



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ



# ZOOTECNISTAS ANCESTRALES



**BREVE HISTORIA DE LA DOMESTICACIÓN DE ANIMALES EN LOS ANDES**

**Mario Ruiz de Castilla Marín**

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

# ZOOTECNISTAS ANCESTRALES

Breve historia de la domesticación de animales en los Andes

Ing. Mario Ruiz de Castilla Marín

CENTRO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIO DE  
CATEDRÁTICOS CESANTES DE LA UNSAAC

Perú

2024

## COLECCIÓN BICENTENARIO DEL PERÚ



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

### ZOOTECNISTAS ANCESTRALES

#### Breve historia de la domesticación de animales en Los Andes

© Mario Ruiz de Castilla Marín  
Centro de Investigación Multidisciplinario de Catedráticos Cesantes de la UNSAAC  
Cusco, Perú.  
mariordcm@yahoo.es  
Cel. +51 956 208 591

Primera edición digital: agosto 2024

Diseño de cubierta: Emma Mayrides Ruiz de Castilla

Editado por:

© Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Nacional  
Av. Arequipa 4947, Miraflores  
www.cip.org.pe | Telf. 445-6540 / 446-6997

*Derechos Reservados*

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-08648  
ISBN: 978-612-49780-1-2

El Colegio de Ingenieros del Perú no se verá afectado por el contenido de la obra. En consecuencia, el autor es responsable ante cualquier controversia o conflicto de interés.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso de los editores y/o autores.

Publicado en el Perú



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

**Directiva Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú  
2022-2024**

Ing. María del Carmen Ponce Mejía  
DECANA NACIONAL

Ing. Segundo Eduardo Reusche Castillo  
VICEDECANO NACIONAL

Ing. Marco Antonio Cabrera Huamán  
DIRECTOR SECRETARIO NACIONAL

Ing. Jaime Antonio Ruiz Béjar  
DIRECTOR TESORERO NACIONAL

Ing. Jesús García Melgarejo  
DIRECTOR PROSECRETARIO NACIONAL

Ing. Norman Jesús Beltrán Castañón  
DIRECTOR PROTESORERO NACIONAL

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACION DIGITAL

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

## DEDICATORIA

A la “Pacha Mama” proveedora de todo el patrimonio genético del planeta.

A los sapiens andinos que acrecentaron la diversidad biológica con su ingenio y creatividad maravillosa.

A los conservadores y criadores de animales andinos que con mucho sacrificio atesoran este valioso legado de la Cultura Andina.

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

## AGRADECIMIENTO

A la Ing. María del Carmen Ponce Mejía, Decana Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú y al equipo del Fondo Editorial, por haber hecho posible la publicación de este libro.

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

# Prólogo

En el presente libro el Ing. Mario Ruiz de Castilla nos relata el éxito del hombre andino en adaptarse y sobrevivir sin dañar el frágil ecosistema altoandino, logrando transformar el Ande a través de la domesticación de especies vegetales y animales para la subsistencia del hombre andino. A través de las centurias, este logro permitió que en el Ande peruano se establecieran y desarrollaran las más importantes culturas precolombinas, llegando al apogeo con la cultura Inca, que utilizó y mejoró los avances logrados por las culturas que los antecedieron como Tiahuanaco en el altiplano, Wari en Ayacucho, Chavín en Ancash y los Chachapoyas en Amazonas.

Existen restos arqueológicos dejados por los antiguos peruanos que evidencian procesos de domesticación y mejoramiento genético tanto de plantas como de animales; por ejemplo, en la agricultura a través del tiempo el tamaño de los frutos fue cada vez mayor, y lograron domesticar la papa, el maíz, el tarwi, la maswa, el olluco, entre otros productos vegetales. Y en la ganadería es indudable la domesticación de la alpaca y la llama, y el manejo sustentable de los camélidos silvestres a través de los chacos para la captura de vicuñas y guanacos para el aprovechamiento de su fibra, muy cotizada en la actualidad; la domesticación del cuy y el pato criollo contribuyeron con proteína animal para la alimentación del antiguo peruano.

En el imperio Inca la crianza de los camélidos llegó a su máxima expresión y desarrollo; los incas separaban las alpacas de las llamas evitando el cruce entre estas especies y dentro de estas variedades las majadas se conformaban tomando en cuenta hembras con cría, hembras jóvenes y machos. Además tomaban en cuenta la separación por colores del vellón, demostrando que fueron excelentes genetistas; emplearon la selección fenotípica, escogiendo individuos sobresalientes y realizando apareamientos entre los mejores animales.

Los incas demostraron ser excelentes ingenieros agrícolas, alrededor de 20 millones de hectáreas fueron irrigadas para el establecimiento de pasturas

para la alimentación de cerca de 45 millones de camélidos. De las 4 especies vegetales domesticadas por los peruanos ancestrales (el trigo, el arroz, el maíz y la papa) que aportan 60% de la alimentación calórica humana, la papa y el maíz demostraron su gran aporte a la alimentación de la actualidad. Por otro lado, los antiguos peruanos lograron establecer su propio proceso de liofilización para la conservación de alimentos deshidratados por congelamiento para la conservación de la carne (charqui) y la papa (chuño).

Finalmente quiero felicitar a mi amigo y colega Mario Ruiz de Castilla Marín, porque este libro rescata y destaca el esfuerzo del antiguo peruano en la domesticación y mejoramiento genético de vegetales y animales para su subsistencia y dominio del ecosistema, representa un homenaje a la perseverancia e inteligencia del hombre antiguo del Perú. Disfrute su lectura y estoy seguro que será un gran aporte para estudiantes de diferentes especialidades, asimismo recomiendo su lectura para cualquier persona que quiera saber más del antiguo Perú.

**Jaime Antonio Ruiz Béjar**

Ingeniero Zootecnista y Magister Scientiae en Producción Animal de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Doctor en Ciencias Veterinarias de la Universidad Austral de Chile.

Docente Principal del Departamento Académico de Zootecnia de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Director de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Huancavelica

Director Tesorero Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú

## Resumen

Se analiza el proceso histórico de la domesticación de animales realizado por los antiguos peruanos, que, en su evolución cultural, su lucha por la sobrevivencia y por el dominio de la naturaleza, lograron el cambio genético de las especies silvestres, manejando la genética y la biotecnología desde hace aproximadamente 12 000 años. El proceso de domesticación en Los Andes culminó con la creación de más de 150 plantas cultivadas y 5 animales domésticos (llama, alpaca, cuy, pato criollo y perro sin pelo del Perú). Para la formación de la base genética los zootecnistas prehistóricos sabían que era necesario tener una población con alta variabilidad genética para lograr un satisfactorio cambio genético. Supieron elegir y priorizar los caracteres de interés económico y biológico. Emplearon la selección fenotípica, escogiendo individuos sobresalientes y realizando apareamientos entre los mejores animales. En las llamas se elegían los animales con mayor tamaño y fortaleza, en las alpacas se utilizó la selección por finura de la fibra. Emplearon sistemas de identificación de los animales, dividiendo los rebaños por sexo, edad y color de la fibra, en los cuyes y los patos eligieron los de mayor tamaño. Manejaron la consanguinidad para fijar caracteres y la heterosis para aprovechar el vigor híbrido de la descendencia. Inventaron los sistemas de conservación de alimentos por deshidratación (lío-filización) para la elaboración del charqui.

**Palabras clave:** *genética, biotecnología, domesticación, selección.*

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

# Introducción

Commemorando el Bicentenario de la Independencia del Perú y de América, con el triunfo patriótico en la Batalla de Ayacucho el 9 de diciembre de 1824, es necesario hacer un homenaje a los peruanos anónimos de la prehistoria; que fueron inigualables ingenieros, constructores de fortalezas, centros ceremoniales, caminos, puentes, observatorios astronómicos, sistemas hidráulicos para el buen uso del agua en la agricultura y la conservación de la naturaleza, así como fueron ingeniosos creadores de diversidad biológica.

Todas las obras de ingeniería ancestrales revelan el conocimiento y el talento científico que conjuga una extraordinaria creatividad y altísima intuición, que hizo que los ingenieros prehistóricos logran armonizar las actividades humanas con las leyes de la naturaleza y consiguieran la prosperidad en el mismo proceso. De este modo, crearon tecnología apropiada y lograron satisfacer las necesidades de su generación y de las posteriores.

Un tema que ha sido poco estudiado, y es poco difundido en la literatura sobre la tecnología creada por los peruanos ancestrales, es el referido a la generación y aplicación de biotecnologías en los procesos de domesticación del ambiente, las plantas y los animales, que representa quizás el aporte más significativo de la cultura andina para la supervivencia humana.

Hace aproximadamente doce mil años esos ingenieros peruanos empezaron a cambiar el ambiente y modificar las características genéticas de más de 150 plantas y 5 animales silvestres convirtiéndolos en formas domésticas. Estos *sapiens* andinos modelaron las especies a su voluntad, hicieron sus creaciones contradiciendo las leyes de

la selección natural y de la evolución, y luego, defendieron estas creaciones de las fuerzas biológicas y culturales que quisieron eliminarlas.

En el presente libro se analiza el proceso de domesticación de animales realizado por los antiguos peruanos que –en su evolución cultural, su lucha por la sobrevivencia y por el dominio de la naturaleza– lograron el cambio genético de las especies silvestres manejando la genética y la biotecnología desde tiempos remotos.

Se entrega esta obra a la comunidad científica, a los criadores, conservadores de animales domésticos andinos y estudiantes de la ciencia animal; con el objetivo de contribuir al conocimiento de las tecnologías empleadas por los ingenieros andinos de las diversas culturas asentadas en América del Sur a través del tiempo, en la creación de diversidad biológica.

Este valioso legado de la cultura andina debe ser reconocido, valorado, acrecentado y celosamente defendido por todos los peruanos, y qué mejor ocasión para hacerlo que celebrando el BICENTENARIO DE LA INDEPENDENCIA DE AMÉRICA.

Este ensayo resume la experiencia personal del autor en el campo de la producción animal y el mejoramiento genético, así como las inquietudes surgidas en la labor docente y de investigación en el apasionante mundo del desarrollo rural, ejercidas desde el año 1971 en la Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Con respecto a la metodología empleada se ha utilizado la investigación documental, apoyada en la fuente bibliográfica y hemerográfica, publicados sobre la domesticación y la genética. Se trata de una investigación explicativa en la que se analizan los hallazgos científicos y, partiendo de este análisis, llevar a cabo la síntesis que reconstruya y trate de explicar el proceso histórico de la domesticación de animales en los Andes, así como los métodos y procedimientos empleados por los zootecnistas ancestrales.

# CAPÍTULO I

---

## LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA





**Figura 1**  
Montañas de los Andes  
(Shutterstock)

## La evolución de la vida en la Tierra

Se estima que hace unos 13 800 millones de años (Ma), toda la materia, la energía y el espacio-tiempo tuvieron su origen en una gran explosión o *big bang*. 300 000 años después de su aparición, materia y energía empezaron a aglutinarse en átomos que luego se combinaron en moléculas.

Las primeras estrellas se formaron hace 11 000 Ma. El Sol empezó a brillar hace unos 5 000 Ma. La edad de la Tierra se estima en unos 4 600 Ma.

El telescopio espacial James Webb, ha descubierto galaxias primigenias que podrían haberse formado antes y más rápido de lo que se pensaba. Este hallazgo abre nuevas incógnitas sobre el verdadero origen del universo.

Alayón García (2011), muestra las varias teorías que tratan de explicar el origen de la vida en la Tierra. De ellas, Daminelli y Santa Cruz (2007) refieren que dos son las de mayor aceptación en el mundo científico.

La primera, de acuerdo con Gómez y Pantoja (2003), fue planteada por Arrhenius en 1903 (semillas en todas partes), esta teoría postula el *origen extraterrestre de la vida*. Los astrofísicos Hoyle y Wickramasinghe (1980) la completaron con los hallazgos de aminoácidos en los cometas.

La otra teoría de la *abiogénesis*, de Felix de Sousa (2006), argumenta que la vida tuvo un origen terrestre. Según esta última, cuando el vapor de agua se condensó, ocurrieron procesos geoquímicos, que a su vez formaron el genoma mínimo de ARN que posteriormente desarrolló una membrana celular originando la primera célula.

Marshall (2016), estima que desde hace 3 800 Ma, la vida en la Tierra ha venido evolucionando, desde los organismos más simples hasta los más complejos. En este proceso, las plantas y los animales han ido experimentando cambios genéticos en forma natural, mediante los mecanismos de la herencia y la variación genética.

## Los orígenes del *Homo sapiens*

Por evidencias morfológicas, genéticas y moleculares, Haussler (2018) muestra que el ancestro común entre humanos y chimpancés vivió en África hace 5 a 7 Ma. Luego de esta divergencia continuaron emergiendo nuevas especies de homínidos que se fueron extinguiendo dejando como único sobreviviente en el planeta a *Homo sapiens*.

Artigas y Turbon (2008) señalan que los primeros homínidos completamente bípedos eran simios del género *Australopithecus* que vivieron de la recolección de plantas, animales muertos y carroña dejada por los grandes carnívoros en las sábanas del este

de África hace más de 4 Ma. Desaparecieron debido a una crisis climática que produjo la desertificación iniciada hace 2,8 Ma y por la alta competencia de otras especies del género *Homo*.

A partir del *Australopithecus*, aparecieron animales muy parecidos a los humanos modernos. Hace unos 2,5 Ma, surgió *Homo habilis*, que superaba al *Australopithecus* en capacidad craneana y en inteligencia. Fue el primer homínido que aprendió a tallar piedras para hacerlas cortantes o punzantes. Se extinguió hace 800 000 años.

*Homo erectus* evolucionó en el Extremo Oriente. Había aprendido a construir cabañas que le protegían de la intemperie en vez de las cuevas naturales. Al término de la tercera glaciación ya ocupaba toda África, buena parte de Asia y el sur de Europa. Se extinguió hace unos 90 000 años.

Según Hoblin, Ben-Ncer *et al.* (2018), hace 315 000 años apareció *Homo sapiens*. Toda África del Este estaba poblada por *sapiens* 150 000 años atrás.

Harari (2016) refiere que *Homo neanderthalensis* surgió y evolucionó en Europa y Oriente medio hace unos 230 000 años con una clara adaptación al clima frío de Eurasia occidental de la época de las glaciaciones. Su dieta era preferentemente carnívora, pero hay evidencias del consumo de plantas. Construía viviendas y enseres aprovechando los recursos naturales aparentemente hasta hace 18 000 años.

*Homo erectus* y otras especies humanas domesticaron el fuego hace 1.8 Ma. Desde hace unos 300 000 años, *H. erectus*, *H. neanderthalensis* y *H. sapiens* utilizaban el fuego todos los días como fuente de calor y luz y como arma contra los depredadores, así como para cocinar los alimentos que no podían digerir en su forma natural. La cocción mataba gérmenes y parásitos que infestaban los víveres y acortaba el tiempo destinado a la alimentación.

Slon *et al.* (2018) señalan que *Homo denisova* vivió en Siberia hace 90 000 años, adaptado a zonas elevadas. En el ADN de los melanesios, aborígenes australianos, tibetanos y andinos actuales, existe material genético de los *denisovanos* que habitaron la tierra a la vez que *neanderthales* y *sapiens* con los cuales se aparearon.

Hace unos 70 000 años *H. sapiens* se extendió por la península Arábiga, y desde allí, invadió todo el continente Euroasiático. Luego penetró Australia hace 40 000 años y hace 34 000 años desde Asia llegó a América en sucesivas oleadas migratorias.

Al llegar *Homo sapiens* a Arabia, la mayor parte de Eurasia ya estaba colonizada por otros humanos. Cuando los *sapiens* alcanzaron Oriente próximo y Europa, encontraron a los *neanderthales* y se reprodujeron con ellos. Cuando llegaron a Asia oriental, se cruzaron con los *erectus* locales.

*H. neanderthalensis* y *H. sapiens* tuvieron gran actividad de caza y pesca, así lo evidencian las puntas de lanzas y flechas con diferentes características, tamaños y propósitos elaboradas con piedras, huesos, madera y metales, cada vez más refinados, así como anzuelos para la pesca y aparejos para procesar carne y pieles que evolucionaron durante más de 200 000 años (Harari, 2016).

Cohen *et al.* (2013, p. 199). refieren que hace unos 20 000 años, la mayoría de los grupos de *sapiens* vivían trasladándose de un lugar a otro en busca de comida, siguiendo los cambios de las estaciones, las migraciones anuales de los animales y los ciclos de crecimiento de las plantas. En algunos casos cuando los recursos alimenticios eran suficientes, las bandas se establecían en campamentos estacionales e incluso permanentes.

Harari (2016), escribe que, en la mayoría de los ambientes, los grupos de *sapiens* se alimentaban de una manera flexible y oportunista. Extraían termitas, recogían bayas, excavaban la tierra para extraer raíces, mataban conejos y cazaban bisontes y mamuts. La comida variada los protegió de las hambrunas y la malnutrición. Además de víveres y materiales, buscaban información acerca del crecimiento de las plantas y las costumbres de los animales; pero también analizaban las cualidades de los alimentos, si estos eran nutritivos, cuales los enfermaban y cuales servían para curar enfermedades.

### **El poblamiento de América**

América se pobló en un largo proceso migratorio. La primera oleada pudo ocurrir hace 34 000 años. *Homo sapiens* se desplazó por Siberia y Alaska y luego por América del Norte, Centroamérica y América del Sur; siguiendo a la megafauna que le servía de alimento (Hrdlicka, citado por Kauffmann Doig, 1996).

De acuerdo con Chatters *et al.* (2014, p. 750), la segunda oleada procedente de Asia hace unos 15 000 años, habría rodeado Siberia, posiblemente buscando la costa, hasta llegar a Alaska y dispersarse por toda América. Los *sapiens* asiáticos migrantes se mezclaron allí con la población existente para dar lugar a los paleoindios actuales de habla amerindia. La tercera oleada partió de Siberia hace unos 9 500 años constituyéndose en los fundadores del grupo lingüístico Nadéné.

Hubo otras vías más de penetración al continente americano. Rivet (1943) plantea una inmigración oceánica con oleadas migratorias de melanésicos y polinésicos, que habrían cruzado el océano Pacífico, para llegar por Centroamérica y Sudamérica, respectivamente.

Se reconoce, además, una inmigración australiana utilizando sencillas balsas para llegar a Tasmania, las islas Auckland y la Antártida, que pudo ser atravesada cuando gozaba de un período de clima óptimo, unos 5 000 años a.C., durante el Antropoceno (Holoceno). Mendes Correa (1928), revela que después de varios siglos de recorrido por las costas antárticas, arribaron al Cabo de Hornos en la Tierra del Fuego y, más tarde, poblaron la Patagonia.

### **El Antropoceno (Holoceno) en los Andes**

Con la retirada de la última glaciación hace 10 000 años comenzó el Antropoceno, último período de la Era Cenozoica. El deshielo hizo subir más de treinta metros el nivel del mar; inundando grandes superficies de tierra y ensanchando la plataforma continental del oeste de Europa y el este de Norteamérica. Moreyra (2013, p. 44), refiere que fue una época de clima cálido, en la que se instalaron las actuales distribuciones geográficas de la fauna y la flora.

Zamora (2013), describe que el clima imperante en el Antropoceno Temprano hace unos 10 000 a 10 500 años, fue 5,2 a 9,5°C más frío y tuvo una precipitación 3,5 a 6,3 mm mayor que la actual.

En el Antropoceno Medio, entre hace 8 000 y 3 000 años, hubo un agudo proceso de sequía cuyo pico se encuentra hace 3 800 años con una temperatura 14°C mayor y una disminución de las precipitaciones cercana a los 12 mm, según nos narran Mächtle y Eitel (2013).

Finalmente, en los últimos 2 500 años se presentaron grandes oscilaciones de climas más húmedos/fríos y secos/calidos, caracterizados por la mayor humedad entre hace 2 000 y 1 000 años, con temperaturas menores 12,6 a 13°C y con un gran incremento en las precipitaciones de 8 a 8,1 mm; luego de lo cual se instauraron las actuales condiciones de aridez del altiplano de Chile.

Reindel e Isla (2013), reportan una coincidencia entre importantes cambios culturales con cambios significativos del paleoclima. Los procesos climáticos en la costa norte del Perú en intervalos irregulares fueron interrumpidos por el fenómeno *El Niño*, con lluvias torrenciales y destrucciones catastróficas.

La costa sur no fue afectada por esos trastornos. En situaciones de empeoramiento de las condiciones ambientales, la posibilidad de emigrar hacia otras zonas ecológicas no muy distantes parece haber sido un componente importante del desarrollo cultural en los Andes.

