmente las ganaderas, pues cada día es más frecuente observar que los jóvenes ya no quieren ocuparse de los hatos o de las tierras agrícolas familiares, y prefieren buscar nuevas fuentes de ocupación y de generación de ingresos económicos. Esta es una situación que deberá estudiarse de manera particular en el futuro cercano, pues es un ángulo poco conocido de la ganadería bovina chiapaneca.

Propuesta de razas locales

Un aspecto digno de resaltar en esta investigación es la existencia de una gran diversidad en los biotipos de ganado bovino autóctono, particularmente en las áreas montañosas de Chiapas. El registro de las características fenotípicas de varios cientos de animales sirvió para evidenciar la presencia de una serie de patrones comunes respecto de la apariencia externa del ganado local, los cuales se repetían con cierta frecuencia en todas las regiones económicas estudiadas; esta situación permitiría pasar de un escenario de ganado Criollo genérico, a otro con diferentes razas de bovinos localmente adaptados.

Cabe mencionar que esta no es una iniciativa nueva a nivel mundial, pues diferentes países de Europa y América están dedicando recursos humanos y económicos al estudio, la preservación y el fomento de sus razas autóctonas de ganado local, en todas las especies, y

ya se encuentran pasando de la formación de asociaciones ganaderas al fomento de bienes y servicios pecuarios con valor agregado, ya sea en forma de productos y subproductos con denominación de origen que resalten la procedencia desde las razas locales, muchas veces por medio de procesos artesanales, o bien a través de estrategias relacionadas con el ecoturismo rural asociado a los sistemas tradicionales de cría de las razas autóctonas de ganado. En otras latitudes, la gente paga por ser testigo presencial de estas prácticas ancestrales de manejo animal, así como las razas locales de animales domésticos.

La primera iniciativa para conformar y definir las razas de bovinos autóctonos de Chiapas fue presentada recientemente por Perezgrovas *et al.* (2014), quienes no sólo consideraron las características fenotípicas que se presentaban de manera recurrente en los bovinos Criollos, sino que intentaron asociarlas con aquellas que presentan en la actualidad los ejemplares de algunas razas autóctonas españolas. En orden decreciente, a continuación se describen los biotipos más frecuentes en varias regiones de Chiapas, y que muestran una uniformidad fenotípica que representa un potencial para constituir razas de bovinos localmente adaptados; igualmente se propone la denominación que se les puede dar a estos biotipos chiapanecos.

Biotipo "Serrano"

Este biotipo representa el 26% de los ejemplares de raza Criolla encontrados en Chiapas, mayormente en áreas montañosas, pero también en aquellas por debajo de los 1,000 m snm, lo que le confiere una amplia distribución. El bovino Serrano es un animal de tamaño mediano (350-450 kg), con capa de color café oscuro muy cercano al negro, y que presenta una línea dorsal de color amarillo o rojizo de unos 15 cm de ancho; el testuz y el interior de las orejas están cubiertos de pelo largo de color rojo, y muestra un típico color crema en el morro (Figura 1). La línea dorsal pálida está asociada al locus con símbolo mendeliano **Aⁱ** (de Alba, 2011). Los cuernos son delgados, de tipo europeo (*Bos taurus*) con dirección horizontal, luego hacia adelante y finalmente con las puntas hacia arriba; las orejas salen de la cabeza en dirección horizontal, son pequeñas y de forma redondeada.

Por sus características externas, el bovino Serrano de Chiapas se asemeja a la raza autóctona española Serrana de Teruel, antes conocida como raza Pajuna, que se encuentra en áreas montañosas de la provincia andaluza de ese país y que se caracteriza por el testuz algo saliente y cubierto de pelo abundante de color rojo encendido en los toros, de capa castaño oscuro y bociclaro (orla blanca alrededor del morro), con listón o decoloración a lo largo del raquis; estas características son exactamente las mismas que se pueden apreciar en el Serrano de Chiapas. Cabe hacer mención que este biotipo Serrano muestra también alguna semejanza con el ganado bovino de las Islas Canarias, al menos con las variedades oscurecidas en las que la cabeza pigmentada está orlada por una franja clara en el morro (Sánchez, 1984). Hay que recordar que el ganado Canario es bastante heterogéneo en virtud de su origen desde varias regiones de España, incluso del norte del país, y con alguna influencia de ganado africano.

Biotipo "Alteño Negro"

La frecuencia de este biotipo Criollo es de 22%, y está compuesto por animales de tamaño mediano (350-450 kg), con la capa de color negro sólido (símbolo mendeliano **E**), ocasionalmente con una mancha blanca de forma irregular y tamaño variable en el vientre (de Alba, 2011). Los cuernos son delgados de tipo europeo, con la misma disposición que la descrita para el Serrano, con las orejas que también salen en posición horizontal (Figura 2). Ocasionalmente se puede observar una mancha blanca irregular y de tamaño variable en el bajo vientre, lo cual definitivamente no constituye un inconveniente para los productores campesinos.

Su apariencia externa recuerda a la raza autóctona española Negra Andaluza que se localiza en el sur de la Península Ibérica, y cuyas características etnológicas muestran una capa de color negro zaíno con manchas ocasionales (e indeseables en España) de color blanco en el vientre; las orejas son pequeñas y ovoides (Sánchez, 1984).

Biotipo "Pinto"

Este biotipo se encuentra en las comunidades de montaña con una frecuencia de 18%; son animales de tamaño pequeño (300-400 kg), y su principal característica externa es la presencia en su

cuerpo de una serie de manchas grandes en tonos rojos o cafés y de forma irregular; los cuernos son de tipo europeo y las orejas se disponen en una posición horizontal. Las crías reproducen con facilidad la apariencia externa de sus madres, lo que indica que este fenotipo tiene una alta repetibilidad, en virtud de que fue muy común encontrar vacas pintas con sus becerros de la misma apariencia (Figura 3). Ello se comprueba porque la simbología mendeliana de este biotipo (**Bc1**, **Bc2**) se denomina “salpicaduras dominantes” de manchas irregulares sobre fondo blanco (de Alba, 2011).

Aunque existen en España varias razas autóctonas con manchas de diversos tipos, como la Mostrenca y las Berrendas en Rojo y en Negro originarias de Andalucía, no se encontró un ancestro precisamente con estas características de color en la capa externa. Hay que recordar, sin embargo, que esta provincia española pudo ser la que aportó mayor cantidad de animales de las diferentes especies que fueron llevados a las Islas Canarias y al Nuevo Mundo.

Figura 1. Biotipo 'Serrano' de las montañas de Chiapas.



Figura 2. Biotipo 'Alteño Negro' de las montañas de Chiapas.



Figura 3. Biotipo 'Pinto' de las montañas de Chiapas.



Figura 4. Biotipo 'Tostado' de las montañas de Chiapas.



Biotipo "Tostado"

Los integrantes de este biotipo son animales de tipo mediano (350-450 kg), cuya frecuencia en los hatos es de 16%. Estos bovinos se caracterizan por tener la capa de color castaño oscuro o rojizo (tipo alazán), con un distintivo oscurecimiento de la cabeza y el cuello en tonos negruzcos o café oscuro (Figura 4), es decir, con el locus Agutí de símbolo mendeliano **A** que significa tener la cara y las extremidades de color negro con el resto del cuerpo en rojo. Estos animales se denominan "hoscos o joscós" en otros estudios realizados en Latinoamérica (de Alba, 2011), y su amplia distribución a nivel nacional les confiere un buen potencial para ser sujetos de investigaciones de mayor cobertura. Los cuernos son de tipo europeo y las orejas se observan en posición horizontal. Su apariencia externa sugiere a la raza Pajuna del sur de España como su antecesora (Sánchez, 1984).

Cualquiera de estos cuatro biotipos resulta ser muy atractivo para dar inicio a una serie de estudios específicos sobre su productividad, perfil genético, patrones reproductivos, rusticidad, condiciones sanitarias, etcétera, así como el gusto de los productores por mantener animales de estas características externas dentro de sus hatos.

Los otros biotipos encontrados en las montañas de Chiapas, pero que se observan con una menor frecuencia en los hatos de las comunidades indígenas y campesinas de las montañas, son los siguientes, incluyendo el nombre de su capa y el símbolo mendeliano: Rojo (**E**), Ruano (**Rⁿ**), tipo Criollo Lechero Tropical, Barcino o Atigrado (**E^{br}**) y Berrendo (**S^e**) en negro y en rojo. Los distintos pelajes de los fenotipos de bovinos chiapanecos ya habían sido descritos para algunas razas de vacas criollas que se presentan en otras regiones de México, a veces con otros nombres (de Alba, 2011), y en general recuerdan algunas razas autóctonas españolas, aunque no se han realizado suficientes análisis específicos para establecer su cercanía genética, lo cual a todas luces sería una empresa digna de mayor consideración y análisis de pertinencia.

Como se observa en los párrafos anteriores, las razas autóctonas españolas asociadas a los biotipos localmente adaptados de Chiapas son de procedencia mayormente andaluza, provincia de donde salían las embarcaciones hacia el Nuevo Mundo en la época colonial; esta situación tiene una lógica geográfica si se piensa que las reses que subían a las naves se adquirían en las estancias ganaderas cercanas a los principales puertos, que en ese momento histórico eran Sevilla y Cádiz. Cabe mencionar, sin embargo, que existe un debate sobre la procedencia andaluza de las vacas que cruzaban el Atlántico, y que ahora se reconocen genes que provienen de ganado del norte de España (Galicia, Asturias) en los bovinos de las Islas Canarias (Sánchez, 1984), y que seguramente eran embarcados desde ahí hacia el Nuevo Mundo. Una explicación plausible es que, una vez regularizado el comercio entre las Islas Canarias y la Península Ibérica a principios del siglo XVI, “era más fácil transportar las mansas vacas norteñas que los broncos bovinos béticos” (Sánchez, 1984: 363).

Conclusiones

La variedad de los biotipos encontrados en los estudios previos y descritos en el presente texto, puede dar una idea clara de la diversidad genética que todavía se puede observar en las montañas de Chiapas, y que confirma los datos que ofrece el INEGI (2007) sobre la gran cantidad de ganado “corriente”. Sin embargo, esa gran cantidad de genes autóctonos requiere de un mayor esfuerzo y de un compromiso institucional para avanzar en su estudio metódico y su preservación, ante un panorama de dilución y extinción que ya no se debe soslayar sino, por el contrario, considerar como motivación y aliciente para dar fuerza y continuidad a los estudios sistemáticos de caracterización racial y de los sistemas empíricos de manejo que les han permitido persistir durante siglos.

En las montañas de Chiapas, la finalidad de la población indígena al mantener ganado bovino Criollo puede cumplir varios propósitos, algunos de orden económico (ingresos por venta de animales, crías o leche, ahorro para emergencias) y otros de índole social (prestigio, preservación de tradiciones, amortiguación de riesgos, saberes tradicionales que pasan de generación en generación). Además, los productores indígenas mencionaron que su ganado Criollo se enferma menos, produce con pocos insumos externos y tiene una mayor resistencia a las condiciones

ambientales; ellos utilizan sistemas de manejo extensivo con instalaciones rústicas, y la asistencia técnica es insuficiente o en realidad inexistente.

En cuanto a las características externas de los bovinos Criollos, en orden descendiente, los fenotipos más frecuentes fueron el Serrano (capa oscura, línea dorsal y testuz rojo, morro blanco), el Alteño (color negro sólido), el Pinto (manchas rojas o cafés irregulares), y el Tostado (capa rojiza, cabeza y cuello de color más oscuro), encontrando además fenotipos menos frecuentes como barcinos (atigrados), rojos y ruanos. Los distintos pelajes de los fenotipos de bovinos chiapanecos ya habían sido descritos para otras razas de vacas criollas que se presentan en otras regiones de México, a veces con otros nombres (de Alba, 2011), y en general recuerdan algunas razas autóctonas españolas.

La cantidad de ganado Criollo no fue significativa en las regiones I, II y XIV, con ganaderos mestizos que utilizan razas transfronterizas, un mayor grado de tecnificación y con acceso a asistencia técnica; las razas exóticas más frecuentes fueron Cebú y Suiza en las tierras bajas, y Holstein, Jersey y Suiza en las tierras altas.

Se encontró una relación directamente proporcional entre la cantidad de bovinos Criollos, la altura sobre el nivel del mar de las explotaciones pecuarias y la existencia de población indígena (coeficiente de correlación $r = 0.748$). Los productores mestizos tienen mayor cantidad de bovinos cruzados y de razas exóticas, y utilizan sistemas de manejo tecnificados, pero la base genética de su hato es muy reducida, si acaso de media docena de razas transfronterizas, lo cual representa un riesgo ante los acontecimientos ambientales y sanitarios que derivan del cambio climático y que día a día se van haciendo más frecuentes en todo el mundo.

Los productores indígenas de Chiapas preservan una considerable diversidad de fenotipos de bovinos Criollos y emplean sistemas tradicionales de cría en pastoreo extensivo con mínima utilización de insumos externos, sin recibir asistencia técnica ni los beneficios de los programas federales o estatales de fomento pecuario; a pesar de ello, la cría de bovinos localmente adaptados dentro de las comunidades forma parte de complejas estrategias de subsistencia que disminuye el riesgo que conlleva el obtener todos sus ingresos de una sola actividad productiva. El cruzamiento del germoplasma Criollo de manera indiscriminada está provocando una peligrosa dilución de

este material genético, el cual no ha sido aún estudiado de manera sistemática ni valorado con justicia. Actuar hasta mañana en su preservación puede ser ya demasiado tarde.

Agradecimientos

El presente artículo deriva del proyecto titulado “Desarrollo histórico de la ganadería bovina en Chiapas: inicio de la época colonial”, que se realiza con convenio de asignación de recursos para el fortalecimiento científico y tecnológico del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Chiapas (COCYTECH), al que se agradece su valioso patrocinio.

Referencias bibliográficas

- ASOCRIOLLO. (2010). Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano. *Tipificación del ganado Criollo Mexicano de los estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit*. Chihuahua, Chih., México.
- de Alba M., Jorge. (2011). *El libro de los Bovinos Criollos de América*. El Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México, 444 pp.
- Espinoza V., J. L., Guevara F., J. A. y Palacios E., A. (2009). Caracterización morfométrica y faneróptica del bovino Criollo Chi-nampo. *Archivos de Zootecnia*, vol. 58: 277-279.
- FAO. (2007). *Lista Mundial de Vigilancia para la Diversidad de los Animales Domésticos*. 2ª edición, Roma, Italia, FAO.
- Galdámez F., D., Perezgrovas, R., Vázquez, D. y Zaragoza, L. (2012). Estudio preliminar de los bovinos Criollos de la Región Económica 15 Meseta Comiteca Tojolabal, p. 355-356, *Memorias del 5º Congreso de Investigación UNACH*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- INEGI. (2007). *VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. Unidades de producción y existencias totales de ganado bovino según sistemas de producción (Cuadro 37) y según tipo de tecnología empleada (Cuadro 38), Aguascalientes, Ags.
- Losada, H., Bennett, R., Cortés, J., Vieira, J. y Soriano, R. (2001). The Mexico City milk supply system: Structure, function and sustainability. *Agriculture and Human Values*, vol. 18: 305-317.
- Martínez Velázquez, Guillermo. (2005). *El ganado bovino Criollo en Nayarit: ubicación y población estimada*, Folleto Técnico N° 1. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental 'El Verdineño', Santiago Ixcuintla, Nayarit.
- Méndez M., M., Serrano P., J., Ávila B., R., Rosas G., M. y Méndez P., N. (2002). Caracterización morfométrica del bovino Criollo Mixteco. *Archivos de Zootecnia*, vol. 51: 217-221.

- Perezgrovas G., Raúl. (2004). *Los Carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en Los Altos de Chiapas*. 3ª Edición. Serie Monografías N° 5. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas y Fundación Produce Chiapas, A. C. 307 pp.
- Perezgrovas G., Raúl. (2005). *La lana del Tunim Chij, el 'Venado de Algodón'*. 1ª edición. Serie Monografías N° 8. Instituto de Estudios Indígenas, UNACH y Fundación Produce Chiapas, A. C. 363 pp.
- Perezgrovas G., Raúl. (Editor). (2007). *Cría de cerdos autóctonos en comunidades indígenas*. Serie Monografías N° 9. Instituto de Estudios Indígenas, Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. 246 pp.
- Perezgrovas G., R. y Parés C., P. M. (2013). *Razas autóctonas de ganado lanar en Iberoamérica. Desarrollo histórico y características de la lana*. Universidad Autónoma de Chiapas. Instituto de Estudios Indígenas. Red CONBIAND. Taller de Publicaciones SPAUNACH. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Perezgrovas G., R., Jerez S., M. P. y Camacho E., M. A. (2014). *Gallinas criollas y guajolotes nativos de México. Características y sistemas de producción*. Red CONBIAND México, IEI-UNACH, ITVO-Oaxaca, UMAR-Oaxaca. Talleres Gráficos de la UNACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Perezgrovas, R., Vázquez, D., Rodríguez, G. y Galdámez, D. (2011). Aproximación fenotípica a la diversidad de los bovinos criollos en la región central montañosa de Chiapas, México, *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, vol. 1: 384-387.
- Perezgrovas G., R., Vázquez M., D. y Galdámez F., D. (2014). Características fenotípicas de bovinos criollos con potencial para conformar razas locales chiapanecas, pp. 565-570, *Memorias del Congreso Mesoamericano de Investigación UNACH*, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Octubre de 2014.
- SAGARPA. (2008). Lineamientos específicos del componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) de la SAGARPA, Publicado el 31 de diciembre de 2007 en el Diario Oficial de la Federación.
- Sánchez Belda, Antonio. (1984). *Razas bovinas españolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Sponenberg, Philip. D. (2012). *Criollo cattle breed purity assessment*, Draft for discussion. Virginia-Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Virginia Tech., Blacksburg, Virginia, USA.
- Vázquez Montejo, Daría. (2014). Evaluación fenotípica y del sistema de manejo en bovinos criollos de dos regiones económicas de Chiapas. *Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical*. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Febrero de 2014.

UNACH

IX.

**LA DIVERSIDAD GÉNÉTICA
DE LOS BOVINOS CRIOLLOS
MEXICANOS MEDIANTE SECUENCIAS
DE DNA MITOCONDRIAL**

UNACH

LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS BOVINOS CRIOLLOS MEXICANOS MEDIANTE SECUENCIAS DE DNA MITOCONDRIAL

Paulina Lezama Núñez

Investigadora independiente (Toronto, Canadá). paulinalezama@hotmail.com

Origen y diversidad del ganado bovino mediante estudios genéticos moleculares

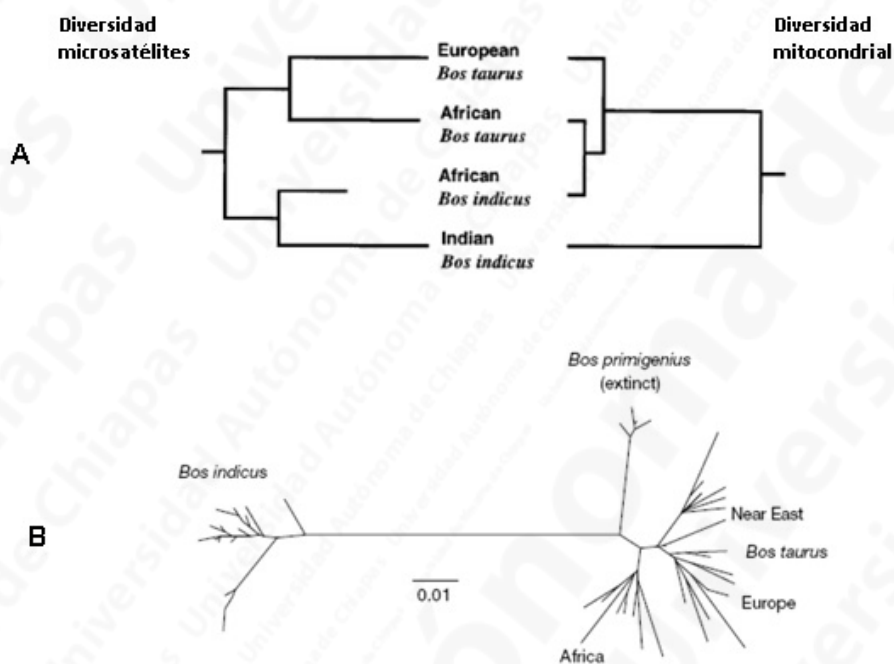
Actualmente, la diversidad genética del ganado bovino está representada por alrededor de 800 razas en todo el mundo, de las cuales una parte importante es producto de la cruce entre las dos especies que lo constituyen (ganado taurino, *Bos taurus*, y cebuino, *Bos indicus*). En el Viejo Mundo, las razas de origen híbrido presentan una distribución amplia en Asia y África, mientras que las razas cebuinas puras son más comunes en las zonas áridas (India, el Cercano Oriente, y la mayor parte de África), y las taurinas en zonas más templadas, húmedas y frías (Eurasia, África occidental y del norte) (Bradley *et al.*, 1998).

Hasta hace unas décadas se consideraba que el ganado vacuno tenía un sólo origen, siendo el cebuino descendiente del taurino, previamente domesticado y que, como consecuencia del manejo humano y su adaptación a ambientes áridos, habría desarrollado un fenotipo diferente; el ganado taurino, a su vez, se suponía descendiente de los uros silvestres, *Bos primigenius*, que

tuvieron amplia distribución en Asia, Europa y África. La presencia de ambas especies en el continente africano se explicaba por su introducción vía europea y asiática. Estos supuestos se basaban en estudios de naturaleza histórica, arqueológica, morfológica y fisiológica; sin embargo, evidencias arqueológicas más recientes, y otras de tipo citogenético y molecular, sugieren que hubo por lo menos dos eventos independientes de domesticación a partir de diferentes poblaciones de uros silvestres (Figura 1) (Bradley *et al.*, 1998; Bruford *et al.*, 2003; Dobney & Larson, 2006; Zeder *et al.*, 2006).

A partir de los patrones de polimorfismo encontrados en proteínas sanguíneas y lácteas (albúminas, globulinas, transferrinas, caseínas, etcétera), así como en otros marcadores moleculares, como los microsátélites y el ADN mitocondrial, es posible no solamente corroborar clasificaciones morfológicas de organismos, sino diferentes aspectos de su historia evolutiva. Es el caso de los bovinos domésticos, tanto del tipo taurino como cebuino. Para estas especies, una variedad de polimorfismos y sus frecuencias en las poblaciones han confirmado previas clasificaciones morfológicas, pero también han revelado agrupamientos incorrectos de razas, familias de razas y linajes bovinos completos, así como las consecuentes interpretaciones en cuanto a su historia y, en general, de su proceso de domesticación (Figura 1). Por otro lado, las frecuencias alélicas extremas o polimorfismos únicos ya sea en poblaciones *B. taurus* o *B. indicus*, son útiles para la identificación de hibridación entre ellas. La información genética de esta naturaleza es de importancia primordial para fines de manejo y conservación (Baig *et al.*, 2005; Baker & Manwell, 1980; Beja-Pereira *et al.*, 2002; Beja-Pereira *et al.*, 2003; Bradley *et al.*, 1998; Bruford *et al.*, 2003; Cymbron *et al.*, 2005; Dobney & Larson, 2006; Hanotte *et al.*, 2002; Hanotte *et al.*, 2000; Ibeagha-Awemu *et al.*, 2004; Jann *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2003; Loftus *et al.*, 1999; MacHugh *et al.*, 1997; Zeder *et al.*, 2006).

Figura 1. Relaciones filogenéticas entre el ganado europeo, africano e hindú (A, tomada de Bradley *et al.*, 1998 y B, tomada de Troy *et al.*, 2001).



Diversidad haplotípica mitocondrial de los bovinos domésticos

El ADN mitocondrial (DNAMt) es una molécula circular constituida por dos hebras. A la hebra exterior se le denomina H y su origen de replicación se halla en la región control (CR). La hebra interior L, por su parte, se localiza en el *cluster* de RNAs de transcripción (RNAt).

En una representación esquemática del genoma mitocondrial, pueden observarse los componentes para los que codifica (genes, aminoácidos y RNAt) y su localización. Dentro de la CR, a su vez, se encuentra una región no codificante denominada D-loop (*displacement loop*) (Figura 2). Esta región consta de 910-920 pb, con una fuerte tendencia a la mutación por transiciones y una parte altamente variable de 375 pb, que incluye casi el 60% del polimorfismo (Figura 3).

Figura 2. Genoma mitocondrial típico de vertebrados. Los genes de proteínas se simbolizan de la siguiente manera: Cyt b - citocromo b; subunidades CO I, CO II y CO de la citocromo oxidasa; subunidades ND I - 6 de la NADH reductasa. Los genes de rRNA están representados por las tres letras de sus aminoácidos abreviados. También puede observarse la localización de la región control (*control region*) (Pereira, 2000).

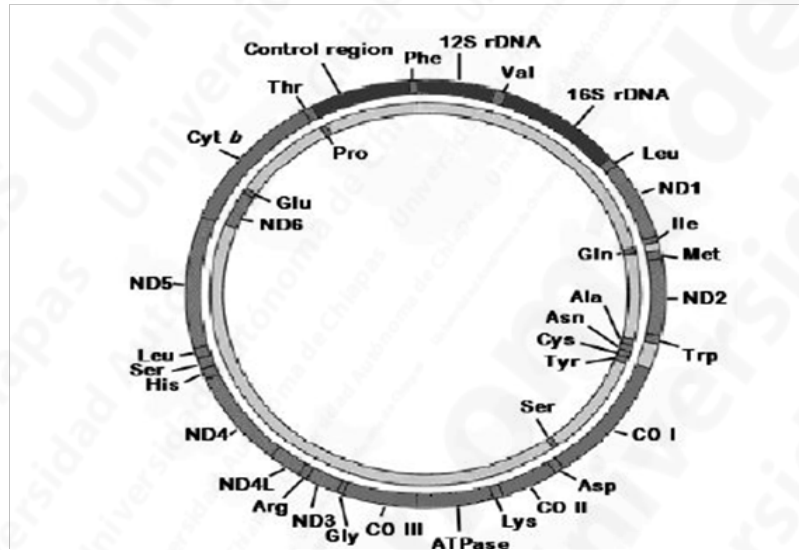
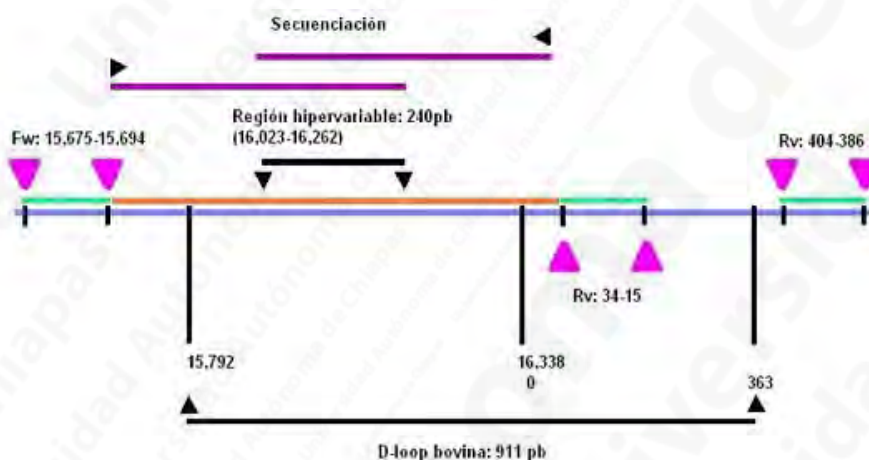


Figura 3. Región hipervariable de la D-loop del genoma mitocondrial bovino. Consta de 240 pb y se sitúa entre las posiciones 16,023-16,262 dentro de la CR, que a su vez consta de 911 pb y se ubica entre las posiciones 15,792-0 y 1-363. Para el estudio de Lezama *et al.* (2008) se diseñaron los iniciadores Fw (posiciones 15,675-15,694) y Rv (posiciones 404-386) que permitieron la amplificación de una región de >1 kb incluyente de la CR completa. Este mismo iniciador Fw más el iniciador Rv (posiciones 34-15) se utilizaron para la secuenciación de las cadenas *forward* y *reverse*, respectivamente. Con el empalme de ambas cadenas se obtuvo una secuencia consenso de ~240pb para cada individuo (Lezama, 2008).



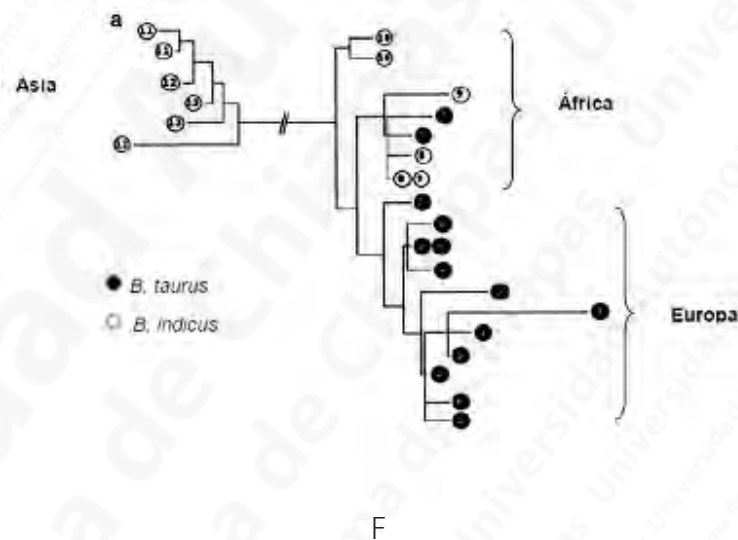
Loftus *et al.* (1994) caracterizaron por primera vez el patrón filogenético que muestra la secuencia nucleotídica de la región D-loop del genoma mitocondrial bovino. En el estudio, se describieron 26 haplotipos (2/raza) para algunas razas nativas de Asia (India) (3 razas), Europa (6 razas) y África (4 razas), sus relaciones filogenéticas y la divergencia que existe entre ellos. El árbol filogenético mostró el agrupamiento de los haplotipos en dos ramas muy bien definidas, separadas de manera profunda, y casi totalmente congruentes con los dos fenotipos de ganado: una correspondiente a las razas europeas, todas *B. taurus*, y la otra correspondiente a las razas asiáticas *B. indicus*. Inesperadamente, todos los individuos de razas africanas cebuinas presentaron haplotipos del grupo europeo (Figura 4).

Para estimar el tiempo de divergencia de ambos lados de su último ancestro en común, se tomaron en cuenta dos tasas de sustitución nucleotídica, la primera tomada de la D-loop humana, y la segunda calculada a partir del tiempo de separación de un grupo externo cercano (el bisonte,

B. bison). Los dos cálculos resultaron del orden de cientos de miles de años (210,000 y 740,000 años, respectivamente). La magnitud de esta separación filogenética, aunada a otras evidencias genéticas que concuerdan con las diferencias morfo y fisiológicas entre ambos tipos de ganado, fueron la confirmación de que *B. indicus* y *B. taurus* descienden de dos linajes, ya independientes desde tiempos previos a su domesticación, es decir, de que el ganado cebuino no es descendiente del taurino.

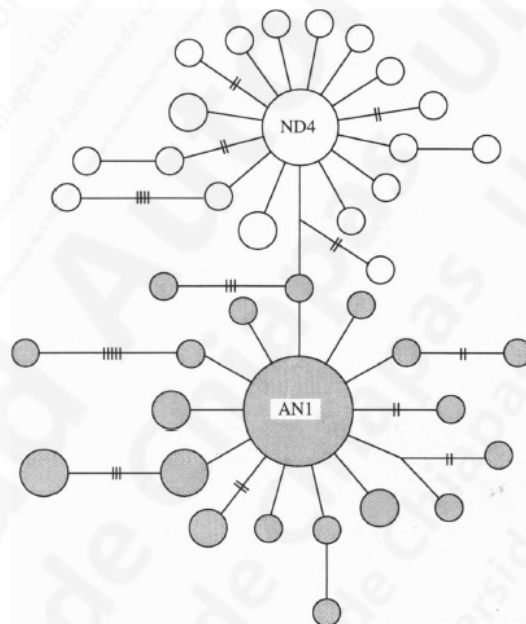
Desde la publicación de este trabajo, la propuesta de un origen independiente del ganado *B. indicus* en alguna región del Valle del Indo (hoy Paquistán y noroeste de la India), ha sido favorecida por otros hallazgos arqueológicos y genéticos (con microsatélites, por ejemplo). Por otro lado, a pesar del fenotipo cebuino de numerosas razas africanas y de la influencia cultural histórica del Levante en este continente, no existen haplotipos *B. indicus* en África, lo cual reveló el origen híbrido de gran parte del ganado africano y sugiere que la influencia cebuina ha sido predominantemente paterna, aunque los haplotipos maternos de origen asiático pueden estar ausentes por otras razones (pérdida por cuellos de botella poblacionales, por ejemplo) (Loftus et al., 1994).

Figura 4. Filogenia mitocondrial de razas tanto cebuinas como taurinas de diferente origen continental (Loftus et al., 1994).



Posteriormente, Bradley *et al.* (1996) analizaron las secuencias de la región hipervariable de la D-loop de 90 individuos de razas procedentes de los tres continentes. Este enfoque poblacional (análisis de la varianza molecular entre poblaciones) confirmó la distribución de la diversidad genética entre los mismos dos grandes grupos, el euroafricano y el asiático, pero al excluir los haplotipos *B. indicus* de la India, reveló una subdivisión más entre el grupo africano y el europeo. Nuevamente, sin tomar en cuenta las secuencias asiáticas, la construcción de una red de haplotipos que muestra, tanto las relaciones entre ellos como la frecuencia poblacional de cada uno, permitió la identificación de un patrón notoriamente bipolar correspondiente, por un lado, a los especímenes africanos independientemente de su fenotipo y, por el otro, a los europeos; además, los haplotipos de cada polo del árbol convergen en un haplotipo predominante (patrón tipo estrella), posiblemente ancestral en cada continente (Figura 5).

Figura 5. Red haplotípica (*median network*). Cada círculo representa un haplotipo diferente, mientras que su área representa su frecuencia relativa dentro de la población (Bradley *et al.*, 1996).



Otro tipo de análisis, basado en la distribución de las diferencias entre pares de secuencias (*pairwise sequence mismatches*), fue utilizado para determinar algunos aspectos de la historia poblacional intercontinental. Este sugiere que las poblaciones europeas y africanas sufrieron expansiones poblacionales de manera independiente, y con una datación que sí encaja con los tiempos neolíticos (hace 5,000 y 9,000 años, respectivamente), lo cual fue interpretado como la consecuencia del aumento poblacional humano que a su vez dependió de la domesticación.

Finalmente, la magnitud del tiempo transcurrido desde la divergencia entre las poblaciones de la India y Eurásia (hace 117,000-275,000 años) coincidió con el reporte previo, y reveló que la separación entre las poblaciones de Europa y África (hace 22,000-26,000 años) también precedió al Neolítico (Bradley *et al.*, 1996). El tiempo estimado de divergencia entre *B. taurus* y *B. indicus* es aún mayor si se calcula mediante microsatélites (610,000-850,000 años) (MacHugh *et al.*, 1997).

A partir de los trabajos de Cymbron *et al.* (1999) y posteriormente el de Troy *et al.* (2001), se ha corroborado consistentemente, y cada vez con un mayor número de muestras, que existen cuatro grandes haplogrupos en la región hipervariable (240pb) de la D-loop bovina, de los cuales tres corresponden al linaje *B. taurus* y uno al *B. indicus*: el haplogrupo *B. taurus* europeo, el *B. taurus* africano (que incluye a las razas de fenotipo cebuino) (Cymbron *et al.*, 1999; Beja-Pereira *et al.*, 2006; Bradley *et al.*, 1996; Loftus *et al.*, 1994; Troy *et al.*, 2001), el *B. taurus* asiático (China, Corea y Japón) (95-98) y el *B. indicus* asiático (Baig *et al.*, 2005; Bradley *et al.*, 1996; Lai *et al.*, 2006; Loftus, *et al.*, 1994; Troy *et al.*, 2001).

Tal como ocurre para la datación de la divergencia entre los linajes *B. indicus* y *B. taurus*, la escisión entre los haplogrupos al interior de este último rebasa la ventana de la domesticación (Mannen *et al.*, 1998). En todos los haplogrupos se han descrito secuencias consenso, debido a que son las que están presentes con mayor frecuencia en las poblaciones correspondientes; asimismo, todos los linajes muestran patrones de diversidad coherentes con expansiones poblacionales recientes (ya sea por la topología de las filogenias, o por las distribuciones *mismatch* y estadístico F_s de F_u).

Estos se han interpretado como eventos relacionados con el proceso de domesticación *per se* (alta sobrevivencia de linajes debido al crecimiento de las poblaciones bovinas al cuidado del ser humano) e incluso, en algunos casos, de ocurrencia independiente para cada uno (o sea, cuatro eventos de domesticación del ganado bovino); no obstante, esto último sigue en debate y se han propuesto hipótesis alternativas con base en nuevos hallazgos arqueológicos y secuencias de los ancestros bovinos silvestres (subespecies de *B. primigenius*, ver más adelante).

A continuación, se presenta la nomenclatura abreviada solamente para las subdivisiones al interior del linaje *B. taurus*, la cual hace referencia a sus secuencias consenso, y se ha hecho de uso generalizado después de Troy *et al.* (2001) y Mannen *et al.* (2004). Además, se ilustran: las relaciones entre estos haplotipos (*reduced median network*), las sustituciones que los definen respecto al haplotipo europeo más común **T3** y sus frecuencias relativas en los tres continentes (indicadas por el área de los círculos) (Edwards *et al.*, 2004; Zeder *et al.*, 2006) (Figuras 6A, B y C; Figura 7).

Anteriormente, se pensaba que la diferenciación morfológica entre uros y vacunos domésticos podía deberse a factores ambientales y no al proceso de divergencia resultante de la domesticación en sí, de tal manera que eran considerados una sola especie, habiendo sido los primeros designados *B. taurus primigenius* o *B. primigenius indicus* solamente como alusión a su antigüedad; sin embargo, la posibilidad de obtener mtDNA de restos arqueológicos europeos ha permitido descubrir una discontinuidad genética entre los uros taurinos y los bovinos domésticos.

Figura 6. Familias haplotípicas al interior del linaje *B. taurus*. A) Nomenclatura adoptada para cada familia dependiendo de su haplotipo consenso más frecuente. B) Posiciones dentro de la región hipervariable D-loop (16,023-16,262), menos 16,000, donde se encuentran las mutaciones que definen cada haplotipo consenso con respecto al T3. C) Representación esquemática de las relaciones entre las secuencias consenso representantes de cada familia haplotípica.

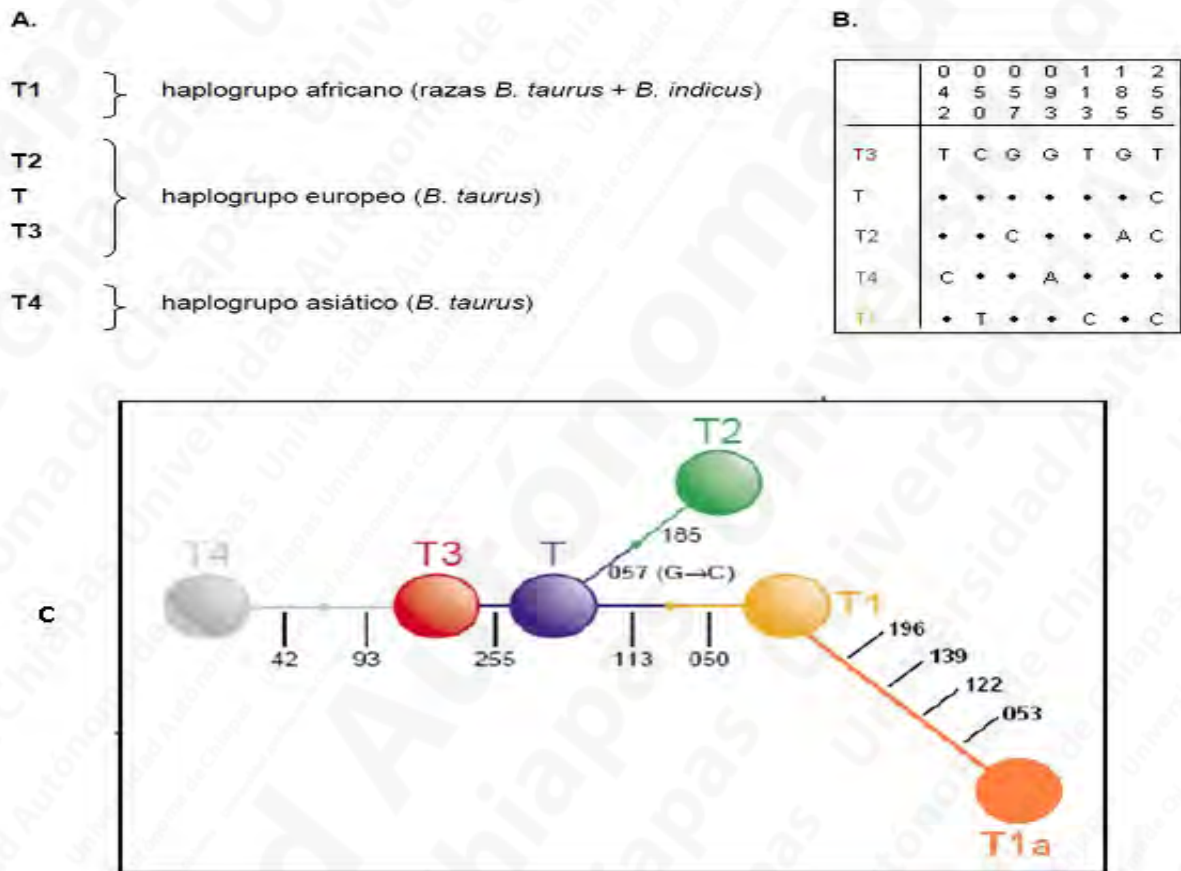
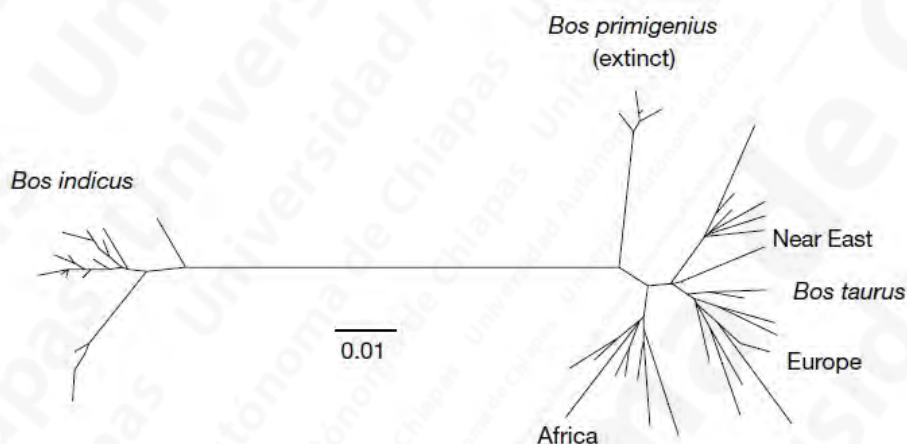


Figura 7. Filogenia de haplotipos de DNAm_t (región hipervariable de la D-loop) construida con el método Neighbour Joining de *B. primigenius*, *B. taurus* y *B. indicus* (Troy et al., 2001).



Como puede apreciarse en la Figura 7, las secuencias de uros (con una antigüedad de 4,000-12,000 años) rescatados de diversos asentamientos europeos forman un clado independiente dentro de la filogenia bovina. Éste se encuentra más cercanamente relacionado con *B. taurus* que con *B. indicus* y equidistante a los haplogrupos euroasiático y africano al interior del primero (Bailey et al., 1996; Edwards et al., 2007; Troy et al., 2001).

La distancia evolutiva que separa a *B. primigenius* de *B. taurus* ha sido considerada suficiente para asignarle esta nomenclatura como especie individual (hace 32,000-76,500 años) (Bailey et al., 1996). Presumiblemente, una separación similar existió entre los uros taurinos africanos, los uros cebuinos y sus respectivos equivalentes domésticos.

El origen de los uros data de hace aproximadamente 1.5-2 millones de años, en la India. Durante el Pleistoceno, sus poblaciones alcanzaron Asia, Europa y África, extendiéndose o contrayéndose conforme se alternaban los periodos glaciares e interglaciares. Tradicionalmente, sus restos arqueológicos se han clasificado en tres subespecies que sobrevivieron hasta el Neolítico y de las cuales se supone que derivan los bovinos domésticos: la *B. primigenius namadicus*, de la India, la *B. primigenius primigenius*, de Europa (excepto Escandinavia, Irlanda y la parte norte de Rusia) y el resto de Asia, y la *B. primigenius opisthonomus* del norte de África.