Si el clima era más húmedo, la población se concentraba en las cuencas bajas de los ríos donde se podía hacer agricultura con sistemas de irrigación. Sin embargo, en las zonas de la sierra existían simultáneamente asentamientos de las mismas culturas que se comunicaban por caminos de larga distancia con los sitios de la costa.

Los asentamientos de la sierra tenían la función principal de proveer con cereales, tubérculos, verduras, carne, fibra de camélidos, etcétera, a los sitios de la costa.

Los lugares de asentamiento preferido en la vertiente occidental de los Andes se ubicaban en la costa. Solo durante el Horizonte Medio la zona occidental de los Andes fue parte del espacio de la sierra ocupado por la cultura Wari.

La vertiente occidental de los Andes entre el 600 y 1 200 d.C., vivía un período de extrema aridez, mientras que en la sierra el clima era más favorable para la vida humana. Solo en el Intermedio Tardío cuando hubo más humedad, la vertiente occidental de los Andes hasta las tierras bajas de la costa, volvió a convertirse en un espacio donde prosperaron las actividades domésticas y económicas.

### La Revolución Neolítica

La salida de la última glaciación fue un período de grandes oscilaciones climáticas en el que la temperatura subía y bajaba bruscamente. Entre el 14 700 a.C. y el 14 600 a.C., la temperatura subió a un máximo dando paso al *periodo Bolling-Allerød* (interstadial glacial tardío), que culminó aproximadamente en el 12 000 a.C. con el *Joven Dryas*, un enfriamiento súbito del clima de 900 años de hielo y sequía que fulminó los hábitats de los cazadores recolectores.

Este accidente climático añadido a la depredación de la flora y fauna causada por los humanos cuya población crecía de modo muy acelerado, ocasionó la desaparición de muchas especies de plantas y animales. A finales del pleistoceno, en Norteamérica se habían extinguido los paleollama, el tapir, el caballo y el yak. Norteamérica perdió 34 de sus 47 géneros de mamíferos grandes y Sudamérica perdió 50 de un total de 60.

MacNeish (1992) revela que durante miles de años la dieta de los humanos ancestrales estuvo basada en la carne producto de la cacería y la pesca. La extinción de gran parte de la megafauna significó un cambio progresivo hacia otra basada en vegetales, granos, tubérculos y la cacería de animales medianos y pequeños.

Los *sapiens* cazadores y recolectores y sus ancestros, después de cerca de 7 Ma de haber aparecido en la Tierra, aplicaron uno de los cambios más profundos en el conjunto de sus modos de vida, costumbres y conocimientos a partir de apenas hace unos 12 000 años.

Casas *et al.* (2016), refieren que los *sapiens* comenzaron a apropiarse de los recursos genéticos animales y vegetales culminando con la domesticación de muchas plantas y animales que hoy conocemos como la *revolución agrícola* o *revolución neolítica*.

Estos geniales ingenieros empezaron a domesticar el ambiente con el acondicionamiento de ecosistemas, paisajes y territorios y la manipulación de la variabilidad de fenotipos y genotipos de vegetales, animales y microorganismos.

También se relatan estrategias prehistóricas de manejo de la fauna silvestre denominadas *chaccus* que consistían en la captura de vicuñas vivas con el propósito de mantenerlas unas horas en cautiverio para esquilas, curar a las enfermas y eliminar a las defectuosas y viejas, liberando a las mejores en su hábitat natural sin alterar su población, comportamiento y capacidad reproductiva.

El vocablo quechua *chaccu* significa captura de vicuñas. Como bien lo manifestó Darwin en 1868: «los *chaccus* de los antiguos peruanos representaban una selección hecha por el hombre en ayuda a la selección natural». Este manejo sistemático y continuo de las vicuñas silvestres, es un procedimiento de biotecnología ancestral, que posteriormente fue adoptado por los Wari, luego por los incas y actualmente se practica en algunas comunidades campesinas poseedoras de vicuñas.

Casas *et al.* (2016) mencionan que las primeras formas de biotecnología implicaron selección artificial y el manejo de otras fuerzas evolutivas.

El proceso de domesticación de animales ha sido largo y aún en la actualidad continúa. Los restos fosilizados encontrados por los paleontólogos y los estudios de ADN permiten reconstruir el proceso de domesticación en los Andes.

El estudio de la domesticación de animales por los hombres de la prehistoria y las culturas anteriores a la invasión europea es difícil por la ausencia de testimonios escritos y la escasa iconografía. Así, los cronistas Agustín de Zárate (2022/1555), Francisco de Xerez (1849/1534) y Pedro Cieza de León (1967/1553) no reconocían diferencias entre la llama y la alpaca, lo que creó una confusión biológica muy grande para los estudios posteriores.

Es posible que la alpaca fuera domesticada antes que la llama. No queda claro hasta hoy cuándo fueron creados los fenotipos de alpaca (Wacaya y Suri) y los de llama (Q'ara y Ch'aku). El análisis de la información genética mitocondrial podrá aclarar el linaje histórico de estos fenotipos.

Bachir Bacha y Llanos (2012) y Kaulicke (2010) refieren que la alpaca tuvo un uso importante de su fibra testimoniado por los textiles Wari, Paracas y de otras culturas de al menos hace 3 000 años.

El mecanismo fundamental que condujo a la domesticación fue la manipulación de la variedad de fenotipos existentes dentro de una especie silvestre y su adecuación a las necesidades humanas mediante la selección artificial. Una de las consecuencias del proceso de domesticación fue el sedentarismo y el nacimiento de las civilizaciones.

Los hombres prehistóricos fueron asimilando los ciclos biológicos naturales de los animales y plantas. Estudiaron la vida de los animales, especialmente los procesos de reproducción y sus necesidades de comida y de bebida.

Los *sapiens* del Neolítico agregaron a su familia cachorros aislados de lobos, restos de rebaños o manadas completas de guanacos y vicuñas, machos y hembras de todas las edades. Así se beneficiaron de una reserva de carne que podían emplear con facilidad. Más tarde descubrieron que podían utilizar el estiércol de los animales domésticos como fertilizante para sus cultivos y como combustible, la fibra de alpacas y llamas para abrigarse y aprovechar la fuerza motriz de las llamas para carga.

### **Diversidad Biológica en los Andes**

Las montañas de los Andes han sido y son un emporio de diversidad biológica, con un alto número de especies vegetales y animales y un alto nivel de variación genética debido a la diversidad ecológica.

Esta diversidad biológica ha sido favorecida en las altas montañas por la intensa radiación solar, que es un poderoso agente de mutaciones espontáneas y por el efecto aislante de las barreras físicas, como los nevados; de modo que en breves espacios físicos se encuentran muchas especies, subespecies, variedades y formas en diferentes estados de diversificación.

La existencia de una diversidad cultural, representada por las distintas áreas culturales asentadas en las montañas andinas ha permitido una mixtura de saberes y conocimientos, que, sumada a la alta creatividad humana, dieron por resultado el gran desarrollo de la civilización andina.

Apaezgui *et al.* (2022) señala que, en América del Sur, el Holoceno (Antropoceno) Inferior y Medio se caracterizaron por presentar un clima más seco que el promedio actual en las latitudes tropicales que estaría asociado con la disminución de la insolación de verano en el hemisferio entre 12 000 a.C. y 5 000 a.C., lo que determinó el clima más árido de los Andes tropicales.

Los lugares de asentamiento preferido en la vertiente occidental de los Andes se ubicaban en la costa. Solo durante el Horizonte Medio la zona occidental de los Andes fue parte

del espacio de la sierra ocupado por la cultura Wari.

La vertiente occidental de los Andes entre el 600 d.C. y el 1 200 d.C., vivía un período de extrema aridez, mientras que en la sierra el clima era más favorable para la vida humana. Solo en el Intermedio Tardío cuando hubo más humedad, la vertiente occidental de los Andes hasta las tierras bajas de la costa, volvió a convertirse en un espacio donde prosperaron las actividades domésticas y económicas.

### **Animales Domésticos y Biodiversidad**

Los animales son uno de los elementos fundamentales de la mayor parte de los ecosistemas. La incorporación de animales dentro de las especies vegetales aumenta la productividad de la agricultura sustentable.

La diversidad genética animal permite a los agricultores seleccionar sus rebaños o desarrollar nuevas razas en respuesta a los cambios ambientales, a la amenaza de enfermedades, a los nuevos conocimientos de las necesidades nutricionales del hombre, a la evolución de las condiciones del mercado o de las necesidades de la sociedad.

La diversidad de los animales domésticos ha sido y es esencial para la soberanía y la seguridad alimentaria, de ahí la necesidad de seguir diversificando genéticamente las especies, razas y variedades; conservar las existentes y evitar la erosión genética.

Es importante reconocer que los recursos genéticos de animales domésticos y plantas cultivadas en los Andes son producto del trabajo de los genetistas ancestrales durante miles de años y que forman parte del patrimonio cultural e identidad como nación.

La FAO (2019), considera que son alrededor de 30 especies de mamíferos y aves domesticadas que el hombre utiliza hoy en día, de las cuales sólo 14 especies proporcionan el 90% de los recursos ganaderos, con un impacto entre 30 a 40% de la producción de alimentos y la agricultura. Hay más de 8 800 razas de animales de las que el 7% se han extinguido y el 17% están en peligro de extinción.

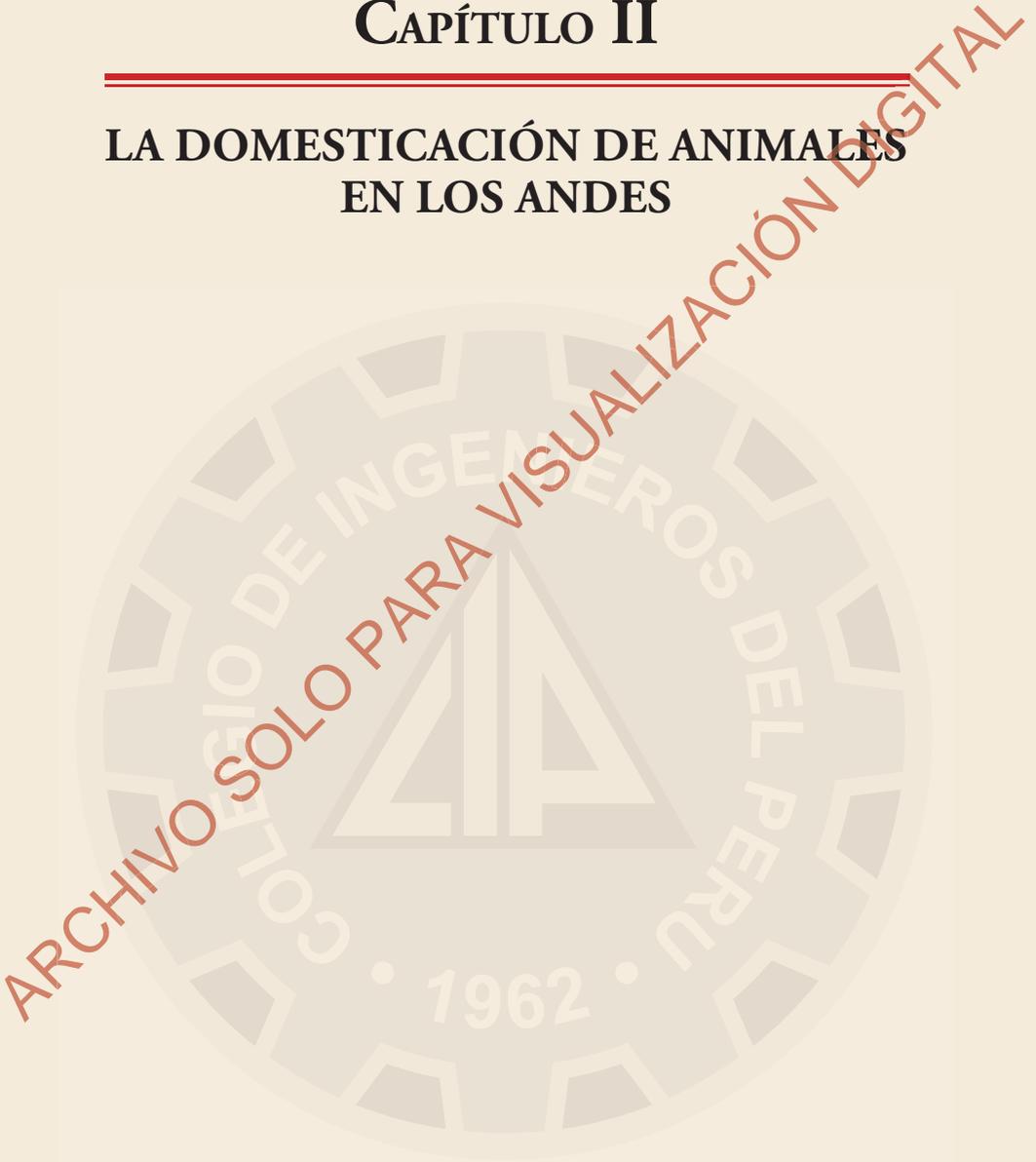
De las 30 especies de animales domesticadas por el hombre, 5 fueron creadas por los genetistas preincas andinos; vale decir, 17% de las especies domésticas actualmente existentes en el planeta.

El proceso de domesticación de plantas y animales por los genetistas peruanos de la edad de piedra, es un acto creador que no tiene parangón en la historia de la humanidad.

## CAPÍTULO II

---

### LA DOMESTICACIÓN DE ANIMALES EN LOS ANDES





**Figura 2**

*Domesticación en los Andes*  
(Shutterstock)

## El Proceso de Domesticación

La domesticación es un proceso evolutivo gradual, mediante el cual una población animal o vegetal es adecuada a una situación de cautividad, a través de una serie de modificaciones adaptativas de tipo morfológico, fisiológico y de comportamiento; que suceden en el curso de varias generaciones por medio de una serie de pasos controlados por el hombre y que llevan a la fijación genética de caracteres diferentes a los que tenían sus progenitores silvestres.

La domesticación involucra un proceso de selección artificial, por lo que hay una serie de rasgos físicos que tienden a prevalecer en los animales domésticos como respuesta a las necesidades o preferencias humanas.

El proceso de selección implicó un alto grado de creatividad por parte del ser humano, ya que al comienzo se eligió seguramente el tipo de animal a domesticar, y luego se lo fue modelando a través de sucesivas modificaciones hasta llegar al tipo deseado. Una vez obtenido el genotipo transmisible, este fue sujeto a perfeccionamiento constante.

No todas las especies animales y vegetales se pueden domesticar, solo unas pocas se pueden cultivar. Estas pocas especies vivían en lugares concretos, estos fueron los *centros de origen* desde donde se expandió la agricultura por todo el planeta. Uno de los más importantes centros de origen fue el territorio Andino del Perú.

El origen de la domesticación estuvo asociado al incremento de la población humana en diferentes regiones de la Tierra, así lo considera MacNeish (1992), lo que determinó presiones sobre la disponibilidad de recursos, que forzaron a los humanos a producir alimentos y controlar su disponibilidad mediante el acopio de animales vivos, su reclusión, cuidados y manejo.

Se estima que la población humana del planeta hace 10 000 años era de 5 millones, se incrementó a 50 millones para el año 5 000 a.C. y pasó a 100 millones el año 1 000 a.C.

Uno de los sucesos iniciales de la domesticación de los animales fue el espontáneo acercamiento a los campamentos humanos en busca de alimento, la atracción ejercida por las crías entre los niños y las mujeres, y la utilidad que poseen como animales de carne, leche, fibras y de compañía.

En áreas de escasa productividad (frías y áridas) que albergasen poblaciones de animales migratorios, pudo desarrollarse la tradición de seguir los movimientos migratorios de los animales proveedores de carne, como hoy se realiza todavía con las migraciones de los renos (*Rangifer tarandus*).

En ocasiones, la domesticación pudo haber surgido de manera independiente en diversas regiones. Esto justificaría un origen múltiple de la forma doméstica a partir del antecesor silvestre, por ejemplo, en el perro (*Canis lupus familiaris*), a partir del lobo (*Canis lupus*).

En otros casos, se puede constatar un origen múltiple de formas domésticas desde diferentes especies biológicas e incluso géneros, como los vacunos: yak (*Bos grunniens*) (Tíbet, Nepal, Himalaya), banteng (*Bibos javanicus*) (Java, Malasia, Borneo), gayal (*Bos frontalis*) (Asia central), cebú (*Bos indicus*) (India).

La cría de animales dio al hombre control sobre su propio abastecimiento alimenticio, tal como lo hizo también la agricultura. Los diversos sistemas de cultivo se combinaron en diversos grados, con distintas formas de criar animales.

### **Etapas de la Domesticación de Animales en los Andes**

Kolska Horwitz, citada por Yacobaccio y Vilá (2013) propone un mecanismo de cuatro etapas para el proceso de domesticación: La primera es la caza generalizada, luego la domesticación incipiente compuesta de una fase de caza intensiva con énfasis en una especie en particular incrementando el contacto entre cazadores y animales.

Le sigue una fase de aislamiento de población, que comprende la reclusión de un sector de la población silvestre por parte del hombre: esta población aislada actúa como población fundadora. En la cuarta etapa de domesticación hay plena aplicación de la selección dirigida (artificial).

Yacobaccio y Vilá (2013) plantean un modelo parecido para el proceso de domesticación en Los Andes, compuesto de tres etapas: caza recolección generalizada u oportunista, protección de la manada y el confinamiento.

### **Caza Recolección Generalizada u Oportunista**

En medio de la diversidad ambiental de la Puna por encima de los 3 400 m s. n. m., se generaron tipos particulares de interacción entre los humanos y los camélidos silvestres con un leve impacto en las poblaciones silvestres, creando un mínimo efecto sobre la carga genética de la especie cazada.

La caza generalizada origina la respuesta de huida de la población de camélidos silvestres frente a la actividad humana, y a largo plazo interfiere con aspectos importantes de la reproducción. La huida es costosa en términos energéticos, aumentando la visibilidad del animal que huye.

## **Protección de la Manada**

Consiste esta etapa en la intervención humana en una especie o segmento de población mediante la protección de esta respecto de sus predadores, facilitándole el acceso más seguro de sus fuentes de alimentación, aunque pueda mantenerse al mismo tiempo una estrategia de caza especializada con un bajo impacto en la población amparada.

La protección de la manada genera la tolerancia y habituación de los camélidos silvestres a la proximidad humana. En esta etapa los animales perciben a los humanos no como un depredador que produce una respuesta de huida, sino como un estímulo positivo que genera acostumbamiento. La habituación no involucra adaptación ni fatiga sensorial o fatiga motora.

Para que las vicuñas y los guanacos se acostumbren a la presencia humana, deben ocurrir encuentros frecuentes no asociados a situaciones de estrés. Debe crearse algún tipo de relación estrecha (comensalismo o simbiosis). Por ejemplo, un lobo pudo frecuentar campamentos humanos aprovechando los restos de alimentos y eliminando pequeños bichos. Si no se mantiene la presencia de personas donde habitan los animales silvestres la habituación se extingue.

Con la habituación aparece otro aprendizaje que genera el proceso de amansamiento que es clave en los momentos previos a la manipulación reproductiva y que facilita el aislamiento de la población, el confinamiento o cautiverio.

## **Confinamiento**

Consiste en la existencia de una barrera física entre la población cautiva y la silvestre, hay un mayor grado de protección y aislamiento que determinan cambios en la estructura social por el aumento de la densidad poblacional. El hombre intenta mantener al animal en un espacio controlado. En el caso de los animales proveedores de carne, es probable que el confinamiento resultase del uso de barreras o cercos que usaron los cazadores-recolectores del período lítico.

Los machos de las tropas que no tienen pareja deben ser eliminados o separados por las continuas peleas con los machos familiares. La elección de pareja en el apareamiento se ve disminuida por el manejo humano y hay pérdida de la capacidad de huida y un fuerte aumento del estrés poblacional.

La selección dirigida es fuerte, pero hay casos en que está ausente y actúa la selección natural en cautiverio manifestándose por una mortalidad y reproducción diferenciada, incluyendo fallas reproductivas.

Sin embargo, el cautiverio impone rápidamente la disminución de la selección natural, mediante la programación predecible del alimento y la reducción de la competencia por la alimentación, mayores densidades de población y aislamiento genético.

Una vez domesticados, son elegidos ejemplares con determinadas características. Algunos rasgos llamativos sin utilidad aparente (color) pudieron ser seleccionados por motivos estéticos o por prestigio, facilitando la distinción del animal con respecto al fenotipo silvestre

Hay pérdida de la capacidad de sobrevivir y reproducirse sin la intervención del hombre. Las características anatómicas, fisiológicas, de comportamiento y genéticas de los animales domésticos han sido modificadas produciendo una dependencia completa de la mano del hombre.

El fenotipo doméstico se moldea mediante la selección dirigida de ciertos caracteres determinados con la consecuente producción de variantes económicamente diferenciadas en la fase final del proceso de domesticación. Es posible que de esta manera fueran creados los fenotipos de alpacas y de llamas.

Diversas culturas en América del Sur iniciaron el proceso de domesticación de plantas y animales y durante varios milenios fueron modelando los rasgos genéticos y fenotípicos de sus creaciones.

Se puede afirmar que la mayoría de elementos tecnológicos que usaron los incas y que hasta hoy se utilizan, ya se conocían en las culturas peruanas de los Andes Centrales de Sudamérica desde hace 8 000 a 10 000 años.

La tecnología de la construcción es evidente en Machu Picchu en Cusco; Chavín de Huantar en Ancash y el acueducto de Kumbe Mayo en Cajamarca. El uso del agua y la agricultura en laderas es famoso en Pisac. Se ha comprobado que la distribución de los cultivos en terrazas tuvo en cuenta las características de cada uno: los que requerían de alta concentración salina se cultivaban en las terrazas inferiores donde se acumula el agua por gravedad y se concentran las sales disueltas en ella.

Los antiguos peruanos domesticaron 150 plantas alimenticias y medicinales en forma silvestre y cultivada, así como 5 animales domésticos. También hicieron un manejo sostenible de la vicuña (*Vicugna vicugna*), el guanaco (*Lama guanicoe*) y otros animales silvestres. Además, utilizaron sistemas muy avanzados en la preparación y conservación de alimentos.

# CAPÍTULO III

---

## MANEJO DE LAS FUERZAS EVOLUTIVAS





**Figura 3**  
*Biotecnología andina*  
(Composición con fotografías del autor)

## El mejoramiento genético

Es la parte de la genética que utiliza la variación para incrementar la producción de los animales domésticos, mediante el cambio de la estructura genética de la población. Los avances contemporáneos en mejoramiento genético de animales y vegetales, no son más que el refinamiento de algo que fue iniciado hace miles de años y aún continúa. La genética de poblaciones es la base del mejoramiento animal (Falconer, 1989).

La genética de poblaciones estudia el origen de la variación, la transmisión de variantes de padres a hijos generación tras generación, y los cambios temporales que ocurren en la población debido a fuerzas evolutivas (Becker, 1987).

## Fuerzas que Cambian la Frecuencia de los Genes

En los procesos de la evolución biológica, la variabilidad puede ser modificada por diversas fuerzas evolutivas determinadas por procesos naturales o artificiales. Hay dos clases de fuerzas que cambian la frecuencia de los genes: los procesos sistemáticos y los procesos dispersivos (Hutt, 1964).

*Los procesos sistemáticos* tienden a cambiar la frecuencia génica en una forma predecible, tanto en cantidad como en dirección; hay tres procesos sistemáticos en poblaciones grandes: La migración, la mutación y la selección.

En esta sección del libro, se analiza cómo estas fuerzas cambiaron la estructura genética de los animales silvestres hasta transformarlos en animales domésticos mediante el manejo de biotecnologías intuitivas que fueron empleadas por los *sapiens* andinos y otros procesos evolutivos a lo largo de estos últimos 10 000 años de duración del Antropoceno.

## La Migración

La migración está referida a la introducción (*inmigración*) o salida (*emigración*) de individuos en una población. La inmigración o introducción de animales de alto valor genético favorece el cambio de la frecuencia génica. El cambio en la frecuencia génica va a depender de la proporción de migrantes y de la diferencia de la frecuencia génica entre los migrantes y los nativos.

En la práctica la migración se usa para introducir caracteres favorables en la población base a través del cruzamiento, incrementar el bagaje genético y realizar un rápido cambio. La migración puede cambiar las características genéticas de una población en

una forma rápida si los migrantes son muchos y a la vez provienen de otra población genéticamente diferente.

Para entender los procesos de domesticación, la evaluación de la migración génica es esencial, puede haber flujo de genes entre poblaciones de parientes silvestres de una especie domesticada, entre poblaciones silvestres y domesticadas, y entre poblaciones domesticadas.

### **La Migración en el Perro Sin Pelo del Perú-PSPP**

Perros precolombinos debieron acompañar a humanos paleoindios de origen asiático que llegaron a América por el estrecho de Behring en sucesivas oleadas migratorias hace por lo menos 15 000 años.

Los restos más antiguos de *Xoloitzcuintle* conocidos (1 500 años) fueron encontrados en México (Valadez *et al.* (2009). Valadez y Mestre (2007), indican que el occidente de México fue el sitio de origen de la raza y que se dispersó posteriormente hacia el centro y la región Maya.

El *Xoloitzcuintle* posiblemente fue llevado por los antiguos aztecas a territorio peruano durante el formativo medio andino, hace unos 3 500 años. Se presume que *Xoloitzcuintle* es el ancestro del PSPP.

El PSPP apareció en el Perú hace aproximadamente 3 300 años. Por su peculiar fenotipo, tuvo una acogida muy importante en la costa norte de Perú debido a creencias y prácticas religiosas vinculadas a los muertos que involucraban a los perros en las culturas preincaicas.

Se supone que esta raza se formó en territorio peruano. El aislamiento geográfico debió facilitar la deriva genética y la producción de nuevas mutaciones genéticas que provocaron cambios en el fenotipo que lo diferenciaron del *Xoloitzcuintle*.

Los restos más antiguos de PSPP en el Perú datan de hace 2 000 años y proceden de las zonas calurosas de Piura y Lambayeque pertenecientes a la cultura Mochica. También se han estudiado restos del PSPP, pertenecientes a la cultura Chimú de hace unos 600 años.

### **La Migración en Camélidos**

Los camélidos se originaron en América del Norte hace unos 40 Ma a 45 Ma con la aparición de *Protylopus petersoni*, un pequeño mamífero de 30 cm de altura parecido al guanaco actual.

Según el registro fósil hace 9 a 11 Ma aparece el género *Pliauchenia* en los llanos de América del Norte que dio origen a los *Hemiauchenia* y los *Paracamelus*.

Los *Hemiauchenia* migraron a América del Sur constituyendo la tribu *Lamini*, dando lugar a los géneros *Paleolama*, *Lama* y *Vicugna*. Algunos *Paracamelus* migraron a Eurasia, evolucionando de ellos la tribu *Camelini* con las especies *Camelus bactrianus* y *Camelus dromedarius*.

El registro fósil indica que estas migraciones habrían ocurrido hace aproximadamente 3 Ma; sin embargo, un estudio filogenético de ADN mitocondrial publicado por Peng Cui *et al.* (2007) sugiere que la divergencia entre las dos tribus pudo ocurrir hace más de 11 Ma.

Wing (1988) y Marín (2007) indican que la vicuña, como actualmente la conocemos, se originó en las tierras bajas al este de los Andes hace 2 Ma. Estudios paleoclimatológicos y de ADN llevan a pensar que la actual distribución data de hace unos 14 000 a 12 000 años.

La abundancia de pastos permitió una gran expansión demográfica en el sector norte correspondiente a la subespecie *Vicugna vicugna mensalis*, mientras que *Vicugna vicugna vicugna* se adaptó a la extrema sequedad del sur y no se expandió.

Hace unos 10 a 12 mil años se extinguieron todos los camélidos que había en América del Norte. En América del Sur desaparecieron los *Hemiauchenia* y los *Paleolama*, quedando solamente los guanacos del género *Lama* y las vicuñas del género *Vicugna*.

Según lo reportado por Wing (1977) en el abrigo rocoso de Telarmachay en Junín, ubicado a 4 440 m s. n. m., desde el 9 000 a.C. hasta el 1 700 a.C., fueron halladas evidencias del proceso de domesticación de la alpaca. El lugar y la fecha de domesticación de la llama es aún desconocido.

A partir de Telarmachay, la alpaca y la llama se difundieron en un área más amplia, con ambientes muy diferentes al original de la puna andina, como los valles interandinos y áreas de la costa, encontrando una *interacción genotipo-ambiente* siempre diferente.

Una diferencia específica de ambiente no siempre tiene el mismo efecto sobre diferentes genotipos. Cuando ese es el caso, existe una interacción no lineal desde el punto de vista estadístico entre genotipos y ambientes. La interacción genotipo-ambiente existe cuando los efectos del genotipo y el ambiente no se combinan aditivamente.

Cuando el orden de superioridad (actuación) de los genotipos se modifica al cambiar de ambiente, es decir, que el genotipo A puede ser superior al genotipo B en el ambiente X, pero inferior en el ambiente B, desde el punto de vista de la selección puede tener

consecuencias negativas, ya que la selección realizada en el ambiente X no elegirá los mismos animales que la selección en el ambiente Y.

Es posible que todo ello haya contribuido en aumentar la variabilidad genética y una progresiva variabilidad entre los animales.

Durante la época inca los camélidos llegaron a su máxima expansión y desarrollo en todo el territorio del Tawantinsuyo, lo cual ensanchó el flujo de genes, ampliando de este modo la diversidad fenotípica y genética de las alpacas y llamas que quedaron afianzadas en su adaptación a diversos pisos altitudinales y ambientes ecológicos.

Durante la ocupación europea, el completo abandono del ordenado sistema zootécnico de los inkas y finalmente, la introducción por los españoles de otros animales domésticos desplazó a los camélidos a altitudes mayores a los 3 800 m s. n. m., donde otros animales domésticos no podían sobrevivir. Los camélidos domésticos abandonaron las zonas costeras y valles interandinos y volvieron a habitar el ambiente en el que fueron domesticados hacía varios milenios.

Este hecho llevó a una mezcla imprevista entre las dos especies y entre estas y los agriotipos silvestres. Como consecuencia de la coexistencia de las cuatro especies en el mismo ambiente de sobrevivencia, el valor del flujo de genes fue alto. La mezcla entre la llama y la alpaca redujo la divergencia genética, que probablemente era más amplia en la fase de las culturas anteriores a la invasión europea.

Las consecuencias genéticas de este periodo han cambiado definitivamente a los animales respecto a la situación anterior, con la pérdida de la especialización, que parecía estar afirmada en la época preinca e inca.

La drástica reducción del número de individuos provocó una fuerte variación de la frecuencia de genes presentes en la población, con la fijación de algunos genes y caracteres y la desaparición de otros.

El efecto de deriva genética debe haber sido muy fuerte, pero no se puede cuantificar ni individualizar la cantidad y el tipo de caracteres desaparecidos.

En el período republicano ha habido un proceso migratorio alto y descontrolado, muy perjudicial para el país, debido a la emigración (salida) de una cantidad considerable de reproductores machos y hembras de gran valor genético a diferentes países del mundo, generando una crisis en el avance genético de alpacas y llamas en el territorio peruano, especialmente en los últimos 40 años.

## La Migración en Cuyes

Hace 66 Ma, cuando emergió la cordillera de los Andes, los mamíferos, incluida la familia de los *Caviidae*, empezaron a evolucionar y dominar la Tierra.

Desde 23 Ma, los *Caviidae* se distribuyeron en toda Sudamérica, y durante el Plioceno alcanzaron su mayor diversidad. La cordillera de los Andes sirvió como una barrera natural que evitó que los *Caviidae* migraran a Centro y Norteamérica.

Hace 2,5 Ma, época en la que aparece el hombre, los *Caviidae* se desarrollaron libremente y han sido utilizados como alimento, para ciertos ritos y para usos medicinales en los pueblos de los Andes Centrales de Sudamérica desde hace aproximadamente 10.000 años.

Los restos más antiguos de cuyes silvestres datan del 9 000 a.C. en sitios de la sierra oriental de Colombia. Restos arqueológicos tempranos han sido hallados en el Perú en Jaywamachay con dataciones entre 8 500 y 8 160 a.C. y en el norte de Chile desde 8.000 a.C.

En la actualidad, la familia *Caviidae* en estado silvestre se encuentra distribuida desde Venezuela, hasta el estrecho de Magallanes, en las pampas del noreste de Argentina y desde Bolivia y Uruguay por el oeste hasta el noreste de Brasil.

*C. porcellus*, luego de su domesticación, se dispersó a través de una amplia red de intercambio precolombina en los Andes Centrales por Chile, Argentina, el oeste de Brasil, Bolivia y Ecuador. También hacia el año 600 d.C. se dispersó en algunas islas del Caribe, con una introducción primera en Puerto Rico y luego en el resto de las Antillas Mayores y Menores y recientemente en todo el mundo.

## La Mutación

La mutación está referida al cambio en el material genético y al proceso mediante el cual ocurre el cambio. Las permutas mutacionales en el genotipo de un organismo incluyen cambios en el número y estructura de los cromosomas, así como cambios en la estructura de genes individuales. La *mutación en sentido amplio* se refiere a cualquier cambio hereditario en el genotipo de un organismo (Snustad y Simmons, 1999).

El término *mutación en sentido restringido* se refiere solo a cambios que ocurren dentro de los genes. Mutaciones que involucran cambios específicos de un gen son conocidas como *mutaciones puntuales*. Ellas incluyen la sustitución de un par de bases por otro o la inserción o delección (pérdida) de uno o pocos pares de nucleótidos de un sitio específico de un gen.

Las mutaciones pueden ser no recurrentes, es decir que ocurren una sola vez, o recurrentes, cuando ocurren con cierta frecuencia en la población. El efecto de la mutación sobre las propiedades genéticas de la población difiere de acuerdo con ello, si la mutación es no recurrente no produce un cambio permanente, mientras que si es recurrente sí ocasiona un cambio permanente.

La mutación es la última fuente de toda la variancia genética. Proporciona la materia prima para la evolución. Los mecanismos de recombinación reacomodan la variabilidad genética en nuevas combinaciones, y la selección natural o artificial preserva las combinaciones que mejor se adaptan a las condiciones ambientales existentes o los deseos del criador de animales domésticos.

En general, los centros de domesticación han difundido animales portadores de nuevas mutaciones genéticas, luego otros centros de diferenciación han difundido mutaciones y tipos genéticos diferentes; por ello la difusión de la forma doméstica es una sobreposición progresiva de diferentes ondas migratorias. Las ondas migratorias más distantes del centro de origen representarían la población más antigua o primaria.

### **La Mutación en el Perro Sin Pelo del Perú: La Displasia Ectodérmica Canina-DEC**

El Perro Sin Pelo del Perú presenta la displasia ectodérmica canina (DEC), caracterizada por la ausencia o escasez de pelo en la piel, que le da su nombre a la raza, además por tener dientes anormales, ausencia de incisivos y premolares, siendo a veces desdentados. Presenta defectos en las escasas glándulas sudoríparas localizadas sobre todo en las almohadillas plantares de las patas, razón por la que esta raza no suda. Tiene uñas defectuosas y carece de canal auditivo externo.

Vásquez *et al.* (2016) refieren que la DEC es un trastorno monogénico autosómico semidominante ligado al cromosoma 17 (CFA17), debido a una mutación (duplicación de siete pares de bases en el exón 1) en el gen que codifica la proteína 13 (factor de transcripción) FOX13, que causa la pérdida de pelo en heterocigosis. La homocigosis es letal y los cachorros mueren en el útero, abortando de forma natural. Los individuos con pelo (homocigotos no mutantes para el gen FOX13) aparecen con una frecuencia de  $\frac{1}{4}$  en los cruces entre PSPP.

Desgraciadamente los ejemplares con pelo han sido sistemáticamente eliminados, erosionando el polimorfismo. Ello, al igual que la excesiva consanguinidad provocada por los apareamientos dentro de poblaciones muy reducidas de PSPP ha generado descendencia con alta homocigosidad, débil y enfermiza.

## La Mutación en Camélidos: Las Llamas y Alpacas *Suri*

La alpaca *suri* probablemente ha sido producto de la mutación de un gen o algunos pocos genes, que por un efecto de pleiotropía o de un ligamiento, hizo variar las características del vellón, además de tener efectos sobre otros caracteres, como lo mencionan Renieri *et al.* (2009).

El fenotipo *suri* es explicado por Presciuttini *et al.* (2010) mediante un modelo genético en el cual dos *loci* ligados deben aparecer simultáneamente en homocigosis recesiva para dar el fenotipo *wacaya*. Cualquier otro genotipo daría lugar a un fenotipo *suri*.

El fenotipo *suri* está en situación de vulnerabilidad por su pequeño número. Es de apariencia elegante, angulosa, esbelta y de estampa fina. Su fibra casi no presenta rizos, es lacia y sedosa, menos densa que la de *wacaya*. Las mechas se disponen en forma paralela a la superficie cutánea, con fibras más largas que caen desde la línea media de la espalda a ambos lados del cuerpo. El diámetro promedio de la fibra es de 26,8 micras, la longitud promedio de la fibra es de 142 cm. El peso de vellón es de 2,08 kg. Los animales *suri* pesan 64,8 kilos a la edad adulta. El fenotipo *suri* también se presenta en las llamas.

## La Selección

En una población, los individuos difieren en viabilidad y fertilidad, por consiguiente, contribuyen en forma diferente de una generación a otra. La contribución proporcional de los progenitores a la generación siguiente se llama *aptitud* o valor reproductivo o valor de selección. Si las diferencias en aptitud están asociadas con la presencia o ausencia de un gen particular en el genotipo, entonces la selección opera sobre ese gen.

Cuando un gen está sujeto a selección, su frecuencia en la descendencia no es la misma que la de los progenitores. Esto es, la selección produce cambios en la frecuencia de los genes, así como en la frecuencia de genotipos.

La selección es el proceso por el que se elige los individuos que serán los progenitores de la generación siguiente. La selección implica determinar que algunos animales dejen muchos descendientes, otros menos y algunos ninguno.

La selección puede ser natural o artificial.

En la *selección natural* la sobrevivencia va a depender del ajuste o adaptación del individuo o genotipo al ambiente. En la selección natural los individuos que más se reproducen son los que sobreviven en la población. Un factor de importancia es la resistencia a plagas y enfermedades. Como desventaja de la selección natural se tiene

que en general los animales son poco productivos, con caracteres no deseables, tardíos y poco eficientes.

En la *selección artificial* o dirigida se trata de aumentar en la población a individuos que tienen o transmiten uno o más caracteres provechosos para los humanos. Desde los inicios de la domesticación se ha utilizado la selección dirigida, que elige los animales machos y hembras con los caracteres deseables, manejando su reproducción y la selección de la prole de superior rendimiento.

La selección artificial generalmente actúa con criterios opuestos a la supervivencia de las especies silvestres, modificando las condiciones de la selección natural que permiten las adaptaciones de los organismos al ambiente.

La selección artificial no anula las presiones de la selección natural. Los animales bajo domesticación resultan de todos los efectos de la selección natural y la selección dirigida y del balance o desbalance que se alcanza de acuerdo con la intensidad aplicada en la selección artificial, determinando las divergencias que permiten diferenciar los animales silvestres de los domésticos.

Los genetistas andinos tuvieron una habilidad admirable para valorar los problemas, de asignarles la prioridad con relación al ambiente y a las exigencias humanas. Supieron priorizar los problemas y trabajar con mucha seguridad en la construcción de nuevos fenotipos para hallar las soluciones más provechosas.

Darwin escribió en 1868 que la llama era el descendiente domesticado del guanaco y que la alpaca provenía de la vicuña, señalando que, "...ahora que sabemos que fueron criados y seleccionados sistemáticamente hace muchos siglos, no hay nada sorprendente en la gran cantidad de cambios que han experimentado...".

Para la selección, los zootecnistas ancestrales utilizaron sistemas de identificación individual de los animales, dividiendo los rebaños por sexo, edad y color de la fibra en camélidos.

Emplearon la *selección fenotípica*, escogiendo individuos sobresalientes y realizando apareamientos entre los mejores machos con las hembras de calidad superior. Hoy sabemos que este proceso acumula genes aditivos responsables del rendimiento en peso corporal, peso de vellón, vigor y adaptabilidad al ambiente; y fija genes mayores que controlan el color de la fibra, permitiendo al mismo tiempo la adaptabilidad y la invariabilidad del tipo.

Esta modalidad de selección tiene la ventaja de originar líneas muy plásticas, es decir, con un amplio rango de adaptación, cualidad muy útil en la zona andina por las condiciones variables y difíciles del ambiente.