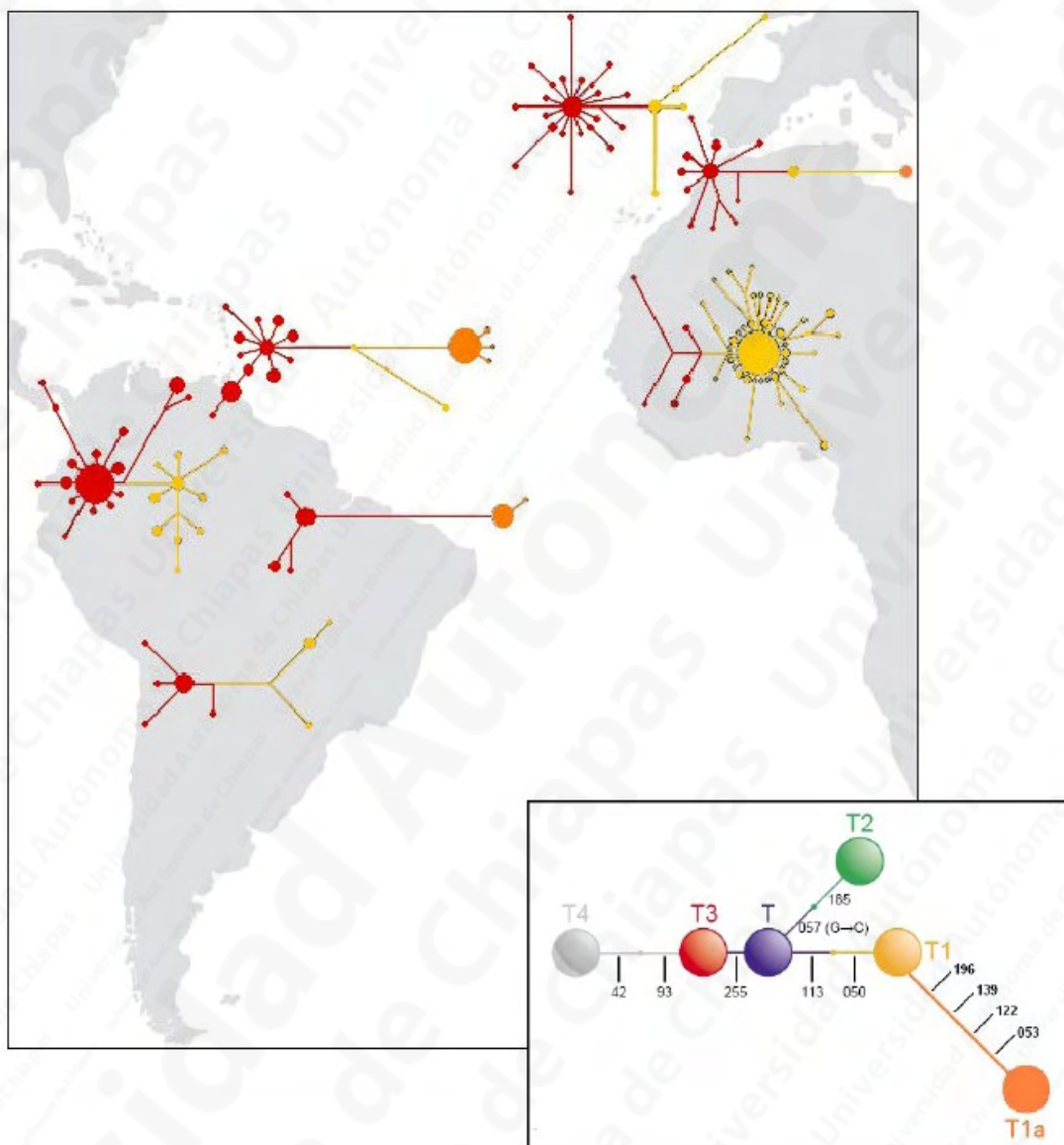
Como ya se mencionó, esta clasificación inicialmente basada en caracteres morfológicos, adecuada a su distribución continental y a los eventos históricos, actualmente pareciera natural tomando en cuenta los datos genéticos. De acuerdo con estos, cada subespecie de *B. primigenius* fue domesticada independientemente en alguna zona de su rango de distribución, dando lugar a las poblaciones ancestrales de *B. taurus* y *B. indicus*. De manera simultánea al proceso de domesticación, la caza humana de uros continuó y esto, sumado a la competencia con los hatos domésticos, provocó que sus poblaciones desaparecieran gradualmente hasta que, en el s. XVII, se extinguieron (Loftus et al., 1994; van Vuure T, 2002).

Ancestría mitocondrial de los bovinos Criollos latinoamericanos

Desde que comenzó el estudio de la diversidad genética mitocondrial de los bovinos Criollos Latinoamericanos, la descripción de haplotipos nuevos ha sido una constante. Hasta la fecha, poblaciones de algunas islas caribeñas (Santa Lucía, Antigua, Guadalupe) (Magee et al., 2002; Miretti et al., 2004), Argentina (Miretti et al., 2004; Mirol et al., 2003), Brasil (Miretti et al., 2002), Bolivia (Mirol et al., 2003) y Colombia (Carvajal-Carmona et al., 2003) han sido analizadas. En todas ellas, se ha reportado la presencia tanto de la familia haplotípica europea T3, como de la familia africana T1.

La ascendencia mitocondrial de las razas Criollas (todas taurinas) ha confirmado los datos históricos sobre su arribo a América desde España y Portugal, pero también ha expuesto algunas novedades. Dado que la diversidad mitocondrial ibérica incluye la familia T1, sobre todo las poblaciones del sur de la península, con mayor contacto africano, no es extraño encontrarla en los bovinos americanos; además, se sabe que la mayor fracción de colonizadores españoles y portugueses provenía de esa región. Sin embargo, en América ha aparecido un nuevo grupo de haplotipos africanos, denominado AA, que no ha sido hallado ni en el Continente Africano ni en la Península Ibérica (excepto raza española Retinta, ver a continuación) u otras costas mediterráneas. La secuencia consenso de este grupo (AA1) posee las tres mutaciones características del haplotipo T1 (posiciones 050, 113, 255) con respecto al T3 más otras cuatro (posiciones 053, 122, 139 y 196), de tal manera que es genéticamente más distante del T1 que este último del T3 (Figura 8) (Miretti et al., 2002, 2004; Magee et al., 2002).

Figura 8. Composición haplotípica de los bovinos Criollos Latinoamericanos. En el mapa puede observarse la distribución y frecuencias relativas de los haplotipos de la región hipervariable D-loop (indicadas por el área de los círculos) en El Caribe (A), Brasil (B), Colombia (C) y Argentina + Bolivia (D). Nótese que la familia T1a (naranja) no se encuentra en España (E) ni en sus ex colonias, tampoco en Portugal (F) ni África (G). En rojo, todas secuencias europeas (T, T2 y T3) y, en amarillo, todas las secuencias africanas (modificada de Zeder *et al.*, 2006 y Lirón *et al.*, 2006).



Inicialmente, debido a la inexistencia del AA en las razas ibéricas, se argumentó que su hallazgo en América debía ser resultado de la importación directa de ganado africano, el cual habría compartido las naves con los esclavos del noroeste de África que fueron traficados durante las invasiones europeas (Magee *et al.*, 2002; Miretti *et al.*, 2002). Poco después, esta explicación pareció innecesaria puesto que se describieron haplotipos AA en la raza española Retinta, lo cual es congruente con la ascendencia mixta, africana y europea, de los bovinos ibéricos y, por lo tanto, de los americanos (Miretti *et al.*, 2004).

Al analizar la composición haplotípica de todas las poblaciones de Criollos, Lirón *et al.* (2006) notaron que la distribución geográfica del haplogrupo AA es disyuntiva entre las ex colonias españolas (Argentina, Bolivia y Colombia) y las ex colonias lusitanas, británicas o francesas (Brasil y Antillas Menores), encontrándose solamente en las segundas. Además, destacaron que los animales de la raza Retinta portadores de haplotipos AA provienen de poblaciones brasileñas modernas, las cuales posiblemente han tenido hibridación con los Criollos locales; es decir, los haplotipos AA están presentes en individuos retintos como producto de introgresión o hibridación reciente en el Continente Americano, y no por su ocurrencia en las poblaciones ibéricas ancestrales; por otra parte, la frecuencia de la familia AA en Criollos brasileños y del Caribe es incluso mayor que la frecuencia de la familia T I; finalmente, la diversidad haplotípica AA corresponde a cuatro haplotipos en los criollos (AAI-4), mientras que en esa raza española corresponde solamente a uno, que es asimismo el más frecuente en las poblaciones americanas (AAI).

En su revisión, estos autores rebautizan a la familia AA como T I a para diferenciarla de la T I (la cual incluye a la secuencia consenso T I más el resto de los haplotipos africanos encontrados en Latinoamérica) y concluyen que, mientras los haplotipos T I a permanezcan ausentes en las razas ibéricas, no se pueden descartar dos orígenes continentales de los criollos americanos (Lirón *et al.*, 2006). Es de subrayar que, aunque la presencia de esta familia haplotípica sólo ocurre en las ex colonias de Portugal, Francia e Inglaterra, la singularidad de las poblaciones criollas de las ex colonias españolas (Figura 8) sólo está validada por el estudio en tres países y que México, una de las ex colonias más importantes, no había sido muestreado.

Ancestría mitocondrial de los bovinos Criollos Mexicanos

Lezama et al. (2008) analizaron la diversidad haplotípica mitocondrial de los bovinos criollos mexicanos (BCM) a partir de un muestreo de diferentes localidades del país (Cuadro 1). En total, obtuvieron 93 secuencias (~240pb) de la región hipervariable de la región control del mtDNA, 66 de las cuales corresponden a BCM, 23 a la raza criolla Lechero Centroamericano y 4 a la raza española Bovino de Lidia. Estos últimos 27 especímenes también pertenecientes a poblaciones mexicanas.

Los haplotipos que portan los BCM y las relaciones entre ellos se determinó con la alineación de las 93 secuencias obtenidas con respecto a la secuencia consenso T3 de *B. taurus* (Anderson et al., 1982; Troy et al., 2001). Fueron identificados 30 haplotipos definidos por 27 sitios variables. Estos son nombrados H1-H30. El H1 es idéntico al T3 (H1/T3, de aquí en adelante), el haplotipo europeo consenso; por su parte, el H3 es idéntico al T1 (H3/T1, de aquí en adelante), el haplotipo africano consenso. En los BCM se encontraron 28 haplotipos (H1-H27, H29), de los cuales 5 (H10, H11, H17, H27, H29) no han sido previamente descritos. La composición haplotípica de los BCLC y los BL consistió de 7 y 4 haplotipos, respectivamente, mientras que en ambas poblaciones se encontró un haplotipo nuevo (H28 y H30, respectivamente). Sumándolos, dan un total de 7 haplotipos nuevos en las poblaciones mexicanas.

Cuadro 1. Número de secuencias (N) obtenidas en cada población y las claves con las que éstas se identifican.

Poblaciones bovinas	Clave	N
Baja California Sur	BCB	15
Chihuahua	BCCh	10
Durango	BCD	10
Nayarit	BCN	8
Guerrero	BCG	12
Puebla	BCP	11
Criollo Lechero Centroamericano	BCLC	23
Lidia	BL	4
Total		93

En la muestra de 93 especímenes BCM, no se encontraron representantes del linaje *B. indicus*, ni de las otras dos familias taurinas europeas (T, T2), la asiática (T4), tampoco representantes de la familia africana americana (T1a). Estos resultados indican que, en efecto, el aislamiento geográfico de las poblaciones de BCM las ha mantenido ajenas a la influencia de razas cebuinas que se han venido importando desde la década de 1930, por lo menos vía materna. Por otro lado, en un análisis de la diversidad autosómica (9 microsatélites) de Criollos de los estados de Chihuahua, Durango, Nayarit y Guerrero, si bien no se encontró evidencia de influencia *B. indicus* vía paterna, no se descartó del todo para la población más disímil de ellas (Guerrero), pues mostró una clara diferenciación del resto, siendo la más cercana genéticamente a la raza cebuina Guzerat, también analizada (Ulloa *et al.*, 2008).

Después de una doble secuenciación, el H29 resultó ser heteroplásmico (G y A en la posición 16,099), por lo cual fue excluido de los análisis filogenéticos. Mediante la construcción de un árbol filogenético (Figura 9A) y una red de haplotipos (Figura 9B), se observó que los 29 haplotipos mexicanos se agruparon ya fuera con la familia europea T3, o con la africana T1. En la red, pueden observarse las relaciones que guardan los 29 haplotipos mexicanos así como su frecuencia relativa en la muestra total (N=92). Estos datos confirman que los BCM son descendientes de bovinos españoles pues su constitución haplotípica es una submuestra de la encontrada en las razas españolas, la cual incluye las familias *B. taurus* europea T3 y africana T1.

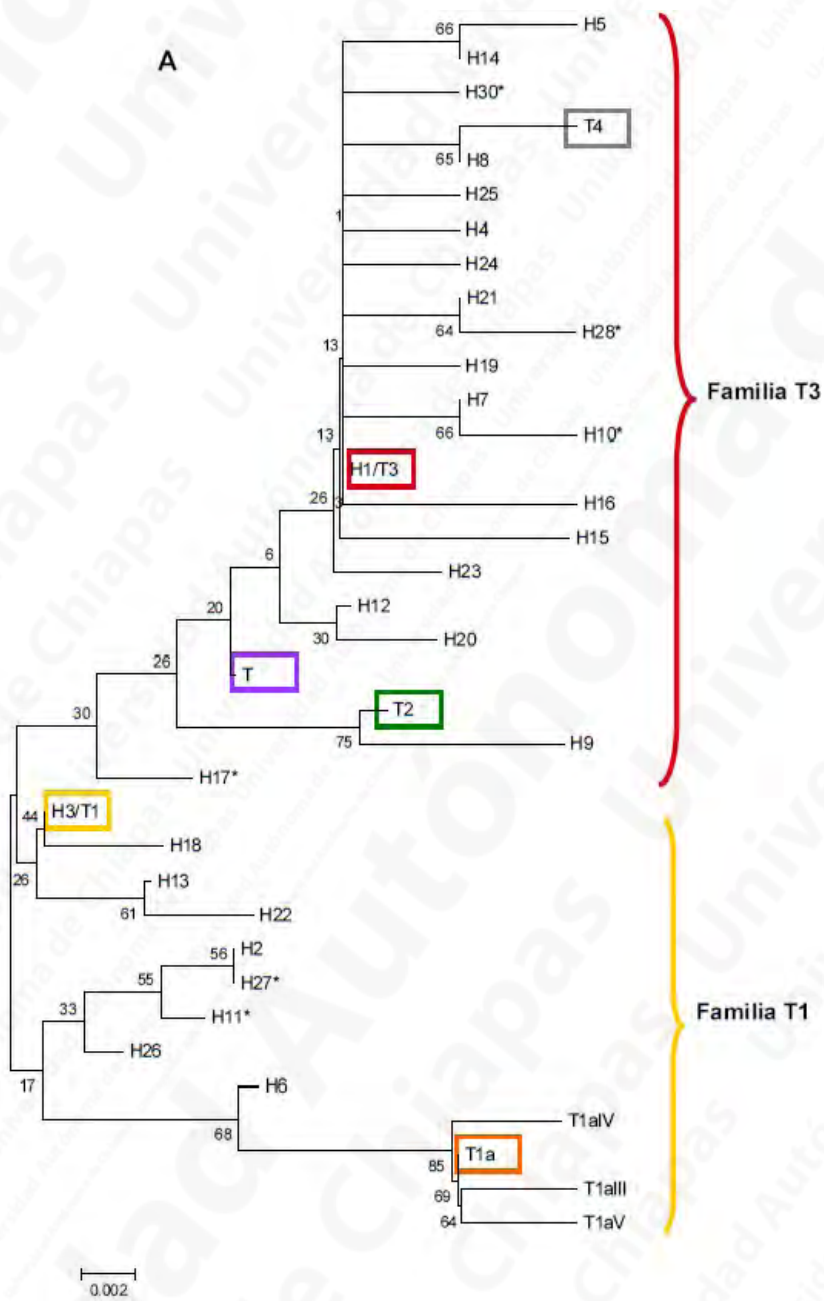
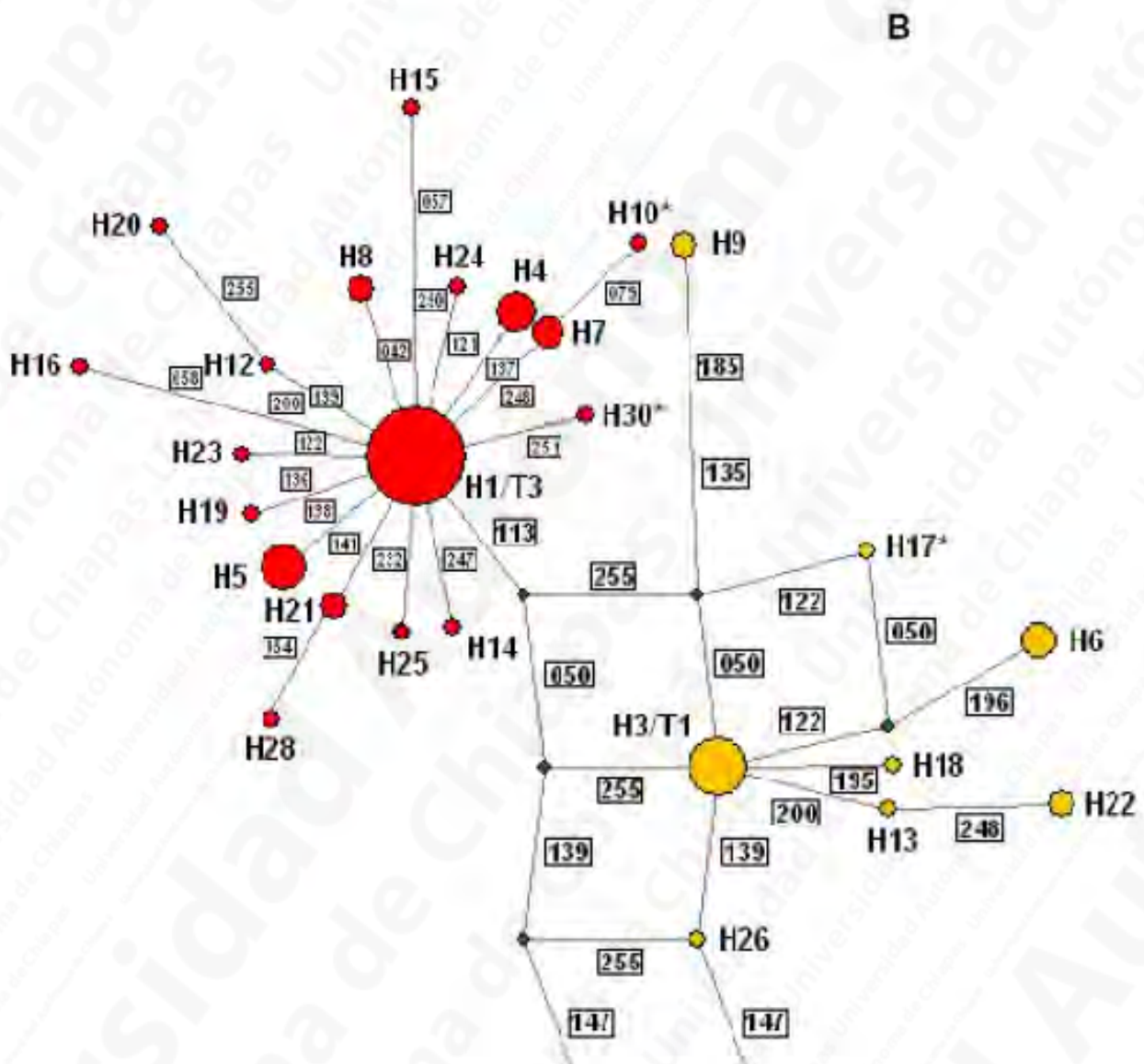


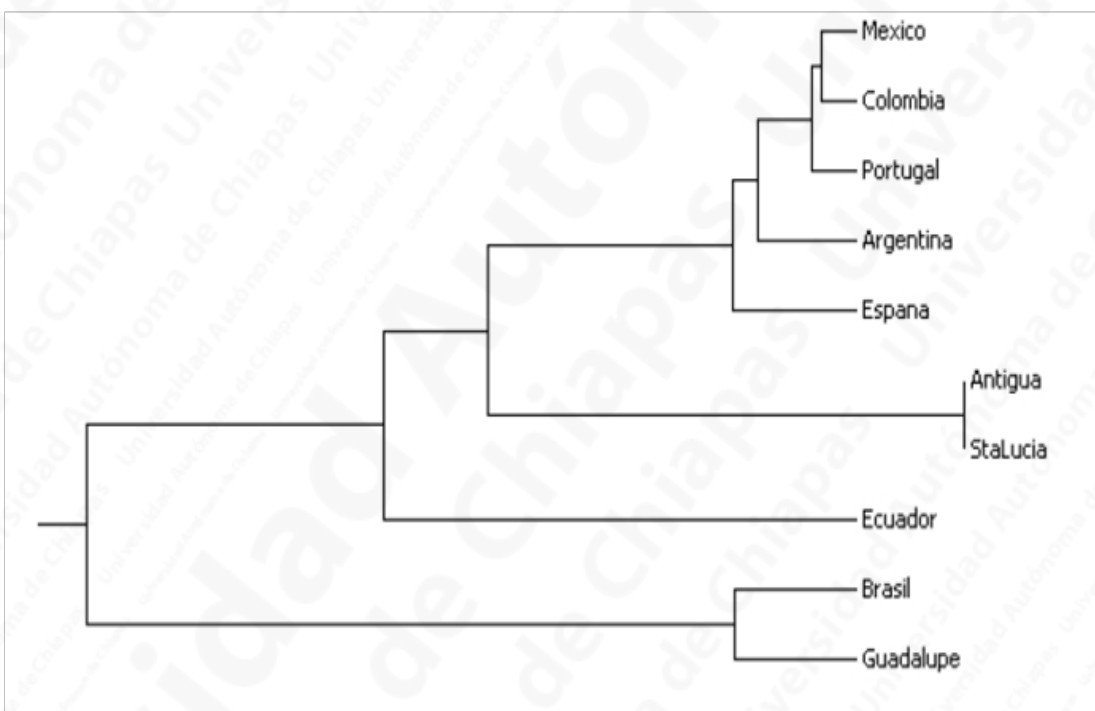
Figura 9. A. árbol filogenético obtenido con el método Neighbour Joining a partir de las distancias genéticas entre secuencias (modelo K2P, bootstrap= 1000). B. Red haplotípica (median network) de los 29 haplotipos encontrados en las poblaciones de ascendencia ibérica: BCM, BCLC y BL. En el árbol se incluyeron las secuencias consenso de todas las familias mitocondriales de *B. taurus*: T, T1, T2, T3 y T4, así como la secuencia consenso de la familia T1a y otras relacionadas con ésta. En la red, el área de los círculos representa la frecuencia de cada haplotipo. Las posiciones variables con respecto al haplotipo **H1/T3** se indican en rectángulos, menos 16,000. Se marcan con (*) los haplotipos nuevos. Tanto en A como en B, las secuencias se organizan en dos haplogrupos, el europeo (rojo), con 18 haplotipos, y el africano (amarillo), con 11 haplotipos.



Con otro tipo de árbol (Figura 10), es posible apreciar las distancias genéticas que existen entre las poblaciones mexicanas, algunas latinoamericanas (Cuadro 1), así como españolas y portuguesas. El (*) señala los haplotipos nuevos. En total, 18 haplotipos (60%) se clasificaron como europeos (H1/T3, H4, H5, H7, H8, H10*, H12, H14, H15, H16, H19, H20, H21, H23, H24, H25, H28*, H30*) y 11 (36.6 %) como africanos (H2, H3/T1, H6, H9, H11*, H13, H17*, H18, H22, H26, H27*).

El porcentaje restante (3.3%) corresponde al haplotipo heteroplásmico (H29). En el grupo europeo, todas las secuencias se desviaron de la consensu H1/T3 sólo por una o dos mutaciones, mientras que en el grupo africano, tres de ellas no compartieron una u otra de las tres mutaciones diagnósticas de la consensu H3/T1 (16,050, 16,113 y 16,255).

Figura 10. Árbol filogenético obtenido con el método Neighbour Joining a partir de las distancias Fst entre las poblaciones americanas e ibéricas (Lezama, 2008).



En la muestra total (N=92, excluyendo al H29) de animales descendientes de bovinos españoles (BCM + BCLC + BL), el 65% de los individuos portaron cromosomas europeos, mientras que el 35 % restante fueron africanos. El porcentaje correspondiente sólo para los BCM es de 55% y 45%, respectivamente, mientras que para los BCLC esta fracción cambia a 82.5% de origen europeo y 17.5% de origen africano. En los BL no hubo individuos portadores de la familia haplotípica africana.

Aunque el número de haplotipos africanos y su frecuencia en la muestra mexicana total son menores que los europeos, a nivel de las poblaciones individuales se encuentran como mayoría en tres de ellas (BCG, BCP y BCN); mientras que los haplotipos europeos son totalidad en las tres restantes (BCCh, BCD y BCB) y en las otras dos poblaciones de ascendencia española (BCLC y BL) (Cuadro 2).

En cuanto al número de haplotipos, la población más diversa fue la BCCh (h=9), seguida de BCLC (h=9), BCB (h=7), BCD (h=6), BCG (h=6), BCN (h=5), BL (h=4) y BCP (h=3) (Figura 11). Los haplotipos H1/**T3** (23%) y H3/**TI** (13.6%) son los de mayor frecuencia en los BCM (y en la muestra total, con un 32% y 11.8%, respectivamente). El H1/**T3** estuvo presente en las ocho poblaciones estudiadas; por su parte, el H3/**TI** lo estuvo en cinco de ellas (BCCh, BCN, BCP, BCG y BCLC). El tercer haplotipo más frecuente en los BCM es el haplotipo H2a (12.1%), seguido de los H4e y H5e (7.6% cada uno), el H6a (6%), y los H8e y H9a (3% cada uno). El resto, se encuentra representado sólo por una secuencia: H7e, H10e*, H11a*, H12e, H13a, H14e, H15e, H16e, H17a*, H18a, H19e, H20e, H23e, H27a* y H29a* (equivalente al 1.5% cada una).

Cuadro 2. Frecuencia y distribución poblacional de los haplotipos de DNAm_t encontrados en los BCM, BCLC y BL. Con la (e) se indica la pertenencia de los haplotipo a la familia europea y con la (a), a la familia africana. En las gráficas pastel se representan las frecuencias totales de cada familia/población (BCG, BCCh, BCP, BCD, BCB, BCN, BCLC y BL), para todas las poblaciones mexicanas (BCM) y para el total de poblaciones de origen ibérico (BCM, BCLC y BL).

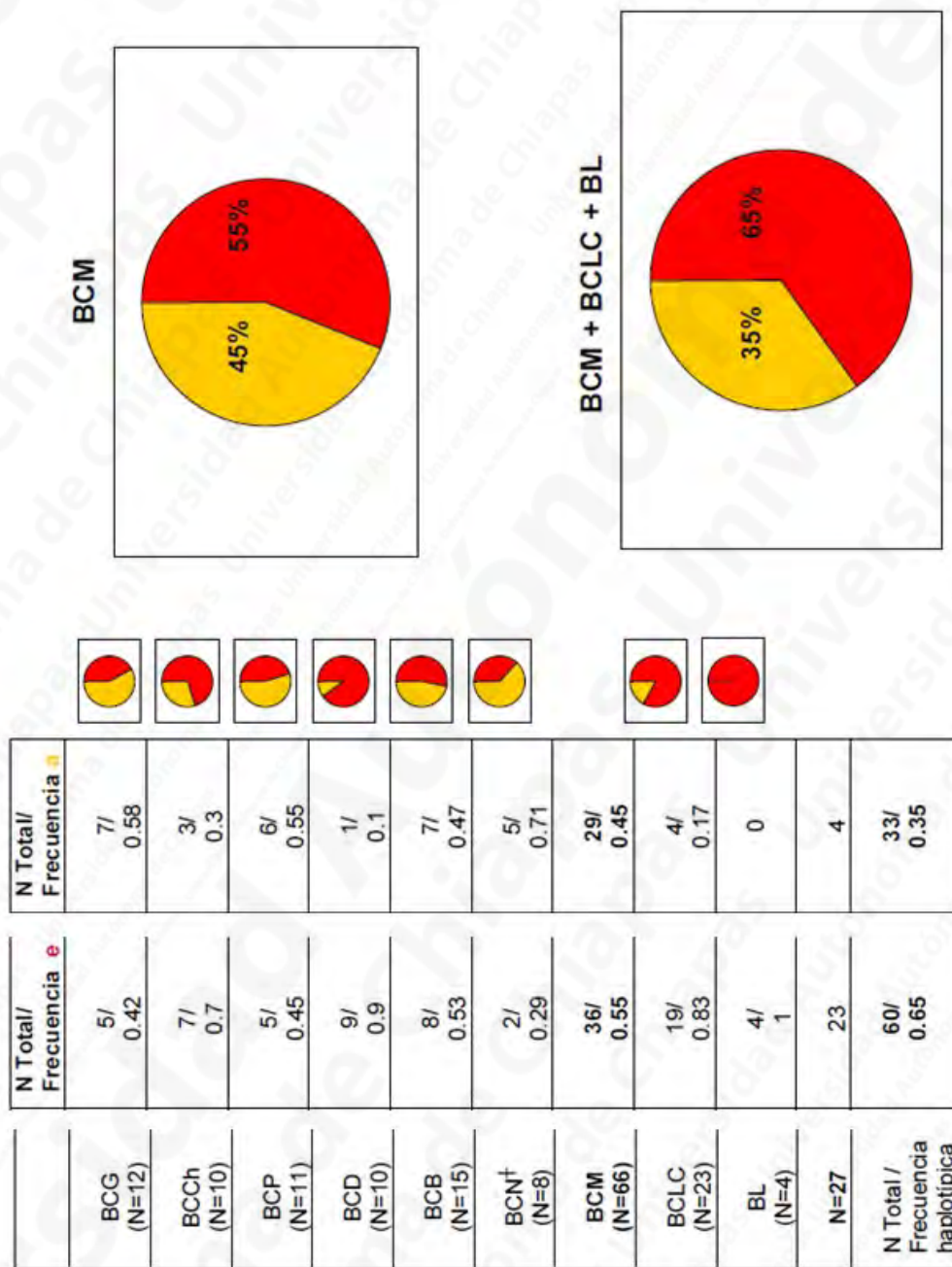
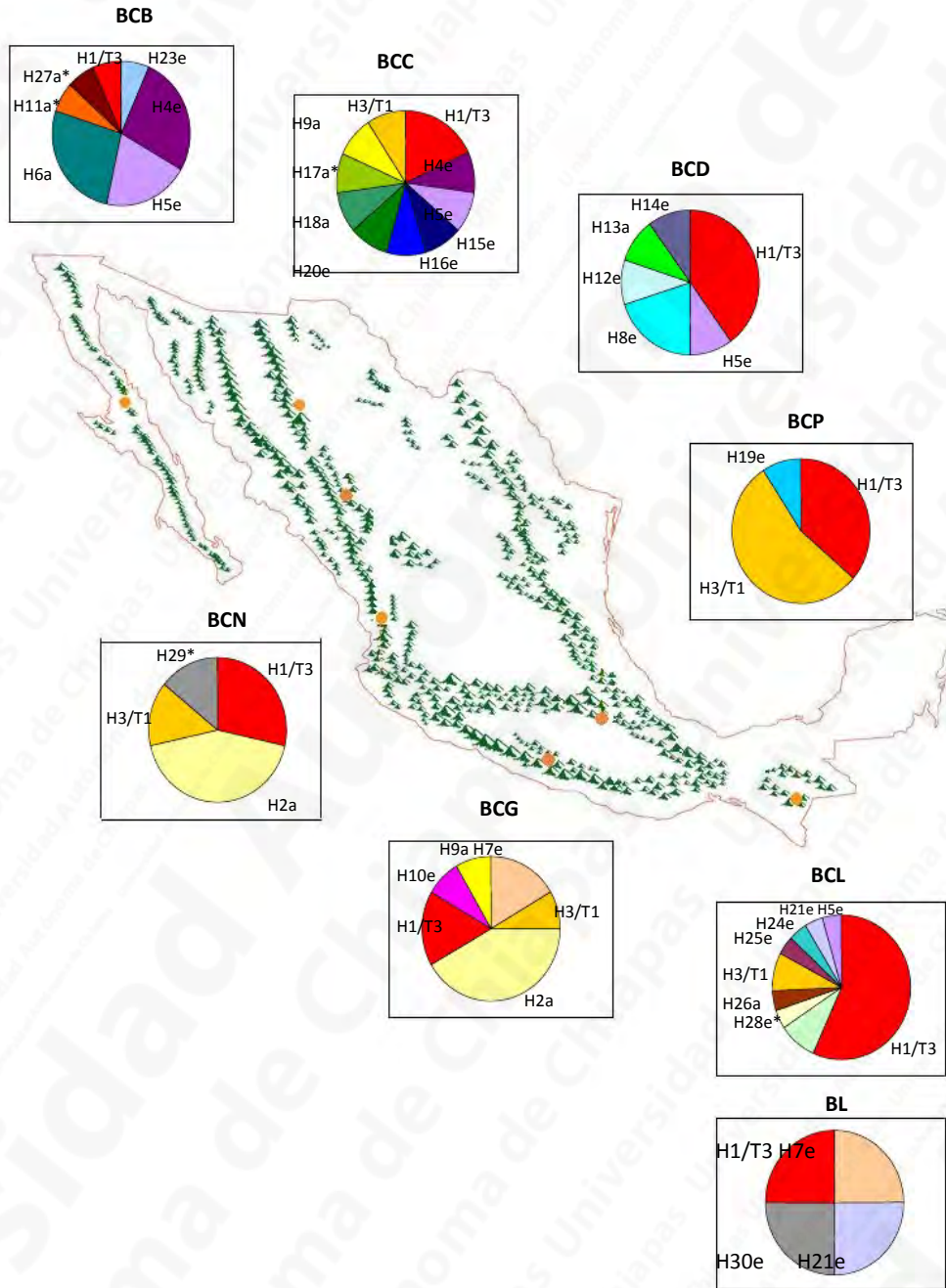


Figura 11. Composición haplotípica de los BCM. La población con mayor número de haplotipos fue la BCCh (h=9), seguida de BCLC (h=9), BCB (h=7), BCD (h=6), BCG (h=6), BCN (h=5), BL (h=4) y BCP (h=3). Los haplotipos nuevos se indican con (*), mientras que su afinidad con la familia europea o africana se señalan con (e) y con (a), respectivamente.



Origen geográfico de los haplotipos mexicanos encontrados

Como se mencionó anteriormente, el haplotipo **HI/T3** es el más común en toda Europa y en el Cercano Oriente. La familia T3 a la que pertenece se extiende hasta el noroeste asiático, donde tiene una presencia importante (segundo, después de la familia T4) y, finalmente, tiene muy poca frecuencia en el norte de África. Por su parte, el haplotipo **H3/TI** es el más representado en África, y en menor grado tanto en el Cercano Oriente como en algunas razas de países ibéricos y mediterráneos (Italia, Francia y Grecia). Tercero en frecuencia en los BCM, se encuentra un haplotipo de afinidad africana, el **H2a**, que junto con los **H9a**, **H18a** y **H19e**, sólo se han reportado en otros criollos americanos, pero no en Asia, Europa o África.

Si a estos últimos cuatro haplotipos se les suman los cinco haplotipos nuevos de los BCM, un total de nueve (o doce, incluyendo al H22a de la población BCLC, y a los dos haplotipos nuevos de BCLC y BL) secuencias D-loop en México no han sido previamente descritas. El cuarto lugar en frecuencia lo tienen los **H4e** y **H5e**. El primero, previamente descrito en un individuo Criollo de Bolivia (Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank) y en un par de especímenes de China (Xuebin *et al.*, 2003, GenBank; Gou & Mao, 2007, GenBank); el segundo, en razas ibéricas (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Cymbron *et al.*, 1999; Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank), en un individuo de Islandia y en uno de Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003).

En los BCM + BCLC encontramos cinco haplotipos que sólo han sido descritos en otras razas criollas del Continente Americano. El **H2a** se ha descrito en otras razas criollas de Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003), Bolivia (Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank), y en otros individuos mexicanos (Giovambattista *et al.*, 2006 y 2007, GenBank); el **H9a** sólo en un individuo de Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003); el **H19e** sólo en E.U.A. (Ward *et al.*, 1998, GenBank; Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank) y; el **H22a** en Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003) y Ecuador (Giovambattista *et al.*, 2007, GenBank).

Tal como en el caso de los haplotipos nuevos, la ausencia de estos haplotipos en las muestras europeas y africanas investigadas hasta el momento puede deberse a su extinción o bien, a que se requiere de un mayor muestreo para encontrarlos en aquellas poblaciones. Por ejemplo, el **H18a** que sólo había sido reportado para dos razas de Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003) y una

de Brasil (Magee *et al.*, 2002), acaba de ser hallado en un individuo de Mozambique, ex colonia portuguesa (Giovambattista *et al.*, 2007, GenBank).

En el caso de otros haplotipos presentes en los BCM, es la primera vez que se reportan en América, aunque ya han sido descritos en Europa, África o Asia. Este es el caso del **H16e**, reportado en razas portuguesas (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Cymbron *et al.*, 1999); del **H7e**, en razas europeas, como de España (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Troy *et al.*, 2001), Portugal (Cymbron *et al.*, 1999) y Francia (Troy *et al.*, 2001), así como en diversas regiones de Asia como Anatolia, hoy Turquía (Troy *et al.*, 2001), Nepal (Takeda *et al.*, 2004, GenBank), China (98, Xuebin *et al.*, 2003, GenBank; Gou & Mao, 2007, Genbank) y Mongolia (Mannen *et al.*, 2004); del **H23e**, descrito en diversas razas europeas (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank; Loftus *et al.*, 1994; Troy *et al.*, 2001), y ampliamente en razas del noroeste asiático como Japón (Mannen *et al.*, 1998; Takeda *et al.*, 1997, GenBank; Shi *et al.*, 2004, GenBank; Sasaki *et al.*, 2005, GenBank), China (Cai & Chen, 2005, GenBank), Korea (Mannen *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2005, GenBank; Lee *et al.*, 2002, GenBank), también hallado en Siria (Loftus *et al.*, 1994; Troy *et al.*, 2001).

Descritos solamente en un individuo más, se encuentran el **H6a**, de Túnez, al norte de África (Beja-Pereira *et al.*, 2006), y el **H15e**, presente en Serbia, de Europa Central (Beja-Pereira *et al.*, 2006). Dos haplotipos de la muestra de BCLC también se incluyen en este grupo: el **H25e**, presente en una raza de Suiza (Troy *et al.*, 2001) y en dos individuos asiáticos, uno de Kurdistán (Troy *et al.*, 2001) y otro de China (Cai & Chen, 2005, GenBank); y el **H26a**, descrito en una raza de Sudán (Bradley *et al.*, 1996; Troy *et al.*, 2001) y en un individuo de España (Beja-Pereira *et al.*, 2006).

Por último, tenemos a los haplotipos previamente encontrados tanto en otros continentes como en Latinoamérica. El **H5e** ha sido descrito en Islandia (Troy *et al.*, 2001), Portugal (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Cymbron *et al.*, 1999), España (Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank) y Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003). El **H12e** es un haplotipo que se ha encontrado en localidades mediterráneas como España, Portugal y Francia (Beja-Pereira *et al.*, 2006), también en Inglaterra (Bradley *et al.*, 1996), así como en latinoamericanas como Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003) e isla Guadalupe (Magee *et al.*, 2002).

El **H13a** sólo se ha descrito para animales españoles (Beja-Pereira *et al.*, 2006) y argentinos (Giovambattista *et al.*, 2006, 2007, GenBank). El **H20e** sólo se ha descrito una vez en Portugal (Beja-Pereira *et al.*, 2006), pero está en varias poblaciones americanas como Argentina (Miretti *et al.*, 2002), Bolivia (Giovambattista *et al.*, 2006, 2007, GenBank), y Uruguay (Giovambattista *et al.*, 2006, 2007, GenBank). El **H14e** está distribuido en las localidades europeas de Islandia (Troy *et al.*, 2001), España, Portugal, Italia y Francia (Beja-Pereira *et al.*, 2006), en la asiática de Siria (Troy *et al.*, 2001), asimismo, en varias poblaciones americanas como Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003), Bolivia (Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank) y la isla de Santa Lucía (Magee *et al.*, 2002).

El **H21e** presenta prácticamente esta última distribución, encontrándose en España (Troy *et al.*, 2001), Portugal (Cymbron *et al.*, 1999), Italia (Beja-Pereira *et al.*, 2006), Francia (Shahid *et al.*, 1994, GenBank), Siria (Troy *et al.*, 2001), y en Criollos de las islas Antigua y Guadalupe (Magee *et al.*, 2002), y en E.U.A (Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank).

El **H24e** se ha encontrado en un espécimen de Eslovaquia (Beja-Pereira *et al.*, 2006), uno de Turquía (Beja-Pereira *et al.*, 2006), y en animales criollos de Colombia (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003) y Ecuador (Giovambattista *et al.*, 2007, GenBank). El **H8e** se encuentra ampliamente en Europa (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Troy *et al.*, 2001), se reportó para un individuo Criollo Mexicano (Giovambattista *et al.*, 2007, GenBank), y en un uro italiano de aproximadamente 16,000 años de antigüedad (Beja-Pereira *et al.*, 2006).

Finalmente, el **H4e** sólo ha sido descrito previamente en China (Xuebin *et al.*, 2003, GenBank; Gou & Mao, 2007, GenBank) y, recientemente, en una raza criolla de Bolivia (Giovambattista *et al.*, 2006, GenBank).

Origen del ganado bovino Criollo mexicano

El caso de la Península Ibérica ilustra la complejidad histórica de la conformación de las razas bovinas modernas y es de interés para el estudio de las razas latinoamericanas. Las razas ibéricas poseen, como el resto de las razas europeas, una continuidad genética mitocondrial con las del Creciente Fértil; sin embargo, son singulares en su afinidad con las razas taurinas africanas.

Los estudios poblacionales muestran una presencia importante (5-30%) de la familia haplotípica T1 no sólo en poblaciones de España y Portugal, sino en las de otras regiones mediterráneas (Italia, Grecia) (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Cymbron *et al.*, 1999), y en las razas criollas del Continente Americano (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003; Lirón *et al.*, 2006; Magee *et al.*, 2002; Miretti *et al.*, 2002, 2004; Mirol *et al.*, 2003).

La similitud entre las razas del norte de África y de Iberia no se limita al mtDNA, también ha sido descrita con polimorfismos proteínicos y de microsatélites (Beja-Pereira *et al.*, 2002, 2003; Cymbron *et al.*, 2005). Esta relación genética se creía justificada por la invasión musulmana que comenzó en el siglo VIII; no obstante, puesto que sólo son trece kilómetros del Estrecho de Gibraltar los que separan a África de la Península Ibérica, se ha argumentado que el intercambio recíproco de ideas, bienes, poblaciones humanas y animales entre ambos continentes ha ocurrido desde tiempos prehistóricos, de tal manera que la constitución de la cultura neolítica en la península pudo haber involucrado grupos de origen africano.

La semejanza entre artículos de cerámica africanos e ibéricos del Neolítico, así como la diversidad mitocondrial presente y antigua de *B. taurus* validan este supuesto. Por un lado, en restos arqueológicos del Cercano Oriente se han encontrado todas las familias mitocondriales taurinas, mientras que en los restos de Europa la familia T3 es la más frecuente, lo cual confirma que el patrón de diversidad moderno ya estaba presente desde los inicios de la domesticación (Bollognino *et al.*, 2006; Edwards *et al.*, 2004, 2007; MacHugh *et al.*, 1999); por el otro, se ha descrito la presencia de la familia T1 en poblaciones *B. taurus* españolas, y a su vez, de la familia T3 en poblaciones africanas, ambas también durante el Neolítico Temprano (Anderung *et al.*, 2005; Ascunze *et al.*, 2007).

En el Continente Americano, bajo la denominación de "Criollo" se agrupan diversas poblaciones que no necesariamente tuvieron el mismo origen, evolución o procesos de adaptación, pues si bien el término se aplica a las poblaciones descendientes de los bovinos ibéricos, se ha reportado que pudieron existir diferentes poblaciones españolas y portuguesas (y aun africanas) originales (Beja-Pereira *et al.*, 2006; Naves *et al.*, 2005). Asimismo, después de siglos de cambios socioeconómicos locales, de adaptación a muy diversas condiciones ecológicas y después

de haber sufrido diferentes grados de flujo genético entre ellas o con otras razas (tanto taurinas como cebuinas), su constitución genética actual las diferencia unas de otras (Giovambattista *et al.*, 2001; Hernández-Cerón *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2005; Naves *et al.*, 2005; Russell *et al.*, 2000; Ulloa 2001). Tan sólo en Colombia se reconocen por lo menos siete razas de Criollos (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003; Julio-Sastre, 2003), mientras que en Bolivia se distinguen cuatro y en Argentina, dos (Lirón *et al.*, 2002).

En México, de acuerdo con un estudio realizado con cuatro microsatélites de seis poblaciones bovinas Criollas, se concluyó que cinco de ellas pueden ser consideradas como una sola población homogénea (cuatro de Chihuahua y una de Tamaulipas), mientras que la restante (Chihuahua), debería considerarse como una población diferente, esto tan sólo en el norte del país (Russell *et al.*, 2000).