## Elección de los Caracteres de Interés Económico y Biológico

Los antiguos peruanos supieron elegir y priorizar los caracteres de interés económico y biológico; sabían que el cambio genético por generación es más rápido si se eligen pocos caracteres en el proceso de selección. En la alpaca parece que la presión de selección estuvo dirigida a lograr mayor finura de la fibra. En la llama se seleccionó por mayor tamaño y fortaleza física para el transporte (también por finura de la fibra, como lo demuestran las llamas de El Yaral). En el cuy y el pato criollo es posible que el carácter elegido fue el mayor tamaño del animal.

Un tema que hasta hoy no tiene una respuesta clara, es el hecho de que los antiguos peruanos no tuvieron interés en la utilización de la leche de llama o de alpaca en la alimentación humana. Trabajos de investigación realizados por Escobar, Ruiz de Castilla (1993) demuestran que la leche de llama podría usarse con ventajas frente a la leche de otras especies. En algunos países de África (Kenia y Somalia), Asia (Arabia), Europa y América del Norte, se comercializa hoy la leche de camella –prima hermana de los camélidos andinos– con resultados económicos y nutricionales excelentes, como reemplazante de la leche humana.

## Tipos de Selección Utilizados

En la domesticación de la llama y la alpaca, es probable que el confinamiento de la vicuña y el guanaco fuera el resultado del uso de barreras o cercos que usaron los cazadores-recolectores del período lítico mediante los *chaccus* que posteriormente utilizaron los Wari y los Incas.

Los preincas conocieron que para lograr un satisfactorio cambio genético se requiere de una población con alta variabilidad genética, para ello eligieron vicuñas y guanacos de diferentes nichos ecológicos de los Andes, con características morfológicas y comportamentales diferentes.

El mecanismo fundamental que condujo a la domesticación fue la manipulación de la variedad de fenotipos existentes dentro de una especie silvestre y su adecuación a las necesidades humanas mediante la *selección dirigida* o artificial.

La más utilizada fue la *selección direccional*, orientada a la maximización de un determinado carácter, por ejemplo, tamaño grande del animal. Es el caso de la llama cuya talla es mayor que la de su antecesor el guanaco. De igual forma en la alpaca cuya alzada es mayor que la de su ancestro silvestre la vicuña.

Se usó también la *selección estabilizante* cuyo objetivo es producir materiales intermedios, como la variedad intermedia de llamas, que se sitúa entre la *Q'ara* y la *Ch'aku*.

Por último, la *selección disruptiva* que consigue la creación de dos tipos opuestos, como el caso del vellón suelto y largo de las alpacas *Suri*, en tanto que el de las alpacas *Wacaya* es esponjoso y corto.

## Modificaciones Causadas por la Selección

### *Cambios en el Comportamiento*

**Rusticidad.** Es el conjunto de características heredables que tiene una raza o un animal que le permiten adaptarse al ambiente que le rodea. En las cinco especies estudiadas se consiguió mayor tolerancia a cambios de ambiente y de alimentación, condiciones de clima, resistencia a plagas y enfermedades, etcétera.

**Docilidad.** Es la manera en que los animales se comportan cuando son manejados por personas o cuando son puestos en un ambiente inusual, como un corral pequeño separados del resto de la manada. La docilidad es un carácter altamente heredable y se puede mejorar genéticamente.

En el caso del perro, el hombre usurpó el papel de líder jerárquico. Los perros son capaces de tolerar mayor densidad de población que el lobo. Según Hare *et al.* (2012) y Range y Virányi (2013), durante la domesticación los perros se volvieron menos agresivos y más tolerantes que los lobos, no sólo hacia los seres humanos, sino también hacia sus semejantes.

**Sociabilidad.** Es la conducta de los individuos que les permite vivir y relacionarse en grupos de su misma especie como una comunidad reproductiva. La tendencia al gregarismo de los camélidos silvestres, se aprovechó para su mantenimiento en grupos o rebaños, incluso en espacios reducidos (cobertizos, corrales) donde quedaron protegidos de sus enemigos naturales (puma, zorro, cóndor).

El comportamiento social de los camélidos silvestres que viven en grupos familiares polígamos puede ser aprovechado para el manejo reproductivo de las alpacas mediante el sistema de empadre en harem que fue propuesto por Ruiz de Castilla (2004) para realizar pruebas de progenie de reproductores machos.

El sistema consiste en aparear un grupo de 20 a 25 hembras con un solo macho, en períodos de 10 días de trabajo y 5 de descanso. Cada macho permanece con su harem en un potrero aislado por un período de 30 días, hasta fertilizar todas las hembras.

**Aprendizaje.** Es un cambio en la conducta de un animal como respuesta a estímulos específicos que resultan de la experiencia previa con estos estímulos o respuestas. Tiene un importante papel para la adaptación de los animales a nuevas situaciones mediante

una serie de mecanismos, como la costumbre, el condicionamiento, la imitación, etcétera. Immelmann (1980) y Range y Virányi (2013) han comprobado que el lobo tiene la habilidad de aprender no solo de sus congéneres, sino también de los humanos.

**Utilidad.** Los animales son fuente de alimento, materia prima para la confección de vestimenta, son un medio de transporte y sirven a los humanos para una infinidad de usos. Los antiguos genetistas andinos seleccionaron alpacas y llamas para la obtención de carne, piel, fibra, trabajo y estiércol. Los cuyes y los patos fueron utilizados para la alimentación, al igual que el Perro sin pelo del Perú. Actualmente, gran parte de la industria y la economía mundial tienen como base a los animales domésticos.

### **Modificaciones Fenotípicas**

Como consecuencia de la intervención humana en la evolución mediante la selección dirigida, han sido producidas modificaciones fenotípicas en los animales, diferenciando las formas domésticas de las silvestres.

En los genes de herencia simple que codifican para caracteres cualitativos exteriores, como el color y la estructura del vellón, que explican la uniformidad fenotípica en la vicuña y el guanaco por la mejor adaptación posible al ambiente en el que vivieron, se realizaron modificaciones contradiciendo las leyes de la selección natural y de la evolución.

Así, en la alpaca y en la llama se incrementó el tamaño y el peso del animal, haciéndolas menos ágiles para escapar de los depredadores naturales (el zorro, el puma y el cóndor), fue alterada la coloración del vellón, produciendo tonalidades diferentes al color canela de la vicuña y del guanaco que evita ser fácilmente descubiertos por sus enemigos naturales. Se originaron también cambios en la estructura del vellón (densidad mayor en la alpaca *wacaya* que en la *suri*) y en la finura de la fibra.

Los caracteres cuantitativos también muestran un rápido aumento de su variabilidad, como se muestra en los tipos morfológicamente diferentes en el esqueleto y la dentición.

Así, la porción anterior del cráneo del perro (*Canis lupus familiaris*) está proporcionalmente poco desarrollada en comparación con la del lobo (*Canis lupus*).

Similares cambios se observan en los cuyes. La cabeza de *Cavia tschudii* (poroncoe) es grande en relación con su volumen corporal, de forma cónica alargada y angulosa, el cuerpo es poco profundo y de desarrollo muscular escaso, en cambio *Cavia porcellus* (cuy doméstico) se caracteriza por presentar cabeza más pequeña, ancha, hocico corto, cuerpo redondeado y con mayor grado de desarrollo muscular.

En el pato criollo (*Cairina moschata doméstica*) se observa la reducción de la capacidad de vuelo y una marcada dificultad para desplazarse como consecuencia del incremento en el peso del ave doméstica.

### ***Consecuencias Genéticas***

La consecuencia más significativa de la domesticación es la intervención directa del hombre sobre la evolución de los animales.

Los efectos genéticos de la domesticación pueden estar asociados con un efecto importante de la selección sobre varios caracteres directamente favorecidos o desfavorecidos con la selección dirigida (artificial) sobre la selección natural, con un fuerte efecto de los fundadores, caracterizado por las diferencias entre los animales domésticos y sus progenitores silvestres. Y un efecto de la deriva genética a cargo de los genes selectivamente neutros o no directamente implicados en la selección dirigida.

En general, se observa mayor pérdida del *valor de ajuste* en los genotipos mejor adaptados al ambiente y que explican la uniformidad fenotípica de la especie silvestre con relación a los caracteres cualitativos como el color y el tipo de capa. Es observado un elevado valor reproductivo de algunos caracteres que no interactúan con el ambiente.

La consecuencia práctica es el paso de una especie silvestre progenitora, uniforme para los caracteres de la piel y las producciones epidérmicas, a una población doméstica caracterizada por muchas variantes fenotípicas visibles.

La domesticación en muchos casos no ha provocado una divergencia genética capaz de crear una verdadera separación entre especies domésticas y los progenitores silvestres. Esto explica la persistente interfertilidad demostrada, por ejemplo, entre el perro y el lobo, la llama y el guanaco, la alpaca y la vicuña, y entre el cuy y el *poronccoe*.

Los *procesos dispersivos* incluyen la ***deriva genética***, que produce cambios en la frecuencia génica, predecibles en magnitud, pero no en dirección y resulta de un proceso de muestreo al azar en poblaciones pequeñas. El resultado de la deriva genética es la fijación o eliminación aleatoria de un gen y, por lo tanto, el favorecimiento de la *consanguinidad*.

## **Los Sistemas de Apareamiento**

### ***La Consanguinidad***

Es el resultado del apareamiento de animales que tienen parentesco cercano, es decir, que tienen uno o más antepasados en común. Los animales emparentados tienen más

genes en común que los no emparentados, pero, así como los primeros tienen más genes favorables, también tienen más genes indeseables. Muchos animales poseen genes que permanecen escondidos y no se expresan en su fenotipo porque son recesivos. Con la consanguinidad pueden aparecer en forma homocigota deseable y de esta manera se pueden utilizar para producir individuos superiores, siendo entonces beneficiosa.

Sin embargo, existe el riesgo de que ocurra una *depresión por consanguinidad* o que se junten genes indeseables. Los niveles elevados de consanguinidad pueden afectar la fertilidad de los animales, generar problemas de salud y acarrear dificultades reproductivas, reducción del *vigor híbrido* y de la viabilidad de los animales.

Los genetistas ancestrales utilizaron la consanguinidad para fijar caracteres mediante técnicas de aislamiento de rebaños de alpacas y llamas. Al emplear los apareamientos consanguíneos, provocaron que la variancia genética de la población como un todo se incrementara y la variancia de las subpoblaciones disminuyera. Una evidencia de la aplicación de apareamientos consanguíneos es la separación de los camélidos por colores y la separación de los rebaños selectos de propiedad del Inca y de la religión del resto de majadas.

Los antiguos zootecnistas conocieron los síntomas de la *depresión por consanguinidad* (disminución de la producción, pérdida de prolificidad, esterilidad y frecuencia de abortos). En cuyes se evitaba la consanguinidad mediante el cambio de reproductores propios con otros de poblaciones diferentes.

Conocieron también los efectos negativos de la consanguinidad, descubriendo los indicadores de la misma en cuyes, por ejemplo, los dedos supernumerarios (*t'ata*) o las orejas cortas (*chunu*).

### ***El Cruzamiento***

Es el sistema de apareamiento opuesto a la consanguinidad en el que se aparean animales que no tienen parentesco cercano, es decir que tienen menos genes en común debido a que no hay ancestros comunes en muchas generaciones. En este sistema la homocigocidad se reduce y la heterocigocidad se incrementa. En general se incrementa la uniformidad fenotípica. El mérito fenotípico por lo general mejora debido al vigor híbrido o heterosis. La *heterosis* es el aumento en vigor de la descendencia con respecto a la de los padres, cuando se aparean individuos no emparentados.

Los antiguos peruanos emplearon la *heterosis*, apareando animales de distintas estirpes genéticas, lo que hoy sabemos que produce un aumento notable de la producción de la progenie.

Para la introducción de material genético nuevo se efectuaba una primera crianza aislada de animales, luego se evaluaba su adaptabilidad y para la creación del tipo final se realizaban cruzamientos dirigidos.

Conocieron la sexualidad y su importancia genética como mecanismo para la supervivencia de la especie y la posibilidad de mejorar los caracteres biológicos y económicos de los animales domésticos.

El cruzamiento de alpaca con llama originó los *guarizos* y los *mistis* que son híbridos no deseables. El cruce de alpaca con vicuña produce la *paco vicuña*, que no ha probado su utilidad en la práctica.

En 1999, Skidmore *et al.*, reportaron el nacimiento de un camélido denominado *Rama*, por hibridación de un guanaco hembra con un camello dromedario macho. Este cruce, mediante inseminación artificial se ha producido después de un aislamiento reproductivo de las tribus *Lamini* y *Camelini* durante al menos 11 millones de años.



**Figura 4**  
 Hibridación de dromedario con  
 guanaco  
 (Shutterstock)

## CAPÍTULO IV

---

### DOMESTICACIÓN DE LOS CAMÉLIDOS ANDINOS





**Figura 5**

*Camélidos de color*

(Pintura acrílica en madera del autor)

## Origen y Evolución de los Camélidos

Según Webb (1978), los camélidos tuvieron su origen en América del Norte en el Eoceno Tardío, hace unos 40 Ma, con la aparición de unos pequeños mamíferos parecidos a los guanacos que se les denominó *Protylopus petersoni*, de sólo 30 centímetros de altura.

Han sido encontrados fósiles del género *Pliiauchenia* en los llanos de América del Norte con una antigüedad de 9 a 11 Ma. Los *Pliiauchenia* dieron origen a los *Hemiauchenia*.

De los cuatro grupos de camélidos que dominaban las zonas planas de América del Norte, fueron los *Paracamelus* y los *Hemiauchenia* los que dieron origen a todas las especies actuales de camélidos.

Durante el Plioceno y el Pleistoceno la temperatura empezó a variar, Sudamérica y Norteamérica se unieron con el cierre del Istmo de Panamá, al igual que Norteamérica con Eurasia a través del Estrecho de Behring. Con estos cambios llegaron nuevos depredadores a Norteamérica, que obligaron la migración de los camélidos nativos hacia ambientes desérticos en África y a las zonas montañosas de Sudamérica.

Algunos *Paracamelus* migraron hace aproximadamente 3 Ma (comienzo del Plioceno), a través del Estrecho de Behring, desde América del Norte hasta Eurasia, y se extendieron por toda Europa, el norte de África y China. A partir de estos antecesores evolucionaron los camélidos jorobados de la tribu *Camelini*: el camello bactriano (*Camelus bactrianus*) y el dromedario actual (*Camelus dromedarius*). Existe actualmente un camello silvestre (*Camelus ferus*) que está estrechamente emparentado con el camello bactriano y se encuentra en peligro crítico de extinción.

Los *Hemiauchenia* migraron hacia el sur, también hace aproximadamente 3 Ma, pasando por el Istmo de Panamá, invadiendo las planicies y pampas de Sudamérica, constituyendo la tribu *Lamini*. Allí se diversificaron dando lugar a los géneros *Paleolama*, *Lama* y *Vicugna*.

Un estudio filogenético del ADN mitocondrial publicado por Peng Cui *et al.* (2007) sugiere que la divergencia entre las dos tribus pudo ocurrir hace 11 Ma, es decir, mucho antes de lo que se deduce del registro fósil.

Evidencias paleontológicas encontradas por Wing (1988) y Marín (2007) indican que la vicuña como actualmente la conocemos, se originó en las tierras bajas al este de los Andes hace 2 Ma. Estudios paleoclimatológicos y de ADN llevan a pensar que la actual distribución data de la última glaciación del Pleistoceno, hace unos 14 000 a 12 000 años.

En ese tiempo el clima en los Andes Centrales tenía una precipitación anual el doble que la actual, por lo que la abundancia de pastos permitió una gran expansión demográfica en el sector norte correspondiente a la subespecie *Vicugna vicugna mensalis*, mientras que *Vicugna vicugna vicugna* se adaptó a la extrema sequedad del sur y no se expandió.

Hace unos 10 a 12 mil años, en la época helada del Pleistoceno, se extinguieron todos los camélidos que había en América del Norte. En América del Sur desaparecieron los *Hemiauchenia* y los *Paleolama*, quedando solamente los guanacos del género *Lama* y las vicuñas del género *Vicugna*.

### **Domesticación de los Camélidos Andinos**

Siguiendo a Yacobaccio y Vilá (2013) –y apoyados en evidencias paleontológicas, estudios paleoclimáticos y de ADN, efectuados por otros autores–, se propone un modelo ampliado que incorpora las fases geológicas y las tradiciones y culturas involucradas, que abarca seis etapas de la historia del proceso de domesticación de los camélidos en los Andes: Etapa de cazadores-recolectores indiferenciados, etapa de cazadores avanzados, etapa de domesticación, etapa de confinamiento y pastoreo, etapa de la invasión europea y etapa republicana.

#### **Etapa de Cazadores-Recolectores Indiferenciados (34 000 a.C.-10 000 a.C.)**

Según Lumbreras (2005) y Gonzales Carré (2007), esta etapa en los Andes Centrales habría comenzado con el Hombre de Pacaycasa (22 000 años a.C., algunos autores dan el fechado de 14 000 a.C.) en Piquimachay, Ayacucho. Este humano se alimentaba de vegetales silvestres, megaterios, mastodontes, gliptodontes, paleollamas y otros animales grandes.

En las Cuevas de Panaulauca (Junín) y Huarco (Huánuco) se encontró abundante instrumental de piedra, principalmente puntas preproyectil, asociados a huesos de megaterios y gliptodontes, caballos americanos, cérvidos y paleollamas.

Existen evidencias tempranas de ocupación de la puna peruana en Jayhuamachay y Pachamachay (Junín) con una antigüedad de 13 500 años a.C. Estos andinos dejaron pinturas rupestres con escenas de caza de camélidos.

#### **Etapa de Cazadores Avanzados o Puntas de Proyectoil (10 000 a.C. –7 500 a.C.)**

En Lauricocha (Huánuco), 10 000 años a.C. se encontraron raspadores y lascas, huesos

fosilizados de camélidos y cérvidos, raíces y tubérculos, proyectiles de puntas foliáceas en forma de sauce o laurel, figuras de animales, etcétera.

Las culturas Lauricocha (7 525 a.C.), Toquepala (7 540 a.C.), Telarmachay, Chivateros y El Guitarrero (10 560 a.C.), se interpretan como pueblos eminentemente cazadores, al principio de grandes presas; pero la evolución a puntas cada vez más pequeñas indica la extinción de los grandes herbívoros y la adaptación de los cazadores a una fauna de menor tamaño (venados, vicuñas y guanacos) (Wing, 1977).

### **Etapas de Domesticación (8 000 a.C.-4 000 a.C.)**

Rick (1983) indica que –en el Arcaico Temprano, 8 000 años a.C.–, los peruanos ancestrales comenzaron a experimentar con el cultivo de plantas y la cría de animales. Los hombres de El Guitarrero combinaron sus actividades de caza trashumante con el cultivo de pallares, ajíes y calabazas.

A partir del 7 000 a.C. el Hombre de Telarmachay (Junín), habría iniciado la domesticación de las alpacas y las llamas. Marín *et al.* (2007) y Kadwell *et al.* (2001) mediante estudios genéticos concluyen que la alpaca descende de la vicuña y que la llama descende del guanaco, corroborando lo que escribió Darwin en 1868.

Los restos hallados en Telarmachay muestran que fue muy difícil lograr la sobrevivencia de los animales criados en cautiverio, posiblemente hubo una masiva mortalidad de las crías por el estrés y las enfermedades que aparecieron con el aumento de la densidad poblacional ocasionada por el encierro de los animales en corrales.

Después de la domesticación en la puna, según refiere Wing (1977), aparecen restos de llamas en sitios arqueológicos de los valles interandinos de Ayacucho y Lauricocha, hacia el 5 000 a.C.

Desde hace 1 400 años hay evidencias de crianza de llamas en la costa norte de Perú y en Ecuador. También en sitios de la costa sur del Perú hacia el 1 000 a.C. Lozada *et al.* (2009) encontraron una interacción genotipo-ambiente siempre diferente.

Es posible que todo ello haya contribuido a ensanchar la variabilidad genética y una progresiva variabilidad entre los animales. El paso a una economía de pastoreo fue gradual y se repitió en Ayacucho con el Hombre de Jaywamachay.

Estudios de ADN realizados por Cano *et al.* (2012) y Cartagena, (2009) indican que la llama fue domesticada en varias localidades de los Andes. Un primer centro se ubicaría en la puna peruana. Un segundo centro de domesticación se situaría en la puna seca en el noroeste de Argentina y el norte de Chile.

### **Etapas de Confinamiento y Pastoreo (Desde 4 000 a.C.)**

El sedentarismo apareció posteriormente a la domesticación de camélidos y una rudimentaria vida pastoril. La gran cantidad de restos de camélidos jóvenes sacrificados sugiere que eran preferidos para el consumo, posiblemente por la mayor calidad sensorial de la carne de los *tuis*, determinada por la ternura, el sabor y la jugosidad.

De acuerdo a información suministrada por Rostworowski (1977), la carne que consumían los Moche (100 a.C. al 700 d.C.) en la costa norte, en un 90% provenía de animales terrestres como los camélidos, cuyes, perros y caracoles terrestres; el resto eran animales marinos.

Los Tiawanaco (100 a.C.-1 200 d.C.), manejaron grandes rebaños de camélidos. En el 550 d.C. los Wari desarrollaron una ganadería de alpacas y llamas de alto nivel hasta el 900 d.C. Ellos también practicaron los *chaccus* de vicuñas.

Los *sapiens* de la cultura Chiribaya (900 a 1 450 d.C.) pastoreaban llamas y alpacas y manejaban vicuñas en las lomas costeras con la ayuda de una raza primitiva especial de perro, el *pastor chiribaya*.

Los 26 camélidos momificados encontrados en El Yaral, Moquegua, pertenecientes a la cultura Chiribaya (700 a 1 300 d.C.) muestran que la llama y la alpaca eran especies bien separadas en su uso en la sociedad pastoril preinca. Se encontraron también llamas del tipo *suri*. Las llamas de El Yaral presentan mayor variabilidad en su uso: como animales de carga, como proveedores de carne y por su fibra muy fina. Parece ser evidente el uso de alpacas y llamas en sacrificios.

El diámetro de la fibra de los camélidos de El Yaral presenta gran variabilidad, en alpacas desde 17,9 hasta 23,6 micras (mucho más fina que la de las alpacas actuales de 20 a 30 micras) y en llamas desde 22,2 hasta 32,7 micras (actualmente de 28 a 32 micras). La variación del diámetro dentro de la misma capa es baja e indica una importante selección para la finura de la fibra en alpacas finas y superfinas, y en llamas. Además, se observa que todos los animales presentan pigmentación uniforme, lo que sugiere también una temprana selección por uniformidad de color.

Estos hallazgos demuestran el avanzado grado de mejoramiento genético tanto de llamas como de alpacas, seguramente con una alta presión de selección hacia la finura de la fibra, que se ha deteriorado marcadamente en etapas posteriores a la ocupación europea hasta nuestros días.

Entre el 900 d.C. y el 1 476 d.C. los Lupaca se dedicaban a la agricultura de tubérculos y pastoreo de decenas de miles de camélidos realizando el control de los pastos de puna.

La principal actividad económica de los Colla fue la ganadería de camélidos que la complementaban con sembríos de papa, olluco y quinua.

Hacia el año 1 200 d.C. se estableció el Estado Inca y la crianza de los camélidos llegó a su máxima expresión y desarrollo.

Antunez de Mayolo (2011) refiere que los incas lograron irrigar alrededor de 20 millones de hectáreas que alimentaban entre 45 a 48 millones de camélidos y cuyo pastoreo estaba a cargo de 75 000 familias de pastores.

Todos los rebaños estaban bajo el control de los *llama camayoc* (ZOOTECNISTAS INKAS), especialistas en el cuidado y crianza de camélidos. Además, había rebaños comunales y de propiedad privada. Un llamero común *Uywamichiy* poseía hasta 1 000 llamas, un noble podía tener 50 000 animales.

El Estado se encargaba de reclutar los camélidos de algunos colores especiales, que eran de uso ritual y elitista. Cuando nacía una llama completamente blanca, negra o colorada, el pastor o el noble estaban obligados a donarla a los rebaños del Estado para su uso mágico religioso.

Guamán Poma (1993/1615) narra que al inca le gustaban las llamas de color pardo colorado porque el rojo era el color sagrado. Las llamas negras eran usadas para “hacerlas llorar” y pedir agua al cielo en épocas de sequía y las blancas para otros rituales como la toma de mando de un nuevo inca.

Los sistemas de crianza y aprovechamiento de los camélidos domésticos: alpaca y llama, y de los silvestres: vicuña y guanaco, fueron de una racionalidad impresionante, compatible con la conservación del frágil ecosistema de montaña y el bienestar de la población humana.

Los camélidos proporcionaban al hombre andino carne para su alimentación, fibra para su vestimenta y estiércol como combustible. El consumo de la carne era autorizado por el inca en épocas de fiesta.

Los cronistas españoles describen la utilización de llamas como animales de carga. Su uso fue económicamente muy importante para transportar productos desde la costa hasta la selva, de igual modo su cuero. Engel (1966) informa que al sur de Paracas se encontraron cementerios de llamas con alforjas decoradas con plumas de colores vivos.

Los incas utilizaron tecnología apropiada en el manejo de los animales y se aplicaron sistemas de selección muy avanzados. Dividían las poblaciones de camélidos en rebaños de alpacas y llamas, y a su vez eran subdivididos en majadas de hembras con cría, hembras jóvenes y machos; poniendo especial cuidado en seleccionar animales por sus diversos colores.

Existían rebaños de llamas de color entero (marrón, negro y blanco) destinadas al sacrificio a distintas deidades, así como para la producción de fibra de calidad superior para la elaboración de textiles bajo control estatal.

Por medio de los *kipus* (un sistema de contabilidad en base a cuerdas anudadas de fibra de camélidos o algodón) se registraba la información acerca del número de animales, el color, la mortalidad y otros datos de la producción camelícola.

Avanzaron de manera importante en el manejo de praderas, desarrollando sistemas de regadío. También hicieron un manejo racional de la fauna silvestre mediante los *chaccus* y desarrollaron una tecnología textil de vanguardia.

### **Etapas de la Invasión Europea**

Cieza de León (1967/1553) refiere que hubo una reducción drástica del 90% de la población de camélidos causada por la matanza de animales para consumo de carne en un breve período de tiempo. La llegada de nuevas enfermedades eliminó otra gran parte de la población de camélidos. Garcilaso de la Vega (1976/1609) cita que, en los años 1544 y 1545, las dos terceras partes de los animales fueron aniquilados por la gran epidemia de sarna.

El completo abandono del ordenado sistema zootécnico de los incas y, finalmente, la introducción por los españoles de ovinos, vacunos y equinos, desplazó a los camélidos a altitudes mayores a los 3 800 m s. n.m., donde otros animales domésticos no podían sobrevivir.

Los camélidos domésticos fueron obligados a abandonar las zonas costeras y valles interandinos y volvieron a habitar el ambiente de alta montaña en el que fueron domesticados hacia varios milenios y hasta hoy se encuentran en un franco proceso de adaptación a la altura.

La destrucción del refinado sistema de producción de los camélidos llevó a una mezcla imprevista entre las llamas y las alpacas, y entre estas y los guanacos y vicuñas, como consecuencia de la existencia de las cuatro especies en el mismo ambiente de sobrevivencia. El cruzamiento entre la llama y la alpaca redujo la divergencia genética que evidentemente era más amplia en la fase de las culturas anteriores a la invasión europea.

Las consecuencias genéticas de este período han sido dramáticas y han cambiado definitivamente a los animales respecto a la situación anterior. La drástica reducción del número de individuos provocó una fuerte variación de la frecuencia de genes presentes

en la población, con la fijación de algunos genes y caracteres y la desaparición de otros. El efecto de la deriva genética debe haber sido muy fuerte, pero no se puede cuantificar ni individualizar la cantidad y el tipo de características desaparecidas.

### Etapa Republicana

Se inició esta etapa con el progresivo y lento aumento del número de animales, pero está en duda que las especies domésticas de camélidos estén actualmente bien consolidadas.

A partir de la década de 1930, como consecuencia de la gran demanda internacional de la fibra de alpaca *Wacaya* de color blanco, se produjo un cambio genético positivo en la población de alpacas con un incremento progresivo de animales de vellón uniformemente blanco y una mejora importante en la finura de la fibra, hasta constituir un buen porcentaje de la población total con una notable reducción de la variabilidad.

Este hecho motivó un abandono de las alpacas *Suri* y de los ejemplares de diversos colores de alpacas y llamas, con una pérdida de genes y caracteres, que está siendo reparado en las últimas décadas con la creación de centros de conservación de animales de color y núcleos genéticos de alpacas *Suri*, como el que se fundó en la Estación experimental La Raya de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco en la década de 1980.

En la fase anterior a la ocupación española hubo una cierta estandarización de las llamas y las alpacas, se han identificado las típicas razas primitivas. En la fase republicana las poblaciones tienen una elevada variabilidad de los caracteres externos, salvo el caso de la alpaca *Wacaya* blanca, que ha sido objeto de selección dirigida durante más de ochenta años en algunas crianzas del sur del país.

Lo mismo se puede observar en algunas poblaciones de alpacas donde el efecto del blanqueo de los rebaños no llegó, especialmente en algunas comunidades campesinas. No parecen existir actualmente razas secundarias en la llama y la alpaca, tema que será discutido posteriormente.

Paredes *et al.* (2020), con el objetivo de evaluar la variabilidad genética actual y la diferenciación de la población de llamas del Banco de Germoplasma de Quimsachata en Puno, encontraron una alta diversidad genética. Aunque se consideran dos “razas” diferentes de llamas y se manejan por separado, la diferenciación genética entre *ch'aku* y *q'ara* fue baja. En consecuencia, el valor del flujo de genes fue alto. En general, los resultados indican la existencia de una alta variación genética entre individuos.

Hoy en día, según Ruiz (2019), la crianza de camélidos sudamericanos domésticos se caracteriza por tener niveles bajos de producción y productividad, por la carencia de

políticas sostenibles de producción animal, que deberían incluir programas adecuados de investigación, capacitación y transferencia de tecnología a los criadores y de inclusión de los saberes ancestrales.

No existe un programa nacional de mejoramiento genético de alpacas, tal como lo puntualizó Ruiz (2011), pero existen iniciativas individuales de compañías privadas, ONGs y algunas asociaciones de criadores con el objetivo de mejorar la finura de la fibra y el peso de vellón. Tampoco existe un programa de mejoramiento genético de llamas.

El Estado Peruano estableció algunas políticas públicas, creó algunos centros experimentales y el Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos –CONACS– llevó a cabo el programa de Registros Genealógicos de Alpacas desde 1995 hasta el año 2007, solo un porcentaje pequeño avanzó hasta la etapa de Libro Abierto Definitivo en Puno, en Junín y Pasco, mientras que en Arequipa solo hasta Libro Abierto y en Cusco hasta Libro Abierto Provisional.

Las Universidades peruanas: Agraria La Molina, Mayor de San Marcos, San Antonio Abad del Cusco, Cayetano Heredia, Nacional de Puno y la de Huancavelica; están liderando investigaciones en biotecnologías reproductivas, abordando los temas de inseminación artificial, transferencia de embriones y fecundación *in vitro*.

Se viene avanzando en la genómica de la alpaca, estimación de parámetros genéticos, y la posibilidad de aplicación de herramientas genéticas para la mejora de los camélidos andinos que permitan el establecimiento de programas de selección basados en el mérito genético de los reproductores.

### **Características de los Camélidos Andinos**

Los camélidos andinos se caracterizan por presentar largos y delgados cuellos y piernas extensas; tienen verdaderos caninos superiores e inferiores separados de los premolares por un diastema tanto en el maxilar como en la mandíbula; el labio superior está dividido en dos partes, cada una con movilidad separada; el estómago está dividido en tres cámaras; tienen dos dedos con uñas en cada pie y presentan una almohadilla plantar en lugar de cascos o pezuñas.

Los camélidos andinos están representados por dos especies silvestres (vicuña y guanaco) y dos especies domésticas (alpaca y llama).

### El Guanaco (*Lama guanicoe*)



**Figura 6**

*Guanaco (Lama guanicoe)*, (Shutterstock)

El guanaco se caracteriza por su cuerpo esbelto, de pelaje lanoso, espeso y no muy largo, de color marrón con tonos negruzcos en la cabeza. Los alrededores de los labios son blanquecinos, al igual que el borde de las orejas y los ojos, la parte inferior del cuerpo y la interior de las piernas. Las patas son de color pardo y debajo del cuello presenta un collar de pelo blanco.

Marín *et al.* (2008), ha demostrado la existencia de dos subespecies: *Lama guanicoe cacsilensis* que vive en el Perú y *Lama guanicoe guanicoe* que habita en Argentina y Chile.

La subespecie *L. g. cacsilensis* tiene color marrón claro y a edad adulta mide de 1,20 a 1,75 metros de alzada a la cabeza; la alzada a la cruz es de 0,90 a 1,00 metro. Alcanzan de 96 a 140 kilos de peso corporal adulto, su fibra tiene un diámetro de 16 a 24 micras, tiene de 5 a 20% de pelos en el vellón y un rendimiento a la esquila de 250 gramos.

La subespecie *L. g. guanicoe* es de color marrón rojizo oscuro, mide 0,9 a 1 m de altura a la cruz y pesa hasta 120 kg; Miller y Rottmann (1976). Su fibra tiene un diámetro de 14 a 18 micras, y un rendimiento a la esquila de 300 a 700 gramos con 20% de pelos en el vellón.

## La Vicuña (*Vicugna vicugna*)



**Figura 7**

Vicuña (*Vicugna vicugna mensalis*)  
(Shutterstock)

La vicuña posee una silueta esbelta, de líneas armoniosas con una osamenta muy liviana. El tercio anterior del cuerpo es más bajo que el posterior.

Dos subespecies de vicuñas han sido descritas: *Vicugna vicugna vicugna* y *Vicugna vicugna mensalis*. Martín *et al.* (2007) muestra que ambas subespecies pertenecen a linajes mitocondriales separados cuya actual distribución aparentemente es el resultado de una expansión demográfica durante la última glaciación del pleistoceno hace 14 000 a 12 000 años cuando se estableció una zona de aridez extrema.

*V. v. mensalis* habita en el Perú y se caracteriza por tener un largo mechón de fibra que crece en su pecho. La cabeza, el cuello, la espalda, los costados y la superficie de la cola tienen coloración canela oscura, mientras que las partes inferiores de la cara, el vientre y la cola, así como la superficie interior de las piernas son blancos, y los ojos y las orejas están delineados en blanco.

*V. v. mensalis* adulta mide 1,15 a 1,30 metros de alzada a la cabeza; la alzada a la cruz es de 0,87 a 0,90 metros. El peso corporal es de 35 a 40 kilos. Las crías nacen con 4 a 6 kilos. La fibra de vicuña es la más fina de las fibras animales, con un diámetro promedio

de 12,5 micras y una longitud de 3,2 cm. los pelos del pecho alcanzan 18 a 20 cm. El peso de vellón varía de 160 a 320 gramos.

*V. v. vicugna* es más grande que *V. v. mensalis* y habita en Chile y Argentina, no presenta mechón de pelos en el pecho y su coloración es beige claro con una mayor distribución de color blanco que cubre no solamente el vientre, así como la mitad inferior de los flancos hasta la cresta del íleo y gran parte de las extremidades.

### La Llama (*Lama glama*)

La llama es el camélido andino más grande y robusto. Con una cabeza en forma de pirámide trunca, pero más alargada y aguda en la parte del hocico, con orejas más largas y curvadas hacia adentro en el extremo superior, su frente puede ser recta o convexa, con un cuello largo fuerte y ligeramente cónico, con su parte más ancha en la base; el dorso recto y la cola casi siempre levantada y en arco.

Franco *et al.* (2009), en su manual de juzgamiento indica que el pecho y el tórax de la llama son anchos y profundos, la parte abdominal es sumida y estrecha en la parte posterior de la pelvis, los cuatro miembros son proporcionales al cuerpo, fuertes y musculosos.

Mamani, Ruiz de Castilla (1991) encontraron que el color del pelaje de las llamas varía desde el blanco, marrón, gris y negro, con una gama muy rica de tonalidades.

Ruiz de Castilla (2019b), con data levantada en las provincias de Espinar y Chumbivilcas en Cusco; y Caylloma y Castilla Alta en Arequipa, reporta que la llama adulta mide 1,50 a 1,90 metros de altura a la cabeza. La altura a la cruz es de 1,09 a 1,19 metros. El peso corporal adulto es de 116 kilos para machos y 101 kilos para hembras. El peso al nacimiento es de 11 kilos para machos y 12 kilos para hembras.

La fibra de llama presenta mucha variabilidad en el diámetro que va desde 10 a 40  $\mu\text{m}$  y una tendencia a la dominancia del pelo sobre el vellón. En las hembras *q'ara* el diámetro de fibra promedio es de 32  $\mu\text{m}$  y en los machos 35  $\mu\text{m}$ . En hembras *ch'aku* es de 27  $\mu\text{m}$  y en machos 29  $\mu\text{m}$ .

Las mechas alcanzan una longitud de 10 cm. El peso de vellón de un año es de 1,10 kilos para hembras y 1,50 kilos para machos en promedio para los dos fenotipos (*q'ara* y *ch'aku*). El porcentaje de medulación para las fibras de la capa interna es de 59 y de la capa externa de 97.

Los antiguos genetistas peruanos crearon dos fenotipos de llamas: El fenotipo *q'ara* y el fenotipo *ch'aku*.

### *El Fenotipo Q'ara*



**Figura 8**  
*Llama Q'ara*  
(fotografía del autor)

Denominado también desnudo o pelado, posee un vellón de poco peso, mecha corta, con mucho pelo y con la cabeza, cuello y patas con escasa fibra. La finura promedio de la fibra es de 32 a 35  $\mu\text{m}$  de diámetro con 80% de medulación. Son animales con una mayor capacidad torácica y abdominal, mayor talla y longitud de cuerpo, muy fuertes, por lo que se los utiliza como bestias de carga.

### *El Fenotipo Ch'aku*



**Figura 9**  
*Llama Ch'aku*  
(Shutterstock)

También llamado cubierto o lanudo, tiene la cabeza más corta y estrecha, presenta vellón abundante, esponjoso con mayor densidad de fibra, compuesto por fibras más finas, de 28  $\mu\text{m}$  y de mayor longitud (5 a 21 cm) con 30% de medulación.

El calce de vellón es mayor que en *q'ara* y cubre la parte posterior de la cabeza, se extiende hacia la cara, entre las orejas y crece desde el interior de las orejas y el cuello, el cuerpo y los dos tercios superiores de los cuatro miembros.

Llamas con características intermedias entre *q'ara* y *ch'aku* existen en toda la zona de distribución de esta especie.

Wheeler (2012), describe dos fenotipos adicionales:

**El fenotipo *suri*** que se caracteriza por su fibra larga, organizada en ondas, que caen a ambos lados del cuerpo, al igual que la alpaca *suri*. Su población es muy pequeña.

**El fenotipo *llamingo*** de pequeño tamaño, y con menos fibra. Aparentemente distinta genéticamente de los otros fenotipos. Parece ser un ecotipo local con población limitada en Ecuador. No existe mayor información sobre sus características.

### **La Alpaca (*Vicugna pacos*)**

La cabeza de la alpaca es más pequeña que la de la llama, en la parte frontal presenta un característico mechón de fibra o copete. Las orejas son pequeñas y terminadas en punta. Los ojos son redondeados, grandes y salientes. El perfil del cuerpo es más curvilíneo que el de la llama. La alpaca ha sido seleccionada para la producción de fibra. La fibra presenta colores diversos.

La alpaca adulta tiene una altura a la cruz de 0,80 a 0,90 metros, 1,30 a 1,40 metros de altura a la cabeza; siendo el peso de los machos de 64 kilos y el de las hembras de 62 kilos. Las crías pesan al nacimiento entre 6 y 8 kilos.

Ruiz de Castilla (2006) describe dos fenotipos de alpacas que los zootecnistas andinos ancestrales crearon: El fenotipo *wacaya* y el fenotipo *suri*.

### *El Fenotipo Wacaya*



**Figura 10**  
*Alpaca Wacaya*  
(Shutterstock)

Constituye el 90% de la población total nacional, caracterizada por su mayor calce de vellón, que deja sólo la cara y la parte inferior de las 4 patas cubiertas de pelo corto. La fibra es densa, rizada y esponjosa, las mechas se disponen perpendicularmente a la superficie de la piel dándole una apariencia corpulenta. El diámetro de fibra promedio es de 27  $\mu\text{m}$  y una longitud de 9,58 cm en fibra blanca y 9,75 cm en fibras de color. El peso de vellón de un año de crecimiento es de 1,7 kg. El peso corporal del animal adulto promedia 63,4 kg.