En otra comparación (con 9 microsatélites y gen de la κ -caseína), también se encontraron diferencias entre las poblaciones mexicanas (Chihuahua, Durango, Guerrero y Nayarit) y algunas razas comerciales (Ulloa 2002; Ulloa *et al.*, 2008). Con estos marcadores moleculares y otro locus (microsatelite D21S6, estudiado en animales de Tamaulipas), los Criollos han mostrado mayor diversidad genética que las razas especializadas, así como un grado importante de homocigosis, producto del parentesco y de su reducido tamaño efectivo poblacional (Duarte-Ortuño, 2015; Ulloa, 2001). Tal diversidad también se ha observado para genes asociados con la resistencia a enfermedades (gen DRB3 del Complejo Mayor de Histocompatibilidad Bovino o BoLA), para los cuales tanto Criollos Mexicanos, como de otros países latinoamericanos (Colombia, Uruguay, Argentina) presentan, además, alelos únicos (Félix *et al.*, 2006; Giovambattista *et al.*, 2001; Kelly *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2005).

Hasta hace poco, la presencia de haplotipos de mtDNA africanos en las diversas poblaciones criollas hispanoamericanas parecía sorprendente y se explicaba, principalmente, ya fuera por la convergencia de las rutas comerciales españolas y portuguesas hacia el Nuevo Mundo, o por el traslado de los animales directamente desde África (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003; Magee *et al.*, 2002; Miretti *et al.*, 2002, 2004; Mirol *et al.*, 2003). Gracias a los datos más recientes de ADN proveniente de restos arqueológicos que confirman la influencia africana en el origen del ganado

ibérico (y viceversa), ya no parecería necesario aludir a dos fuentes continentales independientes de donde provinieron los primeros bovinos pobladores de América (portadores tanto de haplotipos de la familia europea T3, como de la familia africana T1).

Sin embargo, la descripción de la familia haplotípica africana (T1a), exclusiva de países americanos y con una frecuencia importante (Lirón *et al.*, 2006; Magee *et al.*, 2002; Miretti *et al.*, 2002, 2004; Mirol *et al.*, 2003), indica que la historia del origen del ganado Criollo sigue sin resolverse. Además, haciendo una clasificación congruente con las divisiones geopolíticas presentes en la época de la Colonia, se puede observar un patrón interesante en la distribución de los haplotipos: los bovinos Criollos provenientes de Argentina, Bolivia y Colombia, pertenecientes al grupo de ex colonias españolas, no portan haplotipos de la familia T1a, mientras que ésta sí ha sido encontrada en especímenes de Brasil, ex colonia portuguesa, y las Antillas Menores, islas que estuvieron ocupadas por otros países europeos, como Inglaterra y Francia. La ausencia de la familia haplotípica T1a en México, añade otra ex colonia española a este patrón descrito por Lirón *et al.* (Lirón *et al.*, 2006). Queda pendiente conocer el origen continental de la familia T1a y con ello, la ruta que siguió para llegar a América.

En las Islas Canarias y en las Antillas, los españoles desembarcaban animales que ahí se reproducían durante décadas para, en posteriores escalas, ser cargados y traídos a América. El origen de estos animales fue muy heterogéneo, pues estas islas formaban parte de una red comercial que incluía contactos portugueses y sus colonias africanas (Rodero *et al.*, 1992). Por lo tanto, las poblaciones bovinas debieron ser de una gran diversidad racial e incluyente de una buena proporción de animales africanos, como lo indica el hecho de que, hasta la fecha, en las ex colonias españolas la familia de haplotipos T1 está bien representada.

En las Figuras 8 y 9 puede observarse la similitud de las redes haplotípicas de Argentina, Bolivia y Colombia con la red obtenida para México, pues en los cuatro países los haplotipos europeos son sólo ligeramente dominantes en frecuencia, a diferencia de lo que ocurre en España y Portugal, donde los haplotipos africanos son notoriamente menos frecuentes. Al parecer, a las colonias españolas llegó casi igual proporción de animales portadores de haplotipos de la familia

T1 que de la familia T3, lo cual todavía (después de las diferentes historias en cada país) es observable en las poblaciones actuales.

En nuestro país, casi la mitad de los animales son portadores de haplotipos africanos (45%), mientras que en la mitad de las poblaciones (BCG, BCP y BCN) éstos se encuentran como mayoría (Cuadro 2). Tal vez, la diferencia entre éstas y las otras tres poblaciones de BCM (BCB, BCCh y BCD), que presentan mayoría de haplotipos europeos, se deba a que en su origen fueron producto de dos oleadas de colonización diferentes en su composición haplotípica. En una de ellas, artífice del ganado más norteño, predominarían animales europeos, mientras que en la otra predominarían los africanos.

Las otras familias europeas, T y T2, no se han encontrado ni en México ni en el resto del continente (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Santa Lucía, Guadalupe). Hoy en día, estas dos familias están en baja frecuencia en Iberia, por lo que es posible que si también lo estuvieron en las poblaciones bovinas ancestrales de los Criollos americanos, se hayan perdido durante el cuello de botella que implicó su viaje hacia el Nuevo Continente o bien, durante las diferentes reducciones que han sufrido las poblaciones americanas.

Diversidad genética mitocondrial

En el Cuadro 3 pueden observarse los valores de los índices de diversidad calculados para los BCM y el resto de las poblaciones analizadas. Se espera una mayor diversidad genética en los centros de domesticación. La diversidad haplotípica total para América ($\hat{H} = 0.936 \pm 0.008$) es prácticamente la misma que para Iberia ($\hat{H} = 0.937 \pm 0.008$), ambas menores que la que presenta el resto de Europa ($\hat{H} = 0.970 \pm 0.003$) o el Oriente Medio ($\hat{H} = 0.974 \pm 0.015$) y Anatolia ($\hat{H} = 0.964 \pm 0.013$), las poblaciones ancestrales del ganado europeo.

México ($\hat{H} = 0.904 \pm 0.020$) ocupa el primer lugar en diversidad haplotípica en América, mientras que si se toman en cuenta las poblaciones mexicanas de las razas BCLC y BL ($\hat{H} = 0.874 \pm 0.026$), ocupa el segundo lugar después de Antigua ($\hat{H} = 0.885 \pm 0.047$). En ambos casos se ubica por encima de España ($\hat{H} = 0.857 \pm 0.028$). Al observar las poblaciones individuales tenemos que en nuestro país, los bovinos Criollos de Chihuahua (BCCh) son especialmente diversos,

alcanzando una diversidad ($\hat{H} = 0.977 \pm 0.054$) similar a la de los presuntos centros de domesticación del ganado taurino como los ya mencionados del Oriente Medio y Anatolia, así como de África ($\hat{H} = 0.912 \pm 0.016$) y Asia ($\hat{H} = 0.943 \pm 0.010$).

Sin embargo, la diversidad haplotípica es un parámetro que depende del tamaño de la muestra analizada y generalmente presenta valores altos, por lo cual no es comparable con otros datos genéticos menos polimórficos. En cambio, la diversidad nucleotídica se considera una medida más adecuada para su interpretación biológica, pues no depende tanto del tamaño de la muestra o de la longitud de la secuencia analizada (Nei, 1987).

La diversidad nucleotídica mexicana (BCB, BCCh, BCD, BCN, BCG y BCP) ($\pi_n = 0.015 \pm 0.008$) rebasa también a su homóloga española ($\pi_n = 0.009 \pm 0.005$) y es similar a la de otros países americanos y al promedio ibérico ($\pi_n = 0.016 \pm 0.009$), el europeo ($\pi_n = 0.015 \pm 0.008$), el de Anatolia ($\pi_n = 0.014 \pm 0.001$), el del Oriente Medio ($\pi_n = 0.016 \pm 0.009$), el asiático ($\pi_n = 0.014 \pm 0.001$) y el africano ($\pi_n = 0.012 \pm 0.004$). Si se observa cada población independiente, de las seis poblaciones, cuatro (BCB, BCCh, BCN y BCG) también superan el valor español.

En los países sudamericanos estudiados hasta el momento la diversidad nucleotídica ($\pi_n = 0.016 \pm 0.008$), también es semejante a la de los centros de domesticación. Lo mismo sucede con todos los Criollos Americanos ($\pi_n = 0.015 \pm 0.008$), si son incluidos los mexicanos. Esto es importante, ya que en nuestro país sólo tenemos representantes de las familias haplotípicas T3 y T1, mientras que en el Viejo Mundo se encuentran además haplotipos de las familias T y T2 (Figura 10). La riqueza haplotípica crece considerablemente hacia el oriente, donde las regiones de Anatolia ($\pi_n = 0.014 \pm 0.001$) y Asia ($\pi_n = 0.014 \pm 0.001$) poseen mayor riqueza de familias haplotípicas, con las T, T1, T2 y T3, en la primera, y las T, T2, T3 y T4 en la segunda. Lo mismo sucede en el caso de África ($\pi_n = 0.012 \pm 0.004$), donde además de las familias T1 y T3, pueden encontrarse haplotipos T.

Estos resultados y los de otros estudios (Carvajal-Carmona *et al.*, 2003; Mirol *et al.*, 2003; Troy *et al.*, 2001) muestran como los Criollos Americanos se han mantenido como una muestra de la diversidad mitocondrial que existió hace medio siglo, compuesta por los haplotipos que

portaron los ancestros de las razas españolas (y otras poblaciones) actuales. Éstas, al sufrir una selección predominantemente artificial e intensa conforme se ha avanzado en la investigación genética, han perdido buena parte de su diversidad. Así lo muestran también otros estudios con marcadores moleculares como microsatélites, el gen de la κ -caseína y del BoLA, tanto para bovinos mexicanos como para otros criollos de nuestro continente al ser comparados con razas especializadas (Duarte-Ortuño, 2015; Félix *et al.*, 2006; Giovambatista *et al.*, 2001; Kelly *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2005; Russell *et al.*, 2000; Ulloa 2001; Ulloa *et al.*, 2008).

En el proceso histórico de formación de las razas se pueden distinguir diversas etapas, en las cuales, la participación del ser humano en su diferenciación genética ha incidido en mayor o menor grado. En sus inicios, lo que existió fue una variedad de subespecies geográficas, previas a la domesticación, y que en el caso de los bovinos estuvieron distribuidas ampliamente en Eurasia y África. A partir de la Revolución Neolítica, con limitada intervención humana, estas subespecies derivaron en las razas primitivas. Eventualmente, gracias al conocimiento empírico primero, y los descubrimientos científicos después, tal intervención aumentaría de manera importante para conformar las razas naturales, en etapa de transición a las actuales.

Finalmente, en el nacimiento de estas últimas, ya se vio involucrada una intensa selección genética que continua hasta nuestros días, pero que todavía les ha permitido conservar su carácter regional. A partir de las razas modernas de ganado se han creado, con la ayuda de la biotecnología, las llamadas razas mejoradas, genéticamente muy homogéneas, con proyección internacional, y cuya explotación es dependiente de ciertos paquetes tecnológicos (Sponenberg & Christman, 1995).

Analizando restos arqueológicos bovinos se ha podido determinar que la pérdida de diversidad genética (tanto de mtDNA como de ncDNA) en las razas europeas en general, ha sido constante y ha tenido lugar especialmente desde tiempos medievales (MacHugh *et al.*, 1999; Svensson *et al.*, 2007). Hace 500 años, seguramente la diversidad de las poblaciones bovinas ibéricas también era mayor que la actual, habiendo sido manejadas durante milenios de manera tradicional, y traídas al Continente Americano todavía en su estado de razas naturales. Al menos para el ganado español, sólo se reconocían en aquellos siglos algunas líneas de ganado bravo o de lidia, mientras

que el resto de las poblaciones que fundaron el ganado americano han sido inferidas con base en sus similitudes a las razas modernas.

Los primeros bovinos procedentes de España debieron incluir un mayor número tanto de haplotipos europeos, como de origen asiático y africano, pues en la muestra de 30 secuencias *D-loop* de BCM, BCLC y BL (esta última sin influencia española desde hace setenta años) presenta algunos que son por primera vez reportados en nuestro continente, otros compartidos con poblaciones del resto de Europa que ya no se encuentran en Iberia, así como los compartidos con otras poblaciones latinoamericanas sin haber sido descritos hasta el momento en el Viejo Continente.

Tampoco se puede desechar la posibilidad de que además de los bovinos ibéricos, llegaron a América animales africanos, ya que un par de los haplotipos mexicanos de la familia T1, sólo se han reportado en países africanos muy lejanos de la Península Ibérica y en América (H6a, en Túnez, y el H18a, en Colombia, Mozambique y Brasil); además, mientras en las razas españolas y portuguesas los haplotipos T1 son minoría, en diferentes poblaciones americanas su frecuencia es importante, llegando a superar a los haplotipos T3 (como en el caso de Brasil y la Isla de Guadalupe), y en nuestro país, los haplotipos africanos constituyen casi la mitad de la diversidad.

Aunque en esta muestra no se encontró la familia T1a, su presencia en otras poblaciones latinoamericanas y su ausencia en Iberia, sugieren que pudo haber llegado directamente de África. Por otro lado, la diversidad del mtDNA ha sido poco analizada tanto para ese continente como para las ex colonias americanas en comparación con las poblaciones europeas. Debido a que las rutas de llegada al Nuevo Mundo incluían escalas isleñas donde la diversidad bovina procedía de poblaciones tanto ibéricas como de colonias africanas, y las naves que transportaban esclavos negros desde sus países de origen pudieron haber traído reses locales consigo, no sería sorprendente que con posteriores estudios se confirme la ascendencia africana más moderna de los bovinos Criollos americanos, adicional a la ancestría africana que ya se encontraba en los ibéricos.

Utilidad de los estudios filogenéticos para el aprovechamiento de especies domésticas

Las relaciones filogenéticas que existen entre las razas criollas americanas y las autóctonas ibéricas (y posiblemente hasta algunas africanas) podrían ser el cimiento de acciones destinadas a la conservación y mejora recíproca de los grupos raciales. Por ejemplo, se ha planteado que el problema de hibridación con *B. indicus* en poblaciones de Criollos podría aliviarse si éstas son “refrescadas” mediante su encaste con razas españolas o lusitanas; asimismo, la calidad y productividad que presentan actualmente las razas españolas adaptadas y mejoradas en medios adversos de producción, podrían influir en las de los Criollos que han sobrevivido en ambientes similares en nuestro continente (Fernández & Barba 2005), pues el conocimiento de las condiciones bajo las cuales ocurre la caracterización de las razas, puede ser usado para predecir su comportamiento en otros ambientes (Segura-Correa & Montes-Pérez 2001).

Tal vez este pueda ser el caso de la raza española Retinta, reconocida como descendiente de los ancestros andaluces que se considera tuvieron mayor influencia en la fundación del ganado mexicano. Los animales retintos están caracterizados por su vocación para la producción de carne, que además ha sido seleccionada en condiciones extensivas, secas y calurosas; tienen la capacidad de recorrer largos trayectos para alimentarse de una vegetación pobre, quemada por el sol; sus movimientos son ligeros y producen carne de excelente calidad, por lo cual han sido llamados “la gran raza de carne de la España seca”; también presentan una marcada predisposición a la resistencia a enfermedades endoparasitarias, son longevas, con gran facilidad de parto, aptitud maternal y para el cruzamiento; finalmente, su producción lechera no es despreciable y muestran buena recuperación después de sequías prolongadas (Beteta, 2012).

Todas estas características también las detentan algunas poblaciones del Criollo Mexicano, excepto que estas han permanecido como un modelo de raza no seleccionada intensivamente y conservan una mayor diversidad genética que diferentes razas comerciales (Duarte-Ortuño, 2015; Félix et al., 2006; Russell et al., 2000; Ulloa 2001; Ulloa et al., 2008). Esto último les concede el potencial como reservas genéticas donde puede radicar la clave durante el surgimiento de epidemias, o la flexibilidad para responder a nuevos esquemas de selección. Además, su

adaptación a distintas regiones mexicanas las convierte en un recurso con posibilidades no sólo de explotación más intensiva en esas zonas, sino de contribuir genéticamente a otros hatos nacionales y extranjeros.

Linajes mitocondriales y su asociación con diferentes caracteres

La variación en la secuencia del mtDNA afecta sus funciones metabólicas. Debido a su importancia en los organismos, se han estudiado las posibles diferencias entre animales portadores de linajes mitocondriales divergentes, y encontrado variación entre sus actividades enzimáticas y de fosforilación oxidativa. Por ejemplo, se ha reportado diferencias en el consumo de oxígeno en especies como *Drosophila*, conejos, ovejas, ratones, etc. En humanos, son bien conocidas algunas enfermedades heredadas vía materna (miopatía mitocondrial, miopatía óptica, acidosis láctica, etc.) y otras causadas por mutaciones en el genoma mitocondrial, así como la asociación de algunas variantes con la longevidad. En bovinos, diferentes estudios indican una relación entre el linaje materno y caracteres como la cantidad de grasa de leche producida (Wu et al., 2000), características de la carne (Mannen et al., 1999), fertilidad materna (Sutarno et al., 2002), pesos de las crías al nacimiento y su destete (Wu et al., 2000).

Referencias bibliográficas

- Anderson S, De Bruijn MHL, Coulson AR, et al. (1982). Complete sequence of bovine mitochondrial DNA, conserved features of the mitochondrial genome. *J. Molecular Biology*, 156: 683-717.
- Anderung C, Bouwman A, Persson P, et al. (2005). Prehistoric contacts over the Straits of Gibraltar indicated by genetic analysis of Iberian Bronze age cattle. *PNAS*, 102(24): 8431-8435
- Ascunce MS, Kitchen A, Schmidt PR, et al. (2007). An unusual pattern of ancient mitochondrial DNA haplogroups in Northern African cattle. *Zoological Studies*, 46(1): 123-125.
- Baig M, Beja-Pereira A, Mohammad R, et al. (2005). Phylogeography and the origin of Indian domestic cattle. *Current Science*, 89(1):38 -40.

- Bailey JF, Richards MB, Macaulay VA, et al. (1996). Ancient DNA suggests a recent expansion of European cattle from a diverse wild progenitor species. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 263: 1467-1473.
- Baker CM y Manwell C. (1980). Chemical classification of cattle I. Breed groups. *Anim. Blood Groups Biochem. Genet.* 11(3): 127-50.
- Beja-Pereira A, Erhardt G, Matos C, et al. (2002). Evidence for a geographical cline of casein haplotypes in Portuguese cattle breeds. *Animal Genetics*, 33: 295-300.
- Beja-Pereira A, Alexandrino P, Bessa I, et al. (2003). Genetic characterization of Southwestern European bovine breeds: a historical and biogeographical reassessment with a set of 16 microsatellites. *Journal of Heredity*, 94(3): 243-250.
- Beja-Pereira A, Caramelli D, Lalueza-Fox C, et al. (2006). The origin of European cattle: evidence from modern and ancient DNA. *PNAS*, 103(21): 8113-8118.
- Beteta M. (2012). Las razas autóctonas españolas y su participación en los bovinos Criollos Iberoamericanos. En: Utilización de razas y tipos bovinos creados y desarrollados en Latinoamérica y el Caribe. Pags.: 1-12. Publicación de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. www.alpa.org.ve
- Bollognino R, Edwards CJ, Alt KW, et al. (2006). Early history of European domestic cattle as revealed by ancient DNA. *Biology Letters*, 2: 155-159.
- Bradley DG, MacHugh DE, Cunningham P, et al. (1996). Mitochondrial diversity and the origins of African and European cattle. *PNAS USA*, 93: 5131-5135.
- Bradley DG, Loftus RT, Cunningham P, et al. (1998). Genetics and domestic cattle origins. *Evolutionary Anthropology: Issues, News and Reviews*, 6(3):79-86.
- Bruford MW, Bradley DG, Luikart G. (2003). DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nat. Rev. Genet.*, 4(11): 900-910.
- Carvajal-Carmona LG, Bermudez N, Olivera-Angel M, et al. (2003). Abundant mtDNA diversity and ancestral admixture in Colombian Criollo cattle (*Bos taurus*). *Genetics*, 165: 1457-1463.
- Cymbron T, Loftus RT, Malheiro MI, et al. (1999). Mitochondrial sequence variation suggests an African influence in Portuguese cattle. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 266: 597-603.
- Cymbron T, Freeman AR, Malheiro MA, et al. (2005). Microsatellite diversity suggests different histories for Mediterranean and Northern European cattle populations. *Proc. Roy. Soc. B.*, 272: 1837-1843.

- Dobney K y Larson G. (2006). Genetics and animal domestication: new windows of an elusive process. *Journal of Zoology*, 269: 261-271.
- Duarte-Ortuño A, Tewolde A, Garcia de Leon FJ. (2015). Frecuencias alélicas y genotípicas del locus D21S6 en Ganado Criollo Mexicano. Comunicación personal. aduarte@fmvz.uat.mx
- Edwards CJ, Bollognino R, Scheu A, et al. (2007). Mitochondrial DNA analysis shows a Near eastern Neolithic origin for domestic cattle and no indication of domestication of European aurochs. *Proc. R. Soc. B.*, 274: 1377-1385.
- Edwards CJ, MacHugh DE, Dobney KM, et al. (2004). Ancient DNA analysis of 101 cattle remains: limits and prospects. *J. of Archaeological Science*, 31: 695-710.
- Félix P, Rios JG, Erosa de la Vega GE, et al. (2006). Secuenciación de nuevos alelos BoLA-DRB3.2 detectados en ganado Criollo Mexicano. *Técnica Pecuaria en México*, 44(1): 15-25.
- Fernández CA, Barba C. (2005). Paralelismo entre las razas criollas americanas y las razas autóctonas españolas. *Archivos de Zootecnia*, 54: 135-139.
- Giovambattista G, Ripoli MV, Peral-Garcia P, et al. (2001). Indigenous domestic breeds as reservoirs of genetic diversity: the Argentinian Creole cattle. *Animal Genetics*, 32: 240-247.
- Hanotte O, Tawah CL, Bradley DG, et al. (2000). Geographic distribution and frequency of a taurine *Bos taurus* and indicine *Bos indicus* Y specific allele amongst sub-Saharan African cattle breeds. *Molecular Ecology*, 9: 387-396
- Hanotte O, Bradley DG, Ochieng JW, et al. (2002). African pastoralism: genetics imprints of origins and migrations. *Science*, 296: 337-339.
- Hernández-Cerón J, Chase JJ Jr. & Hansen P. (2004). Differences in heat tolerance between preimplantation embryos from Brahman, Romosinuano and Angus breeds. *Journal of Dairy Science*, 87: 53-58.
- Ibeagha-Awemu EM, Jann OC, Weimann C. (2004). Genetic diversity, introgression and relationships among West/Central African cattle breeds. *Genet. Sel. Evol*, 36: 673-690.
- Jann OC, Ibeagha-Awemu EM, Ozbeyaz C, et al. (2004). Geographic distribution of haplotype diversity at the bovine casein locus. *Genet. Sel. Evol*, 36: 243-257.
- Julio-Sastre H. (2003). Descripción, situación actual y estrategias de conservación de la raza bovina colombiana criolla Casanare. *Tesis de Doctorado*. Universidad de Córdoba, España.
- Kumar P, Freeman AR, Loftus RT, et al. (2003). Admixture analysis of South Asian cattle. *Heredity*, 91: 43-50.

- Kelly L, Nicolini P, D'Angelo M, et al. (2003). Polimorfismo del gen DRB3.2 en bovinos Criollos del Uruguay. *Archivos de Zootecnia*, 52: 77-80.
- Kim KI, Lee JH, Lee SS, Yang YH. (2003). Phylogenetic relationship of northeast Asian cattle to other cattle populations determined using mitochondrial DNA D-loop sequence polymorphism. *Biochemical Genetics*, 41(3/4): 91-98.
- Lai SJ, Liu YP, Liu YX et al. (2006). Genetic diversity and origin of Chinese cattle revealed by mtDNA D-loop sequence variation. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38: 146-154.
- Lezama Núñez, Paulina René. (2008). Estudio de la diversidad y las relaciones genéticas de bovinos Criollos Mexicanos a partir de DNA mitocondrial. *Tesis de Posgrado en Biología*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lirón JP, Ripoli MV, De Luca JC, et al. (2002). Analysis of genetic diversity and population structure in Argentine and Bolivian creole Cattle using five loci related to milk production. *Genetics and Molecular Biology*, 25(4): 413-419.
- Lirón JP, Bravi CM, Mirol PM, et al. (2006). African matrilineages in American Creole Cattle: evidence of two independent continental sources. *Animal Genetics*, 37(4): 379-382.
- Loftus RT, MacHugh DE, Bradley DG, et al. (1994). Evidence for two independent domestications of cattle. *PNAS USA*, 91:2757-2761.
- Loftus RT, Ertugrul O, Harba AH, et al. (1999). A microsatellite survey of cattle from a centre of origin: the Near East. *Molecular Ecology*, 8: 2015-2022.
- MacHugh DE, Shriver MD, Loftus RT et al. (1997). Microsatellite DNA variation and the evolution, domestication and phylogeography of taurine and zebu cattle (*Bos taurus* and *Bos indicus*). *Genetics*, 146: 1071-1086.
- MacHugh DE, Troy CS, McCormick F et al. (1999). Early medieval cattle remains from a Scandinavian settlement in Dublin: genetic analysis and comparison with extant breeds. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 354: 99-109.
- Magee DA, Meghen C, Harrison S. et al. (2002). A partial African ancestry for the creole cattle populations of the Caribbean. *J. Heredity*, 93(6): 429-432.
- Mannen H, Kojima T, Oyama K, et al. (1998). Effect of mitochondrial DNA variation on carcass traits of Japanese Black cattle. *Journal of Animal Science*, 76(1): 36-41.
- Mannen H, Tsuji S, Loftus RT, Bradley DG. (1998). Mitochondrial DNA variation and evolution of Japanese Black cattle (*Bos taurus*). *Genetics*, 150: 1169-1175.
- Mannen H, Kohno M, Nagata Y, et al. (2004). Independent mitochondrial origin and historical genetic differentiation in North Eastern Asian cattle. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 32: 539-544.

- Martínez RD, Fernández EN, Broccoli AM, et al. (2005). Variabilidad genética en el ganado bovino Criollo Argentino patagónico. *Archivos de Zootecnia*, 54: 415-421.
- Martínez R, Toro R, Montoya F, et al. (2005). Caracterización del locus BOLA-DRB3 en ganado Criollo Colombiano y asociación con resistencia a enfermedades. *Archivos de Zootecnia*, 206-207: 349-356.
- Miretti MM, Pereira HA Jr., Poli MA, et al. (2002). African-derived mitochondria in South American native cattle breeds (*Bos taurus*): evidence of a new taurine mitochondrial lineage. *J. Heredity*, 93(5): 323 -330.
- Miretti MM, Dunner S, Naves M, et al. (2004). Predominant African -derived mtDNA in Caribbean and Brazilian creole cattle is also found in Spanish cattle. *J. Heredity*, 95(5): 450 -453.
- Mirol PM, Giovambattista G, Liron JP, et al. (2003). African and European mitochondrial haplotypes in South American creole cattle. *Heredity*, 91: 248-254.
- Naves M, Laloe D, Goudarzi K, et al. (2005). Relaciones genéticas entre el bovino Criollo de Guadalupe y otras razas por marcadores bioquímicos. *Archivos de Zootecnia*, 54: 385-394.
- Pereira SL. (2000). Mitochondrial genome organization and vertebrate phylogenetics. *Genetics and Molecular Biology*, 23(4): 745-752.
- Rodero A, Delgado JV, Rodero E. (1992). Primitive Andalusian livestock and their implications in the discovery of America. *Archivos de Zootecnia*, (extra): 383-400.
- Russell N, Rios J, Erosa G, et al. (2000). Genetic differentiation among geographically isolated populations of Criollo cattle and their divergence from other *Bos taurus* breeds. *Journal of Animal Science*, 78: 2314-2322.
- Segura-Correa JC y Montes-Pérez RC. (2001). Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. *Revista Biomédica*, 12: 196-206.
- Sponenberg DP y Christman CJ. (1995). Chapter 1. The Breed Concept: What is a "Breed"? En: *Rare Breeds: A Conservation Breeding Handbook*. The American Livestock Breeds Conservancy (ALBC). Pittsboro, North Carolina, USA. 136 pp.
- Sutarno, Cummins JM, Greeff J, Lymbery AJ. (2002). Mitochondrial DNA polymorphism and fertility in beef cattle. *Theriogenology*, 57: 1603-1610.
- Svensson EM, Anderung C, Baubliene J, et al. (2007). Tracing genetic change over time using nuclear SNPs in ancient and modern cattle. *Animal Genetics*, 38 (4): 378-383.
- Troy CS, MacHugh DE, Bailey JF, et al. (2001). Genetic evidence for Near-Eastern origins of European cattle. *Nature*, 40: 1088-1091

- Ulloa R. (2001). Estimación de la heterogeneidad genética en poblaciones de bovinos Criollos Mexicanos utilizando marcadores moleculares. *Tesis de Doctorado*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
- Ulloa R, Gayoso A, Ramos M, et al. (2008). Genetic analysis of Mexican Criollo cattle populations. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 125:1-10.
- van Vuure T. (2002). History, morphology and ecology of the Aurochs (*Bos taurus primigenius*). *Lutra*, 45(1): 1-16.
- Wu J, Smith RK, Freeman AE, et al. (2000). Sequence heteroplasmy of D-loop and rRNA coding regions in mitochondrial DNA from Holstein cows of independent maternal lineages. *Biochemical Genetics*, 38(9-10): 323-335.
- Zeder M, Emshwiller E, Smith BD, Bradley DG. (2006). Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends in Genetics*, 22(3): 139-155.

UNACH

X.

**CARACTERIZACIÓN GENÉTICA
DE LOS BOVINOS CRIOLLOS
MEXICANOS Y SU RELACIÓN CON
OTRAS POBLACIONES BOVINAS**

UNACH

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE LOS BOVINOS CRIOLLOS MEXICANOS Y SU RELACIÓN CON OTRAS POBLACIONES BOVINAS

Jorge Quiroz Valiente¹ y Amparo Martínez Martínez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
Campo Experimental Huimanguillo. quiroz.jorge@inifap.gob.mx

²Depto. de Genética. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales Ed. C-5. 14071-Córdoba

Introducción

Actualmente las poblaciones de animales domésticos latinoamericanos han adquirido una valorización como reservorios de diversidad. En México, debido a la inexistencia de bovinos americanos, fue hasta la llegada de los colonizadores que se introdujeron los primeros bovinos (*Bos taurus*). Sin embargo, a finales del siglo XIX y principios del XX se introdujeron las razas exóticas en muchas regiones (Guevara & Lira-Noriega, 2004), en donde prácticamente eliminaron las poblaciones que le sirvieron como base. Posteriormente, la gran adaptabilidad de los cebuínos (*Bos indicus*) a los ambientes hostiles, hizo que desde principios del siglo XX se introdujeran en gran cantidad, lo que a la postre, desplazó a las poblaciones de los primeros bovinos europeos (conocidos genéricamente como “Criollos”) a las regiones más apartadas y de menor acceso del territorio mexicano.

Las cruzas que componen a la ganadería bovina mexicana tienen en su mayoría razas especializadas con algún componente cebuino, aunque también existen algunos núcleos de bovinos Criollos en áreas específicas de difícil acceso.

La producción bovina ocupa cerca del 60% del territorio nacional (http://www.siap.sagarpa.gob.mx/Publicaciones/Archivos/n_Pecuaria.pdf), pero su participación en el Producto Interno Bruto (PIB), no llega al 2%. El PIB de la ganadería junto con la agricultura, silvicultura, caza y pesca, durante el año 2005 se estimó que alcanzó el 3.7%, y en él participa el 16% de la población económicamente activa (INEGI, 2007).

Por otra parte, la variedad de ecosistemas y de sistemas de producción hacen a México un país con una gran riqueza en recursos zoogenéticos que no han sido caracterizados. Algunas poblaciones criollas son parte importante del sustento de familias campesinas y en eso radica su importancia. La riqueza genética que podría estar mantenida en esas poblaciones no ha sido contrastada con las poblaciones bovinas comerciales existentes, por lo que es necesario hacer una descripción genética de las mismas. Se han realizado esfuerzos aislados en la caracterización de los Bovinos Criollos de México. En las poblaciones de la región mixteca se ha caracterizado la morfometría (Méndez Mendoza *et al.*, 2002), los perfiles hemáticos (Serrano *et al.*, 2004) y la calidad de las canales (Núñez González *et al.*, 2005), en Chihuahua la caracterización genética con marcadores microsatélites (Russell *et al.*, 2000), en Baja California Sur, un estudio zoométrico (Espinoza-Villavicencio, 2004) y en Nayarit la estimación de diferencias entre efectos raciales Criollo y Guzerat sobre el comportamiento de sus crías en corral de engorda y para características de la canal (Martínez Velázquez *et al.*, 2006). Un trabajo más completo lo realizó Ulloa (2001), quien estudió poblaciones de Bovinos Criollos de Guerrero, Nayarit, Durango y Chihuahua con 8 microsatélites.

Una de las características en una secuencia de ADN es su variabilidad; los bovinos difieren uno de otro, en un par de bases cada cientos de ellas. Esta variación es manifiesta también en las secuencias de las proteínas (ejemplo los grupos sanguíneos). Debido a la acumulación de tales variaciones hay diferencias entre animales, que se manifiesta como el fenotipo.

Las secuencias de ADN microsatélites han mostrado que son de gran utilidad en la caracterización de las poblaciones animales, donde se puede llegar a conclusiones sobre la relación o distancia genética existente. La descripción de las poblaciones, desde el punto de vista de la conservación de los recursos genéticos, debe hacerse comparándolas con poblaciones cercanas genéticamente, que permitan detectar la singularidad de las mismas, y así evitar duplicidad y despilfarro de recursos.

Desde el punto de vista genético, las poblaciones aisladas despiertan gran interés porque las frecuencias génicas dependen del ambiente particular en que se desenvuelven y también del grado de aislamiento; este puede ser geográfico o cultural o una combinación de ambos, y les ha impedido tener algún intercambio genético con otras poblaciones.

La genética de poblaciones estudia la variación polimórfica en las poblaciones biológicas, y para ello es necesario conocer su estructura, que está definida por la estructura alélica (frecuencias alélicas) y la estructura genotípica (frecuencias genotípicas). Teóricamente una población se encuentra en equilibrio Hardy-Weinberg si se cumplen ciertos supuestos: apareamiento aleatorio, no-mutación, no-migración y tamaño grande de la población. En la práctica estos preceptos raramente se cumplen; no existen poblaciones infinitamente grandes y por otro lado la panmixia no es posible; después de un reducido número de generaciones la energía necesaria para que exista un apareamiento aleatorio con los individuos más distantes sobrepasa el sistema haciéndolo imposible, esto sin incluir la selección natural que también subdivide la población (Arcos-Burgos & Muenke, 2002).

Este fenómeno provoca heterogeneidad geográfica a menos que la población investigada sea demasiado pequeña. Además, la tasa de mutación en varios *loci* es suficiente para producir un alto nivel de diversidad en corto tiempo (Kimura & Ota, 1971). Estos autores establecen que la mayoría de los cambios en la estructura genética de una población a nivel molecular, son causados por la deriva génica actuando sobre *loci* neutros expuestos a una recurrente mutación. En el caso de las poblaciones de Bovinos Criollos de México, después de su introducción, su número se incrementó y se manejaron en forma asilvestrada, poblando todo el territorio mexicano; tuvieron distintas formas de migración y también se han modificado con la introducción de los

nuevos genotipos en las razas importadas en épocas más recientes. La incorporación de material genético de animales que se han logrado adaptar a las condiciones prevalecientes, ha hecho de las poblaciones criollas una mezcla genética en proporciones únicas. Como consecuencia, cuando las poblaciones se comparan, sus frecuencias alélicas tienden a ser similares a las de poblaciones próximas y se van diferenciando conforme la distancia geográfica se incrementa.

Análisis genético del origen de la domesticación de los bovinos

El marcador de elección para este tipo de estudios es el ADN mitocondrial, que es un pequeño plásmido (menor de 20 kb en mamíferos) que se localiza únicamente en los organelos mitocondriales. Es altamente variable dentro de especie, de tal manera que en humanos en una sola sección, la región control, se han identificado más de 500 haplotipos distintos (Handt et al., 1998), y en cabras se identificaron 331 haplotipos de 406 individuos representando 88 razas de 44 países de Europa, Asia África y Cercano Oriente (Luikart et al., 2001).

El ADN mitocondrial evoluciona extremadamente rápido comparado con el ADN nuclear y consecuentemente, es una herramienta poderosa para establecer niveles de diversidad genética y estructura filogenética dentro de especie. El ADN mitocondrial de los mamíferos se hereda casi exclusivamente por la vía materna, es haploide y no sufre recombinación. Estas características indican que cada individuo posee un simple haplotipo que en los análisis filogenéticos son relativamente fáciles de interpretar, aunque por ser heredado sólo por vía materna, no se detecta el flujo genético mediado por los machos. Alternativamente se podrían utilizar secuencias propias del cromosoma Y pero son mucho menos variables por lo que no son de amplia utilización (Bruford et al., 2003).

Los microsatélites o secuencias de repetición simples (SSR, *simple sequence repeats*) o repeticiones cortas en serie (STR, *short tandem repeats*) son pequeñas secuencias polimórficas de ADN de 1 a 6 pb repetidas en serie, que se encuentran en todos los genomas de procariontes y eucariontes descritos hasta la fecha (Zane et al., 2002). Se pueden amplificar fácilmente por medio de PCR, debido a que generalmente su tamaño es inferior a 350 pb; están presentes en zonas codificadoras y no codificadoras y son muy polimórficas. Los análisis de las bases de datos

han mostrado que la repetición dinucleotídica más frecuente es AC, y que ocurre dos veces con más frecuencia que AT y tres veces más frecuente que AG (Beckmann & Weber, 1992).

Los microsatélites tienen tres usos primarios en estudios sobre la domesticación. Primero, se utilizan para cuantificar la variación entre poblaciones y razas (Hanotte *et al.*, 2000). Segundo, permiten detectar la mezcla de poblaciones (Giovambattista *et al.*, 2000). Tercero, se pueden utilizar para asignar individuos a grupos similares a nivel de población, raza o especie (Maudet *et al.*, 2002). A pesar del uso de otro tipo de marcadores que han tomado auge en los últimos años, los microsatélites siguen siendo la herramienta de elección para estudios de caracterización genética (Ajmone-Marsan *et al.*, 2014).

Estas herramientas han contribuido de manera importante en la elucidación del proceso de domesticación de los bovinos. Originalmente, se pensaba que *Bos taurus* y *Bos indicus* eran dos formas diferenciadas de un solo evento de domesticación; por medio de los marcadores moleculares se investigó el origen de ese ganado, comparando el ganado taurino de Europa y África con el cebuino de India y África. Sorprendentemente, el Cebú de la India se observó que era muy diferente al taurino de Europa y África y al Cebú africano, con el cual compartía importantes secuencias. El nivel de divergencia en las secuencias del ADN mitocondrial fue consistente con las estimaciones hechas con carbono 14, ubicando el origen de sus ancestros comunes en cientos de miles de años (Bradley *et al.*, 1998). Sin embargo, la domesticación del ganado fue mucho más reciente. Por lo tanto, la explicación más probable es que aunque tienen un ancestro común de hace miles de años; la diferenciación genética de estas subespecies se dio a partir del *Bos primigenius* (Uro) al domesticarse en dos regiones diferentes (Loftus *et al.*, 1994).

Por otra parte, los datos muestran que el Cebú africano tiene sólo ADN mitocondrial taurino, pero estudios hechos con microsatélites y ADN del cromosoma Y mostraron que existe mayor similitud con otras poblaciones cebuinas (MacHugh *et al.*, 1997), lo que sugiere que el genoma de los bovinos Cebú africanos en su mayoría se derivó de machos cebuinos originarios de Asia y del Oriente Medio, a pesar de que se originaron a partir de algunas hembras taurinas, es decir, fue producto de cruzamientos (Martínez-Navarro *et al.*, 2014). Esto también ha sido corroborado con un estudio más reciente en el que se utilizó también ADN nuclear de Uro (Troy *et al.*, 2001).

Así, los bovinos parece ser que se domesticaron en el Cercano Oriente, por lo que se esperaría que actualmente la mayor diversidad genética se localice en esa región (Bruford *et al.*, 2003).

Los bovinos Criollos en América

La ganadería fue la gran aportación del Viejo Mundo al Nuevo, donde apenas existía. Durante más de tres siglos los vacunos, importados en su mayor parte de la Península Ibérica, proporcionaron carne, leche, cuero y trabajo, al adaptarse perfectamente a las condiciones del suelo y clima americanos. A mediados del siglo XIX en México comenzó a sustituirse el vacuno Criollo por razas británicas y continentales. Los pocos animales americanos domesticados como la llama, el pavo o guajolote y el cuy o conejo de indias tenían, además, ámbitos regionales muy localizados.

Para esclarecer el origen de la ganadería americana, es necesario recurrir a fuentes de información muy antigua, imprecisa y dispersa. Las principales son: las Cédulas Reales de hace más de cuatrocientos años, el Archivo General de Indias de Sevilla y las historias narradas por los conquistadores, especialmente por los frailes que los acompañaron, que fueron testigos de muchos hechos sucedidos durante el descubrimiento, conquista y colonización del continente americano (Primo, 1992).

La gran diversidad biológica y cultural de México, la larga tradición y experiencia de los pueblos en la domesticación, el cultivo y la conservación de plantas, hicieron que México fuera uno de los mayores centros agrícolas del mundo (Hernández-Xolocotzi, 1998). La agricultura mesoamericana, basada en la diversidad, era completamente opuesta a la agricultura y la ganadería traídas por los europeos, que se sustentaban en la simplificación de la diversidad biológica y cultural.

La primera expansión de ganado vacuno por el continente la inició Rodrigo de Bastidas, hombre de grandes influencias y uno de los más ricos ganaderos hasta entonces por la Corona Española. Según datos de la época, poseía más de 10,000 cabezas en La Española, ya que cuando se instaló en la isla invirtió gran parte de su capital en ganado en cuya explotación tuvo un gran éxito. Además, por tener grados eclesiásticos, le fue fácil obtener autorización real para llevar al continente (Santa Marta de Colombia) vacunos y otros animales domésticos. Cuando Bastidas tenía preparada la expedición a Tierra Firme con las embarcaciones listas, las cuales debían zarpar

de La Española, solicitó la autorización real para sacar de la isla 200 vacas, cerdos y caballos para la cría, que le fue concedida por medio de la Cédula Real del 16 de mayo de 1524; esta fue la primer incursión de ganado vacuno en tierras continentales. El toro de lidia fue introducido en 1522 por Altamirano, quien embarcó 12 reses de Navarra (Ramírez N. & Berruecos V., 1995).

Introducción de nuevas razas

A México llegó ganado bovino de distintas procedencias y, respecto a los grupos raciales, se definían de forma diferente a los de nuestros días, pues el concepto de color de la capa como definidor racial y la conformación morfológica no existieron en Europa hasta la segunda mitad del siglo XVIII y en Andalucía, hasta un siglo después. Además, el flujo de razas españolas y portuguesas, siguió durante los siglos XVII y XVIII (Rodero *et al.*, 1992). Sin embargo, es probable que las razas europeas como hoy las conocemos hayan tenido una mayor mezcla con otras, que las propias criollas de México, que en algunos casos han permanecido aisladas durante décadas, aunque en pequeño número. Al terminar el periodo colonial, existían entre la ciudad de Acayucan y la ciudad de Santiago Tuxtla, en Veracruz, siete hacendados cuyas propiedades alcanzaron la extensión de 270,350 ha. Los hatos de cada uno de ellos iban desde mil cabezas en un sólo sitio, hasta 30 mil en 64 sitios. Acayucan y Santiago Tuxtla constituyeron los centros económicos más importantes de la región de Los Tuxtlas en el sur de México, desde la colonia hasta finales del siglo XIX (Guevara & Lira-Noriega, 2004).

A finales del siglo XIX se inició la importación de pie de cría para el mejoramiento de las razas. Durante el porfiriato (1876-1911) se importaron 160,000 ejemplares bovinos. La introducción del ganado Cebú a México tuvo lugar en 1884 con ejemplares provenientes de los Estados Unidos. Desde principios del siglo XX la ganadería del trópico-húmedo mexicano se transformó con la introducción de razas cebuínas mejoradas, obtenidas principalmente en Brasil y de nuevas tecnologías en materia de pastos y forrajes tropicales, desarrolladas en Australia y África. En el Golfo de México, el primer registro de ganado Cebú (*Bos indicus*) fue en Los Tuxtlas de Acayucan en 1923, de Nelore procedente de Brasil. A principios de la década de 1950 en las tierras bajas de Veracruz y Tabasco había numerosos hatos de este ganado: Guzerat, Gyr, Nelore e Indobrasil,

que en tan sólo cuatro décadas sustituyó y prácticamente erradicó al ganado introducido por los españoles (*Bos taurus*) y que por cerca de cuatro siglos fue criado y naturalizado en las zonas del trópico cálido-húmedo veracruzano (Guevara & Lira-Noriega, 2004).

En Chihuahua el cambio del tipo de ganado ocurrió en 1883. En esta fecha Félix Francisco Maceyra, ganadero de Chihuahua y en ese momento gobernador del estado, introdujo el ganado Cebú (*Bos indicus*), traído de Nueva Orleans. Sin embargo debido a lo apartado de los estados norteros, el registro de la introducción de Cebú a México es de toros de Brasil llevados en 1884 al trópico húmedo. En el Bolsón de Mapimí, en pleno desierto chihuahuense después de la introducción del ganado se detecta la existencia de ganado bovino montaraz en la zona sureste de la región. De 1930 a 1945, hubo otras importaciones hasta que en 1945 la fiebre aftosa restringió las importaciones desde países que tuvieran esta enfermedad (Ramírez N. & Berruecos V., 1995).

El inventario ganadero cayó en forma estrepitosa durante el periodo revolucionario, y posterior a esto la actividad mejoró lentamente, hasta que en 1926 se detecta un brote de fiebre aftosa y hubo un embargo ganadero por parte de los Estados Unidos. Se sacrificaron 1,200 animales y se declaró al país libre de la enfermedad. Se firmó un acuerdo con los Estados Unidos en 1928 para evitar las importaciones de ganado de países con aftosa. En 1946 se importaron 327 cabezas de ganado Cebú, las cuales fueron puestas en cuarentena sin mostrar signos de la enfermedad; sin embargo, en la zona de Boca del Río, Veracruz, se reportaron los primeros 300 casos por lo que se declaró oficialmente a México como país con aftosa. En 1947 estaba en 16 estados de la República y en el Distrito Federal; se trató de controlar sacrificando a los animales enfermos, con ayuda de una vacuna y fue posible detener la epizootia en 1954. El costo de la campaña fue altísimo, además de la matanza de más de 1'000,000 de cabezas y con la consecuente pérdida de líneas genéticas (Ramírez N. & Berruecos V., 1995).

Resumiendo, el ganado arribó inicialmente a las tierras bajas del Golfo de México y al altiplano central en los alrededores de la Ciudad de México. Más tarde llegó al Bajío, al altiplano del norte y a la costa del Pacífico. La población de bovinos Criollos Mexicanos es la única cuando el ganado vacuno es introducido a México en el siglo XVI y se ve amenazada cuando las razas originales son substituidas por las razas de ganado Cebú traídas a fines del siglo XIX. Desde ese entonces y hasta

1950, la ganadería bovina ha registrado varios descensos trascendentales en su productividad. Se citan la depresión ganadera de finales del siglo XVI, las sequías de finales del siglo XVIII, la Guerra de Independencia, el movimiento armado de la Revolución Mexicana y, recientemente, la fiebre aftosa y el reparto agrario.

Bovinos Criollos Mexicanos

Se localizan principalmente en los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Nayarit, Sonora y Zacatecas. Las vacas criollas generalmente pesan menos de 300 kg y los toros 400 kg. Los pesos al nacimiento difícilmente llegan a los 18 kg. Estos animales presentan una gran variedad de colores, que van desde negro, rojo, pinto de negro o de rojo, rubio y otras combinaciones (SAGARPA, 2002). Se les denominaba por la característica más sobresaliente “Cuernos Largos” (Beteta Ortiz, 1999).

Criollo de Baja California (Chinampo)

La siguiente caracterización corresponde a las características corporales de bovinos machos para rodeo de Baja California Sur, grupo racial que se asemeja más en comportamiento y fisiología a un herbívoro silvestre. Se estima que la población de ganado Chinampo puro en Baja California es de 78 mil animales (SAGARPA, 2002).

Ganado Criollo de Chihuahua

Durante los primeros años de la exploración y colonización española de lo que hoy es el Estado de Chihuahua, el ganado era temporalmente introducido y utilizado, casi en su totalidad, para la alimentación de soldados y colonos. Posteriormente, ya a finales del siglo XVI, se formaliza la crianza de ganado en la región del sur del Estado, correspondiendo al capitán Cristóbal de Ontiveros el mérito de ser el fundador de la ganadería chihuahuense. Como dato preciso, en 1590 funda con sus hijos la estancia ganadera de “Roncesvalles” en las cercanías de Parral, dándose así la base de la actual ganadería del Estado de Chihuahua (González Domínguez, 1989).

Se inicia el siglo XIX y con la guerra de Independencia que cambiaría el destino de los habitantes de la Nueva España, gran parte de la economía del latifundio ganadero descansaba en la exportación de novillos hacia Estados Unidos y en el mercado de la ciudad de México. En esos años ya existían las engordas, que proveían al mercado nacional de importantes cantidades de carne, alcanzando un consumo promedio de 17.4 kilos al año por habitante (González Domínguez, 1989).

Abraham González, ganadero prócer chihuahuense, en 1904 trae un pie de cría consistente en 100 vaquillas y 36 toretes procedentes de Kansas, E.U.A.; como es bien sabido, el encaste de este ganado Hereford con el ganado Criollo español existente no se hizo esperar, originándose así el famoso ganado "Cara Blanca de Chihuahua".

La absorción del ganado de origen español fue gradual pero consistente, contribuyendo a ello la introducción de otras razas como la Shorthorn o Durham traída por los inmigrantes mormones y menonitas, así como la raza Aberdeen Angus traída a Chihuahua por William Benton, inglés radicado en Chihuahua. Estas razas y otras más, traerían tiempo después valiosas aportaciones para el desarrollo de la ganadería (González Domínguez, 1989).

Con el siglo XX llegó la Revolución Mexicana, movimiento armado que trajo dramáticos cambios a la vida de Chihuahua, que obviamente afectaron a la ganadería. El progreso de la ganadería se estancó, las tierras cambiaron inesperadamente de propietario y el número de ganado fue sistemáticamente mermado hasta casi quedar los ranchos desolados. El ganado llegó a escasear y tuvo que traerse de Sonora y de Estados Unidos para surtir el abasto local. En estas condiciones sólo prevaleció el ganado Criollo o "corriente" como se le denomina localmente. Este tipo de animales se caracteriza por su gran resistencia al estrés calórico y su inherente longevidad en este ambiente (Russell *et al.*, 2000). Muchos de estos animales se exportan para usarse en rodeos de los Estados Unidos. La demanda anual es de 40,000 animales aproximadamente. En la actualidad no existe dificultad para comercializar los novillos que se producen a precios competitivos; por ejemplo, novillos Criollos para rodeo con edades entre 8 y 20 meses tienen un precio de 350 a 450 dólares en los Estados Unidos de América, lo que aunado a los bajos costos de producción la hacen una de las actividades pecuarias más rentables.

A principios de 1995, el Gobierno del estado de Chihuahua inició un proyecto para distribuir sementales Criollos entre productores de bajos recursos de la región de la Sierra Tarahumara. El objetivo fue fomentar la producción de novillos para rodeo que se exportan a los EUA, en este proyecto se distribuyeron alrededor de 100 animales.

En años recientes se creó la Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano, que en 1995 obtuvo el reconocimiento de la Confederación Nacional Ganadera (SAGARPA, 2002).

Criollo de Chiapas

A finales del siglo pasado y principios de este, la actividad principal en la región costera de Chiapas era la apertura de bosques y selvas con fines forestales selectivos y para la introducción de cultivos y ganado. Tradicionalmente, la actividad mercantil más importante en la región ha sido la ganadería, la cual se ha desarrollado, en mayor medida, en la parte norte de la planicie, obedeciendo a factores que benefician dicha actividad, como la predisposición natural de la tierra hacia los pastizales. La actividad ganadera se ha orientado a la producción de carne y leche de alto rendimiento (Lucero *et al.*, 2004). Las principales razas explotadas son: la Nelore, Cebú comercial e Indobrasil, existiendo en menor medida Suizo y Criollo (Jiménez González, 1999).

Por otra parte, son los pequeños propietarios los que se dedican en mayor medida a la actividad descrita y en menor proporción son ejidatarios. La producción está basada en la cría extensiva existiendo un índice de agostadero promedio cercano a 1.3 cabezas por hectárea. Una de las razones a las que obedece este modo extensivo de explotación es el ahorro significativo de mano de obra, que por otra parte, cuando es ocupada se caracteriza por la baja remuneración económica a los jornaleros.

Criollo de Nayarit de la Sierra Madre Occidental (Coreño)

La denominación de este ganado se debe a la gente que lo posee, el grupo indígena Cora de la Sierra de Nayarit. En la actualidad se estima que todavía hay unas 9,000 cabezas. Este recurso Criollo ha sido estudiado y evaluado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en su Centro Experimental "El Verdineño" por aproximadamente

20 años, en lo referente a capacidad productiva para estimar los efectos genéticos aditivos y no aditivos, individuales y maternos del Criollo y sus cruzas básicamente con razas cebuínas, para características de importancia económica.

Criollo Poblano Mixteco

En México existe una región llamada "Mixteca" que comprende parte de los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero; fisiográficamente se caracteriza por ser zona montañosa y semidesértica, en ella se cría un ecotipo de bovino Criollo adaptado a las condiciones ecológicas de esta región, se denomina "bovino Criollo Mixteco". Este se cría bajo sistemas de producción primitivos y es cuidado por gente marginada y pobre, por lo que adquiere gran importancia económica y social para esta región considerada de alta marginación.

Este bovino Criollo por sus características adaptativas de resistencia física, agilidad, forma y tamaño de los cuernos, se ha convertido en un biotipo de gran interés para el deporte del rodeo americano; lo que deriva en una movilización comercial desmedida hacia los Estados Unidos de América y Canadá, con la consecuente disminución progresiva del número de sus efectivos aünados al saqueo indiscriminado. La falta de programas de conservación, la absorción o encaste con otras razas y el desplazamiento por otras razas "mejoradas", hacen, sin duda alguna, que este importante recurso genético animal, se encuentre en riesgo de extinción. Por ese motivo urge establecer programas de preservación y rescate basados en estudios que garanticen la continuidad de esta población (Serrano *et al.*, 2004).

Los marcadores moleculares en la caracterización genética

Recientemente ha habido numerosos trabajos que describen la diversidad genética de las poblaciones bovinas locales, las cuales son caracterizadas fenotípica y genética mente para priorizar su conservación (van Marle-Koster & Nel, 2003; Talle *et al.*, 2005).

Generalmente los estudios de diversidad genética tienen como objetivo estimar parámetros que permitan analizar la variabilidad genética dentro de una población (Ginja, 2002). Esto se logra a través de: la determinación de las frecuencias alélicas por población y por locus; calcular

la Heterocigosidad esperada, también denominada índice de diversidad genética; determinar las distancias genéticas entre poblaciones o entre individuos; y detectar la estructura de la población. Inicialmente se utilizaron los polimorfismos bioquímicos como marcadores; dentro de los más destacados están los polimorfismos de proteínas que frecuentemente se encuentran en el citoplasma celular, como las enzimas que a pesar de catalizar un sustrato único presentan formas alternativas que difieren en su composición aminoacídica a causa de mutaciones no sinónimas en el ADN. La presencia de formas alternativas de una misma enzima (isoenzimas) se puede detectar en electroforesis como polimorfismos codominantes. Se han realizado trabajos para detectar hibridación de *Bos taurus* y *Bos indicus* (Ceriotti et al., 2003; Ibeagha-Awemu & Erhardt, 2005). Un uso muy importante de las proteínas es su uso como marcadores genéticos de características de importancia económica, como la κ -caseína y la β -lactoglobulina (Bovenhuis et al., 1992)

Los marcadores moleculares se han empleado en trabajos muy diversos como en la caracterización racial estableciendo relaciones entre diversas razas bovinas (MacHugh et al., 1994; Moazami-Goudarzi et al., 1994; Moazami-Goudarzi et al., 1997; MacHugh et al., 1998; Canon et al., 2001; Jordana et al., 2003; Freeman et al., 2006). Además se han utilizado para detectar situaciones de "cuello de botella" (Ramey et al., 2000; Spencer et al., 2000), consanguinidad (Parisot et al., 2003; Chikhi et al., 2004), migración (Hanotte et al., 2002; Wilson & Rannala, 2003), filogenia (Pepin et al., 1995; MacHugh et al., 1997; Mommens et al., 1999; Ritz et al., 2000), hibridación entre poblaciones (Kumar et al., 2003; Freeman et al., 2004; Freeman et al., 2006) o, tamaño efectivo de las poblaciones (Hayes et al., 2003).

También los marcadores moleculares han resultado muy útiles en la selección asistida por marcadores y la generación de mapas cromosómicos (Zhang et al., 2004; Schnabel et al., 2005; Snelling et al., 2005). En los esquemas de selección son de gran ayuda en los análisis de paternidad y parentesco (GlowatzkiMullis et al., 1996; Vankan & Faddy, 1999; Weller et al., 2004; Werner et al., 2004), recientemente en la fiscalización de la trazabilidad de los productos animales (Sancristobal-Gaudy et al., 2000; Vazquez et al., 2004; Shackell et al., 2005). Como herramientas para seleccionar poblaciones que deben ser conservadas también son de gran utilidad (Gandini et al., 2004; Rendo et al., 2004; Hanotte & Jianlin, 2005; Singh et al., 2014). En algunos casos forenses

para detectar individuos cazados en poblaciones protegidas, también han resultado de gran utilidad los microsatélites (Manel et al., 2002).

En México han sido muy pocos los trabajos realizados en el área de caracterización genética de los bovinos Criollos (Russell et al., 2000; Ulloa Arvizu, 2001; Ginja et al., 2010). Se desconoce cuál es su importancia en términos de conservación, puesto que no se ha realizado ningún estudio sobre el grado de amenaza de dichas poblaciones.

Existen numerosos métodos para detectar la variación genética. Los marcadores moleculares son segmentos de ADN con una localización física identificable que pueden utilizarse para construir mapas cromosómicos que muestran la posición de genes conocidos u otros marcadores. Cada uno tiene sus alcances y limitaciones y se han desarrollado para diferentes casos (van Marle-Koster & Nel, 2003). A continuación se da una descripción muy breve de los más importantes.

Microsatélites

Desde los tiempos de Mendel hasta principios de la década de 1980, los únicos marcadores genéticos de un simple locus eran los marcadores fenotípicos, tales como color de los ojos, polimorfismos de las proteínas o grupos sanguíneos.

El término satélite de ADN se originó en la década de 1960 cuando una fracción de ADN mostró una densidad distinta, detectable como un pico satélite en un gradiente de densidad por centrifugación, y posteriormente se identificó como un centrómero con repeticiones en serie. Cuando las repeticiones en serie fueron más pequeñas (10-30 pb) se identificaron posteriormente como minisatélites, finalmente con la identificación de las secuencias pequeñas se acuñó el término de microsatélites (Ellegren, 2004).

Los microsatélites están entre las secuencias más variables de ADN y esta variabilidad está dada por la longitud de la cadena. Por otra parte, la variabilidad genética de estos *loci* se caracteriza también por la alta Heterocigosidad por la presencia de muchos alelos. Con el advenimiento de la PCR a finales de los 1980, el análisis y el genotipado del polimorfismo de los microsatélites tomaron mucho auge. Rápidamente se convirtieron en los marcadores de elección en mapeo genómico, y posteriormente en estudios de genética de poblaciones. Gerber et al. (2000), calcularon que se

requieren 159 *loci* AFLP, para obtener aproximadamente la misma precisión para determinar la paternidad que seis marcadores microsatélites.

El origen de este polimorfismo está aún bajo debate, aunque lo más probable es que se deben a deslizamientos de la polimerasa durante la replicación del ADN (Schlotterer & Tautz, 1992). Se caracterizan por estar distribuidos por todo el genoma y ser muy abundantes; además, son muy polimórficos por lo que se utilizan ampliamente como marcadores genéticos. Fueron descritos por primera vez como marcadores de ADN polimórficos en 1989 (Tautz, 1989), y desde entonces, han probado ser una herramienta excelente para hacer mapeo genético en varios organismos (Vaiman *et al.*, 1995; Ashwell *et al.*, 1996; Thieven *et al.*, 1997; Solignac *et al.*, 2004), estudios forenses (Huang *et al.*, 2003), estudios genéticos de manejo y conservación de poblaciones (de Gortari *et al.*, 1997; Canon *et al.*, 2001; Dorji *et al.*, 2003; Halbert *et al.*, 2005). Estos marcadores en especies domésticas, se utilizan además para control de paternidad (Bredbacka & Koskinen, 1999; Baron *et al.*, 2002; Radko *et al.*, 2004), detectar poblaciones consanguíneas (Chikhi *et al.*, 2004), estudios filogenéticos (Mommens *et al.*, 1999), examinar el ligamiento entre la distribución geográfica y genética de las poblaciones (Manel *et al.*, 2003) y asignación de individuos a poblaciones (Maudet *et al.*, 2002; Baudouin *et al.*, 2004), entre otras.

Dentro de las ventajas de usar los marcadores microsatélites está la estabilidad del ADN, lo que permite preservar muestras pequeñas de tejido, sangre o pelo para su almacenamiento. Además, debido a que los microsatélites son más pequeños que otros *loci* (de 100-300 pb vs 500-1500 pb) pueden amplificarse fácilmente con PCR incluso muestras muy degradadas (Taberlet *et al.*, 1999). Cuando el ADN se degrada, se rompe en pequeños fragmentos y la posibilidad de amplificar microsatélites relativamente grandes disminuye. Por otra parte, como los microsatélites son específicos de especie, la contaminación cruzada es menos frecuente, comparada con técnicas en las que se utilizan cebadores universales como en los AFLP's (Selkoe & Toonen, 2006). Las regiones que flanquean a los microsatélites pueden ser regiones altamente conservadas entre especies próximas, que permiten la amplificación cruzada de algunos microsatélites; sin embargo, la diversidad alélica generalmente decrece cuando los cebadores utilizados no son específicos de especie (Neff & Gross, 2001).

Los marcadores microsatélites han tenido gran impacto en la genética de poblaciones; se han convertido en los marcadores co-dominantes de elección. Se utilizan para determinar la diversidad dentro de las razas, niveles de consanguinidad, diferenciación entre razas, introgresión o mezcla de razas y en estudios filogenéticos. Mutan a una tasa extremadamente alta y se piensa que evolucionan bajo el modelo de mutación por pasos (*Stepwise Mutation Model*), caracterizado por la adición o supresión de uno o más grupos de bases (Brinkman *et al.*, 1998; Xu *et al.*, 2000), aunque los dinucleotídicos tienen un modelo de mutación más parecido al modelo de alelos infinitos (IAM) (Shriver *et al.*, 1993). Se ha observado que los microsatélites más largos tienden a acortarse cuando ocurre una mutación (Calabrese *et al.*, 2001). La alta tasa de mutación conduce a varios problemas: la probabilidad de diferenciar dos alelos (idénticos por descendencia o por estado) decrece conforme la tasa de mutación se incrementa (Rousset, 1996); las inferencias tomadas a partir del valor de F_{st} , como detectar el número de migrantes, pueden resultar sesgadas, por la imposibilidad de separar los efectos de mutación y migración (Balloux *et al.*, 2000). Afortunadamente, se ha demostrado que cuando el proceso de mutación es con el modelo por pasos, la migración puede ser diferenciada del proceso de mutación (Rousset, 1996). Desafortunadamente, no se puede aplicar con la misma eficacia en los microsatélites dinucleotídicos donde la similitud no debida al parentesco (homoplasia) es frecuente.

Distribución de los microsatélites

El análisis inicial de la secuencia del genoma humano concluyó que los microsatélites eran aproximadamente el 3% del genoma. Hay más de 1'000,000 de *loci* microsatélites, la mayoría dinucleotídicos en el genoma humano (International-Human-Genome-Sequencing-Consortium, 2001). Los datos del genoma del ratón han confirmado la abundancia de microsatélites pero han mostrado algunas diferencias, como que los microsatélites son de dos a tres veces más abundantes que en el humano, los microsatélites son más largos en el ratón que en el humano (Ellegren, 2004).

La densidad de los microsatélites parece estar positivamente correlacionado con el tamaño del genoma. De los genomas secuenciados de eucariontes la densidad más alta de microsatélites es en mamíferos. Asumiendo una escala genómica, las secuencias de microsatélites están en

equilibrio, las diferencias en las secuencias en diferentes genomas, indican una fuerte variación interespecífica en los mecanismos de mutación o reparación de secuencias específicas, o bien, podría haber diferentes procesos de selección que están asociados con las distintas secuencias. Parece no haber distinciones en la densidad de microsatélites entre intrones y regiones intergénicas, lo cual es consistente con su base de origen neutral y aleatorio. Sin embargo, hay evidencia de densidad diferente entre regiones en el humano y el ratón, la densidad de los microsatélites es más alta cerca de los extremos de los brazos de los cromosomas. Aún no existe explicación para esta diferencia (Mouse-Genoma-Seqquensing-Consortium., 2002).

Cada marcador microsatélite puede ser considerado como una muestra del genoma y debido a la deriva, selección, migración y mutación, diferentes *loci* en diferentes regiones del genoma tienen distintas historias genealógicas. Así, considerando un solo locus, se tiene un gran error en el muestreo; por lo tanto, tomando varias muestras, se tendrá un resultado más preciso que permita comparar poblaciones e individuos (Selkoe & Toonen, 2006).

En muchas especies, la distribución de los microsatélites en el cromosoma X es diferente que en los autosomas, lo que podría ser el resultado de diferentes tasas de mutación entre sexos, diferencias en el tamaño efectivo entre autosomas y cromosoma X y la eficiencia en la selección en cromosomas hemicigotos (situación en la que un individuo presenta sólo un miembro del par de cromosomas o un segmento del cromosoma) (Ellegren, 2004). La gran mayoría de los microsatélites de los organismos superiores se cree que evolucionan de forma neutral, sin embargo, algunos microsatélites están en las regiones promotoras y pueden estar en sitios de ligamiento de proteínas o cerca de estos. En ese caso el número de repeticiones del microsatélite tiene un efecto sobre la transcripción y el grado de ligamiento de las proteínas (Calabrese & Sainudiin, 2004). Algunos microsatélites también juegan un rol importante en algunas enfermedades de humanos. Al menos 16 desórdenes neurológicos o neuromusculares son causados por microsatélites trinucleotídicos. Las repeticiones son polimórficas en las poblaciones normales y se cree que son fenotipos normales hasta que alcanzan un largo patológico característico de cada gen (Jasinska *et al.*, 2003).

Mecanismos de mutación de los microsatélites

Para un marcador neutral, el grado de polimorfismo está en función de la tasa de mutación. La tasa y la dirección de la mutación constituyen dos factores básicos en la estimación de distancias genéticas, particularmente cuando se toma en cuenta el tiempo de divergencia entre dos poblaciones. Sin embargo, a pesar del extenso uso de los marcadores microsatélites en los últimos 20 años, algunos de los modelos teóricos fallan en la exactitud de la distribución de las frecuencias alélicas en poblaciones naturales. Parece ser que el proceso evolutivo ha sido más complejo de lo que los investigadores habían esperado (Ellegren, 2004).

La tasa de mutación de los microsatélites es más alta que las tasas de mutaciones puntuales, las cuales, están alrededor de 10^{-9} a 10^{-10} por locus por replicación. En humanos se ha estimado una tasa de 10^{-3} y en ratones de 10^{-3} a 10^{-4} por locus por generación en los microsatélites (Dallas, 1992).

Variabilidad Genética

Las poblaciones criollas de México, han sufrido diversos cambios desde su llegada por parte de la colonización española en el siglo XVI (Guevara & Lira-Noriega, 2004; Tejera & Capote, 2005) y hasta finales del siglo XX con la introducción de razas “mejoradoras”, tratando de aprovechar del Criollo su adaptación a ambientes hostiles y tomándolos como base para los cruzamientos (Hernández García, 2001). La ganadería extensiva es característica del manejo de este tipo de ganado, sobre todo en las poblaciones del norte del país, viviendo en climas extremos, donde no logran sobrevivir las razas que han sido seleccionadas para ambientes menos cambiantes (Aguilar Robledo, 1991). Como con la fauna silvestre, el cambio de uso del suelo (Reyes Hernández et al., 2006), está formando pequeñas subpoblaciones con tendencia a la extinción.

Se realizó un trabajo sobre caracterización de los Bovinos Criollos Mexicanos (Quiroz, 2007) y se presentan los resultados más relevantes.

Se utilizaron muestras de 22 poblaciones bovinas, 18 de *Bos taurus*: 5 de Criollos Mexicanos, 4 de Criollos sudamericanos, 1 raza Británica y 8 europeas continentales (dentro de estas, 6 españolas). De *Bos indicus* 3 y una raza sintética cruce de Holstein y Cebú. Se intentó obtener cuando menos 30 muestras de cada población, sin embargo, sólo se logró en 15 poblaciones.

El muestreo fue de cuando menos tres explotaciones. Los animales de raza pura, tenían que estar inscritos en el libro genealógico de la asociación correspondiente. En el caso de los animales Criollos, se pretendió que fenotípicamente fueran representativos del grupo correspondiente, al no contar con registros.

Número de Alelos

El número medio de alelos en los Criollos fue de 7.29 y en todas las poblaciones de referencia fue de 6.49 ± 1.73 . El número de alelos privado podría estar relacionado con la singularidad de alguna raza; sin embargo esto es difícil de comprobar pues se requeriría un muestreo de todas las poblaciones posibles. En este caso, desde el punto de vista de la conservación, la biodiversidad que presentan las poblaciones Criollas Mexicanas, queda manifiesta en este trabajo, donde se destaca el 12% de alelos que no se presentan en las otras poblaciones estudiadas, considerando que se incluyeron razas de distintas procedencias, desde otras poblaciones criollas de América, hasta poblaciones *Bos indicus*, incluyendo la Nelore procedente de Brasil. Sin lugar a dudas, en los trabajos de conservación deben involucrarse el mayor número de poblaciones posible, para detectar sus similitudes o diferencias y tomar la mejor decisión para la conservación. Los altos costos que involucra la conservación del ambiente (Lewandrowski et al., 1999) y de las poblaciones *in situ* (Simianer, 2005), requieren de un estudio a fondo que permita optimizar los recursos.

En general, cabría esperar un reducido número de alelos en las poblaciones mexicanas que de origen sufrieron dos “cuellos de botella”, el primero en el Caribe y el segundo en tierras continentales. El alto número de alelos encontrados puede indicar dos situaciones: gran variación en las poblaciones ibéricas del siglo XV, o migración de otras razas en épocas más recientes.

Heterocigosidad Observada, Esperada y PIC

El valor promedio de Heterocigosidad Observada más bajo fue para el Criollo de Baja California y el más alto para el Criollo de Chiapas, aunque ambos son más altos que los obtenidos en el Criollo Uruguayo (0.584) (Armstrong et al., 2006). El número total de alelos está directamente relacionado con la Heterocigosidad Esperada (Vallejo et al., 2003) y en este caso la correlación

fue de 0.92; esto es evidente en el Criollo Poblano. Se obtuvieron valores altos en general, en la Heterocigosidad Esperada y en los Criollos Mexicanos fue mayor a la de los Criollos Argentino, Patagónico y Uruguayo reportados por Martínez y col. (2003). La alta Heterocigosidad también puede ser indicativa de ausencia de selección y de un manejo abierto de las poblaciones.

El contenido de información polimórfica (PIC) es un parámetro indicador de la calidad de un marcador en estudios de cartografía génica y depende del número de alelos y de sus frecuencias; la información que aporta no es suficiente para basar en ella la elección de un marcador u otro (Moazami-Goudarzi y col., 1994). Estos valores en general fueron más altos en las poblaciones Criollas Mexicanas en promedio. La Heterocigosidad Esperada y el PIC en los microsatélites generalmente son altos debido a que son codominantes y multialélicos; para hacer estudios genéticos se escogerían los microsatélites con el más alto valor de PIC.

Estadísticos F en los Criollos Mexicanos

Los estadísticos F están en función directa del equilibrio Hardy-Weinberg y son fundamentales en la detección de la estructura de las poblaciones. El exceso o déficit de heterocigotos podría ser entre individuos de la misma subpoblación (F_{is}), del individuo con el total de la población (F_{it}) o de la subpoblación al total de la población (F_{st}). En otras palabras, esos estadísticos miden el grado de relación de varios pares de genes. El valor de F_{is} calculado en las poblaciones de estudio concuerda con su historial. Dentro de los Criollos Mexicanos sólo el de Puebla presentó un F_{is} estadísticamente mayor a cero ($P < 0.05$), este hecho se puede explicar, porque el Estado mexicano de Puebla es uno de los más accidentados del país y aunque existen antecedentes de su cruzamiento reciente con otras razas con el fin de aumentar su productividad (González Domínguez, 1989; Fernández Haddad, 2003), no han llegado a las comunidades más apartadas, pues no se detectó la mezcla de alguna otra de las razas estudiadas. En el caso del Criollo de Chihuahua, en un estudio previo se detectaron subpoblaciones, aunque sólo uno de los cinco lugares de muestreo se detectó una población diferente (Russell *et al.*, 2000).

El valor de F_{st} obtenido entre de las poblaciones Criollas Mexicanas es bajo: 0.033, lo que indica que existe poca diferenciación entre las poblaciones. Este resultado es interesante, puesto

que el muestreo se realizó en poblaciones distribuidas en todo el territorio mexicano. En otro estudio desarrollado con el Criollo Argentino obtuvieron un valor ligeramente más alto 0.04 (Ripoli *et al.*, 2000). En razas bovinas de carne el F_{st} fue de 0.089 (Ciampolini *et al.*, 2006)) y de 0.07 (Canon *et al.*, 2001), y entre las poblaciones de razas cebuinas 0.12 (Metta *et al.*, 2004; Sodhi *et al.*, 2005). Sin embargo, los resultados son similares (0.036) a los que se obtuvieron en un estudio con Criollo Casanare, Suizo Pardo, Cebú y cruza. Ante estos resultados, podría considerarse que las poblaciones Criollas de México están poco diferenciadas entre ellas, debido básicamente a su distribución geográfica.

Si se produjo una migración en el pasado, como la introducción del Cebú, después de un número suficiente de generaciones, la población vuelve al equilibrio Hardy-Weinberg contando en su acervo genético el inmigrante, en este caso el Cebú. Si la introducción del Cebú se realizó recientemente, entonces se manifiesta el desequilibrio.

El F_{st} calculado en los microsatélites para las 22 poblaciones fue más alto (0.125), aunque era previsible pues existe gran diversidad entre las poblaciones estudiadas. Este valor fue más alto al que obtuvieron en razas taurinas (3) e indicas (9) de Camerún y Nigeria con 16 microsatélites de 0.06 (Ibeagha-Awemu & Erhardt, 2005). En el estudio de MacHugh y col. (1998) en siete razas europeas y con 20 microsatélites obtuvieron un valor de 0.112, ligeramente inferior al de este trabajo. El F_{st} obtenido en 18 razas europeas locales de España Portugal y Francia utilizando 16 microsatélites fue de 0.07 (Canon *et al.*, 2001). El valor de F_{st} de este estudio fue alto debido al número de poblaciones, y a que involucra varios países, además de considerar tres razas cebuinas. Este alto valor de diferenciación genética indica que aunque entre algunas de las poblaciones estudiadas hay similitud, en su conjunto pueden considerarse varios grupos diferentes como se demuestra en los otros análisis (Correspondencia y de Asignación individual).

Cuello de botella

En las poblaciones que no han sufrido un cuello de botella y mantienen el equilibrio entre mutación y deriva, la Heterocigosidad esperada (H_{eq}) será igual a la del equilibrio Hardy-Weinberg (H_e), pero si la población ha sufrido un cuello de botella reciente, el equilibrio de la mutación y

deriva se rompe temporalmente y la Heterocigosidad medida en un locus (H_e), excederá la Heterocigosidad en equilibrio (H_{eq}) computada a partir del número de alelos. El cuello de botella genera un exceso de Heterocigosidad debido a que generalmente los alelos raros se pierden más rápido que la Heterocigosidad (Cornuet & Luikart, 1996), por lo que las pérdidas en el cuello de botella tienen más impacto en la pérdida de alelos que en la de Heterocigosidad.

La inmigración reciente, puede ser una fuente de error particularmente importante. Esto lo es más cuando los inmigrantes vienen de una población genéticamente divergente, debido a que esos inmigrantes podrían incrementar rápidamente el número de alelos raros en la población, sin afectar sustancialmente la Heterocigosidad, enmascarando un incremento o decremento del tamaño de población. Un sesgo similar podría darse si la muestra incluye individuos de dos o más poblaciones (población subestructurada) o híbridos entre poblaciones. Otra fuente de error es la presencia no detectada de alelos nulos en algunos *loci*. Todas estas situaciones pueden ser detectadas realizando previamente la prueba de equilibrio Hardy-Weinberg o la significancia de los estadísticos Fis (Cornuet & Luikart, 1996).

No se pudo demostrar el efecto fundador o de cuello de botella en las poblaciones criollas analizadas, lo que pudo haber sido por la incorporación de alelos nuevos; como puede ser en este caso, la migración descarta parcialmente los supuestos de las pruebas de detección.

Diferenciación Genética

En la Figura 1 se presenta la dispersión detectada por el análisis de correspondencia de las poblaciones Criollas Mexicanas. Se aprecia que las poblaciones de Criollo Poblano (cuadrante superior izquierdo) y de Chiapas (Cuadrantes superior e inferior derechos), se separan de las otras tres. El Eje 1 explica el 36.4% de la varianza y el Eje 2 el 26.9% que en conjunto explican el 63%.

En la Figura 2 se presentan los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia de todas las poblaciones. Aquí destaca el agrupamiento de las poblaciones cebuinas muy a la izquierda de las demás poblaciones. En la parte central, la población de Holandocebu y los Criollos de Chiapas y Colombiano, que probablemente estén cruzadas entre *Bos taurus* y de *Bos indicus*. Cercanas a ellas, pero en el cuadrante inferior derecho las demás Criollas Mexicanas. Otras agrupaciones

se corresponden con las poblaciones de las Islas Canarias y la Hereford con el Criollo Argentino. Finalmente se agrupan todas las demás razas, españolas y Criollas sudamericanas.

Figura 1. Análisis de Correspondencia de las poblaciones Criollas Mexicanas.

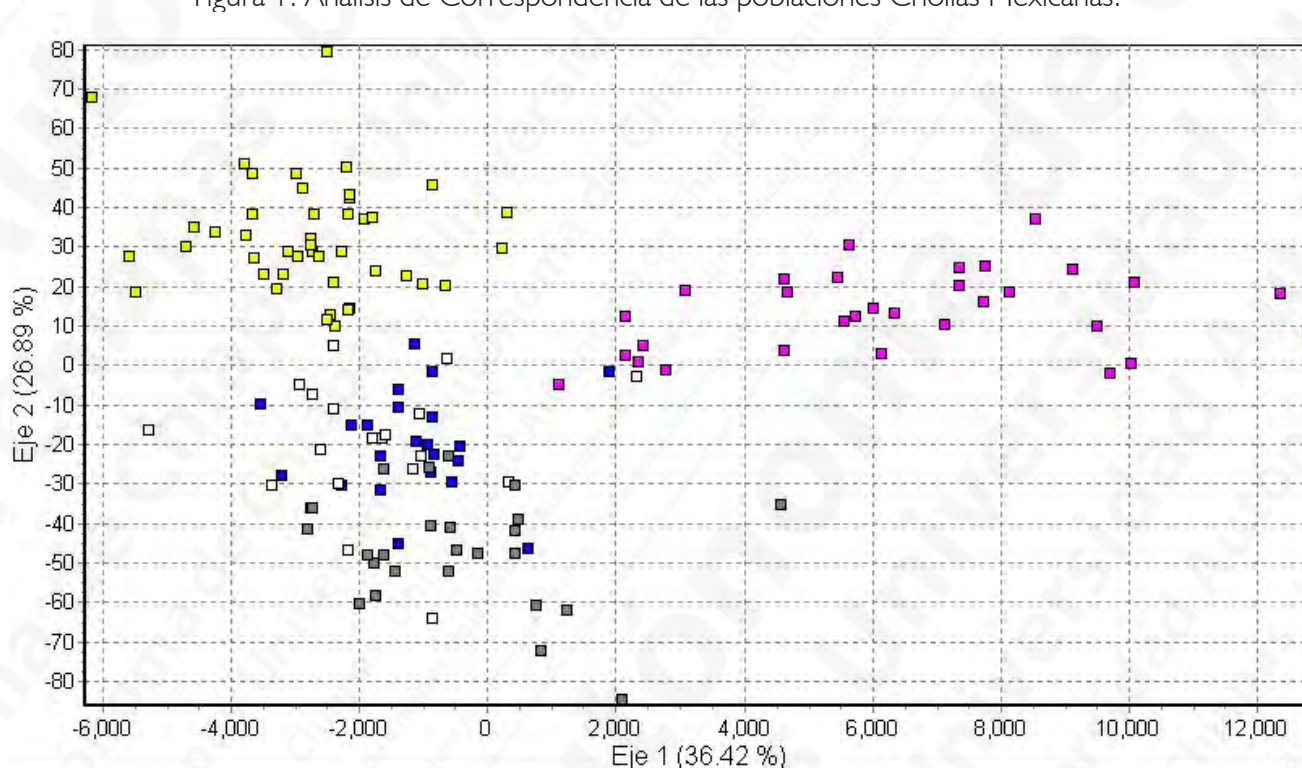
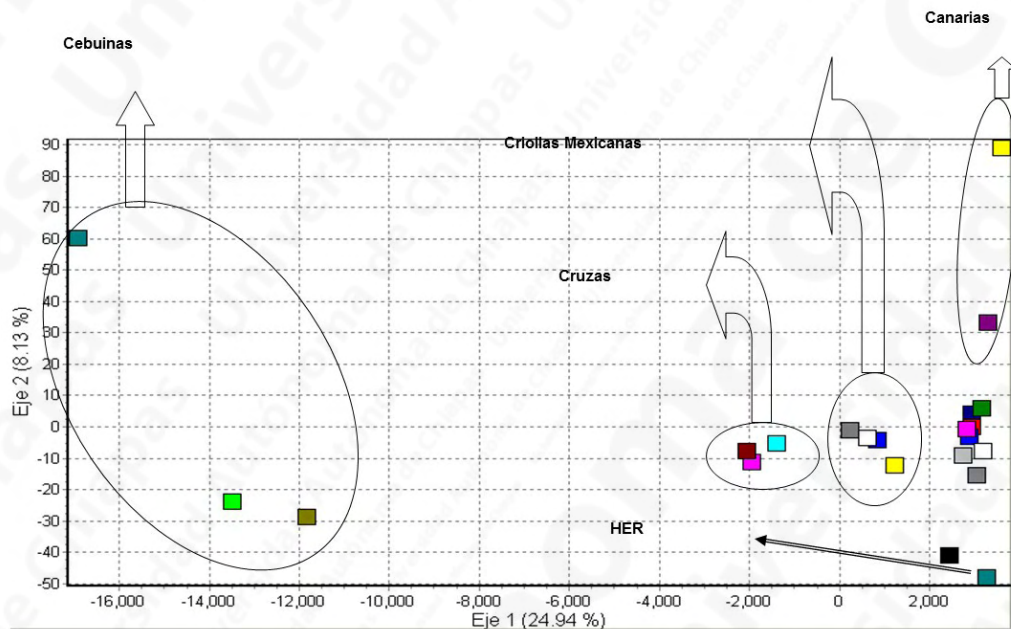


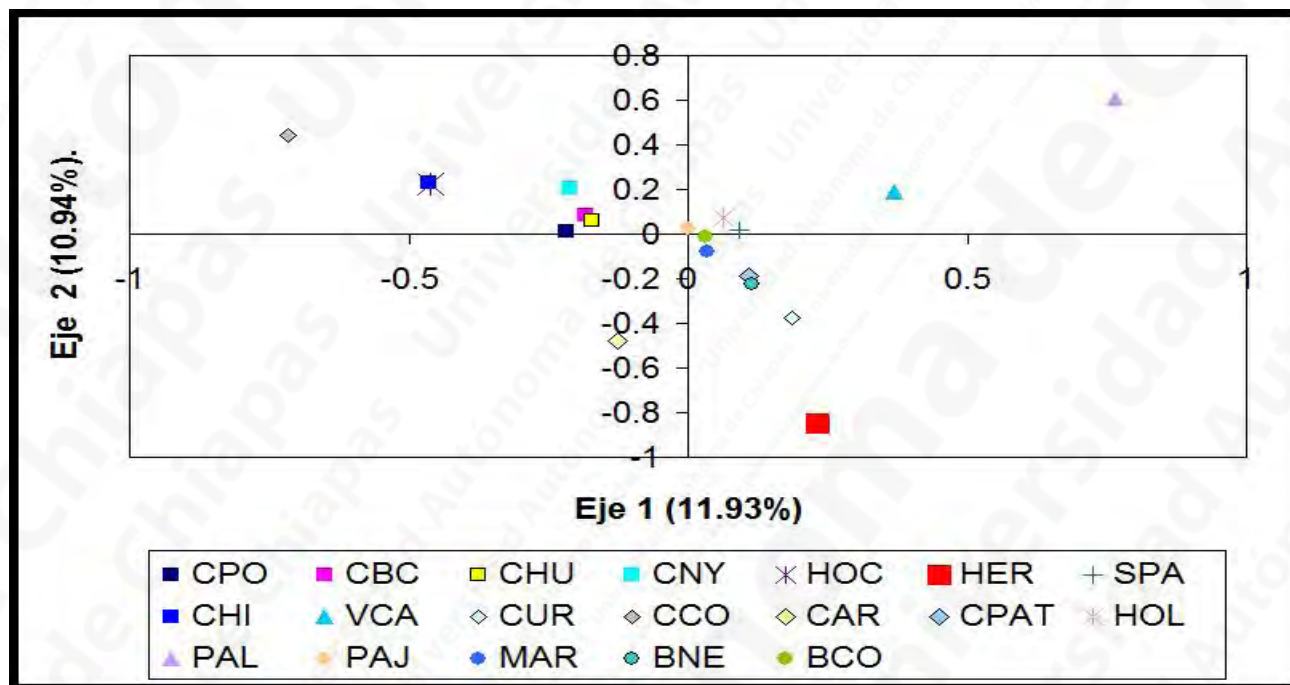
Figura 2. Análisis Factorial de Correspondencia de todas las poblaciones.

Figura 2. Análisis Factorial de Correspondencia de todas las poblaciones.



Con objeto de detectar mejor las agrupaciones, se hizo otro análisis sin incluir las razas cebuinas; el resultado se presenta en la Figura 3. En éste análisis se aprecia que en el cuadrante superior derecho se siguen agrupando Holandocebú, Criollo Colombiano y Chiapas. Un poco más al centro en ese mismo cuadrante las otras cuatro poblaciones de Criollo Mexicano. Casi en el centro del gráfico se agrupan tres de las españolas a excepción de la Berrenda en Negro que se coloca junto al Criollo Patagónico y las exóticas Holstein y Suizo Pardo. Un poco más abajo el Criollo Uruguayo y más abajo el Hereford. En el cuadrante inferior izquierdo únicamente se ubica el Criollo Argentino; en el cuadrante superior derecho, la Canaria y lejos a la derecha la Palmera.

Figura 3. Análisis de Correspondencia de la poblaciones *Bos taurus*.



Este análisis reveló que las poblaciones de Criollo Mexicano del norte (Baja California, Chihuahua y Nayarit) se agruparon en un mismo cuadrante y en el mismo lado izquierdo pero en el cuadrante superior se ubicó el Criollo de Puebla, lo que denota la mayor cercanía del poblano con las poblaciones del norte. En el lado derecho y más disperso se ubicó el Criollo de Chiapas, más distante de las otras poblaciones mexicanas.

Con este análisis se detectaron mejor algunas de las similitudes y diferencias entre los Criollos Mexicanos. Coincide con las etapas de introducción de los bovinos en México (Guevara & Lira-Noriega, 2004), en la cual durante la primera fase en el siglo XVI, sólo abarcó desde el Golfo de México, hasta los Estados del Océano Pacífico, de Oaxaca y parte de Guerrero. Esta primera fase queda representada por el Criollo Poblano. Esta región de México es probablemente desde el punto de vista geográfico la más accidentada y por lo visto, la que ha provocado más subdivisiones en la población bovina. La segunda etapa de introducción de bovinos durante el siglo XVII

se dio en los estados que comprenden el altiplano mexicano, la zona costera norte del Océano Pacífico y la parte sur de los estados colindantes con Estados Unidos, está representada por la población de Criollo de Nayarit. Y finalmente los estados del norte de México que se representan con los Criollos de Chihuahua y Baja California. La introducción de bovinos en el sur de México está representada por el Criollo de Chiapas, que por las características climáticas de trópico húmedo, hacen que la composición genética de estos animales sea diferente.

El análisis de Correspondencia donde se incluyeron todas las poblaciones (Figura 2) mostró una agrupación congruente, diferenciando claramente las poblaciones *Bos indicus*, las Canarias, Criollas Mexicanas, Hereford y las que tienen influencia de Cebú. Resulta interesante la agrupación de las poblaciones españolas y exóticas con las criollas sudamericanas con excepción del Criollo Argentino, que muestra una gran cercanía con el Hereford, que seguramente ya forma parte del material genético de esta población. Los resultados encontrados sin las poblaciones cebuinas, no cambiaron en esencia, aunque la variabilidad explicada por los ejes es mucho menor que cuando se utilizaron las cebuinas; probablemente se debe a que las poblaciones estudiadas están muy relacionadas. Se notan las mismas agrupaciones pero se aprecia que existe una fuerte relación entre la Marismeña, Pajuna y Berrenda en Colorado, que a su vez están cercanas a las exóticas Holstein y Suizo Pardo, probablemente debido a su origen europeo continental, que las separa de las británicas. Este resultado es similar al encontrado por Naves *et al.* (2005), quienes compararon razas británicas, francesas e ibéricas con criollos americanos. La separación de la raza Hereford respecto a todas las demás poblaciones se observó también como en este trabajo.