### *El Fenotipo Suri*



**Figura 11**  
*Alpaca Suri*  
(Shutterstock)

El fenotipo *suri* está en situación de vulnerabilidad por su pequeño número. Es de apariencia elegante, angulosa, esbelta y de estampa fina. Su fibra casi no presenta rizos, es lacia y sedosa, menos densa que la de *wacaya*. Las mechas se disponen en forma paralela a la superficie cutánea, con fibras más largas que caen desde la línea media de la espalda a ambos lados del cuerpo. El diámetro promedio de la fibra es de 26,8 micras, la longitud promedio de la fibra es de 14,2 cm. El peso de vellón es de 2,08 kg. Los animales *suri* pesan 64,8 kilos a la edad adulta.

### **Las Razas de Camélidos Domésticos Andinos: Un Tema Polémico**

Existe todavía una controversia con respecto a la calificación como verdaderas razas zootécnicas en lo concerniente a los fenotipos de llamas, así como los de alpacas.

La creación de las razas y su posterior evolución de acuerdo con Renieri *et al.* (2009), se inicia con la domesticación. Antes de ella actuaba únicamente la selección natural. Más tarde, mediante la reproducción dirigida, se siguen creando razas aplicando la selección fenotípica sobre determinados caracteres morfológicos, productivos, de adaptación o incluso por cruzamientos con otros grupos de camélidos debido a migraciones o por elección humana.

Las condiciones ambientales diferentes en las que vivían las poblaciones animales nativas, fueron diversificando numerosos grupos de cada especie en cada región, originando la aparición y consolidación de razas concretas.

En el siglo XVIII los criadores ingleses empezaron a crear las razas modernas de manera sistemática, proceso que continúa hasta nuestros días.

Darwin (1868), indicaba que la raza y la variedad son especies nacientes o en vías de formación, por lo que la raza se puede incluir como una categoría inferior a la especie y superior a las subrazas, variedades y estirpes.

Se puede entonces definir la raza como un grupo de animales que se diferencian de otros de la misma especie por una serie de características morfológicas, productivas, psicológicas, de adaptación, etcétera, que son transmisibles a la descendencia, manteniendo cierta variabilidad y dinámica evolutiva.

Las razas pueden ser clasificadas en cuatro tipos: Primaria, secundaria, sintética y mendeliana.

## Raza Primitiva, Primaria o Población Tradicional

Constituida por animales que han quedado en los primeros niveles posteriores a la domesticación. Renieri *et al.* (2009) indica que su principal característica es la gran variabilidad de los rasgos morfológicos, cualitativos y cuantitativos, sobre todo los de efectos visibles.

Comprende a las razas naturales o geográficas que existen en la especie silvestre. Representa la primera redistribución del patrimonio genético de la especie.

Se forma como resultado del aislamiento geográfico. Las consecuencias genéticas son la existencia de los diferentes biotipos posibles a diferentes valores de selección que los mismos alelos pueden asumir. Por tanto, el polimorfismo genético es bastante amplio.

Tienen una importancia genética extraordinaria, porque tienden a conservar en su interior una gran variabilidad genética, por ello representan una verdadera reserva propia de genes. Las primigenias razas de llama (*Q'ara* y *Ch'aku*) y de alpaca (*Wacaya* y *Suri*) creadas por los antiguos peruanos podrían ser consideradas como razas primitivas.

## Raza Secundaria

Renieri *et al.* (2009) refiere que las razas secundarias han sido obtenidas desde el siglo XVIII d.C., a partir de las razas primarias en base al aislamiento dentro de una raza primitiva y selección dirigida según criterios muy específicos.

Representa una segunda redistribución de la reserva genética de la especie, sin el descubrimiento de nuevos genes, a excepción de mutaciones eventuales o de inmigración (introducción) de genes de razas exóticas.

Las consecuencias genéticas dependen de los factores que tienen mayor efecto sobre la variación de la frecuencia génica. Si los factores prevalentes son la adaptación al ambiente, la migración génica y la mutación –sobre todo recurrentes–, la raza secundaria tiende a mantener un nivel de heterocigosis bastante alto, similar al de la raza primitiva. Pero si prevalece la selección dirigida, o la deriva genética, la raza tiende a aumentar la homocigosis.

Estas razas se llaman también estandarizadas porque a partir de ellas se construyen los estándares de las razas con la tendencia a la uniformidad exterior de los caracteres cualitativos de efecto visible en los animales; se forman además las primeras asociaciones de criadores y se abren los primeros libros genealógicos.

Las razas de alpacas y llamas actuales no pueden ser clasificadas como razas secundarias, porque no ha habido un aislamiento dentro de ellas, más al contrario, ha habido un

descuido mayúsculo que ha originado cruzamientos indeterminados entre especies y razas primarias de llamas y alpacas durante alrededor de 500 años.

Además, no se ha hecho un esfuerzo selectivo, al menos en los últimos cien años en el Perú para conservar y mejorar dichos genotipos. Existen algunas asociaciones de criadores cuyos propósitos son más bien reivindicativos antes que los de llegar a un estándar con registros genealógicos.

En el caso del *Perro sin pelo del Perú* sí se puede hablar de una raza secundaria. El 12 de junio de 1985, en Ámsterdam (Holanda) fue registrada esta raza con el número 310 en la nomenclatura de razas correspondiente al Grupo V de la Federación Cinológica Internacional (FCI), en la sección de perros primitivos; y el 30 de mayo de 1994 fue aprobado el estándar racial con el nombre oficial de *Perro sin pelo del Perú*.

Con respecto a los cuyes también se ha avanzado significativamente en la constitución de tres razas secundarias: La raza *Perú*, la raza *Andina* y la raza *Inti*. Estas razas son descritas en el capítulo VI de este libro.

### **Raza Sintética o Compuesta**

Se deriva de la combinación de razas secundarias, pero también ocasionalmente de razas primarias combinadas con secundarias. Dan lugar a combinaciones particulares de varios caracteres que son el origen de la creación de variabilidad actualmente.

### **Raza Mendeliana**

Puede ser extraída de cualquiera de las anteriores, creando una barrera reproductiva en función de uno o algunos pocos caracteres cualitativos.

Es frecuente en los animales de compañía, pero también aparecen en los animales de interés económico, aprovechando genes mayores comercialmente interesantes, como la hipertrofia muscular en bovinos, porcinos y ovinos. Los genes de alta prolificidad en ovinos y cuyes; y los genes de color de la capa en los animales de fibra o de piel (camélidos y cuyes). Se podría trabajar también la mutación lustre en las alpacas Suri.

Renieri *et al.* (2009), indican que también necesitan de una asociación de criadores, así como un estándar racial, direcciones de mejoramiento de la producción y de la morfología de los animales bien definidos y uniforme para todos los individuos; poseen un registro genealógico y un comité técnico de expertos.

En camélidos, del apareamiento de machos y hembras *suri*, el 17% de las crías tienen el fenotipo *wacaya*, de igual manera, del apareamiento de machos *wacaya* con hembras *wacaya* resulta un 2% de crías de fenotipo *suri*. Esto demuestra que en los últimos 600 años han ocurrido cruzamientos indiscriminados que siguen generando estas incongruencias genéticas.

Probablemente con el establecimiento de bancos de germoplasma y un depurado trabajo genético, sobre todo en los ejemplares *suri*, se pueda lograr la restitución de las milenarias razas primarias de alpacas creadas por los genetistas de la edad de piedra.

### **Camélidos Andinos y Cambio Climático**

Cambio climático es cualquier cambio en el clima (temperatura, humedad, precipitaciones, eventos) a través del tiempo, que sea producto de la variación natural o de la actividad humana. Es un fenómeno global que ocurre en períodos largos con tendencias definidas.

El cambio climático viene afectando a la ganadería y la economía del país, estimándose que para el 2050 el aporte de la ganadería a la seguridad alimentaria se podría reducir en más del 30%, debido a la expansión de tierras cubiertas por matorrales, reducción de bofedales, pérdida de productividad, aumento en el índice de aridez y la degradación de los pastizales por sobrepastoreo.

Los camélidos por su rusticidad y adaptación a condiciones extremas podrían contribuir a reducir el grado de exposición y sensibilidad al cambio climático, potenciando la capacidad de los ecosistemas y de los usuarios para resistir el estrés climático.

La supervivencia de la camelicultura andina ha sido posible gracias a la dedicación del hombre de los Andes y a las ventajas adaptativas de la alpaca y la llama frente a otras especies animales:

Bustanza (1987), refiere importantes modificaciones anatómicas y fisiológicas cardiovasculares y respiratorias que compensan eficazmente la hipoxia, por el tamaño pequeño de los glóbulos rojos y su elevado número que le dan una mayor superficie de contacto con el oxígeno pulmonar; y su forma elíptica que facilita el movimiento a los capilares pequeños.

Reynafarge *et al.* (1975), han encontrado una cantidad de la enzima deshidrogenasa láctica que es 6 veces más alta que en los humanos que viven en la misma altura. Esta enzima juega un rol muy importante en la actividad glucolítica en el metabolismo anaeróbico de los carbohidratos.

Es mencionada la adaptación a fuentes alimenticias con un contenido relativamente alto de fibra, pero suficientemente no lignificada en forma de carbohidratos celulósicos. Los camélidos no han desarrollado celulasas (enzimas que degradan la celulosa), en cambio tienen una relación simbiótica con sus bacterias gástricas; permitiendo digerir los productos fermentados, la proteína microbiana y la vitamina B, que es balanceada por la más o menos completa fermentación de la proteína, el almidón y los carbohidratos solubles. Este quizá es el aspecto más especial de la evolución bioquímica y la ventaja comparativa mayor de los camélidos (Van Soest, 1982).

Las alpacas y las llamas tienen un similar nivel de consumo de alimentos y consumen 26% menos que los ovinos en pradera nativa. Este menor consumo se explicaría por el mayor tamaño corporal y el relativo menor requerimiento de energía. Esto repercute en la menor selectividad especialmente de la llama en comparación con otros herbívoros (San Martín, 1987).

El timpanismo es relativamente desconocido en camélidos y podría estar asociado a factores genéticos, la gran actividad microbiana, la producción de saliva y su composición proteica, la mayor motilidad gástrica, gran absorción de ácidos grasos volátiles, los ciclos de rumia y la posible acción tamponeadora de los “sacos glandulares” en el estómago (Church, 1975).

Las llamas y las alpacas emiten menos gases de efecto invernadero que otros rumiantes.

Por la pequeñez de las patas con la “almohadilla plantar” que sostiene en forma balanceada el cuerpo ágil y liviano y por la forma de prehensión de los alimentos, realizando un corte muy fino sin jalar ni arrancar la hierba, no deterioran las praderas nativas como sí lo hacen otros rumiantes domésticos (Bustinza, 1986).

Urquieta y Martínez (1992) han encontrado que los camélidos andinos mantenidos en la altura tienen el mismo gasto cardíaco que los animales ubicados a nivel del mar. Sin embargo, su frecuencia cardíaca es menor, disponiendo además de una gran superficie de intercambio y transporte de gases, lo que facilita la disponibilidad de oxígeno tisular.

De Carolis (1987) revela que el mecanismo de regulación térmica de los camélidos permite mantener la temperatura corporal en un rango de variación más amplio que el de otras especies. Crossley *et. al.* (1985) señala que la respuesta termorreguladora a condiciones extremas de baja temperatura y vientos son producto de la cubierta de fibra que los aísla del medio ambiente y al hecho de permanecer agrupados durante la noche. La respuesta al calor se debe a una alta eficiencia en los mecanismos para economizar el agua.

Las alpacas y las llamas tienen actividad sexual estacional, no presentan ciclos estruales definidos, más bien exhiben un estro continuo y la ovulación es inducida por la intromisión peniana (Fernández Baca, 1971).

Por el tipo de placenta que es simple difusa y epiteliocorial con seis capas, los camélidos casi nunca presentan retención placentaria.

Las pariciones diurnas, las gestaciones prolongadas (345 días para alpacas y 348 días para llamas) y de una sola cría, permiten el nacimiento de crías bien desarrolladas, lo que les permite huir de sus depredadores desde muy temprana edad (Fernández Baca, 1971).

Posibilidad de producir híbridos fértiles, aunque actualmente no hay información suficiente que sustente la necesidad o importancia de realizar apareamientos dirigidos a este propósito.

La fibra de vicuña es la más fina de las fibras animales, con un diámetro promedio de 12,5 micras. La de guanaco tiene 20 micras. La fibra de alpaca promedia 25 micras. La de la llama tiene más de 28 micras.

La carne de los camélidos es una buena alternativa para combatir la desnutrición en Perú, por las características de su producción “ecológica” y valor nutricional. Los antiguos andinos inventaron los sistemas de conservación de alimentos por deshidratación de la carne para la elaboración del *charqui* (Ruiz de Castilla, 2021).

Un producto que no ha sido utilizado todavía a la fecha es la leche de llama, trabajos de investigación demuestran que podría usarse con ventajas como reemplazante de la leche humana frente a la leche de otras especies como la vaca o la oveja (Escobar, Ruiz de Castilla, 1993).

La llama y la alpaca han demostrado gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes y pisos ecológicos, hoy existen camélidos en los 5 continentes y viven desde el nivel del mar hasta grandes alturas, sujetos a regímenes de alimentación desde los más extensivos (pradera nativa) hasta los más intensivos (con concentrados).

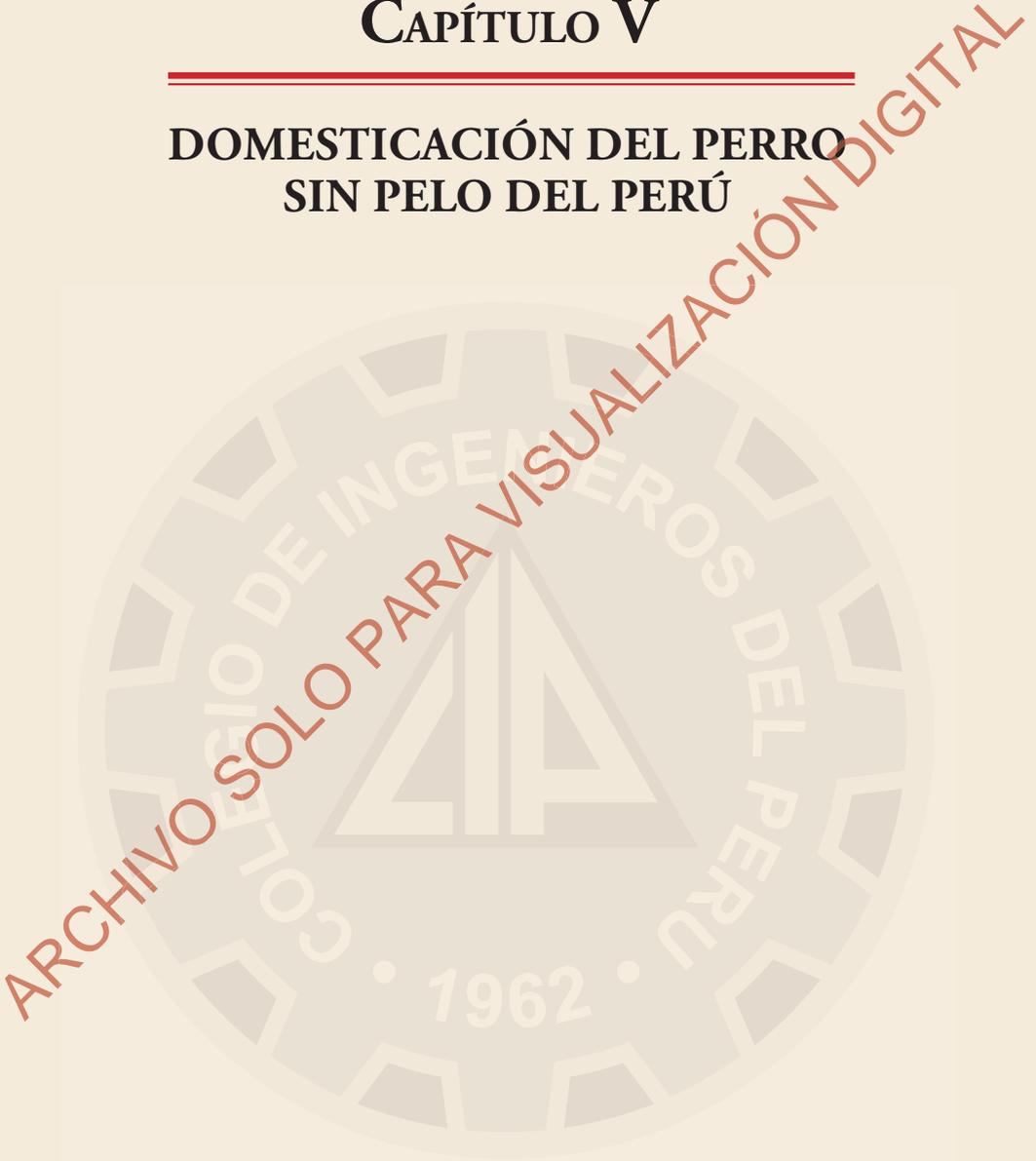
Además de los usos tradicionales para producción de fibra, carne y carga, en otras latitudes se los utiliza para silla, tracción, caminatas, deportes de invierno, como mascotas. Además, son “fábricas ambulantes” de nanoanticuerpos o nanobodies.

# CAPÍTULO V

---

---

## DOMESTICACIÓN DEL PERRO SIN PELO DEL PERÚ





**Figura 12**

*Perro sin Pelo del Perú*  
*Cerámica Chimú*  
(Shutterstock)

## Origen y Evolución del Perro (*Canis lupus familiaris*)

Olsen (1985) refiere que a principios del Paleoceno, hace 63 Ma, apareció un grupo de mamíferos carnívoros del orden *Creodontia* que se extinguió a inicios del Plioceno y fue en gran parte reemplazado por el orden *Carnivora*, el segundo y más reciente orden de mamíferos carnívoros.

“A mediados del Paleoceno (60 Ma), surgen los *Miacidos*, la familia base del orden *Carnivora*, representada por animales arbóreos pequeños de cuerpos largos y larga cola, con un tamaño promedio de 40 a 45 cm” (Hunt, 2001).

“Hacia la mitad del Eoceno (48 Ma), surgieron las dos ramas principales de los *Miacidos*: *Caniformes* (perros, mapaches, osos, leones marinos, focas, morsas y comadreja) y *Feliformes* (gatos, hienas, civetas, ginetas y mangostas)” (Tedford, 1978).

En los inicios del Oligoceno (37 Ma), empezó la rama de los *Caniformes* con la aparición en Norteamérica del género *Hesperocyon*.

Hunt (2001) menciona que a finales del Oligoceno (29 Ma), en Norteamérica surgió el *hesperocyonino*, que incluyó a los canidos frugívoros (que solo comen frutos) y a los que podían triturar huesos como la hiena y tuvieron el tamaño de un coyote. El perro primitivo (*amphicyonido*) fue un cazador que podía triturar los huesos de sus víctimas.

“A principios del Mioceno (23 Ma), los perros *Hesperocyoninos* se extinguieron a excepción de las ramas de las que se derivan el *Nothocyon* y el *Leptocyon*, la segunda y tercera generaciones de canidos respectivamente, de los cuales surgieron los *Caninos*” (Paradiso y Nowak, 1982).

“En los inicios y hasta mediados del Mioceno (23 a 16 Ma), en Norteamérica el *Tomarctus*, descendiente del *Nothocyon*, dio lugar al *Borophagino*. La línea del *Tomarctus* parece conducir hacia los perros modernos: los *Caninos*” (Nowak, 1979).

“En la última fase del Mioceno (9 a 10 Ma), comenzó la tercera etapa de los *Canidos*, con la aparición de un zorro pequeño llamado *Leptocyon*. La declinación de los *borophagines* posiblemente abrió el camino para que en Norteamérica aparecieran tres géneros: *Canis*, *Urocyon*, y *Vulpes*, de los cuales derivan los perros actuales” (Nowak, 1992).

Durante el Plioceno (4 a 5 Ma), los *Caninos* se esparcieron hacia África (plioceno temprano) y a Sudamérica (plioceno tardío). En Norteamérica, apareció el *Canis lepophagus*. Este perro fue pequeño y algunos individuos eran del tipo del coyote mientras que otros se parecían al lobo.

“El *Canis edwardii* fue el primer canino norteamericano claramente identificable como

un lobo. Surgió un canino muy parecido al lobo rojo (*Canis rufus*), posiblemente un descendiente directo del *Canis edwardii*" (Reich *et al.* 1999, p.138).

En la mitad del Pleistoceno (800 000 años) en Norteamérica, apareció el *Canis ambrusteri*, un lobo grande. Desapareció, quizás al ir hacia Sudamérica en donde se convirtió en el antepasado del *Canis dirus*, un enorme lobo de caza que también podía triturar huesos.