Diferenciación genética entre las poblaciones Criollas Mexicanas y las demás

En este caso se realizó un Análisis de la Varianza Molecular (AMOVA, *Analysis of Molecular Variance*) agrupando las Criollas Mexicanas y valorando su diferenciación con los demás grupos de poblaciones (Cebuinas, Canarias, Españolas, Exóticas y Criollas sudamericanas). El ordenamiento lógico de la diferenciación entre los distintos grupos era de esperarse; la mayor diferencia se encontró con las razas cebuinas (10.83%), pues se consideran dos subespecies diferentes (*Bos taurus* y *Bos*

indicus). Después la mayor diferencia es con las razas de las Islas Canarias, que probablemente tuvieron mayor influencia de poblaciones del norte de España (Beteta Ortiz, 1997) y Norte de África (Primo, 1992). La diferenciación con las razas españolas (1.13%) es pequeña y similar con las razas exóticas (1.51%), lo que manifiesta la influencia que han tenido ambos grupos, el primero en la formación de los Criollos y el segundo en su presencia en las últimas décadas, principalmente durante los últimos 150 años en que se ha procurado el “mejoramiento” de dichas poblaciones (Tewolde, 1997; Carvajal-Carmona et al., 2003). Por otra parte, la mayor similitud encontrada con otras poblaciones criollas de América corrobora que los análisis realizados se ajustan a la realidad, pues era de esperarse que los Criollos de Sudamérica fueran similares a los Criollos de México.

Por otra parte, se han encontrado indicios del posible origen mixto de las poblaciones criollas de América, en donde participa también poblaciones *Bos taurus* africanas hasta en un 32.4%, esto se ha demostrado en los Criollos de Colombia y Argentina a través de ADN mitocondrial (Liron et al., 2006; Ginja et al., 2009). Aunque el origen de esta proporción africana tiene dos fuentes, una por parte del ganado procedente del sur de España (Miretti et al., 2004) y otra que probablemente procede directamente de África, encontrada en animales del caribe (Magee et al., 2002).

A pesar de que cuantitativamente existen diferencias entre los bovinos Criollos Mexicanos y las poblaciones españolas, exóticas y Criollos suramericanos, la proximidad con estos últimos grupos es muy estrecha, corroborando los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia, donde se detecta también una mayor diferencia con las poblaciones canarias y cebuinas. Lo que no puede corroborarse con este tipo de análisis en la mayor cercanía de las poblaciones Criollas de Suramérica con las españolas que sí se manifiesta en el Análisis de Correspondencia.

Distancias genéticas

Los microsatélites han sustituido a otros polimorfismos bioquímicos para la medición de las distancias genéticas, principalmente por su alto promedio de Heterocigosidad por locus y que potencialmente tienen más loci que otro tipo de marcadores bioquímicos, lo que permite obtener una mejor resolución en la discriminación entre poblaciones muy relacionadas. Sin embargo, debido

a que el mecanismo de mutación se conoce parcialmente, los métodos de distancia muestran resultados ligeramente diferentes, que no hacen fácil la elección del método más adecuado. Todos los métodos de distancias genéticas suponen no-migración y un tamaño de población constante, y serán muy eficientes con poblaciones pequeñas, grandes tamaños de muestra, numerosos loci y bajos niveles de divergencia (Richard & Thorpe, 2001). Entre las poblaciones criollas del estudio se supone una baja migración, pero las poblaciones exóticas de México han influido en forma importante en la erosión de recursos genéticos.

Las distancias utilizadas y el F_{st} por pares de poblaciones prácticamente miden lo mismo. El trabajo realizado por Cañón *et al.* (2001), mostró resultados similares en cuanto al rango de la correlación de Spearman cuando compararon la distancia de Reynolds y el F_{st} para pares de poblaciones. Otros autores han calculado correlaciones no significativas entre las distancias geográficas y el F_{st} (Maudet *et al.*, 2002; Jordana *et al.*, 2003; Chikhi *et al.*, 2004).

Utilizando la D_A de Nei, cabe resaltar que las poblaciones más distantes a las Criollas Mexicanas son las cebuinas, como era de esperarse; sin embargo, el Criollo de Chiapas presenta una distancia similar con el Gyr y Brahman y el Criollo de Baja California y la menor distancia la presenta con el Holandocebú. Por otra parte, aun cuando la mayor distancia genética de las poblaciones criollas se da con las cebuinas, es mayor aún, dentro de estas, a la raza Nelore, cuyas muestras se obtuvieron de Brasil. La menor distancia con este método es entre los Criollos Poblano y de Chihuahua.

El número de migrantes es otro indicador de la diferenciación genética que presenta correlación negativa significativa con todas las distancias genéticas calculadas y coincidieron en que las razas cebuinas son las más distantes del resto de las poblaciones, al igual que resultó con los análisis de AMOVA. Después de las razas cebuinas, la Hereford fue la más distante de las demás poblaciones y esto fue consistente en todos los métodos de distancia evaluadas. En el caso del F_{st} , la población Hereford resulta muy cercana al Criollo Colombiano, esto sólo se observó en este método. Por la semejanza con los datos históricos de las poblaciones estudiadas, la D_A de Nei, parece ser la más consistente (Cuador 1), pues en el caso de las poblaciones Criollas sudamericanas y la Hereford muestran mayor similitud, y en el caso particular del Criollo Uruguayo se

nota su probable influencia de Holstein. Dentro de los Criollos Mexicanos, se detecta la probable introgresión de genes cebuinos en los Criollos de Chiapas y Nayarit y una mezcla de varias razas en el Criollo Poblano, con fuerte influencia de Suizo Pardo, aunque estos resultados no se respaldan por los otros análisis realizados. Lo único que parece evidente es la influencia de Cebú en el Criollo de Chiapas.

Cuadro 1. Distancia de Nei D_A (arriba de la diagonal) y Distancia estándar de Nei D_S debajo de la diagonal).

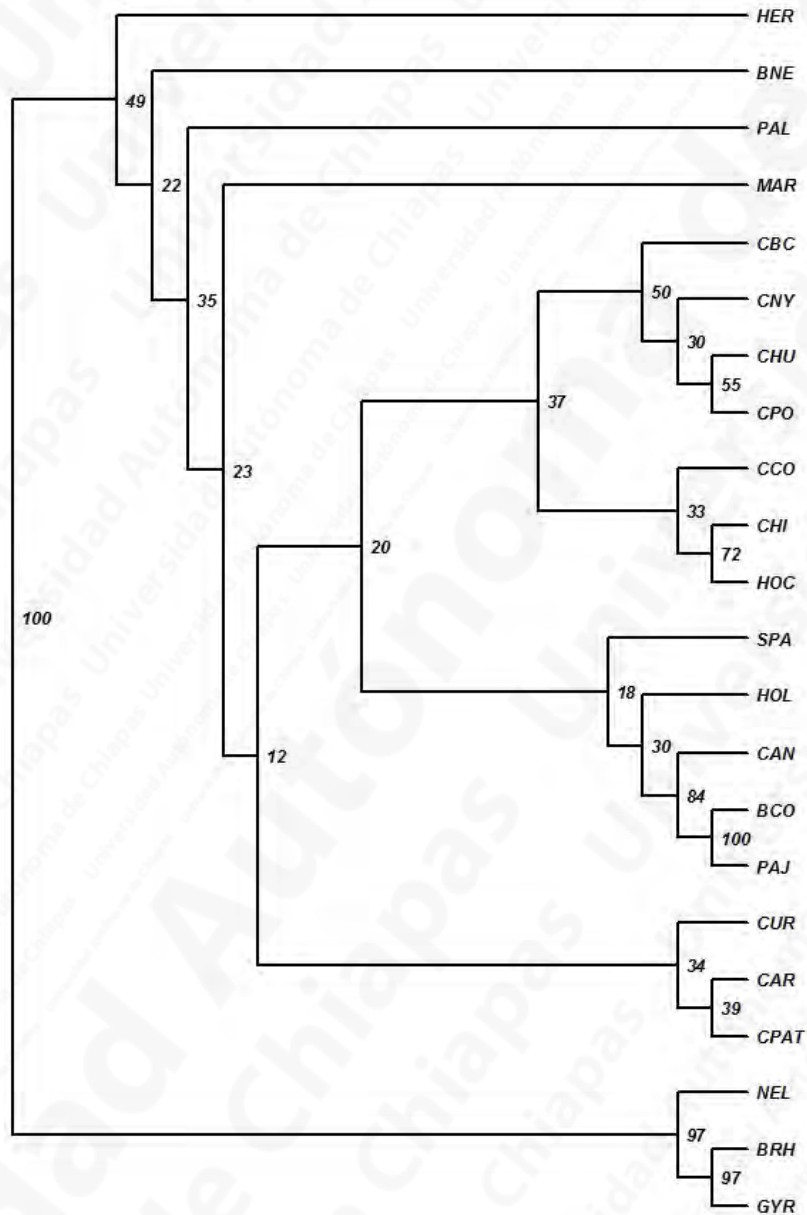
	CBC	CHI	CHU	CNY	CPO	CAR	CCO	CPAT	CUR	HER	HOL	SPA	BCO	BNE	MAR	PAJ	CAN	PAL	BRH	GYR	NEL	HOC
CBC	-	0.148	0.121	0.123	0.114	0.181	0.166	0.212	0.215	0.278	0.210	0.201	0.139	0.266	0.207	0.147	0.186	0.254	0.320	0.386	0.432	0.150
CHI	0.240	-	0.162	0.135	0.132	0.196	0.148	0.244	0.236	0.288	0.222	0.202	0.170	0.272	0.247	0.182	0.199	0.271	0.245	0.274	0.345	0.120
CHU	0.149	0.222	-	0.112	0.100	0.177	0.175	0.218	0.226	0.279	0.225	0.184	0.139	0.225	0.210	0.154	0.177	0.257	0.320	0.368	0.401	0.154
CNY	0.176	0.198	0.147	-	0.105	0.185	0.147	0.213	0.218	0.285	0.203	0.188	0.129	0.247	0.194	0.128	0.167	0.242	0.292	0.341	0.406	0.127
CPO	0.138	0.204	0.137	0.153	-	0.155	0.144	0.185	0.201	0.250	0.192	0.160	0.110	0.220	0.196	0.113	0.154	0.249	0.309	0.356	0.419	0.126
CAR	0.268	0.303	0.266	0.280	0.246	-	0.196	0.164	0.165	0.250	0.233	0.200	0.145	0.228	0.228	0.145	0.205	0.313	0.399	0.448	0.510	0.198
CCO	0.225	0.243	0.237	0.197	0.185	0.296	-	0.204	0.258	0.324	0.245	0.223	0.163	0.274	0.232	0.169	0.218	0.304	0.259	0.325	0.350	0.136
CPAT	0.307	0.347	0.323	0.306	0.260	0.279	0.289	-	0.179	0.292	0.199	0.215	0.172	0.249	0.253	0.166	0.193	0.256	0.453	0.516	0.531	0.221
CUR	0.332	0.320	0.332	0.334	0.293	0.276	0.430	0.302	-	0.282	0.224	0.252	0.179	0.264	0.277	0.191	0.202	0.265	0.434	0.517	0.545	0.216
HER	0.447	0.477	0.430	0.460	0.367	0.414	0.506	0.498	0.461	-	0.284	0.267	0.251	0.325	0.266	0.265	0.254	0.373	0.468	0.543	0.578	0.281
HOL	0.294	0.303	0.299	0.266	0.231	0.388	0.330	0.289	0.323	0.485	-	0.182	0.150	0.271	0.233	0.143	0.153	0.262	0.436	0.536	0.574	0.152
SPA	0.249	0.296	0.267	0.250	0.219	0.316	0.318	0.297	0.395	0.450	0.229	-	0.140	0.234	0.214	0.152	0.161	0.245	0.407	0.473	0.515	0.181
BCO	0.186	0.227	0.177	0.167	0.154	0.231	0.173	0.227	0.236	0.404	0.189	0.183	-	0.194	0.156	0.066	0.117	0.214	0.382	0.454	0.497	0.150
BNE	0.428	0.350	0.323	0.396	0.306	0.329	0.411	0.394	0.443	0.530	0.401	0.330	0.306	-	0.272	0.196	0.221	0.304	0.444	0.526	0.571	0.261
MAR	0.304	0.382	0.301	0.283	0.277	0.401	0.269	0.433	0.511	0.469	0.372	0.318	0.214	0.476	-	0.160	0.203	0.290	0.463	0.505	0.537	0.232
PAJ	0.194	0.271	0.192	0.188	0.148	0.273	0.210	0.229	0.293	0.471	0.185	0.186	0.073	0.329	0.236	-	0.127	0.219	0.386	0.450	0.507	0.146
CAN	0.262	0.272	0.251	0.231	0.194	0.343	0.275	0.267	0.304	0.441	0.207	0.226	0.126	0.361	0.309	0.156	-	0.164	0.399	0.485	0.518	0.168
PAL	0.351	0.403	0.360	0.322	0.340	0.546	0.458	0.354	0.412	0.551	0.403	0.348	0.304	0.512	0.491	0.327	0.252	-	0.495	0.545	0.578	0.270
BRH	0.613	0.423	0.591	0.529	0.589	0.738	0.471	0.803	0.710	0.831	0.831	0.792	0.709	0.816	0.807	0.738	0.682	0.968	-	0.153	0.206	0.209
GYR	0.758	0.449	0.718	0.648	0.726	0.912	0.575	1.029	0.999	1.023	1.149	1.004	0.925	0.971	0.971	0.928	0.945	1.118	0.178	-	0.219	0.273
NEL	0.873	0.604	0.767	0.785	0.832	1.041	0.585	1.012	0.971	1.092	1.181	1.042	0.921	1.126	0.981	0.947	0.989	1.172	0.253	0.283	-	0.352
HOC	0.202	0.176	0.197	0.194	0.170	0.291	0.173	0.273	0.276	0.405	0.169	0.222	0.182	0.347	0.327	0.182	0.205	0.405	0.357	0.517	0.645	-

Dendrogramas o árboles filogenéticos

A partir de las distancias genéticas se construyeron dendrogramas por los métodos de UPGMA y Neighbor Joining. En la Figura 4 se muestra el árbol que más se ajusta a las hipótesis planteadas. Primero, es clara la diferenciación entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, con valor de remuestreo (*bootstrapping*) de 100. Posteriormente, la segunda gran diferenciación es la de los bovinos europeos continentales y británicos, representados por la raza Hereford, aunque el valor de *bootstrap* es bajo (51). Después, como poblaciones bien diferenciadas dentro de las europeas continentales, están la Berrenda en Negro, Palmera y sorprendentemente la Marismeña, aunque en estos últimos casos, el valor de remuestreo es demasiado bajo. Finalmente, se separan tres grupos uno formado por los Criollos Uruguayo, Argentino y Patagónico; otro por los Criollos Mexicanos, uno adicional con el Colombiano, Chiapas y Holandocebú; y el tercero formado por las razas restantes que muestran los valores de remuestreo más altos dentro de estos tres últimos grupos.

Sin duda los dendrogramas han sido de gran utilidad en la visualización de las relaciones genéticas entre las poblaciones bovinas; sin embargo, debido a que probablemente algunas de las poblaciones están mezcladas o son genéticamente similares, aumenta el número de arreglos topológicos posibles, y por tanto, sólo existe consistencia en las divisiones entre las poblaciones bien diferenciadas. También hay que tomar en consideración que el valor de remuestreo es bajo cuando el número de poblaciones es elevado y las ramas cortas (Alfaro *et al.*, 2003); estos autores recomiendan utilizar el valor de remuestreo, para verificar que el resultado es aceptable. En nuestro caso, donde se analizaron varias poblaciones similares (los Criollos Mexicanos), los dendrogramas tienen poca consistencia para llegar a conclusiones contundentes.

Los dendrogramas mostraron inconsistencias que se reflejan en el bajo valor de remuestreo. El dendrograma que reflejó de mejor manera la evidencia más documentada fue el de la DA de Nei construido por el método UPGMA; lo único consistente es la separación entre las poblaciones taurinas y las indianas, donde el porcentaje de remuestreo es de 100. Aunque con un valor más bajo, también se agrupan las poblaciones de Criollo de México. Cabe destacar que los Criollos de Chiapas y de Colombia se agrupan siempre cercanos al Holandocebú o a las razas cebuinas, lo que puede indicar que tiene influencia de *Bos indicus*. En el caso del Criollo de Nayarit esto es menos evidente.

Figura 4. Dendrograma de la distancia D_A de Nei construido por el método UPGMA.

Asignación de individuos a poblaciones con métodos multilocus

Estructura de la Población Criolla Mexicana

Se utilizó un algoritmo bayesiano del programa de análisis Structure (Pritchard *et al.*, 2000), que emplea un modelo basado en método de cadenas Markov de Monte Carlo, que estima la distribución *a posteriori* de cada coeficiente de mezcla de cada individuo (q). La media de esta distribución representa una estimación de la proporción que el genoma de un individuo tiene de las poblaciones parentales. El algoritmo supone que las poblaciones ancestrales están en equilibrio Hardy-Weinberg.

Con el programa Structure se realizaron dos análisis, el primero fue la asignación de los individuos a cluster, los cuales relacionan a los individuos más parecidos genéticamente y segundo, determinar el número real de poblaciones, desde el punto de vista genético.

Para el primer caso, se realizó un análisis utilizando un algoritmo bayesiano suponiendo que las frecuencias alélicas están correlacionadas y que las poblaciones en estudio están mezcladas. Para cada modelo se realizaron una serie de corridas independientes para cada valor de K (número de poblaciones) entre 1 y 5.

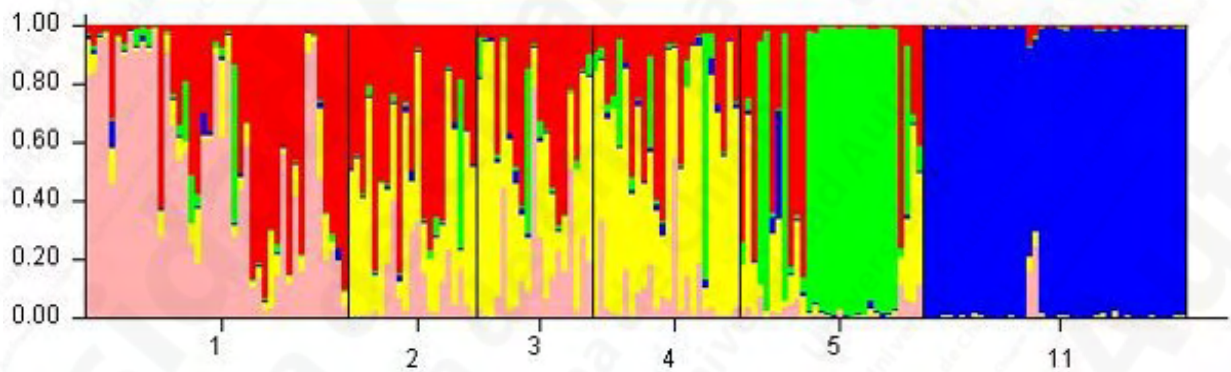
Los resultados presentados están basados en corridas de 10^6 iteraciones o más, seguidas a un periodo previo (burnin) de 100,000 iteraciones. En la mayoría de los casos se obtuvieron estimadores de verosimilitud consistentes entre corridas independientes. En el Cuadro 2 se presenta la estimación de la probabilidad *a posteriori* de los valores asumidos de K, para asumir el valor real de poblaciones (K), calculado de acuerdo a Pritchard *et al.* (2000).

Cuadro 2. Probabilidad estimada a posteriori de K para los datos de Criollo Mexicano y Palmera.

K	$\ln P(D)$	$P(K X)$
1	-15701.0	0.000
2	-14628.7	0.000
3	-14355.7	0.000
4	-14288.5	0.000
5	-14216.1	0.063
6	-14737.0	0.000
7	-14383.5	0.000

Se realizó exclusivamente con las poblaciones Criollas Mexicanas y la raza Palmera como control, pues es una de las poblaciones, que quizá por su aislamiento está bien definida. De acuerdo al resultado de probabilidad, se determinó que existen 5 poblaciones. En este caso, se presenta en la Figura 5 la representación gráfica de los resultados. Cada individuo de las poblaciones estudiadas está representado por una línea vertical, que está dividida en k segmentos coloreados que representan la fracción genotípica de cada cluster inferido

Figura 5. Poblaciones criollas detectadas por el método de Pritchard y col. (2000).



Se aprecia que la población de Palmera es la única definida correctamente. Para observar a mayor detalle, en el Cuadro 3 se presentan las proporciones de cada población asignados a cada cluster. Es notorio que las cinco poblaciones de Criollos mexicano, comparten los clusters uno y cuatro en distintas proporciones, pero superiores al 0.120, salvo la población poblana (0.063) en el cluster cuatro. Por otra parte, el cluster dos da identidad al Criollo de Chiapas (0.605) y el cluster cinco al de Puebla (0.551). El cluster tres agrupa prácticamente a toda la población de Palmera, de manera exclusiva.

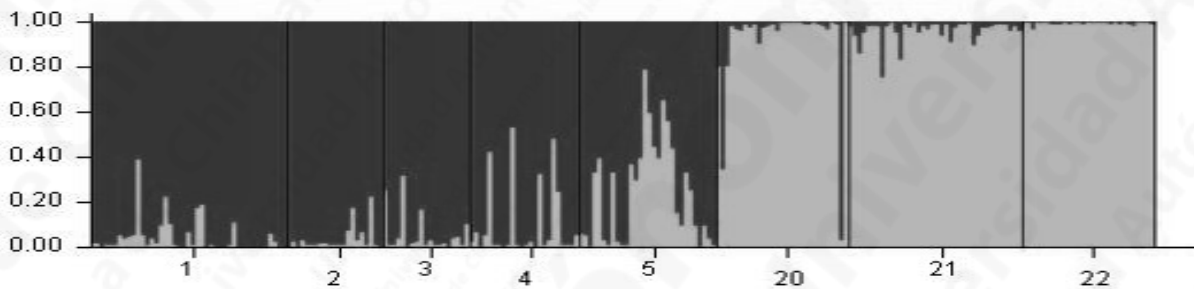
Cuadro 3. Proporción de asignación a cada población a cada cluster cuando K=5.

Población	CLUSTER				
	1	2	3	4	5
CPO	0.342	0.033	0.011	0.063	0.551
CBC	0.464	0.040	0.010	0.380	0.105
CHU	0.303	0.051	0.011	0.449	0.186
CNY	0.224	0.084	0.014	0.587	0.091
CHI	0.227	0.605	0.021	0.120	0.027
PAL	0.006	0.004	0.971	0.006	0.013

Influencia de Cebú en los Criollos de México

Utilizando la misma metodología y con el mismo modelo de análisis, que supone que las frecuencias alélicas están correlacionadas y que las poblaciones están mezcladas, se analizaron las cinco poblaciones de Criollo Mexicano además de las tres poblaciones de Cebú. Los resultados se muestran en la Figura 6. Se aprecia que los Criollos de Chiapas y Nayarit son los que tienen mayor influencia Cebuina con 24.3% y 10.0%, respectivamente. Los otros tres también muestran influencia de Cebú pero menor al 5.0%.

Figura 6. Porcentaje de cruzamiento con Cebú detectado en las Poblaciones Criollas con el programa de Pritchard *et al.* (2000).

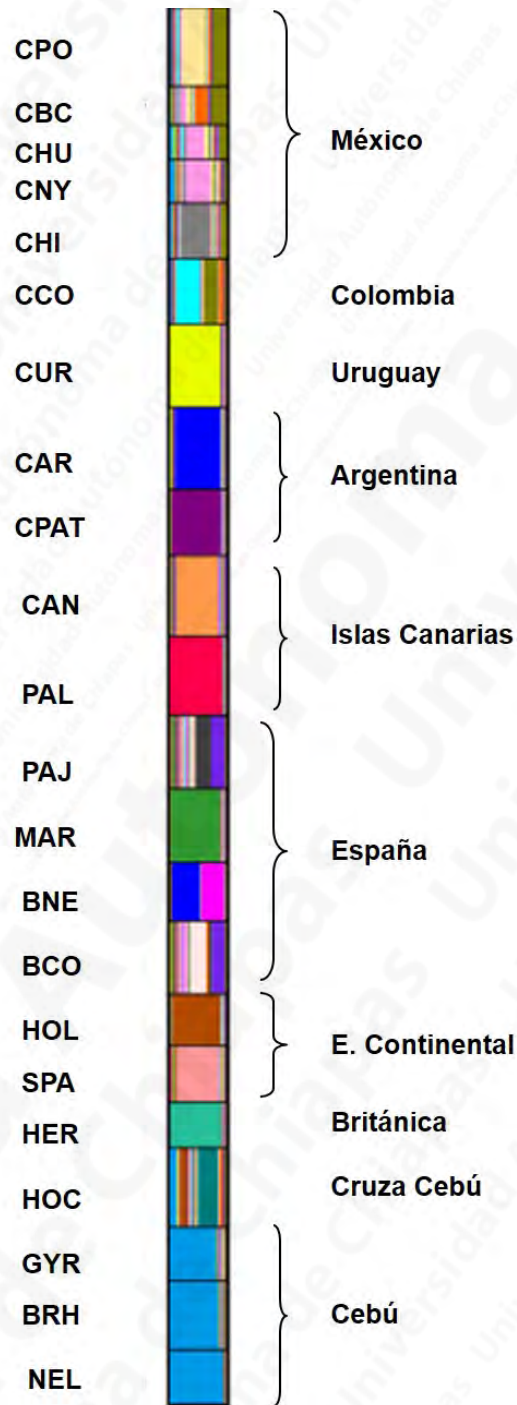


Estructura de todas las poblaciones del estudio

Al igual que para la estructura de las poblaciones criollas por separado, se utilizó un algoritmo bayesiano del programa de análisis Structure (Pritchard *et al.*, 2000), que emplea un modelo basado en método de cadenas Markov de Monte Carlo, que estima la distribución *a posteriori* de cada coeficiente de mezcla de cada individuo (q). La media de esta distribución representa una estimación de la proporción que el genoma de un individuo tiene de las poblaciones parentales. El algoritmo supone que las poblaciones ancestrales están en equilibrio Hardy-Weinberg. Se utilizó un periodo de burnin de 100,000 repeticiones y un largo de corridas de 1'200,000.

En la Figura 7 se presenta el porcentaje promedio de la composición genética de cada población. Se utilizó un valor de $k=22$ que es el número total de poblaciones en el estudio. Visualmente se aprecia que las poblaciones de referencia (Holstein, Suizo Pardo, Hereford, Nelore Brahman y Gyr), se diferencian correctamente de las otras y la cruce (Holandocebú) se comprueba como una mezcla de *Bos taurus* y *Bos indicus*. El algoritmo asigna cada individuo a una población independientemente de la identificación de la población de referencia. Es notorio que las poblaciones cebuinas se mantienen como una sola, que la diferenciación genética entre ellas es más endeble que entre las *Bos taurus*.

Los Criollos Mexicanos están constituidos por una mezcla de varias poblaciones incluyendo la influencia de las razas cebuinas, en distinta magnitud, dependiendo de la procedencia de la muestra. Además, las poblaciones españolas, Pajuna, Berrenda en Negro y Berrenda en Colorado, también se muestran como poblaciones mezcladas, y sorprendentemente, la población de Marismeña que en los años recientes fue reconocida como raza, tiene una identidad genética única dentro de todas las poblaciones estudiadas. Las poblaciones de Criollos Uruguayo, Argentino y Patagónico, también se manifiestan como poblaciones bien estructuradas; el Criollo Colombiano tampoco muestra una estructura clara y se detecta también la influencia de Cebú.

Figura 7. Proporción de individuos asignados a cada población con el programa de Pritchard *et al.* (2000).

Estimación del número de poblaciones (K)

En primera instancia se determinó cuál es el número de poblaciones con estructura definida (K). Se realizaron corridas con valores de K de 2 a 17 y se realizó una prueba de probabilidad *a posteriori* para determinar el valor más probable, calculado de acuerdo a Pritchard *et al.* (2000) con lo que se determinó que el número de poblaciones fue de 14 (Cuadro 4).

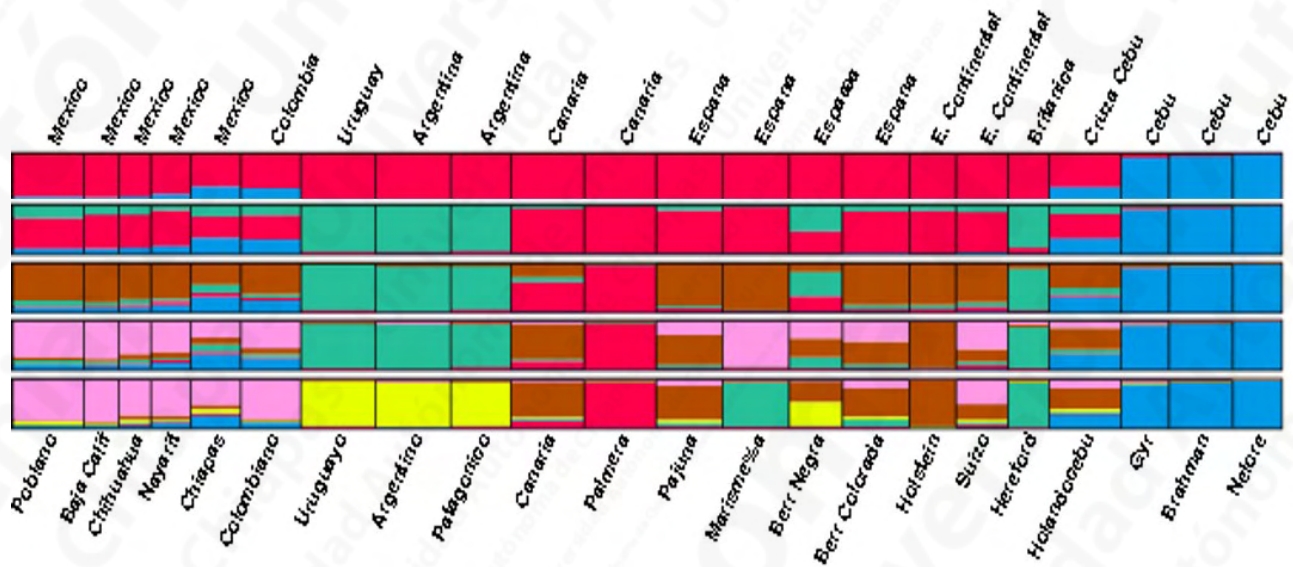
Cuadro 4. Probabilidad estimada a posteriori de K para todas las poblaciones estudiadas (n=22).

K	Ln P(D)	P(K X)
2	-64527.4	0.000
3	-63138.4	0.000
4	-62051.6	0.000
5	-61250.2	0.000
6	-60619.2	0.000
7	-60052.8	0.000
8	-59690.1	0.000
9	-59385.2	0.000
10	-58868.8	0.000
11	-58637.4	0.000
12	-58386.5	0.000
13	-57654.3	0.000
14	-57536.1	1.000
15	-57775.1	0.000
16	-57794.5	0.000
17	-57584.3	0.000

Estructura de las Poblaciones

El algoritmo del programa Structure también permite detectar las relaciones genéticas entre las poblaciones. En la Figura 8 se presenta gráficamente el valor de *q* cuando se suponen de 2 a 6 poblaciones.

Figura 8. Análisis de la estructura de las poblaciones bovinas de K=2 a K=6 con el programa de Pritchard *et al.* (2000).



Cuando K=2 la gran división corresponde a la presencia de *Bos taurus* y *Bos indicus*. Como era de suponer, las poblaciones cebuinas se muestran bastante homogéneas y la población Holandocebu (cruza) admite la influencia de ambos grupos. Es necesario recalcar que los Criollos de Chiapas y Colombiano muestran influencia de razas cebuinas y en menor grado los demás Criollos Mexicanos.

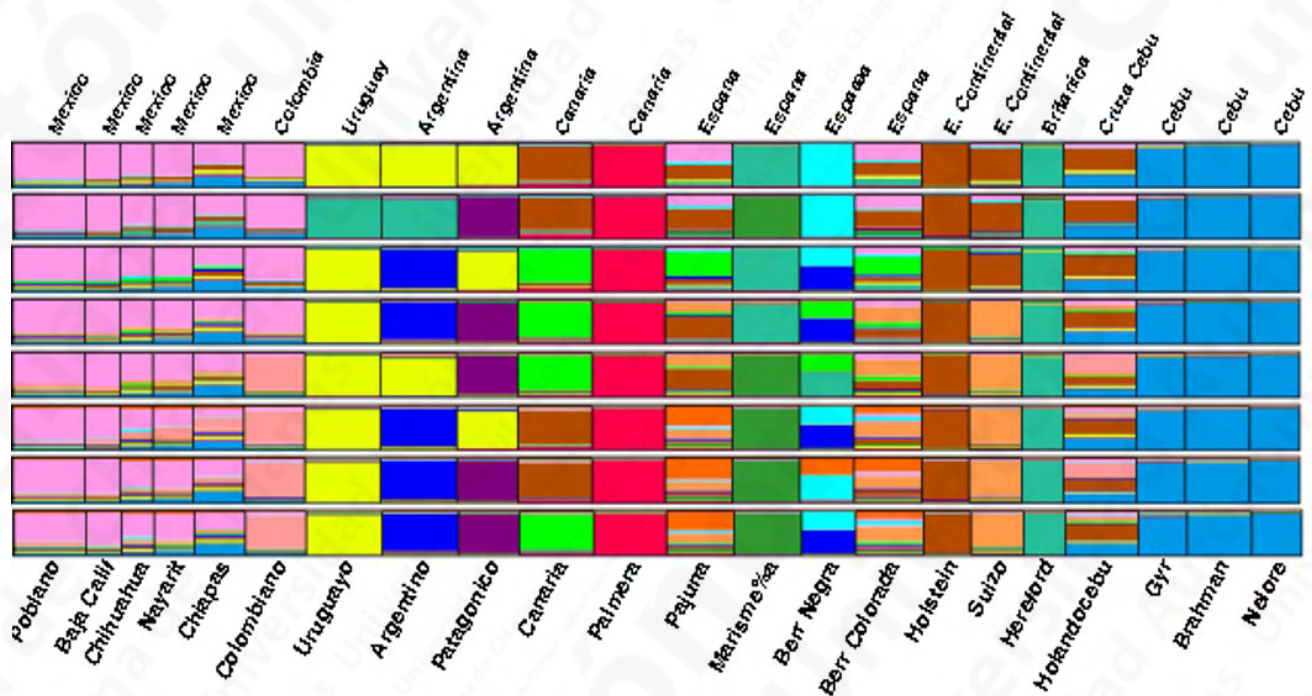
Cuando k=3 se separan dentro de las *Bos taurus*, las que tienen influencia británica (Hereford). Aparentemente, los Criollos Uruguayo, Argentino y Patagónico, son más parecidos a la población de Hereford que a las otras poblaciones *Bos taurus* continentales, aunque se detecta también cierta influencia en los Criollos de México.

Cuando el valor de K=4, se diferencia la población de Palmera dentro de las poblaciones de *Bos taurus* y se detecta su influencia en la población de Vaca Canaria. En el caso de K=5, hay una gran división entre las razas españolas y se apartan también los Criollos Mexicanos Marismeña y Suizo Pardo.

Cuando $k=6$ las poblaciones de Criollo Argentino, Patagónico y Uruguayo se separan de Hereford. Es de notar también el caso de las Berrendas que no se ubican claramente en ningún cluster mostrando que probablemente están mezcladas.

En la Figura 9 se presenta la continuación desde el valor de $K=7$ a $K=14$, el cual es el número máximo de poblaciones detectadas por el programa. En esta figura se aprecia ya claramente la definición de las poblaciones que son razas bien definidas como las cebuinas, aunque se muestra que el nivel de diferenciación entre las cebuinas es menor que en las taurinas; la Hereford de muestra como una raza consistente al igual que la Holstein y la Suiza. Considerando como base estos resultados, se puede plantear la hipótesis de que las razas Marismeña y Palmera son razas en peligro de extinción (de acuerdo a los criterios de la FAO) pero que mantienen una identidad propia. Dentro de las poblaciones criollas, se diferencian bien todas las sudamericanas y resulta interesante que las Criollas Mexicanas se manifiestan como una sola población, con cierto grado de mezcla con otras razas: Chiapas y Nayarit con Cebú y Baja California y Chihuahua con Hereford.

Figura 9. Análisis de la estructura de las poblaciones bovinas de $K=7$ a $K=14$ con el programa de Pritchard *et al.* (2000).



Es importante resaltar que probablemente muchas de las poblaciones criollas de América tengan una fuerte influencia cebuina pues tan sólo en Brasil, desde principios del siglo XIX hasta 1960, se estima que se han importado más de 7,000 animales de la India (Meirelles *et al.*, 1999). Esto es cierto en algunas poblaciones pero en otras no se ha podido demostrar como es el caso de la población del Criollo Venezolano Carora (Ceriotti *et al.*, 2003). Sin embargo, en un estudio hecho por Giovanbattista y col. (2000) en donde muestrearon varias poblaciones de Sudamérica basados en la morfología del cromosoma Y además de un haplotipo propio de los machos Cebú, detectaron introgresión de animales cebuinos en las poblaciones de los Criollos Chaqueño, Yacumeño y Saavedreño, en Bolivia; y Caracu, Curraleiro y Lageano, en Brasil. En los Criollos de Argentina y Uruguay, no se detectó influencia cebuina.

En los bovinos Criollos de la Islas del Caribe, también se ha detectado la introgresión de razas cebuinas además de la influencia de razas africanas (Magee *et al.*, 2002; Miretti *et al.*, 2004), al igual que en poblaciones de bovinos Criollos colombianos, cubanos y de la Isla de Guadalupe (Sastre *et al.*, 2003; Naves *et al.*, 2005). Durante el siglo pasado, el ganado Criollo en general, sufrió una drástica reducción en el tamaño de la población, una considerable subdivisión en hatos pequeños y una fuerte introgresión, principalmente de razas cebuinas (Liron *et al.*, 2002).

Con los resultados obtenidos con el método de Pritchard *et al.* (2000), parece ser que se aclaran muchas dudas que se produjeron con los análisis anteriores. Primero, se detecta que las poblaciones Criollas de México comparten una base genética, aunque en distintas proporciones (Cuadro 4, Cuadro 3), como se manifiesta en los clusters uno y cuatro. Esto puede ser producto de uno o varios de los factores siguientes:

- a) Que haya algún tipo de migración entre las poblaciones
- b) Que alguna otra población común haya introgresionado en ellas
- c) Que no se haya considerado en este estudio alguna población que sea una base común que comparten desde su llegada a América
- d) Que el constante cruzamiento con razas exóticas, produzca un cluster que no pueda ser asignado a alguna población en particular y genere un cluster diferente.

Por otra parte, el Criollo de Chiapas se asigna mayoritariamente al cluster dos (Cuadro 3). Es probable que la población de Chiapas se haya mezclado en épocas recientes con alguna raza cebuina, pues se detectan un 24.3% del genoma con ese tipo; además, dentro de las consistencias de los dendrogramas, los Criollos de Chiapas se agrupan cerca de las poblaciones cebuinas, y los resultados del F_{st} con relación al Gyr son los más bajos entre todas las razas taurinas y esta con Holandocebú, la magnitud de la diferencia es similar a la que existe entre los mismos Criollos.

En cuanto al Criollo Poblano que es el que se asigna al cluster cinco, comparte parte de su genoma con el Criollo de Chihuahua. El Criollo Poblano muestra un valor de F_{is} elevado de 0.137 lo que indica que esta población puede estar subdividida.

En la Figura 5 se aprecia que las poblaciones Criollas del norte de México (Baja California, Chihuahua y Nayarit) comparten en mayor proporción el cluster amarillo, y aunque en el Chiapaneco y Poblano también lo comparten, hay una mayor proporción de color rosa en el Poblano y verde en el de Chiapas. Esto concuerda con los resultados de los análisis Factorial, AMOVA y de distancias en los que los Criollos de Baja California, Nayarit y Chihuahua están más relacionados, estando los de Chiapas y el Poblano más separados de los tres anteriores.

Será necesario hacer algún análisis específico que corrobore la inclusión de una proporción de Cebú en el Criollo de Chiapas, aunque los resultados de los análisis realizados parecen definitivos como se aprecia en la Figura 6. Además de que las características climáticas del estado de Chiapas hacen muy probable que una proporción de Cebú aumente la viabilidad de estos animales. Sin embargo, cuando se visualizan todas las poblaciones (Figura 7), resalta que los Criollos Mexicanos no presentan la uniformidad de las razas bien diferenciadas como se aprecia en las Cebuinas o en las exóticas. Aun en los Criollos Uruguayo, Argentino y Patagónico, se aprecia esa uniformidad. Dentro de las razas españolas únicamente la Marismeña es la que presenta esa uniformidad. Este método de Pritchard *et al.* (2000) ha demostrado ser útil en la identificación de poblaciones bovinas mezcladas (Kumar *et al.*, 2003).

El análisis más detallado que se presenta en las Figura 8 y 9, ayuda a interpretar mejor los resultados. De las 22 poblaciones estudiadas, el programa Structure sólo es capaz de diferenciar 14. En este análisis global, las poblaciones cebuinas se mantienen como una sola y las Criollas de México, se presentan como una población más uniforme, con excepción del Criollo de Chiapas. Y se muestran mucho más homogéneas que las razas Pajuna y las Berrendas en Negro y Colorado. La población mezcla de Cebú con *Bos taurus*, se aprecia mezclada al igual que el Criollo de Chiapas. Aun cuando los Criollos Mexicanos (a excepción del Chiapas) presentan una pequeña proporción de otros clusters, ninguno es significativo o representa la influencia de otra población. Por lo tanto, se puede considerar que las poblaciones de Bovino Criollo de México forman una raza única con variedades de acuerdo a su ubicación geográfica, destacando que además esta diferenciación viene dada desde su introducción en México. Dado que el Criollo de Chiapas, presenta en su genotipo cierta proporción de Cebú, se puede afirmar que la selección natural

ha propagado las proporciones más adecuadas de *Bos taurus* y *Bos indicus* para sobrevivir en las condiciones extremas de Los Altos de Chiapas, donde la alimentación es escasa y la climatología extrema. Por otra parte, el Criollo Poblano aun cuando se presenta como una población subdividida, en esencia comparte el mismo genotipo que los demás criollos de México.

Los Bovinos Criollos Mexicanos son poblaciones que muestran una estructura genética común que podría considerarse como una sola, con algunas diferencias en cada región geográfica, producto de la introgresión de otras razas, que a pesar de ello, no los hace perder su identidad.

Finalmente, los Bovinos Criollos Mexicanos se muestran más cercanos genéticamente a las poblaciones *Bos taurus* y muy diferentes a las cebuinas, aunque existe cierta influencia de éstas en algunas regiones de México. La estructura de las poblaciones de Bovinos Criollos de México no muestra influencia de las razas exóticas Suizo Pardo, Holstein o Hereford. Las poblaciones de Bovinos Criollos de México son más parecidas a las otras poblaciones Criollas de América que a las razas españolas. La Asociación de Criadores de Ganado Criollo Mexicano, podría incorporar al libro genealógico animales provenientes de todo el territorio mexicano donde aún existen bovinos Criollos, clasificando en tres subtipos diferentes de acuerdo a la ubicación geográfica, lo que permitiría aumentar el tamaño de la población con posibilidad de hacer programas de selección para varias características zootécnicas.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Robledo M. 1991. Reses, indios y poder: notas introductorias a la historia de la ganadería en la Huasteca Potosina. *Cuadrante* 56, 78-94.
- Ajmone-Marsan P., Colli L., Han J.L., Achilli A., Lancioni H., Joost S., Crepaldi P., Pilla F., Stella A., Taberlet P., Boettcher P., Negrini R. & Lenstra J.A. 2014. The characterization of goat genetic diversity: Towards a genomic approach. *Small Ruminant Research* 121, 58-72.
- Alfaro M.E., Zoller S. & Lutzoni F. 2003. Bayes or Bootstrap? A Simulation Study Comparing the Performance of Bayesian Markov Chain Monte Carlo Sampling and Bootstrapping in Assessing Phylogenetic Confidence. *Molecular Biology and Evolution* 20, 255-66.
- Arcos-Burgos M. & Muenke M. 2002. Genetic of populations isolates. *Clinical Genetics* 61, 233-47.

- Armstrong E., Postiglioni A., Martínez A., Rincon G. & Vega-Pla J.L. 2006. Microsatellite analysis of a sample of Uruguayan Creole bulls (*Bos taurus*) *Genetics and Molecular Biology* 29, 267-72.
- Ashwell M.S., Rexroad C.E., Jr., Miller R.H. & VanRaden P.M. 1996. Mapping economic trait loci for somatic cell score in Holstein cattle using microsatellite markers and selective genotyping. *Animal Genetics* 27, 235-42.
- Balloux F., Brüner H., Lugon-Moulin N., Hausser J. & Goudet J. 2000. Microsatellites can be misleading: an empirical and simulation study. *Evolution* 54, 1414-22.
- Baron E.E., Martinez M.L., Verneque R.S. & Coutinho L.L. 2002. Parentage testing and effect of misidentification on the estimation of breeding value in Gir cattle. *Genetics and Molecular Biology* 25, 389-94.
- Baudouin L., Piry S. & Cornuet J.M. 2004. Analytical bayesian approach for assigning individuals to populations. *Journal of Heredity* 95, 217-24.
- Beckmann J.S. & Weber J. 1992. Survey of human and rat microsatellites. *Genomics* 12, 627-31.
- Beteta Ortiz M. 1997. Las razas autóctonas españolas y su participación en los bovinos criollos iberoamericanos. In: *Simposium sobre Utilización de Razas y Tipos Bovinos Creados y Desarrollados en Latinoamérica y el Caribe*. ALPA, XV Reunión, Maracaibo, Venezuela, 24-28 de noviembre.
- Beteta Ortiz M. 1999. Llegada del vacuno español a Suramérica. In: *Historia de la Veterinaria*. Real Academia de Ciencias Veterinarias, Madrid, España.
- Bovenhuis H., Van Arendonk J.A.M. & Korver S. 1992. Associations between milk protein polymorphisms and milk production traits. *Journal of Dairy Science* 75, 2549-59.
- Bradley D.G., Loftus R.T., Cunningham P. & MacHugh D.E. 1998. Genetics and domestic cattle origins. *Evolutionary Anthropology* 6, 79-86.
- Bredbacka P. & Koskinen M.T. 1999. Microsatellite panels suggested for parentage testing in cattle: Informativeness revealed in Finnish Ayrshire and Holstein-Friesian populations. *Agricultural and Food Science in Finland* 8, 233-7.
- Brinkman B., Klintschar M., Neuhuber F., Hühne J. & Burkhard F. 1998. Mutation rate in human microsatellites: influence of the structure and length of the tandem repeat. *American Journal of Human Genetics* 62, 1408-15.
- Bruford M.W., Bradley D.G. & Luikart G. 2003. DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nature Reviews Genetics* 4, 900-10.
- Calabrese R.P., Durrett R.T. & Aquadro C.F. 2001. Dynamics of microsatellite divergence under stepwise mutation and proportional slippage/point mutation models. *Genetics* 159, 839-52.

- Calabrese P.P. & Sainudiin R. 2004. Models of Microsatellite Evolution. In: *Statistical Methods in Molecular Evolution* (ed. by Nielsen R), Springer.
- Canon J., Alexandrino P., Bessa I., Carleos C., Carretero Y., Dunner S., Ferran N., Garcia D., Jordana J., Laloe D., Pereira A., Sanchez A. & Moazami-Goudarzi K. 2001. Genetic diversity measures of local European beef cattle breeds for conservation purposes. *Genetics Selection Evolution* 33, 311-32.
- Carvajal-Carmona L.G., Bermudez N., Olivera-Angel M., Estrada L., Ossa J., Bedoya G. & Ruiz-Linares A. 2003. Abundant mtDNA diversity and ancestral admixture in Colombian Criollo cattle (*Bos taurus*). *Genetics* 165, 1457-63.
- Cerioti G., Caroli A., Rizzi R. & Crimella C. 2003. Genetic relationships among taurine (*Bos taurus*) and zebu (*Bos indicus*) populations as revealed by blood groups and blood proteins. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120, 57-67.
- Ciampolini R., Cetica V., Ciani E., Mazzanti E., Fosella X., Marroni F., Biagetti M., Sebastiani C., Papa P., Filippini G., Cianci D. & Presciuttini S. 2006. Statistical analysis of individual assignment tests among four cattle breeds using fifteen STR loci. *Journal of Animal Science* 84, 11-9.
- Cornuet J.M. & Luikart G. 1996. Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. *Genetics* 144, 2001-14.
- Chikhi L., Goossens B., Treanor A. & Bruford M.W. 2004. Population genetic structure of and inbreeding in an insular cattle breed, the Jersey, and its implications for genetic resource management. *Heredity* 92, 396-401.
- Dallas J.F. 1992. Estimation of microsatellite mutation rates in recombinant inbred strains of mouse. *Mammalian Genome* 3, 452-6.
- de Gortari M.J., Freking B.A., Kappes S.M., Leymaster K.A., Crawford A.M., Stone R.T. & Beattie C.W. 1997. Extensive genomic conservation of cattle microsatellite heterozygosity in sheep. *Animal Genetics* 28, 274-90.
- Dorji T., Hanotte O., Arbenz M., Rege J.E.O. & Roder W. 2003. Genetic diversity of indigenous cattle populations in Bhutan: Implications for conservation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 16, 946-51.
- Ellegren H. 2004. Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews Genetics* 5, 435-45.
- Espinoza-Villavicencio J.L. 2004. Estudio Zométrico en el ganado bovino criollo de Baja California Sur. In: *XXVIII Congreso Nacional de Buiatria 2004*, Morelia, Michoacan. México.
- Fernández Haddad G. 2003. Plan estratégico para las pequeñas empresas ganaderas. Caso: "Ganadería el Pedregal". In: *Departamento de Administración de Empresas* p. 130. Universidad de las Américas, Puebla, Cholula, Puebla.

- Freeman A.R., Bradley D.G., Nagda S., Gibson J.P. & Hanotte O. 2006. Combination of multiple microsatellite data sets to investigate genetic diversity and admixture of domestic cattle. *Animal Genetics* 37, 1-9.
- Freeman A.R., Meghen C.M., Machugh D.E., Loftus R.T., Achukwi M.D., Bado A., Sauveroche B. & Bradley D.G. 2004. Admixture and diversity in West African cattle populations. *Molecular Ecology* 13, 3477-87.
- Gandini G.C., Ollivier L., Danell B., Distl O., Georgoudis A., Groeneveld E., Martyniuk E., van Arendonk J.A.M. & Woolliams J.A. 2004. Criteria to assess the degree of endangerment of livestock breeds in Europe. *Livestock Production Science* 91, 173-82.
- Gerber S., Mariette S., Streiff R., Bodenes C. & Kremer A. 2000. Comparison of microsatellites and amplified fragment length polymorphism markers for parentage analysis. *Molecular Ecology* 9, 1037-48.
- Ginja C., Penedo M.C., Melucci L., Quiroz J., Martínez Lopez O.R., Revidatti M.A., Martínez-Martínez A., Delgado J.V. & Gama L.T. 2009. Origins and genetic diversity of New World Creole cattle: inferences from mitochondrial and Y chromosome polymorphisms. *Animal Genetics*.
- Ginja C., Penedo M.C.T., Melucci L., Quiroz J., López O.R.M., Revidatti M.A., Martínez-Martínez A., Delgado J.V. & Gama L.T. 2010. Origins and genetic diversity of New World Creole cattle: inferences from mitochondrial and Y chromosome polymorphisms. *Animal Genetics* 41, 128-41.
- Ginja C.J. 2002. Identificação de raças bovinas portuguesas através da utilização de marcadores moleculares. In: *Producción Animal*, p. 145. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Giovambattista G., Ripoli M.V., De Luca J.C., Mirol P.M., Liron J.P. & Dulout F.N. 2000. Male-mediated introgression of *Bos indicus* genes into Argentine and Bolivian Creole cattle breeds. *Animal Genetics* 31, 302-5.
- GlowatzkiMullis M.L., Ritz L. & Gaillard C. 1996. PCR - An important step to conclusive paternity in parentage control cases of cattle. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde* 138, 161-6.
- González Domínguez D. 1989. Breve Historia de la Ganadería en Chihuahua. (ed. by Parada Gonzalez LO). Tecnovet de México, Chihuahua, México.
- Guevara S. & Lira-Noriega A. 2004. De los pastos de la selva a la selva de los pastos: La introducción de la ganadería en México. *Pastos*, En prensa.
- Halbert N.D., Ward T.J., Schnabel R.D., Taylor J.F. & Derr J.N. 2005. Conservation genomics: disequilibrium mapping of domestic cattle chromosomal segments in North American bison populations. *Molecular Ecology* 14, 2343-62.

- Handt O., Meyer S. & von Haeseler A. 1998. Compilation of human mtDNA control region sequences. *Nucleic Acids Research* 26, 126-9.
- Hanotte O., Bradley D.G., Ochieng J.W., Verjee Y., Hill E.W. & Rege J.E. 2002. African pastoralism: genetic imprints of origins and migrations. *Science* 296, 336-9.
- Hanotte O. & Jianlin H. 2005. Genetic characterization of livestock populations and its use in conservation decision-making. In: *The Role of Biotechnology* (ed. by FAO), pp. 131-6. FAO, Villa Gualino, Turin, Italia.
- Hanotte O., Tawah C.L., Bradley D.G., Okomo M., Verjee Y., Ochieng J. & Rege J.E. 2000. Geographic distribution and frequency of a taurine *Bos taurus* and an indicine *Bos indicus* Y specific allele amongst sub-saharan African cattle breeds. *Molecular Ecology* 9, 387-96.
- Hayes B.J., Visscher P.M., McPartlan H.C. & Goddard M.E. 2003. Novel multilocus measure of linkage disequilibrium to estimate past effective population size. *Genome Research* 13, 635-43.
- Hernández-Xolocotzi E. 1998. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. In: *Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución*, (eds. by Ramamoorthy T, P., , Bye R, Lot A & Fa A), pp. 715-38. Universidad Nacional Autónoma de México. México (México), México, D.F.
- Hernández García L. 2001. *Historia ambiental de la ganadería en México*. Coedición entre L'Institut de Recherche pour le Développement, (IRD) y el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Mexico, D.F.
- Huang D., Yang Q., Yu C. & Yang R. 2003. Development of the X-linked tetrameric microsatellite markers HumDXS6803 and HumDXS9895 for forensic purpose. *Forensic Science International* 133, 246-9.
- Ibeagha-Awemu E.M. & Erhardt G. 2005. Genetic structure and differentiation of 12 African *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle breeds, inferred from protein and microsatellite polymorphisms. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122, 12-20.
- INEGI. 2007. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007.
- International-Human-Genome-Sequencing-Consortium. 2001. Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* 409, 860-921.
- Jasinska A., Michlewski G., de Mezer M., Sobczak K., Kozłowski P., Napierala M. & Krzyzosiak W.J. 2003. Structures of trinucleotide repeats in human transcripts and their functional implications. *Nucleic Acid Research* 31, 5463-8.
- Jiménez González F.G. 1999. *Programa de manejo reserva de la biosfera la encrucijada, México*. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.

- Jordana J., Alexandrino P., Beja-Pereira A., Bessa I., Canon J., Carretero Y., Dunner S., Laloe D., Moazami-Goudarzi K., Sanchez A. & Ferrand N. 2003. Genetic structure of eighteen local south European beef cattle breeds by comparative F-statistics analysis. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120, 73-87.
- Kimura M. & Ota T. 1971. On the rate of molecular evolution. *Journal of Molecular Evolution* 66, 367-86.
- Kumar P., Freeman A.R., Loftus R.T., Gaillard C., Fuller D.Q. & Bradley D.G. 2003. Admixture analysis of South Asian cattle. *Heredity* 91, 43-50.
- Lewandrowski J., Darwin R.F., Tsigas M. & Raneses A. 1999. Estimating costs of protecting global ecosystem diversity. *Ecological Economics* 29, 111-25.
- Liron J.P., Bravi C.M., Mirol P.M., Peral-Garcia P. & Giovambattista G. 2006. African matrilineages in American Creole cattle: evidence of two independent continental sources. *Animal Genetics* 37, 379-82.
- Liron J.P., Ripoli M.V., De Luca J.C., Peral-Garcia P. & Giovambattista G. 2002. Analysis of genetic diversity and population structure in Argentine and Bolivian Creole cattle using five loci related to milk production. *Genetics and Molecular Biology* 25, 413-9.
- Loftus R.T., David E., Machugh D.E., Bradley D.G., Sharp P.M. & Cunningham P. 1994. Evidence for two independent domestications of cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91, 2757-61.
- Lucero R., Medina, J. & Cervantes Y. 2004. Los usos del suelo. In: *Riqueza y Pobreza de la costa de Chiapas y Oaxaca* (ed. by Toledo A), pp. 211-315. CECODES, México.
- Luikart G., Gielly L., Excoffier L., Vigne J.D., Bouvet J.M. & Taberlet P. 2001. Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 5927-32.
- Machugh D.E., Loftus R.T., Bradley D.G., Sharp P.M. & Cunningham P. 1994. Microsatellite DNA variation within and among European cattle breeds. *Proceedings. Biological sciences* 256, 25-31.
- MacHugh D.E., Loftus R.T., Cunningham P. & Bradley D.G. 1998. Genetic structure of seven European cattle breeds assessed using 20 microsatellite markers. *Animal Genetics* 29, 333-40.
- MacHugh D.E., Shriver M.D., Loftus R.T., Cunningham P. & Bradley D.G. 1997. Microsatellite DNA variation and the evolution, domestication and phylogeography of taurine and zebu cattle (*Bos taurus* and *Bos indicus*). *Genetics* 146, 1071-86.
- Magee D.A., Meghen C., Harrison S., Troy C.S., Cymbron T., Gaillard C., Morrow A., Maillard J.C. & Bradley D.G. 2002. A partial african ancestry for the creole cattle populations of the Caribbean. *J Hered* 93, 429-32.

- Manel S., Berthier P. & Luikart G. 2002. Detecting wildlife poaching: identifying the origin of individuals with bayesian assignment tests and multilocus genotypes. *Conservation Biology* 16, 650-9.
- Manel S., Schwartz M.K., Luikart G. & Taberlet P. 2003. Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 18, 189-97.
- Martínez-Navarro B., Karoui-Yaakoub N., Oms O., Amri L., López-García J.M., Zerai K., Blain H.-A., Mtimet M.-S., Espigares M.-P., Ben Haj Ali N., Ros-Montoya S., Boughdiri M., Agustí J., Khayati-Ammar H., Maalaoui K., El Khir M.O., Sala R., Othmani A., Hawas R., Gómez-Merino G., Solè À., Carbonell E. & Palmqvist P. 2014. The early Middle Pleistocene archeopaleontological site of Wadi Sarrat (Tunisia) and the earliest record of *Bos primigenius*. *Quaternary Science Reviews* 90, 37-46.
- Martínez R.D., Giovambattista G., Ripoli M.V., De Luca J.C. & Dulout F.N. 2003. Patagonian Argentine Creole cattle polymorphism: comparison with North-West populations of this breed. *Research in Veterinary Science* 74, 287-90.
- Martínez Velázquez G., Bustamante Guerrero J.d.J., Palacios Fránquez J.A. & Montaño Bermúdez M. 2006. Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento posdestete y características de la canal *Técnica Pecuaria en México* 44, 107-118.
- Maudet C., Luikart G. & Taberlet P. 2002. Genetic diversity and assignment tests among seven French cattle breeds based on microsatellite DNA analysis. *Journal of Animal Science* 80, 942-50.
- Meirelles F.V., Rosa A.J.M., Lobo R.B., Garcia J.M., Smith L.C. & Duarte F.A.M. 1999. Is the american zebu really *Bos indicus*? *Genetics and Molecular Biology* 22, 543-6.
- Méndez Mendoza M., Serrano Palapa J., Ávila Benítez R., Rosas García M. & Méndez Palacios N. 2002. Caracterización morfométrica del bovino criollo mixteco. *Archivos de Zootecnia* 51, 217-21.
- Metta M., Kanginakudru S., Gudiseva N. & Nagaraju J. 2004. Genetic characterization of the Indian cattle breeds, Ongole and Deoni (*Bos indicus*), using microsatellite markers - a preliminary study. *BMC Genetics* 5, 16.
- Miretti M.M., Dunner S., Naves M., Contel E.P. & Ferro J.A. 2004. Predominant african-derived mtDNA in Caribbean and Brazilian Creole cattle is also found in Spanish cattle (*bos taurus*) *The Journal of Heredity* 95, 450-3.
- Moazami-Goudarzi K., Laloe D., Furet J.P. & Grosclaude F. 1997. Analysis of genetic relationships between 10 cattle breeds with 17 microsatellites. *Animal Genetics* 28, 338-45.
- Moazami-Goudarzi K., Vaiman D., Mercier D., Grohs C., Furet J.P., Leveziel H. & Martin P. 1994. Analysis of genetic diversity in French cattle breeds by the use of microsatellites - preliminary-results. *Genetics Selection Evolution* 26, S155-S65.

- Mommens G., Peelman L.J., Van Zeveren A., D'leteren G. & Wissocq N. 1999. Microsatellite variation between an African and five European taurine breeds results in a geographical phylogenetic tree with a bison outgroup. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 116, 325-30.
- Mouse-Genoma-Seqquensing-Consortium. 2002. Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome. *Nature* 420, 520-62.
- Naves M., Laloe D., Goudarzi K. & Debus A. 2005. Relaciones genéticas entre el bovino Criollo de Guadalupe y otras razas por marcadores bioquímicos. *Archivos de Zootecnia* 54, 385-94.
- Neff B.D. & Gross M.R. 2001. Microsatellite evolution in vertebrates: inference from AC dinucleotide repeats. *Evolution; International Journal of Organic Evolution* 55, 1717-33.
- Núñez González F.A., García Macías J.A., Hernández Bautista J. & Jiménez Castro J.A. 2005. Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. *Técnica Pecuaria en México* 43, 219-28.
- Pariset L., Savarese M.C., Capuccio I. & Valentini A. 2003. Use of microsatellites for genetic variation and inbreeding analysis in Sarda sheep flocks of central Italy. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 120, 425-32.
- Pepin L., Amigues Y., Lepingle A., Berthier J.L., Bensaid A. & Vaiman D. 1995. Sequence conservation of microsatellites between *Bos-taurus* (cattle), *Capra-hircus* (goat) and related species - examples of use in parentage testing and phylogeny analysis. *Heredity* 74, 53-61.
- Primo A.T. 1992. El ganado bovino Ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de Zootecnia* 41 (extra), 421-32.
- Pritchard J.K., Stephens M. & Donnelly P. 2000. Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics* 155, 945-59.
- Quiroz V.J. 2007. Caracterización genética de los bovinos criollos mexicanos y su relación con otras poblaciones bovinas. In: *Departamento de Genética*, p. 147. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Radko A., Zyga A., Slota E., Koscielny M. & Brejta W. 2004. Evaluating the efficacy of blood groups and DNA microsatellite sequences in parentage control in cattle. *Medycyna Weterynaryjna* 60, 1212-4.
- Ramey R.R., Luikart G. & Singer F.J. 2000. Genetic Bottlenecks resulting from restoration efforts: the case of Bighorn Sheep in Badlands National Park. *Restoration Ecology* 8, 85-90.
- Ramírez N. R. & Berruecos V. J.M. 1995. *La educación de la medicina veterinaria y zootecnia en México. Panorama*. Comites Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, México, D.F.

- Rendo F., Iriondo M., Jugo B.M., Aguirre A., Mazon L.I., Vicario A. & Gomez M. 2004. Analysis of the genetic structure of endangered bovine breeds from the Western Pyrenees using DNA microsatellite markers. *Biochemical Genetics* 42, 99-108.
- Reyes Hernández H., Aguilar Robledo M., Aguirre Rivera J.R. & Trejo Vázquez I. 2006. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. pp. 26-42. Instituto de Geografía. UNAM, México, D.F.
- Richard M. & Thorpe R.S. 2001. Can microsatellites be used to infer phylogenies? evidence from population affinities of the Western Canary Island lizard (*Gallotia galloti*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 20, 351-60.
- Ripoli M.V., Giovambattista G., De Lúea F. & Dulout F.N. 2000. Formación de un plantel base de ganado bovino Criollo Argentino para producción lechera. Efecto sobre las frecuencias génicas de seis loci. *Agro Sur* 28, 105-22.
- Ritz L.R., Glowatzki-Mullis M.L., MacHugh D.E. & Gaillard C. 2000. Phylogenetic analysis of the tribe Bovini using microsatellites. *Animal Genetics* 31, 178-85.
- Rodero A., Delgado J.V. & Rodero E. 1992. Primitive andalusian livestock and their implications in the discovery of America. *Archivos de Zootecnia* 41 (extra), 383-400.
- Rousset F. 1996. Equilibrium values of measures of population subdivision for stepwise mutation processes. *Genetics* 142, 1357-62.
- Russell N.D., Rios J., Erosa G., Remmenga M.D. & Hawkins D.E. 2000. Genetic differentiation among geographically isolated populations of Criollo cattle and their divergence from other *Bos taurus* breeds. *Journal of Animal Science* 78, 2314-22.
- SAGARPA. 2002. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México. p. 50. Coordinación general de Ganadería., Mexico, D.F.
- Sancristobal-Gaudy M., Renand G., Amigues Y., Boscher M.Y., Leveziel H. & Bibe B. 2000. Individual traceability of bovine meat using molecular markers. *Productions Animales* 13, 269-76.
- Sastre H.J., Rodero E., Rodero A., Azor P.J., Sepulveda N.G., Herrera M. & Molina A. 2003. Caracterización genética de la raza bovina colombiana criolla Casanare mediante análisis de microsatélites. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 16 (supl.), 49.
- Schlotterer C. & Tautz D. 1992. Slippage synthesis of simple sequence DNA. *Nucleic Acid Research* 20, 211-5.

- Schnabel R.D., Kim J.J., Ashwell M.S., Sonstegard T.S., Van Tassell C.P., Connor E.E. & Taylor J.F. 2005. Fine-mapping milk production quantitative trait loci on BTA6: analysis of the bovine osteopontin gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, 6896-901.
- Selkoe K.A. & Toonen R.J. 2006. Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters* 9, 615-29.
- Serrano J., Montes R., Aguilar B., Flores N., Utrera F. & Cano D. 2004. Valores hematológicos de bovinos criollos en la región Mixteca (México). *Veterinaria (Montevideo)* 39, 43-6.
- Shackell G.H., Mathias H.C., Cave V.M. & Dodds K.G. 2005. Evaluation of microsatellites as a potential tool for product tracing of ground beef mixtures. *Meat Science* 70, 337-45.
- Shriver M.D., Jin L., Chakraborty R. & Boerwinkle E. 1993. VNTR Allele Frequency Distributions Under the Stepwise Mutation Model: A Computer Simulation Approach. *Genetics* 134, 983-93.
- Simianer H. 2005. Decision making in livestock conservation. *Ecological Economics* 53, 559-72.
- Singh U., Deb R., Alyethodi R.R., Alex R., Kumar S., Chakraborty S., Dhama K. & Sharma A. 2014. Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine* 6, 49-58.
- Snelling W.M., Casas E., Stone R.T., Keele J.W., Harhay G.P., Bennett G.L. & Smith T.P.L. 2005. Linkage mapping bovine EST-based SNP. *Bmc Genomics* 6, -.
- Sodhi M., Mukesh M., Mishra B.P., Mitkari K.R., Prakash B. & Ahlawat S.P. 2005. Evaluation of genetic differentiation in *Bos indicus* cattle breeds from Marathwada region of India using microsatellite polymorphism. *Animal Biotechnology* 16, 127-37.
- Solignac M., Vautrin D., Baudry E., Mougél F., Loiseau A. & Cornuet J.M. 2004. A microsatellite-based linkage map of the honeybee, *Apis mellifera* L. *Genetics* 167, 253-62.
- Spencer C.C., Neigel J.E. & Leberg P.L. 2000. Experimental evaluation of the usefulness of microsatellite DNA for detecting demographic bottlenecks. *Molecular Ecology* 9, 1517-28.
- Taberlet P., Waits L.P. & Luikart G. 1999. Noninvasive genetic sampling: look before you leap. *Trends in Ecology and Evolution* 14, 323-7.
- Talle S.B., Chenyabuga W.S., Fimland E., Syrstad O., Meuwissen T. & Klungland H. 2005. Use of DNA technologies for the conservation of animal genetic resources: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science* 55, 1-8.

- Tautz D. 1989. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. *Nucleic Acid Research* 17, 6463-71.
- Tejera G.A. & Capote A.J. 2005. *Colon y la Gomera. La colonización de la Isabela (República Dominicana) con animales y plantas canarias*. Taller de Historia, Tenerife, España.
- Tewolde A. 1997. Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. In: *Simposium sobre Utilización de Razas y Tipos Bovinos Creados y Desarrollados en Latinoamérica y el Caribe*. ALPA, XV Reunión, Maracaibo, Venezuela, 24-28 de noviembre.
- Thieven U., Solinas-Toldo S., Friedl R., Masabanda J., Fries R., Barendse W., Simon D. & Harlizius B. 1997. Polymorphic CA-microsatellites for the integration of the bovine genetic and physical map. *Mammalian Genome* 8, 52-5.
- Troy C.S., MacHugh D.E., Bailey J.F., Magee D.A., Loftus R.T., Cunningham P., Chamberlain A.T., Sykes B.C. & Bradley D.G. 2001. Genetic evidence for Near-Eastern origins of European cattle. *Nature* 410, 1088-91.
- Ulloa Arvizu R. 2001. Estimación de la heterogeneidad genética en poblaciones de bovinos criollos mexicanos utilizando marcadores moleculares. In: *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, p. 88. Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, D.F.
- Vaiman D., Pailhoux E., Payen E., Saidi-Mehtar N. & Cotinot C. 1995. Evolutionary conservation of a microsatellite in the Wilms tumour (WT) gene: mapping in sheep and cattle. *Cytogenetics and Cell Genetics* 70, 112-5.
- Vallejo R.L., Li Y.L., Rogers G.W. & Ashwell M.S. 2003. Genetic diversity and background linkage disequilibrium in the North American Holstein cattle population. *Journal of Dairy Science* 86, 4137-47.
- van Marle-Koster E. & Nel L.H. 2003. Genetic markers and their application in livestock breeding in South Africa: A review. *South African Journal of Animal Science* 33, 1-10.
- Vankan D.M. & Faddy M.J. 1999. Estimations of the efficacy and reliability of paternity assignments from DNA microsatellite analysis of multiple-sire matings. *Animal Genetics* 30, 355-61.
- Vazquez J.F., Perez T., Urena F., Gudín E., Albornoz J. & Dominguez A. 2004. Practical application of DNA fingerprinting to trace beef. *Journal of Food Protection* 67, 972-9.
- Weller J.I., Feldmesser E., Golik M., Tager-Cohen I., Domochofsky R., Alus O., Ezra E. & Ron M. 2004. Factors affecting incorrect paternity assignment in the Israeli Holstein population. *Journal of Dairy Science* 87, 2627-40.

- Werner F.A.O., Durstewitz G., Habermann F.A., Thaller G., Kramer W., Kollers S., Buitkamp J., Georges M., Brem G., Mosner J. & Fries R. 2004. Detection and characterization of SNPs useful for identity control and parentage testing in major European dairy breeds. *Animal Genetics* 35, 44-9.
- Wilson G.A. & Rannala B. 2003. Bayesian inference of recent migration rates using multilocus genotypes. *Genetics* 163, 1177-91.
- Xu X., Peng M., Fang Z. & Xu X. 2000. The direction of microsatellite mutations is dependent upon allele length. *Nature Genetics* 24, 396-9.
- Zane L., Bargelloni L. & Patarnello T. 2002. Strategies for microsatellite isolation: a review. *Molecular Ecology* 11, 1-6.
- Zhang C., De Koning D.J., Hernandez-Sanchez J., Haley C.S., Williams J.L. & Wiener P. 2004. Mapping of multiple quantitative trait loci affecting bovine spongiform encephalopathy. *Genetics* 167, 1863-72.

XI.

**EL PAPEL DE LAS
BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN
LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS
ZOOGENÉTICOS DE ESPECIES
DOMÉSTICAS**

UNACH

EL PAPEL DE LAS BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS ZOOGENÉTICOS DE ESPECIES DOMÉSTICAS

**José Fernando De La Torre Sánchez¹, Francisco Javier Padilla Ramírez²
y Horacio Álvarez Gallardo¹**

¹ Centro Nacional de Recursos Genéticos, CIRPAC-INIFAP. Blvd. de la Biodiversidad N° 400,
Tepatitlán de Morelos, Jalisco, CP 47600

² Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara.
Camino Ramón Padilla Sánchez N° 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, CP 44600.

Introducción

El presente libro está orientado a brindar conocimiento y experiencias relacionadas con el ganado Bovino Criollo en México; sin embargo, en este capítulo se hará mención a otras especies, para ofrecer un panorama más amplio del estado del arte de la importancia y aplicación de las biotecnologías reproductivas, como herramienta de apoyo para el rescate, conservación y uso sustentable de los recursos genéticos animales (RGA).

Las herramientas biotecnológicas han demostrado ser un excelente aliado para la humanidad para enfrentar los retos que se presentan, tanto en términos de suficiencia y calidad alimentaria

como los relacionados con las especies animales con algún grado de amenaza o en peligro de extinción (FAO, 2012).

La biodiversidad de los RGAn ha sido determinante para sustentar la complementación alimentaria de la humanidad, y ésta ha demostrado ser más impactante en los sistemas de producción a pequeña escala en países en vías de desarrollo. Estos sistemas de producción proveen, además de productos para consumo directo, otros que sirven para la vida cotidiana como son: fertilizantes, combustibles, fuerza de carga y transporte, además de otros bienes y servicios (FAO 2007).

Está ampliamente documentado que los RGAn juegan un papel importante en el equilibrio social, ecológico, económico, cultural y de sustentabilidad de muchas zonas de asentamientos humanos del mundo, incluyendo México, donde dentro del sector agropecuario las pequeñas explotaciones representan el porcentaje más alto (FAO, 2010)

Los RGAn de especies tanto nativas como localmente adaptadas, han sido amenazados en menor o mayor grado por la introducción de especies con mayor potencial genético desde el punto de vista productivo. Esta situación de alguna manera representa un riesgo para la desaparición de acervos genéticos que son importantes para proveer resistencia o tolerancia de las especies ante condiciones adversas como la escasez y baja calidad de alimento, estrés medio ambiental y enfermedades, entre otros (Mariante y Egito, 2002; FAO, 2010; Silva-Filho et al. 2014).

Figura 1. Bovinos Criollos.



Antecedentes

La conservación de los RGA es un tema prioritario para salvaguardar el patrimonio genético, formado a través de muchos años de adaptación a las diversas condiciones agroecológicas de México, y que debe de considerarse para mantener su utilización y lograr el equilibrio social, económico, y cultural para las personas que trabajan con este patrimonio.

En el Cuadro 1 se relacionan las especies y razas nativas y localmente adaptadas descritas en el informe de País que México entregó a la FAO sobre el estado de los Recursos Genéticos Pecuarios para la Alimentación y la Agricultura (SAGARPA, 2013).

A excepción de los guajolotes y algunas especies de abejas sin aguijón (meliponas), las especies domésticas que hoy sustentan la producción pecuaria en México, no son originarias del continente americano. Bovinos, equinos, ovinos, caprinos, porcinos y gallinas fueron introducidos

al continente americano, provenientes de la Península Ibérica (España y Portugal) hace aproximadamente 500 años, dando origen, después de cinco siglos de adaptación a condiciones edafo-climáticas y de producción específicas, a razas localmente adaptadas, hoy conocidas genéricamente como Criollas y con denominaciones específicas de acuerdo a la región donde permanecen. Estas razas animales en la actualidad juegan un papel socioeconómico y ecológico importante en diferentes regiones del País, y están fuertemente asociadas a grupos de población de bajos recursos (Gallardo *et al.*, 2002).

Cuadro I. Razas de animales Criollos presentes en México.

Especie/Raza/Biotipos	Sistema de producción	Región ecológica	Estatus
Del golfo	F/E	Trópico seco	En peligro de extinción
De la Sierra Madre Occidental (Coreño)	F/E	Trópicos, templado	Raro en forma pura
Del desierto de Baja California (Chinampo)	F/E	Árido	Raro
De las montañas del Norte (Criollo de rodeo)	F/E	Árido, semiárido, templado	Animales para rodeo
Lechero Centroamericano	E	Trópico seco	Hatos pequeños
Cerdos			
Pelón	F	Trópicos, templado	Caracterización parcial
Cuino	F	Templado	En extinción
Pata de Mula	F	Trópico seco	En extinción
Ovinos			
Borrego Chiapas	F/E	Templado	Estudio en comunidad
Caprinos			
Mosaico Lagunero	F/E	Árido, semiárido	En uso comercial
Mosaico del Centro	F/E	Templado	Pequeños rebaños
Mosaico Mixteco	F/E	Templado, semiárido	En uso comercial
Cabras de la Isla Guadalupe	S	Templado	Asilvestradas
Aves			
Gallina de cuello desnudo	F	Trópicos, templado	Traspatio
Guajolote	F	Trópicos, templado	Traspatio y asilvestrado
Pavón	S	Trópicos	Silvestre
Abejas			
Melipona	F/E//S	Trópicos	Producción comercial
Trigona	F/E//S	Trópicos	Producción comercial
Équidos			
Criollo Militar	E	Semiárido	Criadero militar
Burro	F/E	Trópico seco, templado	Animales de trabajo

(F) familiar, (E) extensivo a pequeña escala, (I) intensivo y con incremento en número y distribución y (S) actualmente en estado silvestre. Fuente: SAGARPA (2013).

Las razas localmente adaptadas en México son consideradas un recurso genético valioso por su capacidad de producir bajo condiciones adversas de clima y alimentación, y si bien son en general consideradas de baja producción, al ser entes biológicos capaces de producir en condiciones difíciles y con bajos insumos, se vuelven una opción en su forma pura o en cruzamiento para escenarios adversos, actuales o futuros.

Las poblaciones criollas se encuentran actualmente en su mayoría bajo el estatus de amenazadas o en extinción en México, y por ello se requiere la aplicación de estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*, que ayuden a preservar esta fuente potencialmente valiosa de variabilidad genética, de cara a condiciones ambientales cambiantes (Martínez, 2005; Perezgrovas, 2003). Por otra parte, la introducción pasada y reciente de especies domésticas animales a nuestro país (desde la segunda mitad del siglo XIX a la fecha), ha traído razas de bovinos especializadas en la producción de leche y carne, de cerdos, ovinos, caprinos y aves, con características productivas sobresalientes, pero con mayores requerimientos de condiciones ambientales, insumos y manejo.

Los programas de mejoramiento basados en evaluaciones genéticas y orientados a necesidades específicas de producción y el uso intensivo que se da a los animales sobresalientes gracias al uso de herramientas reproductivas, van reduciendo el espectro de variabilidad genética de estas razas, generando la necesidad de que se establezcan estrategias de conservación *ex situ*. Estas alternativas tecnológicas permitirán conservar el germoplasma de individuos relevantes a lo largo del tiempo, y así preservar variabilidad genética que pudiera desaparecer ante la acelerada evolución que experimentan estas razas, y tenerlo disponible para reintroducción de germoplasma con características particulares al pool genético de la raza cuando así se requiera (CONARGEN, 1999).

Los diferentes métodos disponibles para la conservación de recursos genéticos pecuarios se agrupan en dos principales formas: la conservación *in situ* (conservación de la especie en su hábitat de origen o de domesticación), que permite la continua evolución y adaptación de especies en respuesta al medio ambiente, pero que deja más expuestos a estos recursos a su reducción o desaparición por destrucción o fraccionamiento de hábitats ocasionados por desastres naturales o por interferencia humana. La conservación *ex situ* (conservación del germoplasma fuera de su ambiente natural) es, por contraparte, una forma inmediata y segura de conservar el recurso

genético, y así tenerlo disponible en cualquier momento para agregar variabilidad genética a las poblaciones *in vivo* e incluso para reintroducir especies cuya población es escasa o extinta. De este modo, estos dos métodos son relevantes y complementarios y, aunque siempre será la conservación *in situ* la forma más recomendable para conservar la variabilidad de las poblaciones y promover cambios adaptativos a condiciones ambientales y de producción, la conservación *ex situ* —que se da principalmente en bancos de germoplasma— deberá ser una herramienta complementaria estratégica para asegurar la supervivencia de las especies (Goodwin *et al.*, 2012).

Para los RGA_n, la conservación *ex situ* se puede dar a través del mantenimiento de poblaciones animales en condiciones controladas y la conservación *in vitro* de germoplasma animal. En los países en desarrollo, es más común observar que se conservan poblaciones vivas, lo cual es sin embargo más costoso que la conservación del germoplasma e implica riesgos mayores para el adecuado mantenimiento de estas; es por ello que la recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) es que se implementen en estos países estrategias de conservación *in vitro* de RGA_n (Gibson *et al.*, 2006).

El término Germoplasma Animal, se refiere colectivamente a células que, por sí mismas o en combinación (primordialmente embriones en estadios de pre-implantación, células espermáticas y óvulos) dan origen a descendencia viva. El Germoplasma Animal se conserva en muy bajas temperaturas (usualmente en nitrógeno líquido a -196 °C). La crioconservación de germoplasma animal no sólo tiene impacto como método de conservación *ex situ* de los RGA_n, sino que también es una herramienta reproductiva utilizada en ganadería para diseminar ampliamente la genética de animales superiores a través de la inseminación artificial con semen congelado. Baste decir que en 1998, más de 250 millones de dosis de semen proveniente de toros genéticamente superiores fueron criopreservadas a nivel mundial, y que más de 100 millones de vacas recibieron su primer servicio de inseminación artificial de esas dosis (Mazur *et al.*, 2008).

Por otra parte, la Declaración de Interlaken establece en su prioridad estratégica N° 9 crear o potenciar los programas de conservación *ex situ* y lo justifica de esta manera:

Las medidas de conservación *ex situ* proporcionan una garantía de seguridad frente a las pérdidas de recursos zoogenéticos sobre el terreno, bien a través de la erosión o como resultado de emergencias. Las medidas *ex situ* complementan a las medidas *in situ*, con las que deberían estar vinculadas, cuando proceda. Las colecciones *ex situ* también pueden desempeñar una función activa en los programas estratégicos de mejora genética. (FAO, 2007)

La conservación *ex situ*, *in vitro* de RGAn, se establece como una prioridad para asegurar que el valor genético de animales con características favorables para la producción o la resistencia a enfermedades comprobadas, sea respaldada a través de la crioconservación del germoplasma animal y su resguardo en bancos de germoplasma. En función de la capacidad para generar descendencia de estos animales con características favorables, diferentes fuentes de germoplasma animal (semén, embriones, óvulos, células somáticas) pueden ser crioconservadas y eventualmente utilizadas bajo diferentes esquemas según sea el propósito de la regeneración (Sonesson *et al.*, 2002).

La crioconservación de germoplasma animal demanda la conjunción de conocimientos y tecnologías en áreas como la fisiología animal, biología celular, embriología, cultivo *in vitro* de células y criobiología, entre otras. El mantener la viabilidad de los gametos, embriones y células somáticas después de someter el germoplasma a procesos de colección, dilución, cultivo, co-cultivo, adición de componentes orgánicos y químicos, exposición a sustancias tóxicas (crioprotectores), enfriamiento y congelación, es el gran reto que enfrenta la conservación de RGAn, y una gran cantidad de información se ha generado a partir de la década de 1940 (Polge *et al.*, 1949), cuando de manera fortuita se descubrieron las cualidades crioprotectoras del glicerol para la criopreservación de la célula espermática, hasta nuestros días, en que el reto a vencer es la vitrificación de óvulos con tasas de sobrevivencia al proceso adecuadas (Kopeika *et al.*, 2015).

Cuadro 2. Estado actual de las técnicas de crioconservación por especie animal.

Especie	Semen	Ovocitos	Embriones	Células somáticas
Bovinos	+	+	+	+
Ovinos	+	0*	+	0
Caprinos	+	0	+	0
Equinos	+	0	0	0
Porcinos	+	0	0	0
Conejos	+	0	+	0
Aves	+	-	-	-

+Existe disponibilidad de técnicas habituales; 0 resultados positivos en la investigación; - no factible en el estado actual de conocimientos; * crioconservación de todo el ovario

Semen

Congelamiento lento

La criopreservación de semen esta respaldada por 65 años de investigación, desde el descubrimiento de las capacidades crioprotectoras del glicerol (Polge *et al.*, 1949), y es actualmente una tecnología de uso rutinario en casi todas las especies domésticas, tanto para la conservación de germoplasma como para el uso productivo (inseminación artificial). Adicionalmente, en virtud de que el volúmen de un eyaculado se puede incrementar con el uso de diluyentes fisiológicos, es posible generar varios cientos de unidades de germoplasma de una sola colecta de semen.

Estos hechos colocan a la conservación de semen como el método preferido y más utilizado en los bancos de germoplasma, con la desventaja, sin embargo, de que se está conservando únicamente la mitad del acervo genético necesario para crear un individuo, y que para poder generar el genotipo que se está almacenando, se requieren varias generaciones de cruzamiento absorbente (4 a 5 para obtener animales con 94 a 97% de la composición genética deseada) (Ollivier and Renard, 1995). En adición, con el uso de semen como fuente de germoplasma, los

genes provenientes del genoma mitocondrial no son transmitidos a la descendencia, lo cual puede resultar en variaciones en la transmisión de los caracteres deseados (Troy *et al.*, 2001).

Una última consideración en este apartado, es la dificultad que entraña la colección de muestras de semen como recurso genético, pues a diferencia de la colección comercial de individuos de alto mérito genético, que se realiza en instalaciones sanitariamente aseguradas, los machos que se colectan como resultado de la identificación de animales candidatos a representar la variabilidad genética en una población, por lo general están dispersos y resulta muy complicado asegurar condiciones sanitarias al momento de la colección (FAO, 2012). Por ello, es importante contar con métodos sensibles y específicos de evaluación de germoplasma post-criopreservación, que permitan asegurar la calidad sanitaria del recurso genético a resguardar.

El factor sanitario es crítico cuando se trata de resguardar el semen como germoplasma a largo plazo y con posible necesidad futura de distribuirlo hacia otras naciones. Por ello, investigaciones recientes orientadas a sustituir los componentes orgánicos de origen animal (yema de huevo, leche) con componentes vegetales con propiedades similares (lecitina de soya) (Aires *et al.*, 2003; Ozanam *et al.*, 2011), resultan relevantes para la conservación de semen como germoplasma al suprimir la posibilidad de transporte de enfermedades contenidas en componentes de origen animal en el diluyente, a través de la distribución nacional e internacional del semen.

La criopreservación de semen en mamíferos domésticos ha sido llevada en mayor o menor medida a planos de uso rutinario para fines productivos y comerciales, lo que asegura la disponibilidad de protocolos estandarizados y probados para fines de conservación como recurso genético. En las aves, aunque existe información generada en los últimos 50 años en la criopreservación de semen de especies domésticas, incluyendo uso de crioprotectores, congelación lenta y rápida, métodos de descongelado y métodos de empaque y no obstante que ya se ha congelado con éxito semen de patos, gansos, palomas e incluso algunas especies silvestres, los métodos más robustos y exitosos son los desarrollados para gallos.

Blesebois (2007) menciona que la investigación en criopreservación de semen aviar con fines de conservación de recursos genéticos debe apuntar a tres objetivos:

- a) Mejoramiento de predictores para reconocer machos con mejores posibilidad de producir semen congelable.
- b) Estandarización de protocolos de congelación de semen en especies diferentes al pollo.
- c) Promover el desarrollo de criobancos de semen de ave (mencionando que en la actualidad sólo existen tres bancos de semen de aves consolidados, en USA, Holanda, Francia).

Vitrificación

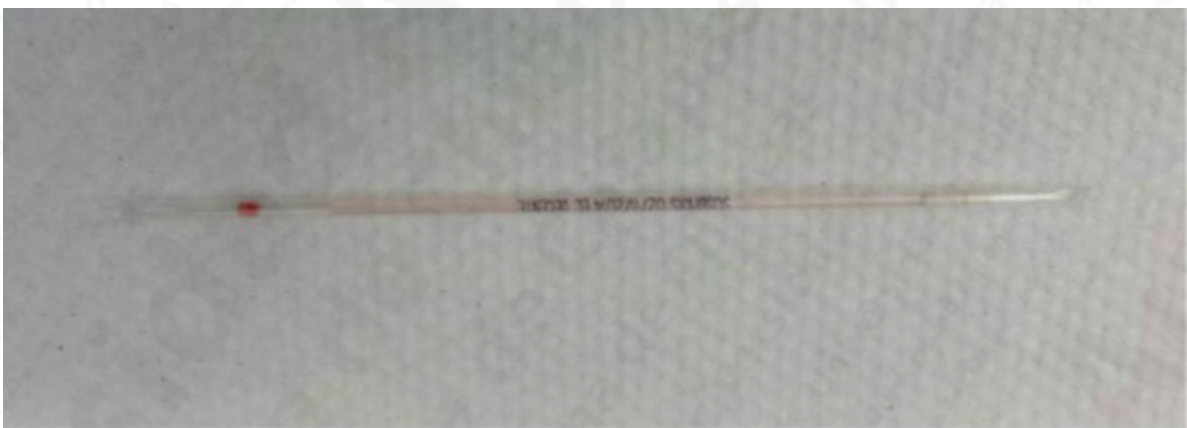
Otra alternativa que se está desarrollando para la criopreservación de semen es la vitrificación. Esta técnica se ha utilizado con éxito en el humano (Isachenko *et al.*, 2012; Satirapod *et al.*, 2012) y se menciona como una alternativa para los bancos de germoplasma, además de que el semen vitrificado se puede almacenar en ultracongelación a -86°C sin que se vea afectada su viabilidad (Sánchez *et al.*, 2012).