Hace 300 000 años, a finales del Pleistoceno el lobo gris (*Canis lupus*) se desarrolló completamente en el norte de Eurasia y se esparció por toda Europa y norte de Asia. Eventualmente, viajó hacia Norteamérica por el estrecho de Behring.



**Figura 13**

Lobo gris (*Canis lupus*)  
(Shutterstock)

Al final del Pleistoceno (100 000 años) aparecieron los lobos del tipo *Canis dirus* en Norteamérica, retornando de Sudamérica. Aparentemente no hubo competencia entre *C. dirus* y *C. lupus*, ya que probablemente vivieron en ambientes ecológicos diferentes.

En un reciente estudio paleogenómico para reconstruir la historia evolutiva de los lobos gigantes (Perri *et al.*, 2021) secuenciaron cinco genomas de fósiles de hace 13 000 a más de 50 000 años, concluyendo que los lobos gigantes (*Canis dirus*) eran un linaje muy divergente que se separó de las cánidos vivos hace unos 5,7 Ma; sugiriendo que los

lobos gigantes evolucionaron aislados de los ancestros de estas especies del pleistoceno en América, mientras que los ancestros de los lobos grises (*Canis lupus*), los coyotes y los perros, evolucionaron en Eurasia y colonizaron América del Norte hace relativamente poco tiempo (hace menos de 1,37 Ma). Los *C. dirus* ocuparon todo Norteamérica y se extinguieron hace unos 13 000 años. No hay evidencia de flujo de genes entre *Canis dirus* y *Canis lupus*.

El análisis de la información genética mitocondrial de más de 500 razas de perros de todo el mundo, incluidas las peruanas, indica que presentan un mismo linaje histórico y directo de un grupo de lobas. Fue posible ver genes de al menos cinco lobas en los perros actuales. Pero se observó que los de Asia del Este como China, Japón, Corea y Rusia, tienen una mayor variación genética.

En otra investigación (Wilson *et al.*, 2000, p. 2156), al comparar el ADN de los lobos canadienses del este, de lobos grises (*Canis lupus*) de otras áreas de Norteamérica, de coyotes (*Canis latrans*), y de lobos rojos (*Canis rufus*), sugiere que hubo una ramificación de un antepasado común hace uno a dos millones de años atrás.

Los miembros de una de esas ramas emigraron a Eurasia y originaron al lobo gris (*Canis lupus*). La otra rama permaneció en Norteamérica y hace unos 150 000 a 300 000 años se diversificó dando origen al ancestro del lobo del este norteamericano y del coyote.

Bootigue *et al.* (2017), analizando el ADN de perros europeos actuales demostró que el genoma de los perros del Neolítico es bastante similar al de las razas europeas actuales y poseen el mismo tipo mitocondrial de hasta 14 000 años, concluyendo que hubo un cambio muy pequeño en la reserva genética de los perros de Europa entre hace 15 000 años y hoy.

Un estudio llevado a cabo por un equipo científico internacional de la Universidad de Stony Brook (EE. UU.), afirma que el proceso de domesticación fue único y ocurrió entre hace 20 000 y 40 000 años.

Bergström *et al.* (2020, p. 557), secuenció 27 genomas de perros antiguos y descubrió que todos ellos comparten una ascendencia común distinta de los lobos actuales, con un flujo genético limitado de los lobos desde la domesticación, pero un flujo importante de genes de perro a lobo. Hace 11 000 años, al menos cinco principales linajes ancestrales se habían diversificado –demostrando una profunda historia genética de perros durante el Paleolítico–, sugiriendo un episodio importante de mezcla en los perros europeos del Mesolítico y el Neolítico.

Otro estudio, sin embargo, demostró que los lobos y perros modernos tuvieron un flujo de genes recíproco. El flujo de genes probablemente fue en gran parte unidireccional

de perros a lobos, como también se identificaron algunos lobos grises que son simétricamente relacionados con todos los perros modernos y antiguos.

Este resultado mostraría que todos los perros derivan de una sola población antigua de lobos ahora extinta, o posiblemente múltiples poblaciones de lobos estrechamente relacionadas. A pesar de que todavía es posible que otras antiguas poblaciones de lobos hasta ahora no muestreadas estén involucradas en la domesticación temprana. Leathlobhair *et al.* (2018, p. 84) menciona que no contribuyeron sustancialmente a perros posteriores.

“En contraste con la falta de mezcla de lobo en perros, identificaron la mezcla de perros en casi todos los lobos actuales analizados provenientes de perros en poblaciones de lobos geográficamente próximas a Europa, Oriente Próximo y Asia Oriental” (Leathlobhair *et al.* 2018, p. 83). También replicaron afinidades entre perros y coyotes americanos antiguos. Liu *et al.* (2018, p. 287) encontraron parecidos entre perros africanos y lobos dorados africanos.

La divergencia de hace más de 40 000 años de ascendencia humana de Eurasia oriental y occidental es notablemente más antigua que la primera aparición del perro en el registro fósil, que data de 14 500 años, según Janssens *et al.* (2018, p.126), aunque especímenes más antiguos han sido hallados en la Cueva Goyet de 31 700 años.

Todos los perros europeos tienen una mayor afinidad hacia los perros norteamericanos y siberianos que a los perros cantores de Nueva Guinea, que representan un tipo de perro sin mezcla de Asia Oriental, hecho que refleja una afinidad circumpolar entre humanos de Europa y América.

Grupos humanos en el lago Baikal hace 24 000 a 18 000 años tenían afinidad con el occidente euroasiático y contribuyeron a la ascendencia americana nativa, pero fueron reemplazados en gran medida en el Antropoceno (Holoceno) según refiere Damgaard *et al.* (2018, p. 369).

Los perros en el lago Baikal, que datan de hace 7 000 años, constituyen un vínculo similar entre América y Europa que ocurrió 10 000 años después. Por lo tanto, la ascendencia circumpolar compartida a través del norte de Eurasia es importante tanto en humanos como en los perros, aunque esto probablemente no resultó de los mismos episodios de migración.

En Sudamérica se han registrado restos de perros en Perú y Ecuador. Habiéndose identificado fragmentos óseos en Jaywamachay (Ayacucho) con una antigüedad de 7 000 años a.C. y Uchcumachay y Panalauca, puna de Junín, 5 500 años a.C.

Otros restos de perros en los Andes fueron encontrados en los Toldos en Telarmachay (6 000 a 5 000 años a.C.), estos perros tenían pelos.

## Domesticación del Perro (*Canis lupus familiaris*)

Es muy probable que el perro haya sido el primer animal domesticado, para ayudar al hombre en la caza y los trabajos de centinela en su hogar. Su utilización como pastor y protector de los rebaños es bastante posterior y empieza con la domesticación y utilización de otros animales.

Animal de costumbres sociales, que convive en grupos perfectamente jerarquizados, poco a poco se fue adaptando a las necesidades humanas, para lo que fueron creadas diferentes razas para las distintas labores y ambientes diversos.

El hombre se dio cuenta de los finos sentidos del olfato y el oído que poseía el perro; su olfato es unas mil veces más potente que el nuestro y su oído es capaz de percibir sonidos muy por debajo y por encima de los que oímos los humanos.

La domesticación le provocó al lobo (*Canis lupus*) una serie de cambios morfológicos, genéticos y de comportamiento, como la disminución del tamaño (aunque la raza Gran Danés sea más grande que un lobo); los ladridos y hasta gemidos; los ojos, que dejan de mirar hacia los lados para hacerlo hacia delante; se han producido también cambios en el tipo y color del pelaje.

Los perros americanos proceden de un ancestro precolombino que debió acompañar a paleoindios de origen asiático que llegaron a América por el estrecho de Behring hace por lo menos 15 000 años.

Vásquez *et al.* (2016) hizo una revisión acerca del origen del Perro sin Pelo del Perú (PSPP). Los análisis genéticos indican que comparte el haplotipo con otros perros nativos americanos (Siberiano, Xoloitzcuintle y Chihuahua). Una mutación en el gen FOX13 habría generado la Displasia Ectodérmica Canina (DEC) en el Xoloitzcuintle. El PSPP también presenta la DEC.

Se presume que *Xoloitzcuintle* es el ancestro del PSPP, posiblemente fue llevado por los antiguos aztecas a territorio peruano durante el Formativo Medio Andino, hace unos 3 500 años. El PSPP apareció en el Perú hace aproximadamente 3 300 años. Se supone que una colonia fundadora fue el origen del PSPP, formándose esta raza en territorio peruano. El aislamiento geográfico debió facilitar la deriva genética y la producción de nuevas mutaciones genéticas que provocaron cambios en el fenotipo que lo diferenciaron del *Xoloitzcuintle*.

Algunas diferencias fenotípicas y de comportamiento son: El *xoloitzcuintle* es un perro atractivo, de cuerpo bien proporcionado, silencioso y tranquilo, mientras que el PSPP es esbelto, elegante, de cuerpo armónico, noble y afectuoso. La diferencia más importante es el largo del cuerpo que en el *xoloitzcuintle* es largo, mientras que en el PSPP es corto.

Los restos más antiguos de *Xoloitzcuintle* conocidos (1 500 años) fueron encontrados en Guadalupe (Michoacán, México) según Valadez *et al.* (2009). Además, Valadez y Mestre (2007) revelan que el occidente de México fue el sitio de origen de la raza, que se dispersó posteriormente hacia el centro y la región Maya.

Mediante la osteometría se ha clasificado en dos tallas a los ancestros de *Xoloitzcuintle*: una de cuerpo mediano y cabeza robusta y la otra de cuerpo pequeño, con una alzada de 40 cm.

Los restos más antiguos de PSPP en el Perú tienen una antigüedad de 2 000 años y proceden de las zonas calurosas de Piura y Lambayeque en el sitio de Pampa Grande. Existen pruebas de consumo de perros mencionadas por Tello (1960), que incluyen al PSPP, correspondientes a la época Moche Tardío (570 a 670 años d.C.).

En la costa de Perú se han estudiado restos del PSPP, caracterizados por la ausencia de premolares, en Huaca Uno en el sitio arqueológico de Túcume en Lambayeque, perteneciente a la cultura Chimú de hace unos 600 años. Se presume que los pobladores de Túcume de aquella época consumían preferentemente carne de perros porque se encontraron mayor cantidad de huesos de perros que de camélidos.

En el Perú antiguo se sabe que hubo perros que pastoreaban rebaños de llamas y alpacas en la región del Collao, así como también el pastor Chiribaya en sitios de la cultura Chiribaya en Ilo. Umire y Miranda (2018).

Vásquez *et al.* (2009), reveló la presencia de dos morfotipos nucleares (conjuntos de animales con características similares) de perros que vivieron en el Perú preincaico: una raza primitiva, Perro sin pelo del Perú (PSPP) y una variedad de perro pastor Chiribaya.

El PSPP convivía con el desaparecido perro blanco moteado Moche con orejas puntiagudas encontrado en la tumba del Señor de Sipán; Alva (1994) y Vásquez *et al.* (2009), señalan que estaría asociado a actividades de cacería por sus caninos bien desarrollados, cosa que no sucedía con el PSPP debido a la ausencia de premolares.

Los trece ceramios encontrados en la tumba del Viejo Señor de Sipán demuestran que este perro tenía un manejo diferente al de los morfotipos descritos anteriormente, y que fue importante en la cultura Moche.

Investigaciones arqueológicas realizadas en Ilo han permitido identificar restos casi completos y bien conservados de 43 perros al lado de sus amos momificados en sitios de la cultura Chiribaya (900 a 1 350 d.C.).

Ha sido sugerido que estos perros cuidaban rebaños de camélidos y que sus amos creían en una vida posterior del perro después de su muerte, al igual que los egipcios. Los arqueólogos del Centro Mallqui han bautizado a esos perros con el nombre de *pastor*

*Chiribaya*, que tiene un hocico intermedio, extremidades parecidas a la liebre, pelo largo –por lo general de color beige–, cola erizada y orejas ni paradas ni echadas.

En el *pastor Chiribaya*, los datos moleculares de Leonard *et al.* (2002), muestran un espécimen que representa un haplotipo (D26) descrito anteriormente. Los otros haplotipos (D30 y D31) son nuevos, formando un clado con tres ejemplares de Bolivia y uno de México.

No hay secuencias de dicho clado en muestras de 350 razas modernas, lo que sugiere el remplazo de los perros nativos americanos por los traídos de Eurasia. Esto sugiere que los perros *Chiribaya* podrían ser un caso específico de especiación y evolución de una posible “raza” en territorio Moche.

Existen representaciones de perros que aparecen en los ceramios de distintas culturas preincas desde hace unos 4 000 a.C., como Vicus, Mochica, Nazca, Wari, Chancay, Tiawanaco, Sicán y Chimú. En estas representaciones, el perro sin pelo aparece entre el año 300 a.C. hasta el 1 460 d.C.

### **Características de la Raza *Perro Sin Pelo del Perú* (PSPP)**

El 12 de junio de 1985, en Ámsterdam (Holanda), fue registrado el PSPP con el número 310 en la nomenclatura de razas correspondiente al Grupo V de la Federación Cinológica Internacional FCI, en la sección de perros primitivos; y el 30 de mayo de 1994, fue aprobado el estándar racial con el nombre oficial de *Perro sin pelo del Perú*.

Según la FCI (2013), el PSPP es un animal de porte esbelto y elegante, presenta una cabeza ancha, algo más fina a medida que se acerca al hocico, sus labios son gruesos y arrugados. Sus ojos son oscuros y redondos con hipersensibilidad a la luz.

La piel es suave, flexible y delicada en comparación con otras razas con pelo. Carece de pelo, aunque puede haber ejemplares que presenten restos de pelos sobre la cabeza, en la punta de las extremidades, la punta de la cola e incluso algunos pelos dispersos por el dorso.

La coloración de la piel puede ser uniforme o con manchas rosadas en cualquier parte del cuerpo. Puede ser de color negro con distintas tonalidades como negro pizarra, negro elefante, negro azulado, hasta marrón –que va del oscuro al rubio claro–, pasando por toda la gama de grises.

El pigmento de la piel del PSPP cambia de acuerdo a la exposición solar que tome en determinadas estaciones del año. Si a un ejemplar de color negro pizarra se lo deja todo el verano a la intemperie se observará que el pigmento se incrementa; pero si se lo deja a

la sombra todo un año, toma la coloración casi rosada o rubia. Este es un claro ejemplo de cómo el ambiente físico (radiación solar) puede influenciar un fenotipo.

Otra de sus particularidades es que su dentadura casi siempre es incompleta, si hay algo que tiene muy desarrollado es su sentido auditivo.

Puede ser de tres tamaños:

Pequeño: de 4 a 8 kg y entre 25 y 40 cm de altura.

Mediano: de 8 a 12 kg, 40 a 50 cm de altura.

Grande: de 12 a 25 kg, 50 a 65 cm de altura.



**Figura 14**

*Perro sin Pelo del Perú (Canis lupus familiaris)*

(Shutterstock)

El PSPP es un animal dócil, inteligente y tranquilo. Es despierto, atento, protector y celoso guardián –sin ser agresivo, no ataca salvo en situaciones extremas–; de carácter equilibrado y apacible, noble y afectuoso con sus amos; reservado con las personas extrañas. Congenia tanto con niños como con otros animales.

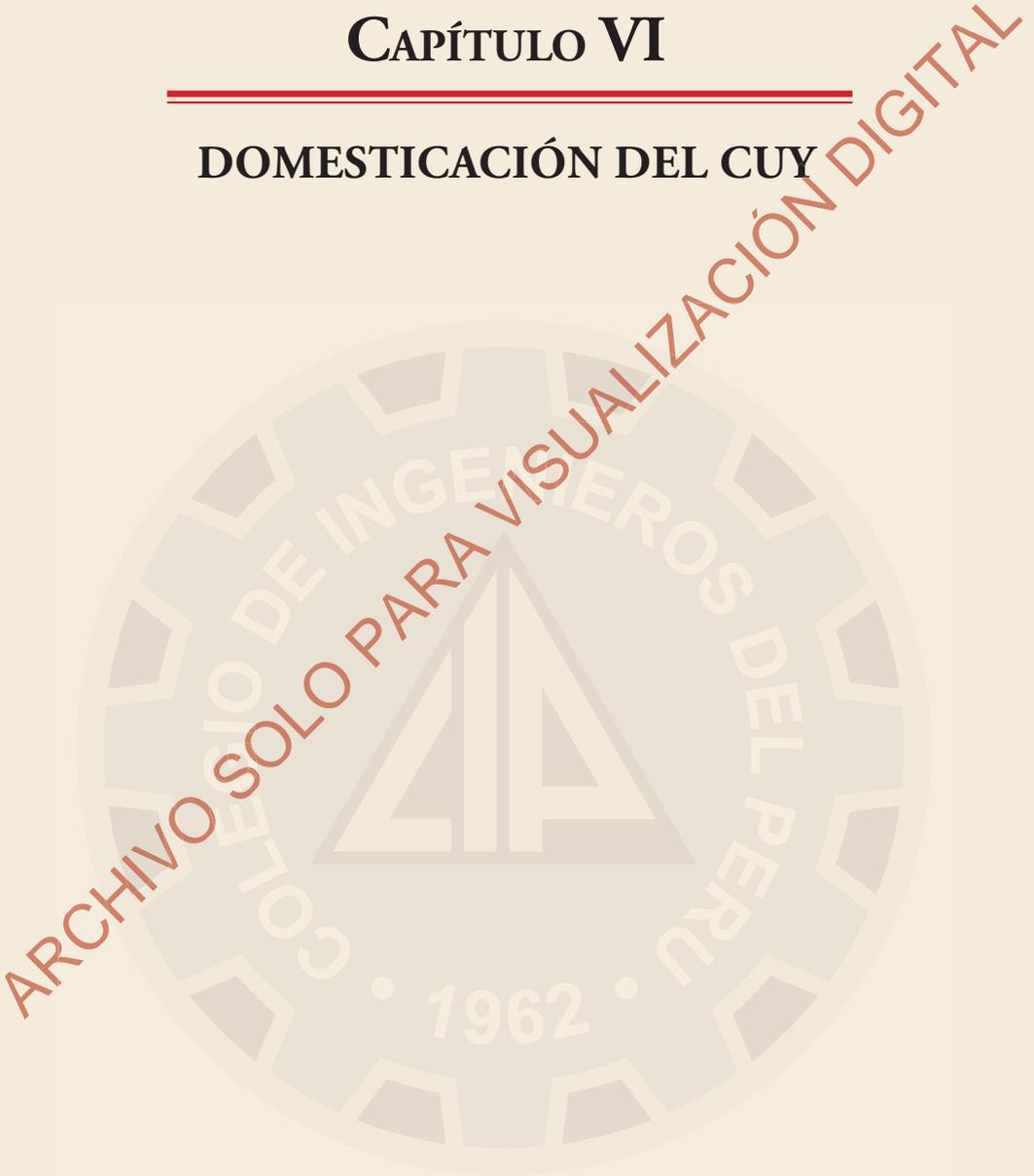
Es un perro muy veloz que llega alcanzar los 60 km/h y puede llegar a saltar más de 2 metros de altura.

Se adapta muy bien a la vida de un piso. Debido a su piel delicada es preferible que viva en interiores, no se aconseja alojarlo en exteriores sin ningún tipo de protección.

# CAPÍTULO VI

---

## DOMESTICACIÓN DEL CUY





**Figura 15**

*Cuy (Cavia porcellus)*

*Cerámica Moche*

(Shutterstock)

### Origen y Evolución del Cuy (*Cavia porcellus*)

Al finalizar el Cretácico, período en el que se formó el continente sudamericano, se inició el Paleógeno con su primera época denominada Paleoceno, en la que emergió la cordillera de los Andes, los mamíferos –incluida la familia de los *Caviidae*–, empezaron a evolucionar y dominar la Tierra.

En el Mioceno los *Caviidae* se distribuyeron en toda Sudamérica, y durante el Plioceno alcanzaron su mayor diversidad con once géneros. La cordillera de los Andes sirvió como una barrera natural que evitó que los *Caviidae* se desplazaran a Centro y Norteamérica.

En el Pleistoceno, época en la que aparece el hombre, los *Caviidae* se desarrollaron libremente y han sido utilizados como alimento, para ciertos ritos y para usos medicinales en los pueblos de los Andes Centrales de Sudamérica desde hace aproximadamente 10 000 años.

Los restos más antiguos de cuyes silvestres datan del 9 000 a.C. en sitios de la sierra oriental de Colombia. Restos arqueológicos tempranos han sido hallados en el Perú en Jaywamachay con dataciones entre 8 500 y 8 160 a.C. y en el norte de Chile desde 8 000 a.C.