Mediante esta técnica el semen se puede vitrificar tanto con métodos abiertos (la muestra entra en contacto directo con el nitrógeno líquido) como por métodos cerrados (la muestra no tiene contacto con el nitrógeno líquido), siendo los métodos cerrados los más utilizados, de los cuales los más empleados son la vitrificación en superficie sólida (en la cual se deja caer el semen en una superficie de metal que flota en nitrógeno líquido y forma una esfera, Figura 2) y la técnica capilar (el semen se carga en un capilar y este se coloca dentro de una pajilla que se cierra de ambos lados, una vez cerrada se introduce directamente en nitrógeno líquido, Figura 3) (Sánchez *et al.*, 2011; Satirapod *et al.*, 2012).

Figura 2. Vitrificación en superficie sólida.



Figura 3. Vitrificación con la técnica capilar.



En cuanto a la parte animal se ha vitrificado con buenos resultados semen de caninos (Sánchez et al., 2011), conejos (Rosato y Iaffaldano, 2013) y peces (Cuevas-Uribe et al., 2011); sin embargo, se requiere realizar más investigación en las diferentes especies ya que es una técnica prometedora, sobre todo para las especies con dificultad para la criopreservación espermática.

Desecación

Se han evaluado recientemente técnicas como la congelación en nitrógeno líquido de semen desecado en diferentes especies silvestres como la jirafa, chimpancé y jaguar. Estos estudios demostraron que las células espermáticas fueron viables en términos de formar pronúcleos cuando fueron microinyectados en ovocitos de ratón. Esta técnica ofrece la oportunidad de conservar en congelación, la capacidad fecundante de células espermáticas que han perdido motilidad y poderlas usar en un tiempo futuro, a través de la inyección de la cabeza espermática en el citoplasma del óvulo, en programas de reproducción asistida (Kaneko et al., 2004).

Embriones

La criopreservación de embriones permite conservar el bagaje genético del lado materno y paterno, lo que representa la gran oportunidad de preservar la integridad de una población (Boettcher et al., 2005).

La crioconservación de embriones es la mejor opción para conservar la diversidad genética de una población, y ofrece la vía más rápida para restaurar una población con características favorables (FAO, 2012). Aunque la producción de embriones bovinos a través de multiovlación y colección no quirúrgica (o mediante producción de embriones *in vitro*) y su posterior crioconservación es una técnica rutinaria en la actualidad (Mapletoft, 2012), sigue siendo, con respecto a la producción de semen, un procedimiento que requiere mayor inversión, más recursos técnicos y de equipamiento, y la producción de unidades de germoplasma por animal por año es menor (30 a 60 embriones congelables para el caso de los bovinos). Por lo anterior, su uso en bancos de germoplasma es mucho menos generalizado (menos del 5% con respecto al semen). No obstante,

existe consenso a nivel global de la importancia de incrementar el porcentaje de conservación en forma de embriones en los bancos de germoplasma (FAO, 2012).

Una cantidad importante de investigaciones se ha realizado en torno a mejorar la calidad, pero sobre todo la cantidad de embriones potencialmente viables que es capaz de producir una hembra en un lapso de tiempo. En lo que se refiere a incrementar el número de embriones congelables por tratamiento de superovulación, es muy poco lo que se ha logrado con resultados consistentes; de hecho, en un estudio retrospectivo realizado sobre la producción de embriones en bovinos productores de leche, se observó que en período de 20 años, aunque se intentaron procedimientos emergentes, la respuesta en términos de embriones congelables no aumentó (Hasler, 2006).

En lo que se refiere a incrementar el número de multiovulaciones y sus respectivas colectas embrionarias que se pueden dar en un lapso determinado de tiempo, se ha generado una tecnología denominada reciclado rápido de donadoras que ha permitido reducir de 60-70 a 33-35 días el intervalo entre tratamientos de superovulación, sin menoscabo de la respuesta ovulatoria hasta en 18 tratamientos consecutivos, ofreciendo la posibilidad de casi duplicar la producción de embriones congelables por vaca por año (Hasler, 2003). La producción *in vivo* de embriones se realiza con mayor o menor eficiencia en las diferentes especies de mamíferos domésticos y la posterior criopreservación de los embriones es también un procedimiento rutinario, realizado por el método de congelación lenta y en vigoroso desarrollo por el método de vitrificación (Saragusty y Arav, 2011).

Se ha demostrado que existen diferencias en cuanto a la sensibilidad del estado de desarrollo y tipo de embriones en lo que a la crioconservación se refiere (Cuadro 3); embriones en estadios de desarrollo temprano y producidos *in vivo* resisten mejor el proceso comparados con los embriones en estadios tardíos y producidos *in vitro*, por lo que existe todavía el reto de establecer protocolos que funcionen efectivamente para los diferentes tipos de embriones (Pereira y Marquez, 2008).

Cuadro 3. Efecto del origen, estadio de desarrollo y especie sobre la resistencia a la crioconservación de embriones.

	Más resistente	Menos resistente
Especie	Bovinos, ovinos	Cerdos, equinos
Estado de desarrollo	Mórula, blastocisto temprano, blastocisto	Blastocisto eclosionado, ovocitos
Origen del ovocito/embrión	In vivo	In vitro

Adaptado de Pereira y Marques (2008).

Una limitante importante para la producción *in vivo* y crioconservación de embriones con fines de resguardo de recursos genéticos, es la falta de información del uso de estos procedimientos en mamíferos domésticos de razas localmente adaptadas. Es necesario, por ejemplo, definir si estos animales presentan respuesta óptima a la superovulación con tratamientos hormonales tal y como se usan con razas modernas, toda vez que estos primeros son por lo general de talla más pequeña y no están sujetos a estrés por alta producción. En este sentido, Villaseñor *et al.* (2013) encontraron que, utilizando dosis reducidas de Homona Folículo Estimulante con respecto a la dosis estándar recomendada para ganado de carne, la respuesta ovárica se redujo, contrario a lo que ocurre con ganado cebuino, y que en general la respuesta fue menor a la observada con razas modernas de ganado europeo y cebuino. Lo anterior resalta la importancia de generar información relacionada con procedimientos de obtención y criopreservación de embriones en razas localmente adaptadas.

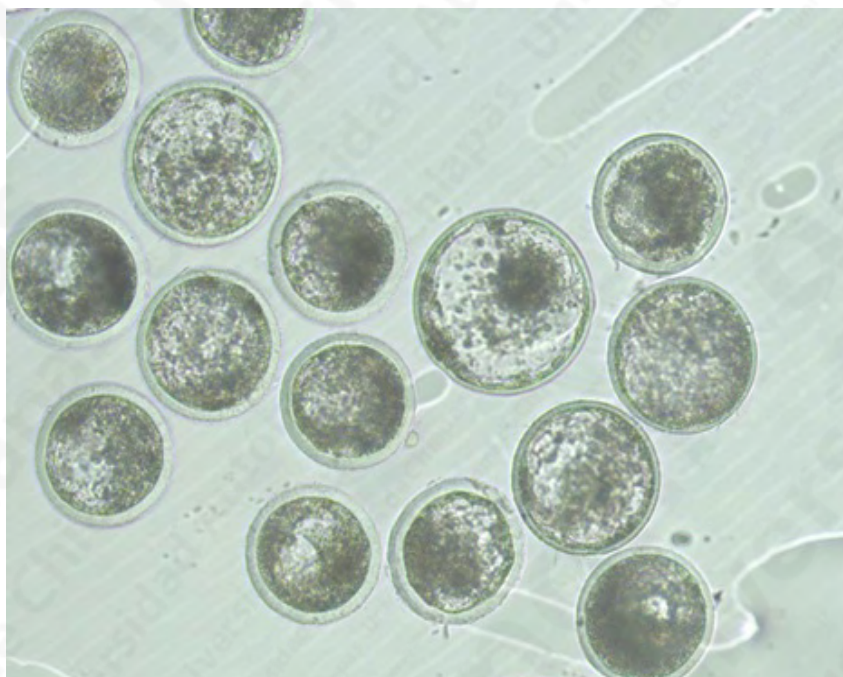
La producción *in vitro* de embriones ha surgido en los últimos años como una alternativa prometedora para la obtención de embriones, tanto para fines comerciales como para la crioconservación de estos como recurso genético. La obtención de los óvulos de animales vivos a través de la aspiración folicular por la vía transvaginal (TVA) (Figura 4) permite la selección de la hembra de la cual se obtendrán los gametos femeninos, que al fertilizarse *in vitro* con semen de

un macho seleccionado *ex profeso* para los óvulos obtenidos, producirán embriones con la carga genética deseada. Esta tecnología se ha desarrollado en la mayoría de las especies domésticas y en especies como el bovino ha sido exitosa en producir embriones a niveles comparables o mayores a la producción *in vivo* de embriones (Figura 5) (Mapletoft y Hasler, 2005; Moreira *et al.*, 2010).

Figura 5. Embriones bovinos producidos *in vitro*.



Figura 4. Aspiración folicular transvaginal.



La verdadera limitante que se presenta con el embrión producido *in vitro* es la dificultad para obtener adecuadas tasas de sobrevivencia embrionaria después de la criopreservación; lo anterior es debido a que el embrión producido *in vitro* presenta anomalías morfológicas y fisiológicas, entre las que destaca una excesiva acumulación de lípidos intracitoplasmáticos con un efecto directo en la resistencia del embrión al proceso de criopreservación (De la Torre *et al.*, 2006). Esta limitante ha sido resuelta desde dos perspectivas. En primera instancia, con el desarrollo de medios para la maduración, fertilización y cultivo *in vitro* de óvulos y embriones que son completamente definidos, es decir, que no contienen componentes de origen animal que necesariamente vienen con otros compuestos indisolubles. Esto no solamente presenta la ventaja de asegurar la calidad sanitaria de los embriones que se producen (Hasler, 2010), sino que reduce considerablemente la acumulación de lípidos en el embrión (Summers y Biggers, 2003). En segundo lugar, esta la utilización del método de vitrificación para criopreservar los embriones. Este método que es

descrito en la siguiente sección, ofrece una alternativa para incrementar la viabilidad de embriones producidos *in vitro* después de la criopreservación, en comparación con el método de congelación lenta (Saragusty y Arav, 2011).

Óvulos

La crioconservación de óvulos tiene la importancia estratégica de permitir, junto con la crioconservación de semen, la realización de cruzamientos programados con fines específicos, aun cuando los progenitores ya no estén disponibles. Esta opción cobra mayor relevancia cuando se detecta un alto valor de la descendencia en una cruce específica de dos individuos. La crioconservación de ovocitos como germoplasma, sin embargo, reviste importantes dificultades técnicas y es a la fecha una tecnología en constante desarrollo (Saragusty y Arav, 2011), por lo que es muy reducido el número de unidades de germoplasma actualmente conservadas en los bancos de germoplasma a nivel mundial. (FAO, 2012). Los ovocitos recuperados de ovarios procedentes del rastro o aspirados *in vivo* pueden ser crioconservados por periodos largos de tiempo para después ser utilizados en la producción de embriones *in vitro*. Como se ha observado con la disponibilidad de semen congelado, la crioconservación de ovocitos representa una oportunidad excelente para el posible intercambio de germoplasma nacional e internacional evitando así riesgos sanitarios y lesiones innecesarias cuando se utiliza transporte de animales vivos (Leda et al., 2001).

Muchos han sido los esfuerzos para disminuir los daños que causa la congelación lenta convencional a los gametos. En el caso de los ovocitos no es la excepción ya que son muy susceptibles a daños originados por la exposición prolongada a bajas temperaturas. Es por lo anterior que la vitrificación es la herramienta biotecnológica más adecuada, ya que elimina el uso de máquinas programables. Por otra parte, en esta técnica se usan altas concentraciones de crioprotectores que evitan la formación de cristales intracelulares. Esta técnica ha demostrado ser una herramienta efectiva en algunos estudios en ovocitos y sin duda será la de elección tanto para estos como para embriones (Vajta y Kuwayama, 2006).

La vitrificación es el método de crioconservación que mejores resultados ha brindado en óvulos; este método requiere tiempos cortos de exposición a las sustancias crioprotectoras y una

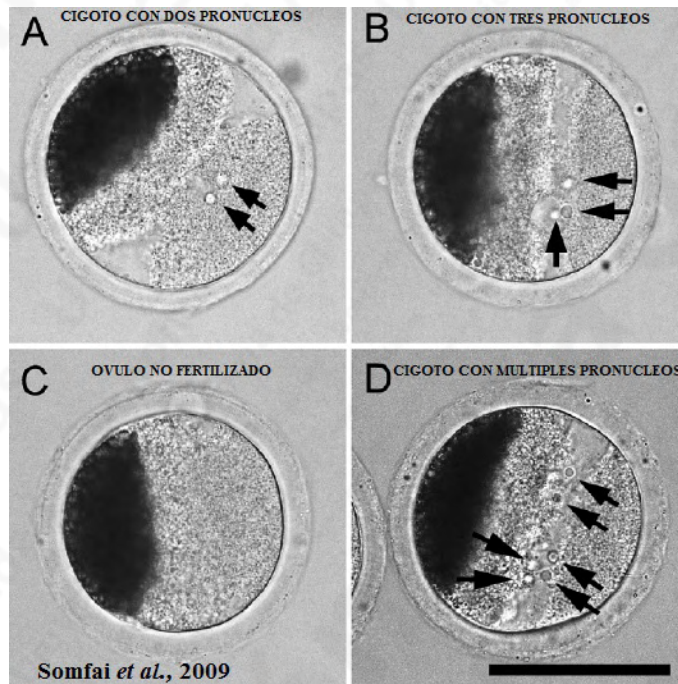
tasa de enfriamiento ultrarápida ($+2000\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$). Diversos métodos se han ensayado con relativo éxito; sin embargo, todos ellos implican la exposición en mayor o menor grado al nitrógeno líquido, con la consecuente posibilidad de contaminación (Mapletoft y Hasler, 2005). El desarrollo de un método aséptico de vitrificación de ovocitos, sin que la muestra entre en contacto con el nitrógeno líquido es de vital importancia para la crioconservación de ovocitos en bancos de germoplasma.

A pesar de los grandes avances en la crioconservación de ovocitos en la mayoría de mamíferos de interés zootécnico y de laboratorio, siguen existiendo muchas preguntas y los resultados no han sido tan halagadores como lo ha sido para semen y embriones. Una de las causas de este hecho es por su compleja estructura y su alto contenido de lípidos. Aunque en los últimos cinco años se ha generado un gran número de referencias bibliográficas sobre el uso de la vitrificación de ovocitos, la mayoría de los autores coinciden en que todavía se requieren más investigaciones para determinar su efectividad en diferentes especies animales (Prentice y Anzar, 2011).

Cigotos

El uso de cigotos como germoplasma se restringe a aquellos generados por medio de cultivo *in vitro*, básicamente bovinos y porcinos. Esta tecnología se ha utilizado principalmente en el cerdo, ya que la producción *in vitro* de embriones se ve muy limitada por el alto grado de poliespermia y la dificultad para criopreservar los ovocitos y embriones característico de esta especie (Somfai *et al.*, 2008). Mediante este método se pueden descartar los cigotos poliespérmicos, además de que al parecer en esta especie el estadio de cigoto es más resistente a la criopreservación, básicamente la vitrificación. Para la selección de los cigotos, 10 horas después de la fertilización los presuntos cigotos son centrifugados para movilizar los lípidos hacia un extremo y de esta forma se puedan apreciar los pronúcleos, seleccionando sólo los cigotos con dos pronúcleos (Figura 6). Actualmente ya se han obtenido lechones a partir de cigotos vitrificados (Somfai *et al.*, 2009).

Figura 6. Evaluación de cigotos.



Tejido gonadal inmaduro

Actualmente otra fuente de germoplasma es el tejido gonadal, tanto de hembras (tejido ovárico inmaduro) como de machos (tejido testicular inmaduro). Esta tecnología se ha utilizado principalmente en humanos (Sanfilippo *et al.*, 2015) y cerdos (Kikuchi *et al.* 2011) obteniéndose resultados prometedores. Estos tejidos se han logrado criopreservar por medio de la vitrificación, han sido transplantados y se han logrado obtener óvulos y espermatozoides a partir de ellos. Un aspecto a resaltar con esta tecnología es el hecho de que se han obtenido lechones a partir de tejido testicular inmaduro vitrificado transplantado en ratas desnudas, lo cual permite el salto de especie (grupos filogenéticamente distantes), con lo que si se contara con un banco de germoplasma de

tejido gonadal inmaduro, se podrían obtener gametos masculinos y femeninos sin la necesidad de realizar los trasplantes en la especie de origen (Kaneko *et al.*, 2013).

En el caso del gameto femenino, no se han logrado obtener óvulos capaces de desarrollar embriones a partir de tejido ovárico inmaduro vitrificado; sin embargo, ya se han logrado obtener óvulos de tejido ovárico inmaduro transplantado en ratas desnudas, siendo capaces de ser fertilizados y de desarrollar hasta el estadio de blastocisto. Aún no hay reportes de crías obtenidas por medio de esta tecnología utilizando tejido ovárico inmaduro (Kikuchi *et al.* 2011). La conjunción de estas biotecnologías reproductivas puede ser aplicable a otras especies como los bovinos, ovinos, caprinos, y animales en peligro de extinción (Kaneko *et al.*, 2013).

Células somáticas

Existe la opción de crioconservar células somáticas. Estas pueden ser utilizadas para obtención de ácidos nucleicos con fines de caracterización molecular, o con fines de realizar transferencia nuclear a partir de células somáticas (clonación) en diferentes especies (Galli *et al.*, 2014).

Desde el éxito del uso de células somáticas para producir un organismo —como fue el caso de la oveja Dolly— otros animales de diferentes especies y tejidos se han producido con éxito. No obstante, su aplicación no ha sido exitosa en aves. El estado actual de la tecnología es caro, y los índices de éxitos extremadamente bajos. Si la reconstitución de animales vivos a partir de células somáticas se desarrolla hasta tal punto que resulte fiable y barata, la conservación de células somáticas sería una opción atractiva para la crioconservación de recursos zoogenéticos. Su gran ventaja es que sería posible escoger exactamente los animales a conservar, reconstituyendo más tarde una población de clones de dichos animales (FAO, 2010).

Si bien la obtención, preparación y criopreservación de células somáticas, así como la eventual extracción de los ácidos nucleicos son procedimientos estandarizados y relativamente sencillos, la aplicación de tecnologías como la clonación, traen la dificultad de requerir mayor aporte tecnológico. Con miras a realizar estos procedimientos a futuro, la crioconservación de células somáticas puede ser considerada como una opción razonable de conservación en bancos de germoplasma animal (Groenveld *et al.*, 2008).

Conclusiones e implicaciones

Las medidas de conservación ex situ representan la oportunidad con un alto grado de seguridad y confianza para enfrentar la erosión y/o pérdida de germoplasma. Las medidas ex situ complementan las medidas in situ, con las que deberían estar vinculadas, cuando proceda.

El uso estratégico de las herramientas biotecnológicas han demostrado ser una alternativa viable para apoyar a los programas de conservación ex situ de especies animales tanto de interés zootécnico como las silvestres, especialmente las que se encuentran en un estado de amenaza o aun en peligro de extinción.

La creación de bancos de germoplasma necesarios para los programas de conservación depende en gran medida de la disponibilidad y aplicación de dichas herramientas biotecnológicas.

Es evidente que para establecer un programa de conservación ex situ tanto a nivel mundial como en México, se requiere de acciones de vinculación y trabajo en equipo para la investigación, validación y transferencia de biotecnologías reproductivas en los diferentes sistemas asociados a la cría, explotación y cuidado de las especies de interés zootécnico y las silvestres.

Las biotecnologías reproductivas más recientes como la clonación, uso de células somáticas y transgénesis representan un gran potencial a mediano plazo para acciones de conservación y apoyo a los programas de reproducción asistida.

Referencias bibliográficas

- Aires, V.A., Hinsch, K.D., Mueller-Schloesser, F., Bogner, K., Mueller-Schloesser, S. & Hinsch E. (2003). In vitro and in vivo comparison of egg yolk-based and soybean lecithin-based extenders for cryopreservation of bovine semen. *Theriogenology*, 60: 269-79.
- Blesbois, E. (2007). Current status in avian semen cryopreservation. *World's Poultry Science Journal*, 63:02. 213-222.
- Boettcher, J. A; Stella, F. Pizzi, & G. Gandini. (2005). The combined use of embryos and semen for cryogenic conservation of mammalian livestock genetic resources. *Genetics Selection Evolution*, 37(6),: 657-675.
- CONARGEN. (1999). Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. Documento Corporativo del Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, México, D.F. Disponible en <http://www.conargen.mx/index.php/acerca-del-conargen/documentos-corporativos> al 17 de Marzo del 2014.

- Cuevas-Urbe, R., H, Yang, J, Daly, MG, Savage, RB, Walter. & TR, Tiersch. (2011). Production of F₁ offspring with vitrified sperm from a live-bearing fish, the green swordtail *Xiphophorus hellerii*. *Zebrafish*, 8(4): 167-179.
- De La Torre S.J.F, Gardner D.K., Preis K., Gibbons J. & Seidel G.E. (2006). Metabolic regulation of in-vitro-produced bovine embryos. II. Effects of phenazine ethosulfate, sodium azide and 2,4-dinitrophenol during post-compaction development on glucose metabolism and lipid accumulation. *Reproduction Fertility and Development*, 18, 597–607.
- FAO. (2007). *Plan de acción mundial sobre los recursos zoogenéticos y la declaración de Interlaken*. Comisión de Recursos Genéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- FAO. (2010). *La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- FAO. (2012). *Cryoconservation of animal genetic resources*. FAO Animal Production and Health Guidelines N° 12. Rome, Italy.
- Gallardo N., J. L., A. Enciso S., R. Núñez D., C. A. Vega M., C. Vásquez P, D. Galván A., F. Ruiz L., G. Torres F, I. Mondragón V., J. J. Quezada E., J. Solís R., J. G. Magaña M., M. Montaña B. y R. Ramírez N. (2002). Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios de México. SAGARPA, México. *Claridades Agropecuarias*, 111(Noviembre): 1-39.
- Galli, C., R, Duchi, S, Colleoni, I, Lagutina. & G, Lazzari. (2014). Ovum pick up, intracytoplasmic sperm injection and somatic cell nuclear transfer in cattle, buffalo and horses from the research laboratory to clinical practice. *Theriogenology*, 81(1): 138-151.
- Gibson, J., Gamage, S., Hanotte, O., Iñiguez, L., Maillard, J.C., Rischkowsky, B., Semambo, D. & Toll, J. (2006). *Options and strategies for the conservation of farm animal genetic resources*. Report of an International Workshop in Montpellier, France. Bioversity International, Rome, Italy.
- Goodwin, S.F, Friedmann, T., & Dunlap, J.C. (2012). Biotechnologies for the management of Genetic Resources for food and agriculture. In: *Advances in Genetics*, V. 78, pp 6-112. Academic Press.
- Groeneveld. E., Nguyen Huu Tinh, Kues, W. & Nguyen Thi Vien. (2008). A protocol for the cryoconservation of breeds by low-cost emergency cell banks – a pilot study. *Animal*, 2: 1–8.
- Hasler, J.F. (2003). The current status and future of comercial embryo transfer in cattle. *Anim Reprod Sci*, 79: 245-264.
- Hasler, J.F. (2006). The Holstein cow in embryo transfer today as compared to 20 years ago. *Theriogenology*, 65: 4-16.
- Hasler, J.F. (2010). Synthetic media for culture, freezing and vitrification of bovine embryos. *Reproduction Fertility and Development*, 22: 119-125.

- Isachenko, V. R, Maettner., AM, Petrunkina., K, Stersik., P, Mallmann., G, Rahimi., R. Sánchez., J, Risopatrón., I, Damjanoski. & E, Isachenko. (2012). Vitrification of human ICSI/IVF spermatozoa without cryoprotectants: New capillary technology. *Journal of Andrology*, 33(3): 462-468.
- Kaneko, H., K, Kikuchi., M, Nakai., T, Somfai., J, Noguchi., F, Tanihara., J, Ito. & N, Kashiwazaki. (2013). Generation of live piglets for the first time using sperm retrieved from immature testicular tissue cryopreserved and grafted into nude mice. *Plos One*, 8(7): e70989.
- Kaneko, Takehito; Ito, Hideyuki; Sakamoto, Hidefusa; Onuma, Manabu; Inoue-Murayama, Miho. (2014). Sperm preservation by freeze-drying for conservation of wild animals. *PLOS One*, 9 (11): e113381.doi:10.1371. Journal pone 0113381.
- Kikuchi, K., M, Naakai., N, Kashiwazaki. & H, Kaneko. (2011). Xenografting of gonadal tissues into mice as a possible method for conservation and utilization of porcine genetic resources. *Animal Science Journal*, 82: 495-503.
- Kopeika, J., A, Thornhill. & Y, Khalaf. (2015). The effect of cryopreservation on the genome of gametes and embryos: principles of cryobiology and critical appraisal of the evidence. *Human Reproduction Update*, 21(2): 209-227.
- Ledda S., G. Leoni, L. Bogliolo & S. Naitana. (2001). Oocyte cryopreservation and ovarian tissue banking. *Theriogenology*, 55 (6): 1359-1371.
- Mapletoft, R.J. (2012). Perspectives on bovine embryo transfer. In: *WCDS Advances in Dairy Technology*, Volume 24: 83-93. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Mapletoft, R.J. & Hasler, J.F. (2005). Assisted reproductive technologies in cattle: a review. *Science Technology*, 24 (1): 393-403.
- Mariante, AS. & AA. Egito. (2002). Animal genetic resources in Brazil: Result of five centuries of natural selection. *Theriogenology*, 57: 223-235.
- Martínez, V.G. (2005). *El ganado bovino Criollo en Nayarit. Ubicación y población estimada*. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental "El Verdinerío". Folleto Técnico Número 1, Nayarit.
- Mazur, P., Leibo, S.P. & Seidel Jr. G.E. (2008). Criopreservation of the germplasm of animals used in Biological and medical research: Importance, impact, status, and future directions. *Biol. Reprod.*, 78: 2-12.
- Moreira, V.J.H., Bruno, S.L.G., Pereira, P.M. & Camargo, L.S.A. (2010). Use of in vitro Fertilization Technique in the Last Decade and its Effect on Brazilian Embryo Industry and Animal Production. *Acta Scientiae Veterinariae*, 38 (Suppl 2): 661-664.
- Ollivier, L. & Renard, J.P. (1995). The costs of cryopreservation of animal genetic resources. In *Book of Abstracts of the 46th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, p. 57. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Press.

- Ozanam, P.F., Barcelos, F.G., Marin, M.C., Alvarenga, M.A., De Vita, B., Trinque, C., Pouli-Filho, J.N. & Dell'Aqua, J.A. (2011). Replacing egg yolk with soybean lecithin in the cryopreservation of stallion semen. *Animal Reproduction Science*, 129: 73-77.
- Pereira R. M. & C. C. Marques. (2008). Animal oocyte and embryo cryopreservation. *Cell and Tissue Banking*, 9(4): 267–277.
- Perezgrovas, R. (2003). El borrego Chiapas criollo. Una historia de vellones, mercados mundiales y mujeres de polleras de lana. *Revista Biodiversidad Sustentable y Culturas*, 37(Julio): 19-21.
- Polge, C., Smith, A.U. & Parkes, A.S. (1949). Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. *Nature*, 164: 666-666.
- Prentice J. R & M. Anzar. (2011). Cryopreservation of Mammalian Oocyte for Conservation of Animal Genetics. *Veterinary Medicine International*, vol. 2011. 11 pages.
- Rosato, MP. & N. Iaffaldano. (2013). Cryopreservation of rabbit semen: Comparing the effects of different cryoprotectants, cryoprotectant free vitrification. *Theriogenology*, 79(3): 508-516.
- SAGARPA. (2013). *Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios de México*. México, D. F.
- Sánchez, R., J. Risopatrón., M. Schulz., JV, Villegas., V, Isachenko., R, Kreinberg. & E, Isachenko. (2011). Canine sperm vitrification with sucrose: effect on sperm function. *Andrología*, 44: 433-435.
- Sánchez, R., J. Risopatrón., M. Schulz., JV, Villegas., V, Isachenko. & E, Isachenko. (2012). Vitrified sperm banks: the new aseptic technique for human spermatozoa allows cryopreservation at -86°C. *Andrología*, 43: 233-241.
- Sanfilippo, S., M, Canis., J, Smitz., B, Sion., C, Darcha., L, Janny. & F, Brugnon. (2015). Vitrification of human ovarian tissue: a practical and relevant alternative to slow freezing. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 25: 13:67.
- Saragusty, J. & Arav, A. (2011). Current progress in oocyte and embryo cryopreservation by slow freezing and vitrification. *Reproduction*, 141: 1-19.
- Satirapod, C., C, Treetampinich., S, Weerakiet., A, Wongkularb., S, Rattanasiri & W, Choktanasiri. (2012). Comparison of cryopreserved human sperm from solid surface vitrification and standard vapor freezing method on motility, morphology, vitality and DNA integrity. *Andrología*, 44: 786-790.
- Silva Filho, E., MH, Silva, JEG, Campelo, MR, DeRosia, LML, Pinheiro & MJO Almeida. (2014). Genetic Characterization of Curraleiro Pé Duro bovine breed from a conservation herd of brazilian semiarid. *Genetics and Molecular Research*, 13(1): 2149-2154.

- Somfai, T., N, Kashiwazaki., M, Ozawa., M, Nakai., N, Maedomari., J, Noguchi., H, Kaneko., T, Nagai. & K, Kikuchi. (2008). Effect of Centrifugation Treatment before Vitrification on the Viability of Porcine Mature Oocytes and Zygotes Produced In Vitro. *Journal of Reproduction and Development*, 54(3): 149-155.
- Somfai, T, M, Ozawa., J, Noguchi., H, Kaneko., M, Nakai., N, Maedomari., J, Ito., N, Kashiwazaki., T, Nagai. & K, Kikuchi. (2009). Live Piglets Derived from In Vitro Produced Zygotes Vitrified at the Pronuclear Stage. *Biology of Reproduction*, 80: 42-49.
- Sonesson, A.K., Goddard, M.E. & Meuwissen T.H. (2002). The use of frozen semen to minimize inbreeding in small populations. *Genetical Research*, 80: 27–30.
- Summers, M.C. and Biggers, J.D. (2003). Chemically defined media and the culture of mammalian preimplantation embryos: historical perspective and current issues. *Hum. Reprod. Update*, 9: 557-82.
- Troy, C.S., MacHugh, D.E., Bailey, J.F., Magee, D.A., Loftus, R.T., Cunningham, P., Chamberlain, A.T., Sykes, B.C. & Bradley, D.G. (2001). Genetic evidence for near-eastern origins of European cattle. *Nature*, 410: 1088–1091.
- Vajta G. & M. Kuwayama. (2006). Improving cryopreservation Systems. *Theriogenology*, 65 (1): 236–244.
- Villaseñor, G.F., Álvarez, G.H., Polanco, S.R. De La Torre, S.J.F, Martínez, V.G. Pérez, R.S. Palacios F.A. y Bustamante G.J. (2013). Evaluación de tres dosis de FSH para superovular ganado bovino criollo de Nayarit, México, para producción de embriones con fines de rescate genético. *Memorias del IX Congreso de la SIRGEALC*, El Salvador.

XII.

INOCUIDAD Y CALIDAD DE LA LECHE EN GANADO CRIOLLO

UNACH

INOCUIDAD Y CALIDAD DE LA LECHE EN GANADO CRIOLLO

Omar Hernández Mendo, Lorenzo Danilo Granados Rivera y Rafael Espinoza Marín

Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, estado de México

Resumen

La leche proveniente del ganado Criollo tiene particulares características, donde la inocuidad y calidad son de especial importancia dado que este tipo de ganado se le vincula con sistemas de explotación a pequeña escala, donde el manejo y la higiene no son los más adecuados. En este sentido, la inocuidad constituye un aspecto importante, especialmente porque en estos sistemas de explotación, la leche normalmente se usa para consumo familiar y local así como para la elaboración de quesos artesanales, usando leche bronca. Esto último es un factor importante a considerar, toda vez que usar la leche de esa manera, garantiza calidad nutritiva y sensorial propia del subproducto, particularmente porque la calidad nutricional de la leche del ganado Criollo es mejor en relación a la de las razas comerciales. La razón de ello, es porque los primeros basan la alimentación en pastoreo o son semi-estabulados, pero con alto uso de forraje en la dieta, garantizando mayor contenido de ácidos grasos insaturados en la leche. Adicionalmente, referirse a la leche de vacas criollas es garantizar mejor cualidad y mayor rendimiento en la fabricación de quesos y otros

subproductos lácteos, dado el valor del gen de la κ -caseína y de proteínas del suero de esa leche, que bien puede ser explotado como el principal elemento para la rentabilidad del hato, y la calidad de la leche como valor agregado.

Introducción

La industria lechera es de gran importancia a nivel mundial, por el aporte de nutrimentos al consumidor a través de la leche, básicamente proteína y grasa. La producción de leche en condiciones intensivas, si bien cubre la demanda en cantidad, no cubre del todo los aspectos de calidad. Es así como se hace referencia al ganado Criollo en todas sus dimensiones, cuya población actual se localiza en áreas poco favorables para la ganadería, siendo la ganadería del trópico donde mayor diversidad de este tipo de animales existe (de Alba, 2011), y donde la alimentación es basada en forrajes de baja calidad, sin ninguna metodología de manejo apropiada que garantice eficiencia en la producción. Los estudios al respecto resaltan el potencial de estas razas, enfocadas básicamente a la producción de leche como el principal elemento para la rentabilidad del hato, y la calidad de la leche como valor agregado, que supera al de las razas comerciales.

La mayoría de las razas Criollas y sus cruzas se caracterizan por producir leche con alto contenido de grasa, considerándose un parámetro comparativo con otros grupos raciales (Cervantes *et al.*, 2007). La información existente al respecto muestra que para este tipo de animales, el promedio de grasa en leche va de 4.4 a 5.0%, mientras que las razas comerciales, normalmente promedian 3.5%, excepto la Jersey que se usa como raza testigo, y presenta 4.8% (Guerrero *et al.*, 2002). A esto habrá que agregar la característica sobresaliente del perfil de ácidos grasos, con mayor proporción de ácidos grasos insaturados, dada su alimentación basada en forrajes. Por otro lado, el contenido de proteína en leche para este tipo de ganado supera el 3.5%, cuando la Jersey promedia 3.3%. En este mismo sentido, algunos resultados demuestran el valor del gen de la Kappa-caseína y de proteínas del suero en ganado Criollo, que se les relaciona con mejor cualidad y mayor rendimiento en la fabricación de queso y otros subproductos de la industria láctea (Meza *et al.*, 2010).

La importancia económica de esto depende enteramente del mercado, aunque desafortunadamente no existen estímulos para que el productor procure un manejo tal para obtener leche inocua y con mejor calidad. Además, en México, sólo un pequeño sector de la sociedad puede pagar la calidad del producto. Por tanto, es tarea de los diversos grupos de investigadores, explotar el potencial productivo del ganado Criollo, centrándose no únicamente en los factores que limitan la evaluación de los grupos raciales, pero en la evaluación misma del ganado Criollo y sus cruza. Las comparaciones raciales de los estudios realizados indican superioridad del ganado Criollo en los cruzamientos, cuando éstos se comparan con las razas de origen europeo. Este hecho significativo merece el interés de la comunidad científica, particularmente latinoamericana, a fin de conservar, evaluar y mejorar este germoplasma (de Alba, 2011).

Conocer la cantidad y composición de la leche producida por el ganado Criollo es importante para desarrollar estrategias de manejo acordes a los requerimientos y potencial genético de la raza. Con base en ello, la intención de esta revisión bibliográfica es resaltar las características productivas de las razas Criollas, con particular interés en la inocuidad y calidad nutricional de la leche como valor agregado, presentándola como eje central alternativo a los sistemas de producción intensivos. Se pretende concientizar del enorme valor de la conservación y uso de las razas criollas, por considerarse bancos de germoplasma para afrontar los retos de una producción competitiva y sostenible.

Calidad e inocuidad de la leche

La leche es considerada uno de los alimentos más completos y de alta calidad, debido a su alto contenido en nutrientes, como los aminoácidos, por ello es necesaria para la alimentación humana, especialmente para niños y ancianos (Castro et al., 2003). Sin embargo, hablar de calidad es muy complejo, y de acuerdo con la organización ISO (International Organization for Standardization), ésta se refiere al conjunto de atributos y características de un producto o servicio basadas en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas o implicadas (ISO, 1994). De esto se deriva entonces que un alimento de buena calidad debe ser nutritivo, cuya naturaleza y composición deben corresponder a aquellas que le son propias, además de ser fresco, y sensorialmente

aceptable e inocuo (Fernández-Escartín, 2000). En el caso de la leche cruda, ésta puede deteriorarse debido a un manejo inadecuado de los utensilios de ordeño, al transporte o adulteración, aumentando la carga bacteriana y propiciando propiedades indeseables de acidez y rancidez (Alaís, 1985; Bath *et al.*, 1985), especialmente si las condiciones de temperatura no son las adecuadas. Ante este panorama, la industria láctea utiliza la pasteurización como medio para evitar la proliferación de microorganismos nocivos en leche y subproductos como el queso, evitando así las llamadas enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's), cuyos brotes están asociados al consumo de productos lácteos. En el caso de las queserías tradicionales se utiliza la pasteurización de baja temperatura (63 °C durante 30 minutos) o de alta (72 a 75 °C por 15 segundos), mientras que en la gran industria se utilizan métodos más eficaces como la esterilización (110 a 120 °C de 10 a 20 minutos) y la ultrapasteurización (130 a 150 °C de 2 a 4 segundos) (Villegas, 2004). La desventaja de estos tratamientos térmicos radica en que afectan la flora benéfica de la leche y llegan a alterar sus características sensoriales y composición química (Cervantes y Villegas, 2012).

En el caso de la leche de vacas Criollas, ésta se utiliza de manera general en la elaboración de quesos artesanales, y normalmente el líquido no está pasteurizado (Cervantes y Villegas, 2012). Dada esta situación es importante conocer cuáles son los tipos y las fuentes de contaminación de la leche y con ello adoptar rutinas de trabajo que garanticen la calidad nutritiva e inocuidad de la leche y de los subproductos de que se trate. Por ello, de utilizarse leche cruda para la elaboración de quesos en el interés de conservar las características organolépticas del mismo, se debe poner especial cuidado en el proceso de recolección de la leche, particularmente en la higiene del proceso, para garantizar la inocuidad del producto.

La leche que aún se encuentra dentro de la glándula mamaria en vacas sanas, está libre de microorganismos. Sin embargo, inmediatamente después que es secretada comienza a contaminarse con diversos agentes microbianos como bacterias, levaduras y mohos (Farkye, 2002). Dependiendo de la higiene del proceso de ordeña, la leche puede presentar cargas microbianas que oscilan entre 4,000 y 1'000,000 UFC ml⁻¹ (Fox *et al.*, 2000), constituyendo un medio de cultivo ideal para la proliferación de microorganismos por su alto contenido de nutrientes, por esto

debe protegerse de las diversas fuentes contaminantes tan rápido como sea posible (Figura 1), y así garantizar en mayor grado la inocuidad de la misma.

Es pertinente mencionar que aun en ubres sanas, internamente existen micrococos y corinebacterias, aunque en bajo porcentaje, pero pueden proliferar al contacto con la leche, si las condiciones lo permiten (Hayes *et al.*, 2001). Así mismo, justo antes de la leche ser secretada, puede contaminarse altamente a su paso por la parte final del pezón, principalmente por microorganismos bacterianos como estreptococos, estafilococos, bacilos, coliformes y pseudomonas, mismos que tienden a ser arrastrados con las primeras secreciones lácteas (Beresford y Williams, 2004). Ante esta fuente de contaminación, es importante el llamado despunte en el ordeño, que consiste en recoger por separado y desechar los primeros chorros de leche, así como el sellado de ubre una vez finalizado el ordeño, para impedir la entrada de microorganismos vía pezón (Farkye, 2002).

Figura 1. Principales fuentes de contaminación microbiana de la leche cruda.



Fuente: Villegas (2004)

Durán-Lengua *et al.* (2010) señalan que la piel de la ubre es potencialmente otra fuente de contaminación de la leche, principalmente con microorganismos psicrótrofos y termorresistentes, si la higiene antes de la ordeña, no se realiza o es deficiente. Los mismos autores señalan que el ambiente contribuye altamente en la contaminación de la leche, especialmente si no se cuenta con instalaciones exclusivas para el ordeño, ya que si el ordeño se realiza en los corrales o en los potreros (Figura 2), éstos están cargados de gérmenes provenientes del estiércol o del forraje, y particularmente el estiércol es fuente de coliformes y enterobacterias. Esta situación es común en la ganadería a pequeña escala, donde el ganado Criollo es la constante.

En el caso del forraje, este pudiera contener aflatoxinas, en particular la aflatoxina B1, sustancia tóxica producida en el metabolismo secundario de especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, que proliferan cuando la humedad relativa es superior a 70%, y la temperatura mayor a 37 °C (Oruc *et al.*, 2007). Esta aflatoxina B1, al ser consumida por el animal, es secretada en leche como aflatoxina M1, metabolito producido por hidrólisis, y la cantidad depende de la concentración inicial de aflatoxina B1 presente en el alimento consumido, así como del animal mismo, día y ordeño (Deveci y Sezgin, 2006). Esto ha adquirido especial interés porque las aflatoxinas se les ha relacionado con efectos carcinogénicos, teratogénicos e inmunosupresores (Farombi, 2006). Por tanto, resulta particularmente importante monitorear la leche y los quesos que se deriven de ella, ya que la aflatoxina M1 tiende a unirse con la proteína de la leche, por lo que su concentración resulta ser más alta en los quesos que en la propia leche de partida (Oruc *et al.*, 2007).

El personal responsable de realizar la ordeña, especialmente si no cuidan la higiene básica, como limpieza de manos (Farkye, 2002), puede ser también portador de gérmenes patógenos de origen humano como *Staphylococcus aureus* (Vázquez *et al.*, 2009). De la misma manera, los utensilios y equipo utilizados en el proceso de ordeño, si no son lavados adecuadamente, pueden contener microorganismos patógenos en la superficie y paredes, o bien cuando se utiliza agua sucia, donde los microorganismos más comunes en estas fuentes de contaminación son del grupo coliforme y de especies termorresistentes, así como psicrótrofos del género *Pseudomonas* y *Achromobacter* (Fox *et al.*, 2000).

Figura 2. Proceso de ordeño típico del sistema de doble propósito en la zona tropical de México. Ordeña manual con apoyo del becerro para estimular la bajada de la leche y sala de ordeña rústica.



Algunos otros microorganismos patógenos proceden de la leche de vacas enfermas por tuberculosis o brucelosis, las cuales se han asociado con la presencia de *Salmonella sp.* y *Campylobacter jejuni* en leche (Murphy et al., 2007). Así mismo, vacas con mastitis, clínica o subclínica, son una fuente potencial de bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus agalactiae*, y *Escherichia coli* (Manuchehr y Genigeorgis, 1994). Todos estos agentes patógenos son destruidos durante la pasteurización, acción que no se considera en la producción de leche a pequeña escala ni en la quesería artesanal, y por tanto, de existir dichos patógenos en la leche, pueden ser transmitidos al producto final.

Ante este panorama se han implementado diferentes técnicas para evaluar la presencia de microorganismos en la leche, básicamente de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*

y *Klebsiella* (Santina *et al.*, 2008), y dado que la *Escherichia coli* es una de las fuentes más importantes de contaminación provocada por las propias heces de la vaca, es considerada por algunos autores como el indicador más confiable de contaminación fecal en leche y sus derivados (Synge, 1999). De las técnicas más comunes para determinar microorganismos alterantes en leche, se encuentra la prueba bacteriológica, que cuantifica unidades formadoras de colonias (UFC) (Murphy *et al.*, 2007). De igual forma se utiliza frecuentemente el conteo de células somáticas, que indica la presencia de mastitis, que ocurre en las unidades de producción por deficiencias en el proceso del ordeño, manejo del ganado y sanidad de la ubre. La mastitis es una enfermedad que puede disminuir la calidad de la leche al incrementar el conteo de células somáticas (Ruiz, 2003).

Estándares de calidad

La calidad estándar refiere a patrones industriales y adecuación del producto con normas y reglamentos vigentes sobre las condiciones de producción que comúnmente son aceptadas a nivel nacional e internacional (Allaire y Sylvander, 1997), razón por la cual en algunos países se establecen normas estrictas en relación al número total de bacterias permitido en leche cruda, asegurando la calidad y seguridad de los derivados de la leche (Elmoslemany *et al.*, 2009). Por ejemplo, en México, para juzgar la calidad nutricional de la leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado se toma como modelo la norma oficial mexicana NOM-155-SCFI-2003, la cual establece especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba para proteína total, caseína, lactosa, grasa, sólidos totales y sólidos no grasos, sustentada por la Norma Mexicana de leche cruda NMX-F-700-C0F0CALEC, actualizada en 2012.

Dichas normas se basan en el conteo de células somáticas, acidez, crioscopía, grasa, sólidos totales y sólidos no grasos. La leche envasada es procesada para estandarizar su contenido nutricional, denominándose fórmula láctea o producto lácteo combinado, especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM 155-SCFI-2003, la cual establece que la leche debe contener como mínimo 30 gramos por litro de proteínas (caseína y lacto sueros), y de éstos, al menos 70% debe ser caseína. La misma norma establece que leche debe contener entre 43 y 50 gramos por litro de lactosa (azúcar de la leche). A este respecto, la SENASICA (2009) asume un grado de responsabilidad para

lograr que la producción de leche de ganado bovino sea inocua para el consumidor, y para ello ha diseñado un programa que evalúa la implementación de las buenas practicas pecuarias en la producción de leche bovina, garantizando la rentabilidad, inocuidad y calidad nutricional.

Al respecto, Alvares-Fuentes *et al.* (2012) estudiaron la calidad nutricional y sanitaria de la leche cruda en granjas familiares periurbanas del Valle de México, y reportaron que de acuerdo a los estándares establecidos en el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2001, las granjas producen leche con valores de calidad nutricional dentro del rango permitido, no así para los parámetros sanitarios, los cuales estuvieron ligeramente por encima de lo permitido por la norma (Cuadro 1).

Los autores atribuyen esta situación a una carencia en la higiene del proceso de ordeña y concluyen que mejorando y sistematizando la higiene en el proceso de ordeña, los productores incluidos en el estudio producirán leche de alta calidad nutricional y sin riesgo para la salud de los consumidores.

Cuadro 1. Calidad nutricional e higiénica de la leche cruda en grajas familiares periurbanas del Valle de México y valores establecidos en la NOM-155-SCFI-2001.

Calidad nutricional	Media \pm EEM	NOM-155-SCFI-2001
Proteína, g L ⁻¹	32.23 \pm 0.44	30.0
Lactosa, g L ⁻¹	46.95 \pm 0.41	43 – 50
Grasa, g L ⁻¹	38.86 \pm 1.14	30.0
Sólidos no grasos, g L ⁻¹	86.34 \pm 0.76	86 – 89
Caseína, %	74.34 \pm 0.63	75.0
Calidad Sanitaria	Media \pm EEM	NOM-155-SCFI-2001
Reductasa, min	417.70 \pm 11.85	350
UFC, ufc mL ⁻¹	9,689.0 \pm 2,560.00	700,000.0
Células somáticas, cel mL ⁻¹	512,335.0 \pm 80,000.0	400,000.0

Fuente: Alvares-Fuentes *et al.* (2012).

Villegas (2004) reporta que los niveles de contaminación bacteriana en leche cruda son más bajos en los sistemas intensivos en comparación con los familiares y tropicales (Cuadro 2), debido a que en el sistema intensivo han estandarizado y mecanizado todo el sistema de producción; además, éste utiliza en el procesado de la leche materiales inertes como el acero inoxidable, aspecto que resulta poco rentable en los sistemas familiares y tropicales por el elevado costo de inversión. Es pertinente señalar que en estos últimos sistemas es donde se explotan en su mayoría los bovinos Criollos, por lo que se necesitan buscar alternativas de colecta de leche inocuamente aceptables pero a bajo costo.

Cuadro 2. Cuenta de microorganismos mesófilos aerobios presentes en leche cruda recibida en plantas procesadoras en diferentes regiones de México.

Sistema de producción	Estado	UFC/ml
Intensivo	Coahuila	< 50,000
	Durango	
Familiar	Jalisco	100,000 – 1'000,000
Tropical	Tabasco	500,000 – 2'000,000
	Chiapas	

Fuente: Villegas (2004).

Ante este escenario, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, dependiente de la Secretaría de Salud, señala que el contenido de bacterias mesófilas aerobias en leche no debe exceder de 5 log UFC/ml antes de mezclarse, y una vez mezclada éste contenido no debe exceder de 5.5 log 10 UFC/ml. La misma comisión indica que después de la ordeña la leche debe ser almacenada a una temperatura igual o menor a 7 °C, para evitar la proliferación de microorganismos patógenos (Farkye, 2002; Díaz-Jiménez *et al.*, 2004). Claeys *et al.* (2013) reportan que consumir leche o sus derivados sin pasteurizar puede ocasionar daños a la salud humana, debido a la presencia de patógenos en la leche, como *Salmonella spp*, *Campylobacter spp*,

Escherichia coli, *Yersenia enterocolitica* y *Listeria monocytogenes*, y que a nivel mundial ocasionan más problemas, cuyos síntomas son diarrea, vómito, náuseas, fiebre, dolores abdominales, entre otros (Friedrich, 2000).

No obstante, existen síntomas específicos para algunas bacterias como la brucelosis que puede ocasionar en la persona afectada artritis aguda, lo que limita la capacidad de movilidad y en consecuencia acorta la esperanza de vida (Ashford et al., 2004). La bacteria *Campylobacter* en algunas personas puede originar el síndrome de Guillain Barré, caracterizado por una debilidad progresiva de todas las extremidades seguida de taquicardia e hipertensión, y en diagnósticos tardíos se presenta insuficiencia respiratoria la cual puede llevar a la muerte del paciente (Bril y Pearce, 1996). Todo ello depende del grado de patogenicidad del microorganismo, la cantidad consumida y del estado de salud del consumidor (Friedrich, 2000).

Existen otros microorganismos, como los hongos, que tienen importancia tanto por su acción de deterioro de la leche, como por su capacidad de sintetizar micotoxinas que pueden provocar infecciones y reacciones alérgicas en personas hipersensibles a los antígenos fúngicos (Claeys et al., 2013).

La leche de vaca como alimento en las regiones rurales de México

La soberanía alimentaria del país se caracteriza por una tendencia acelerada de abandonar los patrones alimentarios de autoconsumo para dar paso a una integración rápida al sistema comercial, con tendencia hacia el modelo estadounidense, en el que hacen su aparición los productos industrializados (Torres y Trápaga, 2001). Esto quiere decir que la dieta de la población promedio en México registra un progresivo reemplazo de alimentos frescos y nutritivos, como quesos artesanales, por otros productos industrializados que muchas veces son de menor valor nutritivo, donde se encuentra a los denominados “productos chatarra”.

Si bien esta situación es más acentuada en las zonas urbanas y periurbanas del país, las zonas rurales siguen la misma tendencia, aunque a una velocidad mucho menor, siendo la población joven (20 - 30 años) la más interesada en adoptar éstos nuevos patrones alimenticios (Oseguera, 2003). Oseguera y Esparza (2009) indican que esta menor tasa de recambio, no se debe a un rechazo de los productos alimenticios industrializados, pero a una baja capacidad adquisitiva. No

obstante, los mismos autores aclaran que los alimentos tradicionales, producidos localmente, gozan siempre de preferencia en las comunidades rurales, ya que son vistos como más sanos, menos dañinos y, en última instancia, suficientes. Ellos concluyen que esta aparente contradicción, en querer cambiar los hábitos alimenticios hacia alimentos industrializados y preferir, por otro lado, los producidos localmente, se debe a una intensa campaña mediática de promoción de los alimentos industrializados y a una escasa o nula información de las características, propiedades y beneficios de los alimentos tradicionales.

En las áreas rurales y periurbanas de México, se estima que existe una población de 554,911 vacas lecheras, distribuidas en 100,250 unidades de producción en pequeña escala, de tipo familiar, las cuales ofertan 1.5 millones de litros diarios de leche (Álvarez-Fuentes *et al.*, 2012). Esta actividad, junto con las explotaciones de cabras lecheras, constituye una importante fuente de ingresos y alimentos proteicos, para familias rurales de recursos limitados (Espinoza *et al.*, 2005).

La lechería familiar en las regiones rurales de México se ha convertido en una estrategia importante para reducir la pobreza y aumentar la seguridad alimentaria en estas zonas. En este sentido, la producción de leche de vacas sanas y bien alimentadas, proporciona bienestar económico y empleo para la familia mexicana. Además, al transformar la leche en derivados como queso, crema, yogurt y mantequilla, se puede conservar por periodos más prolongados, asegurando disponibilidad y alimento a la familia rural (Escoto y Vargas, 2009).

En México, se observa un número importante de unidades de lecherías de tipo familiar que se ha mantenido y que representan alrededor del 77% de total de unidades en el país (Martínez y Salas, 2002). Esta permanencia se debe a que proporciona ingresos económicos estables a lo largo del año, ocupando mano de obra familiar y mejorando su alimentación por el autoconsumo (Brunett *et al.*, 2005). Aunque la producción de estos sistemas familiares es baja (300 a 700 litros/vaca/año), tiene la ventaja de que la leche es de alta calidad nutricional, permitiendo que una parte de la producción sea vendida como leche bronca en las pequeñas ciudades cercanas. Sin embargo, cerca de 55% de la producción es vendida a la industria para la fabricación de leche en polvo, yogurt, queso y dulces regionales (Caballero, 2010).

Calidad físico-química de la leche en vacas Criollas

La desvalorización de las razas Criollas en Latinoamérica se debe a la incorporación de razas especializadas en producción de leche; para el caso de México, la importación de razas especializadas como la Holstein, Jersey y Suizo, principalmente, inició en la década de 1950, en demérito del ganado Criollo lechero (de Alba, 2011). Sin embargo, a pesar de ello, existen razas Criollas en México que se conservan debido a dos actores fundamentales:

- a) Los centros de enseñanza e investigación mediante apoyos gubernamentales tanto nacional como internacional y, en mayor medida,
- b) Ganaderos de las regiones rurales marginadas del país, quienes han obtenido desde hace décadas, nutrientes esenciales para su dieta, como la proteína, a partir de la carne y leche del ganado Criollo (de Alba, 1997).

La información respecto a las razas Criollas es escasa y de difícil acceso, y la mayoría de ésta no tiene difusión, ya que se encuentra en forma de tesis de posgrado (Tewolde, 2007). Las investigaciones realizadas con las razas Criollas se enfocan principalmente en estudios descriptivos, evaluaciones de sus cruzas y registros genealógicos; pero poco o nula investigación con enfoque en inocuidad y calidad de la carne, leche y derivados que se obtienen de ellos, a pesar que son aspectos que pudieran resultar relevante si se busca incrementar la rentabilidad de este tipo de sistemas, donde las razas Criollas son el eje central.

De acuerdo a de Alba (2011), las razas de ganado Criollo que se encuentran en México son el bovino de Chihuahua (Criollo Raramurí o de rodeo), el bovino de Nayarit (Criollo Nayar o Coreño), el bovino de Baja California (Criollo Chinampo), bovino de la Sierra Madre Oriental (Criollo Mixteco), el bovino Criollo Lechero Tropical, el Criollo de Chiapas y el Criollo de Yucatán. La información existente al respecto es básicamente referente al contenido de grasa, proteína y sólidos totales que presenta la leche de vacas Criollas con respecto a razas *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruzas, componentes esenciales en la transformación hacia queso, yogur y otros derivados lácteos. Así mismo, existe información respecto a genes involucrados en la calidad de transformación de

la leche, donde los ácidos grasos presentes en la leche de vaca son parte primordial para la salud humana. Los primeros reportes sobre aspectos de calidad de leche en ganado Criollo de América fueron publicados por de Alba en 1997, quien indica que dentro de un intervalo de tiempo de aproximadamente diez años (1954 – 1963), un hato de vacas Criollo Lechero Tropical (CLT), registró un promedio de grasa de 5.02% superando al testigo integrado de vacas Jersey con 4.83% (de Alba, 1997). Esta misma tendencia mostró el contenido de proteína, donde para las vacas Criollas reportó 3.59% de proteína, mientras que las testigo Jersey promediaron 3.32%.

En otro estudio realizado con CLT, el contenido medio de grasa, proteína, caseína, sólidos totales y rendimiento de queso fresco fueron 3.9 ± 0.2 , 3.9 ± 0.2 , 3.2 ± 0.2 , 12.7 ± 0.3 y 17.0 ± 0.9 (de Alba y Kennedy, 1985). Por su parte, Martínez-Velázquez *et al.* (2010) contrastaron componentes de la leche de vacas Guzerat, Criollas de Nayar y su cruce, y no encontraron diferencias entre los grupos genéticos para el porcentaje de grasa, pero sí para proteína y sólidos totales, donde las vacas Criollas mostraron mayor porcentaje de proteína y sólidos totales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentajes de grasa, proteína y sólidos no grasos (SNG) de leche de vacas Guzerat, Criollas de Nayar y su cruce.

Grupo genético	Grasa	Proteína	**SNG
Guzerat	2.80 ± 0.2	3.56 ± 0.1^a	9.09 ± 0.1^a
*C x G	3.09 ± 0.2	3.72 ± 0.1^b	9.19 ± 0.1^a
Criollo	2.81 ± 0.1	3.88 ± 0.1^b	9.29 ± 0.1^b

* Criollo x Guzerat; ** Sólidos no grasos. Fuente: Martínez-Velázquez *et al.* (2010)

Particular interés merecen los CLT, por ser los que en mayor grado se han estudiado, y debido a su composición, pues la leche de vacas CLT es altamente eficiente en procesos de transformación a queso y yogurt. Guerrero (2002) en la región centro del estado de Veracruz, midió los kilogramos de leche de vacas CLT y vacas multirraciales del sistema de doble propósito, requeridos para producir 1 kg de queso fresco, reportando que se requieren 5.9 y 7.5 kg de

leche, respectivamente, poniendo en evidencia la mayor eficiencia de transformación de la leche de vacas CLT, resultado confirmado por Rosendo-Ponce y Becerril-Pérez (2015).

Estrella *et al.* (2004) estudiaron las características fisicoquímicas y organolépticas de la leche de vacas CLT para la elaboración de yogurt, e indica que la grasa, pH y ácido láctico del yogurt se encuentran dentro de los valores de la NMX-F-444-1983-PROFECO (Cuadro 4). Particularmente el porcentaje de grasa se encuentra por arriba de la norma (3.6 vs. 2.5%), el cual está relacionado con el porcentaje de grasa que presentó la leche (4.0%) de los mismos animales. Si se considera que el rendimiento del yogurt está relacionado con el porcentaje de grasa de la leche de partida (Díaz-Jiménez *et al.*, 2004), entonces es razonable suponer un mayor rendimiento de yogurt al compararlo con yogurt elaborado de leche con menor contenido de grasa, como la de vacas Holstein de sistemas estabulados, las cuales promedian porcentajes de grasa alrededor del 3.0% (Martínez *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Valores de grasa, pH y acidez de la leche y el yogurt de vacas CLT.

Componentes	Leche cruda	Yogur	*Norma
Grasa	4.0 ± 0.2	3.6 ± 0.3	≥ 2.5
pH	6.5 ± 0.03	4.4 ± 0.1	≤ 4.5
Acidez (gr de ácido láctico/ 100 ml)	1.7 ± 0.1	1.2 ± 0.3	0.8 a 1.8

* NMX-F-444-1983-PROFECO. Fuente: Estrella *et al.* (2004).

Guerrero *et al.* (2002) y Rosendo-Ponce y Becerril-Pérez (2015) reportaron valores promedio de densidad de la leche en ganado Criollo Lechero Tropical de 1.03 y 1.03 °Quevenne, índice de refracción 11.10 y 11.00 °Brix, acidez 1.90 y 1.73 g de ácido láctico por 100 g, pH promedio de 6.4, cantidad de queso fresco 175.10 y 165.07 g L⁻¹, cantidad de grasa en queso fresco 16.30 y 16.00 g L⁻¹, respectivamente, en dos grupos de vacas de la raza Criollo Lechero Tropical, de primero y segundo parto. Los mismos autores evaluaron la producción de leche, composición

láctea y el rendimiento en queso, obteniendo los siguientes promedios: leche 5.13 y 5.46 kg d⁻¹, caseína 31.9 y 32.7 g L⁻¹, lactosa 38.2 y 37.8 g L⁻¹, sólidos totales 128.8 y 125.3 g L⁻¹, y sólidos no grasos 86.72 y 86.01 g L⁻¹.

Entre los años de 1954 y 1963 el hato Criollo Lechero alcanzó 5.02% de grasa en leche, superando al testigo Jersey con 4.83%. En proteína, el hato inicial rendía 3.59% mientras las Jersey promediaban 3.32% (de Alba, 1997). La proteína de la leche es dividida en dos, las séricas (α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina) y las caseínas (as1, as2, b, κ -caseína) (Meza *et al.*, 2010; Becerril-Pérez, 2014), y cada una exhibe al menos dos variantes genéticas. Diferentes autores (Marzali y Ng-Kwai, 1986; Grosclaude, 1988) han reportado que algunas de estas variantes genéticas, especialmente de la β -lactoglobulina y la κ -caseína, están asociadas con el desarrollo de la lactación y tienen influencia en la composición de la leche y sobre sus propiedades durante el procesamiento, incluyendo el rendimiento en queso. En este sentido, el genotipo AA de la β -lactoglobulina está asociado con un alto índice de producción de leche, mientras que el BB se relaciona con un elevado contenido de grasa y caseínas, esto sugiere que el genotipo BB es más deseable para la elaboración de quesos (Cervantes *et al.*, 2007).

Así mismo, Bovenhuis (1992) afirma que la variante B de la Kappa caseína en hatos Criollos Lecheros tiene influencia directa sobre el porcentaje de proteína de la leche y no está ligado a los porcentajes de grasa heredados por variantes de un polimorfismo de otros genes. Meza *et al.* (2012) evaluaron la relación del efecto de las variantes genéticas A y B de la β -Lactoglobulina (β -LG) con la producción y composición de la leche de vacas Holstein y CLT en México. Los mencionados autores reportaron que la leche del CLT con genotipo BB presentó mayor concentración de sólidos (grasa, proteínas y sólidos totales) (Cuadro 5), que la leche de vacas Holstein, concluyendo así, que las vacas CLT podrían presentar ventajas para la elaboración de derivados lácteos. En este mismo sentido, se ha reportado que una mayor frecuencia del genotipo BB en ganado CLT, es asociado a un mayor porcentaje de sólidos (Cuadro 6), esto sugiere que la leche de este ganado puede presentar propiedades fisicoquímicas y tecnológicas ventajosas para la elaboración de derivados lácteos como quesos y leches fermentadas (Meza *et al.*, 2010), chongos y yogurt (de Alba, 1997). En contraste, Álvarez (2014) determinó las frecuencias genotípicas y

alélicas de las variantes A y B del gen de la κ -caseína y su relación con la composición química de la leche en hembras CLT, sin embargo no encontró efecto significativo del genotipo de κ -caseína en la producción y composición de la leche de vacas CLT.

Cuadro 5. Frecuencias genotípicas y alélicas de las variantes de la β -lactoglobulina en la leche de vacas holstein y CLT.

Raza	Frecuencia genotípica			Frecuencia alélica	
	AA	AB	BB	A	B
Holstein	0.19	0.57	0.24	0.48	0.52
CLT	0.14	0.33	0.53	0.35	0.65

Fuente: Meza et al. (2010).

Cuadro 6. Genotipo de β -lactoglobulina y composición química (%) de la leche de vacas CLT.

Genotipo	Grasa	Proteína	Lactosa	SNG	ST
AA	3.2 ± 0.2 ^b	3.9 ± 0.2 ^b	4.8 ± 0.1 ^a	9.7 ± 0.2 ^a	12.8 ± 0.3 ^b
AB	3.4 ± 0.2 ^b	3.6 ± 0.2 ^b	4.8 ± 0.1 ^a	8.9 ± 0.2 ^b	12.3 ± 0.3 ^c
BB	4.4 ± 0.2 ^a	4.6 ± 0.2 ^a	4.8 ± 0.1 ^a	9.5 ± 0.2 ^a	13.9 ± 0.3 ^a

^{a,b,c}: Medias con diferentes literales en una columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). SNG: sólidos no grasos; ST: sólidos totales. Fuente: Meza et al. (2012).

Al respecto, estudios realizados por Cervantes-Acosta et al. (2012) indican que cuando el objetivo de la producción de leche es la venta de la misma por sólidos, para la realización de quesos y otros derivados, las raza más adecuada son el Criollo Lechero Tropical y Cebú, ya que estos mantienen concentraciones porcentuales apreciables en los componentes; sin embargo, sus rendimientos, en términos de volumen de leche son bajos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición de leche (%) en lechería tropical en el estado de Veracruz.

	Holstein	Pardo Suizo	Cebú	CLT
Grasa	3.46bc	3.43c	3.47c	3.75a
Proteína	3.19d	3.30c	3.44b	3.77a
Lactosa	4.55d	4.70b	4.88a	4.75a
Sólidos no grasos	8.36d	8.59c	9.12a	9.09a
Sólidos totales	11.95d	12.00d	13.05a	13.00a

Letras distintas en la misma fila, son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$). Fuente: Cervantes-Acosta et al. (2012).

De manera general, se consideran 10 kg de leche para fabricar 1 kg de queso (Amito, 1991). Sin embargo, existen diversos factores que influyen sobre el rendimiento; por ejemplo, a medida que aumentan los sólidos totales, el rendimiento en queso es mayor. El incremento en el rendimiento, es proporcional al contenido de caseína, ya que esta proteína constituye el principal componente del queso. En este sentido, el ganado Criollo Lechero Tropical contienen el gen B de la β -Lactoglobulina (β -LG), el cual está asociado con un elevado rendimiento de leche, y el BB, el cual se relaciona con un elevado contenido de grasa y caseínas. Por lo tanto, la leche de ganado Criollo Lechero Tropical es más deseable para la manufactura de quesos (Meza et al. 2012; Cervantes et al., 2007). De tal manera que el polimorfismo genético de las proteínas de la leche influye en su producción y calidad y así mismo en las de sus derivados (Caroli et al., 2004).

Ortega-Pérez et al. (2013) estudiaron el perfil de ácidos grasos de leche de vacas Chinampas en Baja California, alimentadas con forraje fresco de matorral sarcocauléscente y heno de alfalfa, reportando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tipo de alimentación para la concentración del ácido linoleico conjugado (CLA) en leche, particularmente del isómero C18:2 cis 9 trans 11 con valores de 7.7 y 5.0 mg g⁻¹ de grasa, respectivamente. Los autores explican que la mayor concentración de CLA de las vacas en pastoreo, está relacionada con la mayor concentración de ácidos grasos precursores de CLA que se encuentran en el forraje fresco respecto al forraje henificado,

ya que, por pérdidas oxidativas durante la henificación, dichos ácidos grasos se reducen hasta una sexta parte de lo que contiene el forraje fresco (Tanaka, 2005).

De acuerdo con sus resultados, los mismos autores concluyen que la alimentación de vacas Chinampas con forraje verde en pastoreo modificó la composición de la grasa de la leche, redujo el contenido de ácidos grasos saturados de cadena mediana e incrementó la proporción de ácidos grasos monoinsaturados, aumentando también la cantidad de CLA. Vacas alimentadas a base de forrajes conservados y granos, han mostrado tener menor contenido de CLA en leche (Lock y Bauman 2004; Tanaka 2005) en comparación con aquellas alimentadas con forrajes frescos, ya sea bajo estabulación (Elgersma *et al.*, 2004), o pastoreo (Elgersma *et al.*, 2003). El CLA es de gran importancia desde el punto de vista de la salud humana, dado su potencial como anticancerígeno (Lock y Bauman 2004). Con base en las consideraciones anteriores es de esperarse que la leche proveniente de vacas Criollas presente un contenido elevado de CLA, dado que su alimentación es basada únicamente en pastoreo.

Sistema orgánico de producción: alternativa para el desarrollo del ganado bovino criollo en México

En décadas recientes, los sistemas de producción orgánica han captado mayor atención en materia de política agrícola y desarrollo rural; adicionalmente, el crecimiento del interés público por la seguridad y la calidad alimentaria, el bienestar animal y los recursos naturales, ha hecho que la filosofía del sistema de producción orgánico y su práctica alcancen mayor aceptación (Kerselaers *et al.*, 2007). Este tipo de sistema de producción se considera ecológicamente sostenible, dado que sus emisiones de contaminantes pueden ser soportadas en el largo plazo por el medio ambiente, lo cual se ha medido en diferentes estudios de impacto ambiental (Thomasen *et al.*, 2008). A este respecto, la producción de leche bovina es considerada una actividad pecuaria que causa efectos ambientales secundarios, como emisión de gases de efecto invernadero (Thomasen *et al.*, 2008). Oosting y De Boer (2002) compararon la tasa de emisión de gases contaminantes por vacas lecheras de sistemas de producción orgánicos y convencionales, reportando que las vacas de sistemas orgánicos emitieron 14% menos contaminantes respecto a las vacas de sistemas

convencionales. Por ello, un posible camino a seguir para reducir el impacto ambiental del ganado lechero es convertir los sistemas de producción de leche convencionales en orgánicos (Thomasen *et al.*, 2008).

El mayor crecimiento de la producción de leche orgánica se registra en Europa, particularmente en Austria, Suecia, Alemania y Holanda (Rosati y Aumaitre, 2004), a consecuencia de premisas como que el alimento orgánico está libre de residuos contaminantes, es producido de forma amigable con el medio ambiente y considera el bienestar del animal y con lo cual justifican el sobre-precio, que va del 20 al 40% respecto al precio de su similar convencional (Rosati y Aumaitre, 2004). En este contexto, la producción ganadera, y de acuerdo con el enfoque clásico de los sistemas orgánicos de producción, dichos animales deben recibir una dieta predominantemente basada en forraje, a través de sistemas de pastoreo sostenibles (Croissant *et al.*, 2007; Fall *et al.*, 2008), con uso de alimento concentrado únicamente como complemento a los requerimientos fisiológicos de los animales (Hass *et al.*, 2007).

En el caso de producción de leche orgánica, Queitschs (2005) indica que un sistema de producción lechera orgánica se define como un complejo ganadero que aspira a producir leche de alta calidad nutritiva, practicando métodos de explotación que rechazan el empleo de productos agroquímicos manufacturados (fertilizantes sintéticos, compuestos artificiales, pesticidas, reguladores del crecimiento y aditivos a los forrajes), y que funcionan mediante rotación de cultivos y reciclado de residuos orgánicos. Esto a su vez, estimula el reciclaje de nutrientes y protege el medio ambiente y la diversidad biológica. En este sentido, en México, la agricultura orgánica se caracteriza por la integración de pequeños productores a organizaciones sociales y la participación y promoción de parte de organizaciones no gubernamentales. La incorporación de más de 80,000 productores en casi 308,000 ha de tierras agrícolas y pecuarias ya registradas, le otorgan el carácter de estratégico al sector orgánico de México. Sin embargo, de esa superficie solamente unas 15,000 ha son destinadas a la producción pecuaria y dentro de ellas, el 60% tiene como finalidad la producción de carne bovina (Espinoza *et al.*, 2007). No obstante la producción de leche y queso orgánico en el año 2000 ascendió a 2,568 toneladas (García, 2003). Más de la mitad del área dedicada a la generación de productos orgánicos, así como más del 50% de las 49 unidades

de producción orgánicas se ubican en la región del trópico mexicano (Gómez *et al.*, 2005). Es evidente que la extensión destinada a la ganadería orgánica en México es muy reducida, sobre todo si se toma en cuenta el potencial que existe, como son las superficies con pastos naturales en cerros y llanuras (91.82 millones de ha) utilizadas exclusivamente en el pastoreo de rumiantes (López y García, 2005).

Una de las limitantes principales para iniciar la ganadería orgánica es el proceso de conversión de un sistema de producción convencional a uno orgánico, principalmente por el desconocimiento de las técnicas (Espinoza *et al.*, 2007). Al respecto, el ganado bovino Criollo en México se encuentra concentrado en las regiones marginadas; la alimentación de éste ganado se basa en el uso de praderas en una ganadería extensiva, donde la fertilización al potrero es escasa o en muchas ocasiones nula. Estas poblaciones de ganado, además de desenvolverse en un medio bajo condiciones naturales, en raras ocasiones reciben tratamiento con algún fármaco. Es por ello que estos sistemas de producción extensivos con bovinos criollos, pudieran presentar una mayor facilidad de ser convertidos en sistemas de producción orgánica, lo cual representaría un valor agregado a los productos carne o leche, proporcionando beneficios económicos al productor.

Referencias bibliográficas

- Alaís, C. (1985). *Ciencia de la leche*. Principios de técnica lechera. 10ª ed. Editorial Reverte S.A., Sevilla, España.
- Allaire, G y Sylvander B. (1997). Qualité spécifique et systèmes d'innovation territoriale. *Cahiers d'économie et de sociologie rurale*, 44 : 27-59.
- Álvarez, C. A. A. (2014). Variantes alélicas del gen de la Kappa-Caseína en ganado Criollo Lechero Tropical. *Tesis de Doctorado*. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco.
- Álvarez-Fuentes, G., J. G. Herrera-Haro, G. Alonso-Bastida, A. Barreras-Serrano. (2012). Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 44, 2012.
- Amito, J. (1991). *Ciencia y tecnología de la leche*. Editorial Acribia, SA. Zaragoza. p 206
- Ashford D. A., di Pietra J., Lingappa J., Woods C., Noll H., Neville B., Weyant R., Bragg S. L., Spiegel R. A., Tappero J. & Perkins B. A. (2004). Adverse events in humans associated with accidental exposure to the livestock brucellosis vaccine RB51. *Vaccine*, 22: 3435-9.

- Bath, L. D., Dickinson, N. F., Tucker, A. H., Appleman, D. R. (1985). *Dairy Cattle: Principles, Practices, Problems, Profits*. 2nded. Lea y Febiger, Philadelphia, USA, pp. 309-362.
- Becerril-Pérez, C. (2014). K-casein Genotypic and Allelic Frequencies in the Tropical Milking Criollo Cattle. In: *10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. ASAS.
- Beresford, T. & A. Williams. (2004). *The microbiology of cheese ripening*. (3rd ed) Amsterdam. Elsevier. Vol. 1. 834 p.
- Bovenhuis, H. (1992). *The Relevance of milk protein Polymorphisms for dairy cattle breeding*. Wageningen, Países Bajos. 139 pp.
- Bril, V. E. & Pearce R. C. (1996). Pilot trial of immunologic vesus plasma exchange in patients with Guillain Barré syndrome. *Neurology*, 46(3): 100-3.
- Brunett, P. L. González, E. C. y García Hernández L A. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development*, 17, Article #78. Retrieved July 18, 2007.
- Caballero, M. A. (2010). *La industria de la leche en México: Conductas y tendencias*. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Pag. 244.
- Caroli, A., Chessa S., Bolla P., Budelli E. & Gandini G. C. (2004). Genetic structure of milk protein polymorphisms and effects on milk production traits in local dairy cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 121: 119-127.
- Castro, L. C., Sánchez R. G., Iruegas F. L., y Saucedo L. G. (2003). Tendencias y oportunidades de la red leche en México. *Boletín informativo*, núm. 317 Vol. 33. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), México. 137pp. 97.
- Cervantes, F. y A. Villegas. (2012). *La leche y los quesos artesanales en México*. Editorial CIESTAAM México. 257 p.
- Cervantes, P., Luna, M., Hernández, A., Pérez-Gil, F., Ponce, P., Uffo, O. (2007). Polimorfismo genético en el locus de la kappa-caseína, en vacas de diferentes razas y cruces: en el trópico mexicano. *Rev. Salud Anim*, 29(2): 78-84.
- Cervantes-Acosta, P., Hernández-Beltrán, A., Montiel-Palacios, F., & Domínguez-Mancera, B. (2012). Eje: Producción Primaria. Variaciones en la producción y composición láctea en vacas de lechería tropical, en el estado de Veracruz, México. *13 Congreso Panamericano de la leche*. Queretaro, Mexico. 8-11 de Septiembre.
- Claeys, W. L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K. & Dierick, K. (2013). Raw or heated cow milk consumption: review of risks and benefits. *Food Control*, 31: 251-262.
- Croissant, A., Washburn, S., Dean, L. & Drake, M. (2007). Chemical Properties and consumer perception of fluid milk from conventional and pasture-based production systems. *Journal Dairy Science*, 90 (11): 4942-4953.

- de Alba, J. (1997). Polimorfismo en caseína y la calidad de la leche en ganados criollos lecheros. Utilización de Razas y Tipos Bovinos Creados y Desarrollados en Latinoamérica y El Caribe. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* (Suplemento 2) 5: 21-26.
- de Alba, J. (2011). *El libro de los bovinos criollos de América*. Biblioteca Básica de Agricultura. Ed. Colegio de Postgraduados. México. 444 p.
- de Alba, J. & Kennedy B. W. (1985). Milk production in the Latin-American Milking Criollo and its crosses with the Jersey. *Animal Production*, 41: 143-150.
- Deveci O. y E. Sezgin. (2006). Changes in concentration of aflatoxin M1 during manufacture and storage of skim milk powder. *Journal of Food Protection*, 69 (3): 682-5.
- Díaz-Jiménez, B., Sosa-Morales, M. E. y Vélez-Ruiz, J. F. (2004). Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3, 287-305.
- Durán-Lengua, M., P. Montero-Castillo, W. Flórez-Díaz y V. Franco. (2010). Evaluación higiénico-sanitaria y acción antagónica de cepas de lactobacilos comerciales frente a microorganismos patógenos (*Escherichia coli*) presentes en el queso de capa del municipio de Mompox. *Revista Científica FCV-LUZ*, 20(3): 312-317.
- Elgersma, A., Ellen G., Van der Horst H., Boer H., Dekker, P. R., et al. (2004). Quick changes in milk fat composition from cows after transition from fresh grass to a silage diet. *Anim Feed Sci Technol*, 117: 13-27.
- Elgersma, A., Ellen G., Van der Horst H., Muuse B. G., Boer H., et al. (2003). Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L), affected by cultivar and regrowth interval. *Anim Feed Sci Technol*, 108: 191-205.
- Elmoslemany, A. M., Keefe, G. P., Dohoo, I. R. & Dingwell, R. T. (2009). Microbiological quality of bulk tank raw milk in Prince Edward Island dairy herds. *Journal of Dairy Science* 92(9): 4239-4248.
- Escoto, F. C. y Vargas, A. C. (2009). La pequeña lechería rural o urbana en México, y su papel en el amortiguamiento de la pobreza. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 25.
- Espinoza, J. L., Palacios A., Ávila N., Guillén A., De Luna R., Ortega R. y Murillo B. (2007). La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México: una revisión. *Interciencia*, 32: 385-390.
- Espinoza, J. L., Palacios A., Ortega R., De Luna R. y López R. (2005). Estudio descriptivo de los sistemas de producción de ganado bovino bajo condiciones de agostadero en Baja California Sur: sanidad. *Memorias de la XV Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos*. pp. 327-331.

- Estrella, G. Cervantes, P., Cisneros, N., Becerril, C., Pérez, P. y Rosendo, A. (2004). Características fisicoquímicas del yogurt elaborado con leche de vacas Criollo Lechero Tropical. *Tesis de Maestría en Ciencias*. Colegio de Postgraduados, México.
- Fall, N., Forslund, K. & Emanuelson, U. (2008). Reproductive performance, general health, and longevity of dairy cows at a Swedish research farm with both organic and conventional production. *Livestock Science*, 118 (1), 11-19.
- Farkye, Y. N. (2002). Microbiology of soft cheese, in: *Dairy Microbiology Handbook*. 3th ed., Richard K. Robinson. Inc. New York, USA, 975 p.
- Farombi, E. O. (2006). Aflatoxin contamination of foods in developing countries: Implications for hepatocellular carcinoma and chemopreventive strategies. *African Journal of Biotechnology*, 5: 1-14.
- Fernández-Escartín, E. (2000). *Microbiología e Inocuidad de Alimentos*. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Fox, P. F., P. L. McSweeney, T. M. Cogan & T. P. Gueene. (2000). *Cheese chemistry, physics and microbiology*. (Ed). Amsterdam. Elsevier. Vol. 1. 1036 p.
- Friedrich, M. K. (2000). *Productos lácteos*. Serie Agronegocios. Grupo editorial Iberoamericana S. A. de C. V. México D. F.
- García, R. F. (2003). Propuesta de evaluación de la ganadería chiapaneca para su conversión a sistemas de producción de leche y carne orgánicos. En: *Agroforestería pecuaria en Chiapas, México*. Jiménez, F. G.; Nahed, T. J.; Soto, P. L. (Eds.). El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. p. 48-53.
- Gómez, M. A., Schwentesius R., Meraz M. R., Lobato A., Gómez L. (2005). *Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánicas de México*. 1ª ed. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 49-50.
- Grosclaude, F. (1988). Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines. *INRA: Prod Anim*, 1: 5-17.
- Guerrero, J., Cervantes, P., Cisneros, N., Becerril, C., Pérez, P. y Rosendo, A. (2002). Composición láctea y rendimiento queso de vacas de la raza Criollo Lechero Tropical. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Veracruzana, México.
- Hass, G., Deittert, C. & Köpke, U. (2007). Impact of feeding pattern and feed purchase on area and cow – related dairy performance of organic farms. *Livestock Science*, 106 (1-2), 132-144.
- Hayes, M. G., M. J. Hurley, L. B. Larsen, C. W. Heegaard, A. A. A. Magboul, J. C. Oliveira, P. L. H. McSweeney & A. L. Kelly. (2001). Thermal inactivation kinetics of bovine cathepsin D. *J. Dairy Res*, 68: 267-276.
- International Organization for Standardization (ISO). (1994). *Quality management and quality assurance Standard ISO 8402:1994*.

- Kerselaers, E., De Cock, L., Lauwers, L. & Van Huylenbroeck, G. (2007). Modelling farm level economic potential for conversion to organic farming. *Agricultural Systems*, 94 (3), 671-682.
- Lock, A. L. y D. E. Bauman. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, 39, 1197-1206.
- López, T. R. y García R. (2005). Manejo alimenticio de bovinos para carne en agostadero. Memorias del taller Nutrición de Rumiantes en Agostadero. *Simp. Int. Manejo de Pastizales*. Zacatecas, México. pp. 1- 37.
- Manuchehr, K. & C. Genigeorgis. (1994). Potential growth and control of Salmonella in Hispanic type soft cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 22: 127-140.
- Martínez, B. E. y Salas, Q. H. (2002). *Globalización e integración regional en la producción y desarrollo tecnológico de la lechería mexicana*. Miguel Ángel Porrúa Grupo. Editorial, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México, 291 pp.
- Martínez, B.A., Moya, C.S., González, R.H., Hernández, J. y Pinelli, S.A. (2010). Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de ganado lechero Holstein estabulado en el noreste de México. *Rev. Mexicana Cienc. Pecuarias*, 1: 221.
- Martínez-Velázquez, G, Bustamante G., J. J., Palacios F, J. A. y Montañó B., M. (2010). Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento posdestete y características de la canal. *Téc. Pec. Méx.* 44: 107-118.
- Marzali, SA & Ng-Kwai-Hang KF. (1986). Relationship between milk protein polymorphism and cheese yielding capacity. *J Dairy Sci*, 69: 1193-1201.
- Meza-Nieto, M. A., González-Córdova, A. F., Becerril-Pérez, C. M., Ruíz-López, F. J., Díaz-Rivera, P. y Vallejo-Cordoba, B. (2010). Polimorfismo genético de la β -lactoglobulina en la leche de vacas Holstein y criollo lechero tropical. *Agrociencia*, 44(5), 531-539.
- Meza-Nieto, M. A., González-Córdova, A. F., Becerril-Pérez, C. M., Rosendo-Ponce, A., Díaz-Rivera, P., Ruíz-López, F. D. J., & Vallejo-Cordoba, B. (2012). Relación de las variantes A y B de la β -lactoglobulina con la producción y composición de la leche de vacas Holstein y criollo lechero tropical. *Agrociencia*, 46(1): 15-22.
- Murphy, M., J. FBuckley, P. Whyte, M. O'mahony, W. Anderson, P. G. Wall & S. Fanning. (2007). Surveillance of dairy production holdings supplying raw milk to the farmhouse cheese sector for Escherichia coli O157, O26 and O111., 54(9/10): 358-365.
- Oosting, S.J. & de Boer, I.J.M. (2002). Sustainability of organic dairy farming in The Netherlands. in: Kyriazakis, Zervas (Eds.) Proceeding of Organic Meat and Milk from Ruminants, Athens, October 4-6, 2002. *EAAP Publication*, 106: 101-105.

- Ortega-Pérez, R, Espinoza-Villavicencio, JL y Palacios-Mechetnov, E. (2013). Perfil de ácidos grasos en leche de vacas Chinampas (*Bos taurus*) alimentadas con forraje fresco de matorral sarcocaulescente o heno de alfalfa. *Arch. Med. Vet.*, 45(1): 45-51.
- Oruc, H. H., R. Cibik, E. Yilmaz & E. Gunes. (2007). Fate of aflatoxin M1 in kashar cheese. *Journal Food Safety*, 27 (1):82-90.
- Oseguera, P. D. (2003). Percepción popular de la seguridad y el riesgo alimentario, en: Felipe Torres T., *Seguridad alimentaria: seguridad nacional*, Plaza y Valdés, México, pp. 247-265.
- Oseguera, P. D. y Esparza S. L. (2009). Significados de la seguridad y el riesgo alimentarios entre indígenas purépechas de México. *Desacatos*, 31: 115-136.
- Queitschs, K. J. (2005). *Preguntas y respuestas sobre la agricultura ecológica*. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Agroecología. Serie Testimonios Número 2. Chapingo México. p. 20.
- Rosati, A. y Aumaitre, A. (2004). Organic dairy farming in Europe. *Livestock Production Science*, 90(1): 41-51.
- Rosendo-Ponce, A. y Becerril-Pérez, C. M. (2015). Avance en el conocimiento del bovino criollo lechero tropical de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(5): 233-243.
- Ruiz, H., C. (2003). *Lactación de la vaca lechera. Las Glándula mamarias*. Editorial Continental S. A. México D. F. P. 13-19
- Santina, R. D., L. E. Martí, L. S. Frizzo y M. R. Rosmini. (2008). Utilización de microorganismos marcadores para la evaluación de condiciones higiénico-sanitarias en la producción primaria de leche. *Revista Científica FCV-LUZ*, 18 (2): 207-217.
- SENASICA. (2009). *Manual de buenas prácticas pecuarias en unidades de producción de leche bovina*. 1ª Edición. México, D.F.
- Synge, B.A. (1999). Methods used for isolation and typing of E. coli isolates from livestock in Scotland. In: *Verocytotoxigenic*.
- Tanaka, K. (2005). Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. *Anim Sci J*, 76: 291-303.
- Tewolde, A. (2007). Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. *XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*.
- Thomassen, M. A. Van Calker, K. J. Smits, M. C. J. Iepema, G. L. & De Boer, I. J. M. (2008). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems*, 96(1-3): 95-107.
- Torres, T. F. y Trápaga, D. (2001). *La alimentación de los mexicanos en la alborada del tercer milenio*. Universidad Nacional Autónoma de México, Miguel Ángel Porrúa, México.
- Vázquez, F. C., V. E. Espinoza, A. O. Castelán y A. Espinoza. (2009). Microbiological quality of artisan made Mexican Botanero cheese in the central highlands. *Journal Food Safety*, 30: 40-50.
- Villegas, de G. A. (2004). *Tecnología quesera*. Trillas, México. 147-148.



UNACH

LOS BOVINOS CRILLOS DE MÉXICO.
HISTORIA, CARACTERIZACIÓN Y PERSPECTIVAS

Edición digital:
Universidad Autónoma de Chiapas
Dirección General de Investigación y Posgrado
Proyecto Cactus PEMEX-UNACH
Área de Diseño y Edición

Tiraje: 300 CD's

UNACH



AUTÓNOMA

RECTORÍA

2014-2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
RECTORÍA
2014-2018



Instituto de Estudios Indígenas
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas

Dirección General de Investigación y Posgrado - Unidad de Divulgación Científica

ISBN: 978-607-8363-76-6

La Universidad Autónoma de Chiapas, en el marco de los planes de desarrollo del Proyecto Académico 2014-2018, convocó a la publicación de los **Textos Universitarios** en su versión digital a través de la convocatoria **Libro Digital Universitario** General de Investigación y Posgrado.

La Colección de Textos Universitarios, en el marco del Programa de Investigación y Posgrado de la UNACH, difundirá los contenidos tecnológicos enunciado en el Proyecto Académico 2014-2018 con doble propósito editorial porque recurre a la producción, publicación y distribución; además de su valor académico y científico de escenarios para el desarrollo académico y científico de los investigadores que se considerarse como una estrategia representativa de nuestro país.

Los contenidos presentes en el **Libro Digital** de los resultados de la investigación de los estudiosos activos en el campo de la publicación, al mismo tiempo que dan lugar a la publicación de los libros digitales nos permiten cruzar las fronteras geográficas en cualquier parte del mundo.

La Colección de Textos Universitarios quehacer universitario dentro del Programa de Investigación y Posgrado contribuirá a lograr los objetivos de docencia e investigación de los programas educativos.

Hoy más que nunca, la sociedad necesita personas y grupos que desarrollen capacidades de capacidad crítica, que realicen investigaciones que generen sus propias respuestas; asimismo, que generen conocimientos que contribuyan para contribuir al desarrollo social, económico y ambiental de Chiapas. Es tiempo de brindar a los lectores las herramientas necesarias para que reflexivo, puedan transformarse a sí mismos y enriquecerse.

“Por la conciencia de la necesidad de la investigación”

Carlos Eugenio Ruiz
Rector de la Universidad Autónoma de Chiapas

Mayo de 2014