En la actualidad, la familia *Caviidae* en estado silvestre se encuentra distribuida desde Venezuela, hasta el estrecho de Magallanes, en las pampas del noreste de Argentina y desde Bolivia y Uruguay por el oeste hasta el noreste de Brasil.

### Domesticación del Cuy (*Cavia porcellus*)

La domesticación del cuy (*Cavia porcellus*), según Lavallée (1990), habría ocurrido entre el 5 000 a.C. y el 3 700 a.C. en los alrededores de la laguna de Junín por el Hombre de Telarmachay. Por estudios de ADN realizados por Spotorno *et al.* (2006) y Dunnum y Salazar-Bravo (2010), estaría demostrado que el ancestro del cuy doméstico es el poronccoe (*Cavia tschudii*).

Spotorno *et al.* (2006) y Walker *et al.* (2014), investigaron la divergencia genética en cuyes caracterizando y comparando los cariotipos (conjunto completo de los cromosomas de un individuo) de bandas C, G y AgNOR identificados molecularmente de especímenes de *Cavia tschudii* y *Cavia porcellus*.

Ambas especies presentaron 64 cromosomas de morfología similar, aunque *C. tschudii* tenía cuatro pares de submetacéntricos medianos que no fueron observados en el cariotipo de *C. porcellus*. Se detectaron diferencias en el tamaño de las bandas C y el promedio de bandas AgNOR entre los cariotipos de las dos especies. La mayoría

de los cromosomas de las dos especies mostraron total correspondencia de bandas G, sugiriendo que probablemente representan grandes bloques sintéticos conservados en el tiempo.

La correspondencia parcial de bandas G detectada en los cuatro cromosomas submetacéntricos presentes solamente en el cariotipo de *C. tschudii* y los homólogos subteloecéntricos en *C. porcellus* puede ser explicada por la ocurrencia de cuatro inversiones de pericéntricos (cromosomas con el centrómero incluido en el segmento invertido) que probablemente surgieron y se fijaron en poblaciones de *C. tschudii* bajo domesticación.

Spotorno *et al.* (2006) sugiere tres fases en la interacción humana con los cuyes: la domesticación inicial de *C. tschudii* a *C. porcellus*, seguida por dos procesos de selección modernos posteriores fuera de América del Sur que resultaron en las razas de laboratorio y mascotas de Europa y en las razas mejoradas para el mercado de carnes en Sudamérica.

Por otro lado, Lord *et al.* (2020), con 46 mitogenomas completos de cuyes arqueológicos de sitios en Perú, Bolivia, Colombia, el Caribe, Bélgica y Estados Unidos; señala un centro independiente de domesticación de *Cavia* en el altiplano oriental de Colombia. Ellos identificaron un origen peruano para la introducción inicial de cuyes domesticados (*Cavia porcellus*) más allá de Sudamérica hacia el Caribe.

También demostraron que Perú fue la fuente probable de los primeros cuyes conocidos transportados como parte del comercio de mascotas exóticas a Europa y los Estados Unidos. Finalmente, encontraron una reintroducción moderna de cuyes a Puerto Rico, donde las personas los utilizan como alimento.

La cultura Kotosh (1 850 a.C. al 1 000 a.C.) dio lugar al hábito de la crianza del cuy. Muestras de cuyes de Kuelap (1 100 a 1 535 d.C.) en las tierras altas del norte del Perú han sido estudiadas, así como de los sitios costeros de Pachacamac (600 a 1 000 d.C. y 1 470 a 1 572 d.C.).

Durante la primera fase de desarrollo de la cultura Paracas, denominada Cavernas (200 a 300 a.C.), sus habitantes se alimentaron con carne de cuy y lo utilizaron también en ritos mágico-religiosos. En la segunda fase, denominada Necrópolis –hoy conocida como cultura Topará–, casi todas las casas tenían un cuyero. Las culturas que sucedieron a Paracas, como Chavín, Mochica, Nazca, Tiawanaco, Wari, Chimú, Inka y Chancay; también tuvieron crianzas caseras de cuyes.

Así mismo, Gade (1967) puntualiza que los Inkas utilizaron los nombres onomatopéyicos de *koy*, *kowe* o *kowi*, con los que se denominó al cavia domesticado y lo utilizaron para diferentes propósitos; dirigieron y planificaron sus estrategias de guerra guiándose en

los signos de las vísceras del cuy, también practicaron el *jubeo* con fines diagnósticos y curativos.

Betanzos (1999/1551), relata que en las principales festividades del Imperio los cuyes fueron sacrificados y/o servidos como plato principal en forma de guisos muy picantes preparados con maíz y papa.

En el Centro Arqueológico Inka de Pisac, en la región Cusco, se puede apreciar instalaciones de adobe en la zona de viviendas, donde los inkas criaban cuyes. Estas construcciones están compuestas de estrechos pasadizos para el acceso de las personas y pequeños escondites para los cuyes, que además servían para protegerlos del frío.

Pulgar Vidal (1952) narra que, durante la ocupación española del Perú, la crianza del cuy estuvo presente en la alimentación del hombre del ande. La carne de cuy y la de venado alimentaron a los invasores españoles en América.

En la Guerra con Chile en 1879 y tras la captura de Lima, el Gobierno peruano fue obligado a retirarse a la zona altoandina. El mariscal Andrés A. Cáceres, asumió la resistencia y convocó a los indígenas para defender el territorio patrio. La carne del cuy y el charqui de llama alimentaron nuestro ejército en dicha campaña militar.

### Características del Poronccoe (*Cavia tschudii*)



**Figura 16**  
*Poronccoe (Cavia tschudii)*  
(Shutterstock)

La especie de cuy silvestre o *poroncooe* responde al nombre científico de *Cavia tschudii*, se caracteriza por no presentar cola, tiene un pelaje ralo y largo de color marrón grisáceo y blanquecino en el vientre, que puede ser muy variable.

La cabeza es grande en comparación con su volumen corporal, de forma cónica y longitud variable, orejas cortas y desprovistas de pelos. Posee extremidades cortas, una longitud total de 20 a 40 cm y un peso corporal de 320 gramos.

Tiene hábitos nocturnos. Vive en grupos pequeños de cinco a diez individuos. Es una especie totalmente herbívora, se alimenta de pastos y vegetales frescos. Puede cavar madrigueras o utilizar las excavadas o abandonadas. Cuando percibe el peligro puede quedarse inmóvil o moverse en forma rápida.

Dunnum y Teta (2016) consideran que el hábitat del *poroncooe* es muy variable y ocupa ambientes de desierto y cordillera, en lugares de ríos y pampas húmedas con roqueríos; desde cerca de la costa hasta 4 200 a 4 500 m s. n. m., usualmente entre 2 000 y 3 800 ms.n.m.

*C. tschudii* se distribuye actualmente desde las tierras altas y costa central de Perú, el altiplano boliviano, norte de Chile y los Andes del norte argentino.

### **Fenotipos de Cuyes Domésticos (*Cavia porcellus*)**

Es indicado por Chauca (1995), que en el Perú actualmente se encuentran dos fenotipos de cuyes domésticos: el nativo y el mejorado.

#### **Características del Fenotipo Nativo**

El cuy nativo se caracteriza por tener el cuerpo poco profundo y su desarrollo muscular es escaso. La cabeza es triangular, alargada y angulosa. Es nervioso, se adapta poco a vivir en pozas, por la altura de sus saltos se hace dificultoso su manejo.

El color de su pelo es variado, puede ser de color simple o de color compuesto: ruano, lobo y moro. El 89% de la población corresponde a cuyes de colores claros, sean blancos, bayos o alazanes, ya sea de color entero, fajado o combinado.

Debido a su crianza en sistemas familiares son animales con alta consanguinidad, seleccionados negativamente por la saca de los animales de mayor tamaño. Su rendimiento productivo es bajo por su pobre conversión alimenticia y poca precocidad. Criados técnicamente mejoran su productividad. Responden positivamente al cruzamiento con cuyes mejorados.

### **Características del *Cuy Mejorado***

Siguiendo el trabajo de los genetistas preincas, en la era moderna el Perú inició los trabajos de mejoramiento genético a partir de 1966, con la evaluación de germoplasma de diferentes ecotipos muestreados a nivel nacional.

El cuy mejorado se caracteriza por presentar cabeza ancha, hocico corto, cuerpo redondeado y con mayor grado de desarrollo muscular, fijado en una buena base ósea. Es de temperamento relativamente tranquilo. Obtiene mejores ganancias diarias de peso y tiene una superior conversión alimenticia.

El año 1970, en la Estación Experimental Agropecuaria La Molina del INIA, se inició un programa de selección para la mejora del cuy nativo. Se eligieron animales por su precocidad y prolificidad, creando tres razas secundarias: Perú, Inti y Andina.

#### ***Raza Perú***



**Figura 17**  
*Cuye raza Perú*  
(Shutterstock)

Seleccionada por el mayor peso a la edad de comercialización, es precoz, obtiene pesos de 800 gramos a los dos meses de edad y tiene conversiones alimenticias de 3,8. Su prolificidad promedio es de 2,8 crías nacidas vivas. El color de su capa es preferentemente blanco con rojo, de pelaje lacio.

### *Raza Andina*



**Figura 18**  
*Cuye raza Andina*  
(Shutterstock)

Se selecciona por prolificidad, obtiene 3,9 crías por parto y un mayor número de crías por unidad de tiempo por la mayor presentación de celo postpartum. Llega a 800 gramos de peso a los 3,2 meses de edad. El color de su capa es preferentemente blanco, pelaje liso pegado al cuerpo y ojos negros.

### *Raza Inti*



**Figura 19**  
*Cuye raza Inti*  
(Shutterstock)

Seleccionada por precocidad corregida por prolificidad, es de mayor aceptación por los productores de cuyes; alcanza pesos de 800 gramos a las 10 semanas de edad y tiene un promedio de 3,2 crías por parto. Su pelaje es de color rojo.

En evaluaciones sobre el peso total de la camada, se ha encontrado que las razas Inti y Andina exhiben una respuesta superior a la raza Perú.

# CAPÍTULO VII

---

## DOMESTICACIÓN DEL PATO CRIOLLO





**Figura 20**

*Pato Criollo (Cairina moschata)*

(Shutterstock)

### Origen y Evolución del Pato Real (*Cairina moschata sylvestris*)

Las aves son un grupo de dinosaurios terópodos del grupo *miniraptora* que incluye entre otros a *dromeosaurios* y *oviraptóridos*, que surgió durante la era Mesozoica –en el período Jurásico–, hace 150 a 200 Ma, a partir de dinosaurios carnívoros bípedos.

*Archaeopteryx* no se considera un ancestro directo de las aves modernas, pero es el más antiguo y primitivo miembro de Aves o *Avialae* y está probablemente muy cerca del ancestro real. Algunos autores modernos indican que *Avimimus* sería un ancestro más plausible de todas las aves.

En el período Cretácico surgieron varias formas de aves. Muchos grupos conservaron sus características primitivas (alas con garras y dientes), aunque los dientes se perdieron en algunos grupos de aves, incluidas las aves modernas.

A finales del Cretácico comenzaron a evolucionar algunos de los linajes basales de *Neornithes* y se dividieron en dos grupos, los *Palaeognathae* y *Neognathae*. Este último se dividió cuando evolucionó el clado basal *Galloanserae*, que contiene patos, gallos y formas afines.

Hace 72 Ma ya había ocurrido la separación del linaje de las aves acuáticas superiores del de las limícolas. Estos linajes ya diversificados de las *Neornithes* actuales variaron en forma explosiva durante el Paleoceno, desarrollando 16 nuevos órdenes. A fines del Mioceno ya existían la mayoría de los géneros de aves actuales.

A principios del Pleistoceno (Hace 1,5 Ma) había 21 000 especies de aves. Debido a los cambios climáticos, las glaciaciones y los intercambios de la fauna entre continentes, se redujo este número a la mitad. Se estima que hoy existen alrededor de 10 000 especies de aves.

Hackett *et al.* (2008) en base al estudio de cerca de 32 kilobases de secuencias alineadas provenientes de 19 loci independientes de ADN nuclear en 169 especies representativas de todos los grupos de aves mayores existentes, confirmaron el origen único de *Galloanserae* y *Neoaves*.

La Subclase *Neornithes* incluiría los *Neognathae* que abarca el clado *Galloanserae* compuesto a su vez por los *Anseriformes* como el pato y los galliformes como la gallina.

*Cairina moschata* es un pato anseriforme que pertenece a la familia *Anatidae*.

En el norte de Perú y el sur de Ecuador han sido hallados por Campbell y Kenneth (1982), restos óseos de *Cairina moschata* en estado silvestre, con una antigüedad de 13 900 años.

En la costa norte del Perú, durante el Formativo (2 000 años a.C.–200 años a.C.) se reconoce esta especie entre la cerámica zoomorfa de las culturas Salinar, Virú y Vicus.

La cultura Moche (200 a.C.–600 d.C.), según Donnan (1976), ha modelado diferentes especies de aves del Orden *Anseriformes* en cerámica y dibujos que representan a *C. moschata*, a *Sarkidiornis melanotos* (pato arrocero) y *Anas platalea* (Pato cuchara) que se muestran en las joyas del Señor de Sipán.

De acuerdo con Martínez (1986), existe cerámica con representaciones de *C. moschata* provenientes de la cultura Chimú, correspondientes al Período de Estados Regionales en la costa del Perú (1 100 d.C.–1 470 d.C.). Se han identificado plumas de pato criollo usadas en la elaboración de mantas.

Guamán Poma de Ayala (1993/1615), revela la preferencia alimenticia por los patos en la nobleza Inca. Cieza de León (1967/1553), relata la crianza de patos en la costa norte del Perú en lo que actualmente es la ciudad de Trujillo, e indica que en junio en el Inti Raymi y en diciembre se realizaban censos de animales, contabilizando también los patos.

Los relatos de los cronistas y viajeros como Cabeza de Baca (1852/1555) y Cobo (1958/1653), confirman la crianza de patos en Centro y Sudamérica, siendo usados para la extracción de plumas y la fabricación de mantas, así como para el consumo de su carne.

El pato criollo fue introducido en Europa por los españoles y portugueses en el siglo XVI.

### **Domesticación del Pato Criollo (*Cairina moschata domestica*)**

Por la poca evidencia ósea de pato criollo en el periodo preincaico, no queda muy claro el principal motivo de su domesticación y crianza.

*C. moschata* habría sido domesticado por las culturas precolombinas del noroeste de Sudamérica: Cultura Chorrera del sur de Ecuador, Cultura Chavín del norte de Perú, durante el Formativo, según la versión de Gilmore (1950, p. 365).

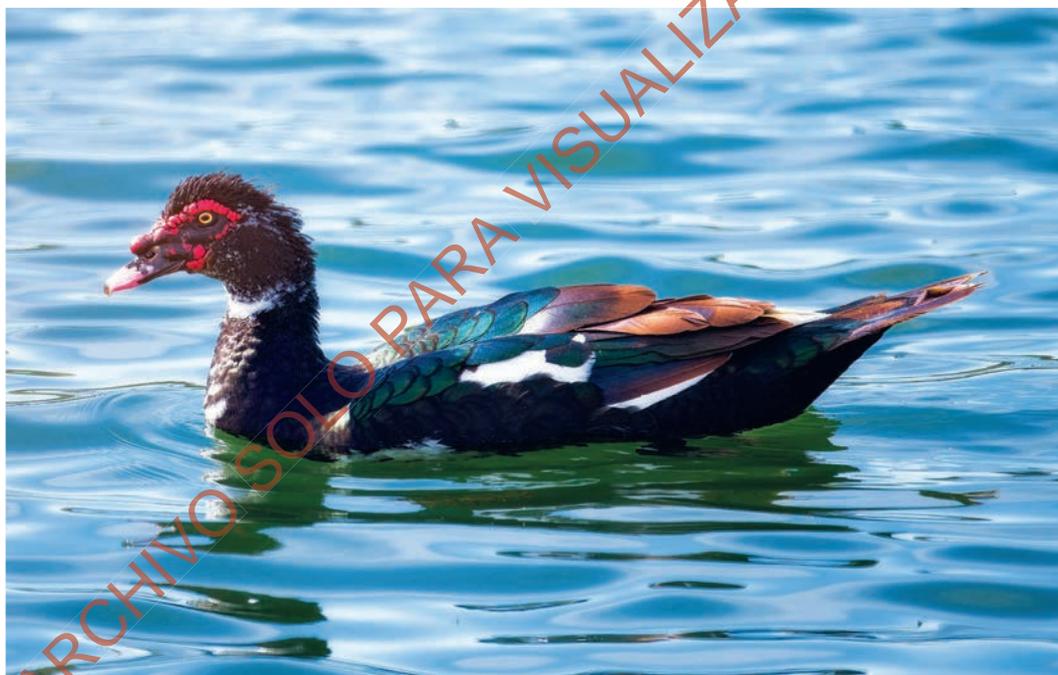
Angulo (1998) opina que la constante presión ejercida por los insectos en la sedentarización de los grupos humanos en las tierras bajas del centro y sur de América podría haber generado la domesticación de *C. moschata* como controlador biológico de insectos. Este planteamiento desplazaría el lugar de domesticación de *C. moschata* del área andina hacia la región del Chaco comprendida actualmente en territorios de Bolivia, Argentina y Paraguay.

Juárez (2018) menciona que el pato criollo es un pato criado en muchas partes del mundo y que antes se utilizaba a las patas criollas para empollar los huevos del pato común. Además, indica que son animales rústicos, omnívoros, de rápido crecimiento, con alta eficiencia reproductiva y gran resistencia a las enfermedades, excepcionalmente resistentes a las condiciones climáticas y pueden ser manejados sin estanque de nado.

### Características de las Subespecies de *Cairina moschata*

Actualmente existen dos subespecies de *Cairina moschata*: *C. moschata sylvestris* y *C. moschata domestica*.

#### *Cairina moschata sylvestris*



**Figura 21**

*Cairina moschata sylvestris*  
(Shutterstock)

Es un pato silvestre grande de cuerpo ancho y patas cortas, los machos son más grandes que las hembras, miden unos 76 cm.

Freile y Poveda (2019), describen a los machos adultos con un pico negruzco, con carúnculas o gránulos rosados o rojos entre el rostro y el pico alrededor de la región ocular desnuda, que en la base del pico tienen un lustre verdoso. Tienen plumas de color negro lustroso. Las hembras son más pequeñas sin carúnculas y sin cresta, su plumaje es negro mate, con manchas blancas en las alas.

Su área de distribución actual abarca desde México hasta el centro de Argentina y Uruguay, en ambientes de clima tropical y subtropical con altitudes menores a 1000 m s. n. m.

Conviven generalmente en grupos de dos o hasta doce individuos, aunque pueden eventualmente agruparse hasta cien especímenes.

El hábitat típico de estos patos son los bosques inundables de las tierras bajas de América central y Sudamérica, donde abundan los humedales, pantanos, lagunas o en los arroyos o ríos de corriente lenta cercanos al bosque.

No tienen un modelo de migración determinado, pero se desplazan de acuerdo con la disponibilidad de agua. Se reproducen habitualmente en la temporada de lluvias, cuando el alimento es abundante y el refugio de las crías es seguro.

Se alimentan de raíces, tallos, semillas y restos de plantas terrestres. También comen pequeños peces, crustáceos, reptiles e insectos.

Delacour y Mayr (1949) dicen que la voz del macho es como una respiración baja y sibilante por lo que se le llama pato mudo; la hembra tiene un cuac-cuac desagradable que emite varias veces.

*Cairina moschata domestica*



**Figura 22**

*Cairina moschata domestica*

(Shutterstock)

Los preincas de América tropical domesticaron la especie silvestre y crearon la subespecie doméstica o Pato criollo, cuyo nombre científico es *Cairina moschata domestica*.

Su plumaje es menos lustroso y más variable, los individuos con vientre, cuello y rostro blanquecinos son numerosos, pero hay ejemplares totalmente blancos o enteramente negros, grises o marrones o diferentes combinaciones de dichos colores. Los machos miden unos 85 cm.

Por el elevado peso que tienen (3,8 kg) han perdido su capacidad de volar largas distancias y pueden tener dificultades para desplazarse.

*C. moschata domestica* puede vivir muy bien en climas templados y sin mucha humedad o áreas de bosques.

Este pato ha sido criado en América del Sur por comunidades rurales en grupos pequeños. Utilizados actualmente para la producción de carne, no han sido sometidos a una selección tan importante como otras aves de corral.

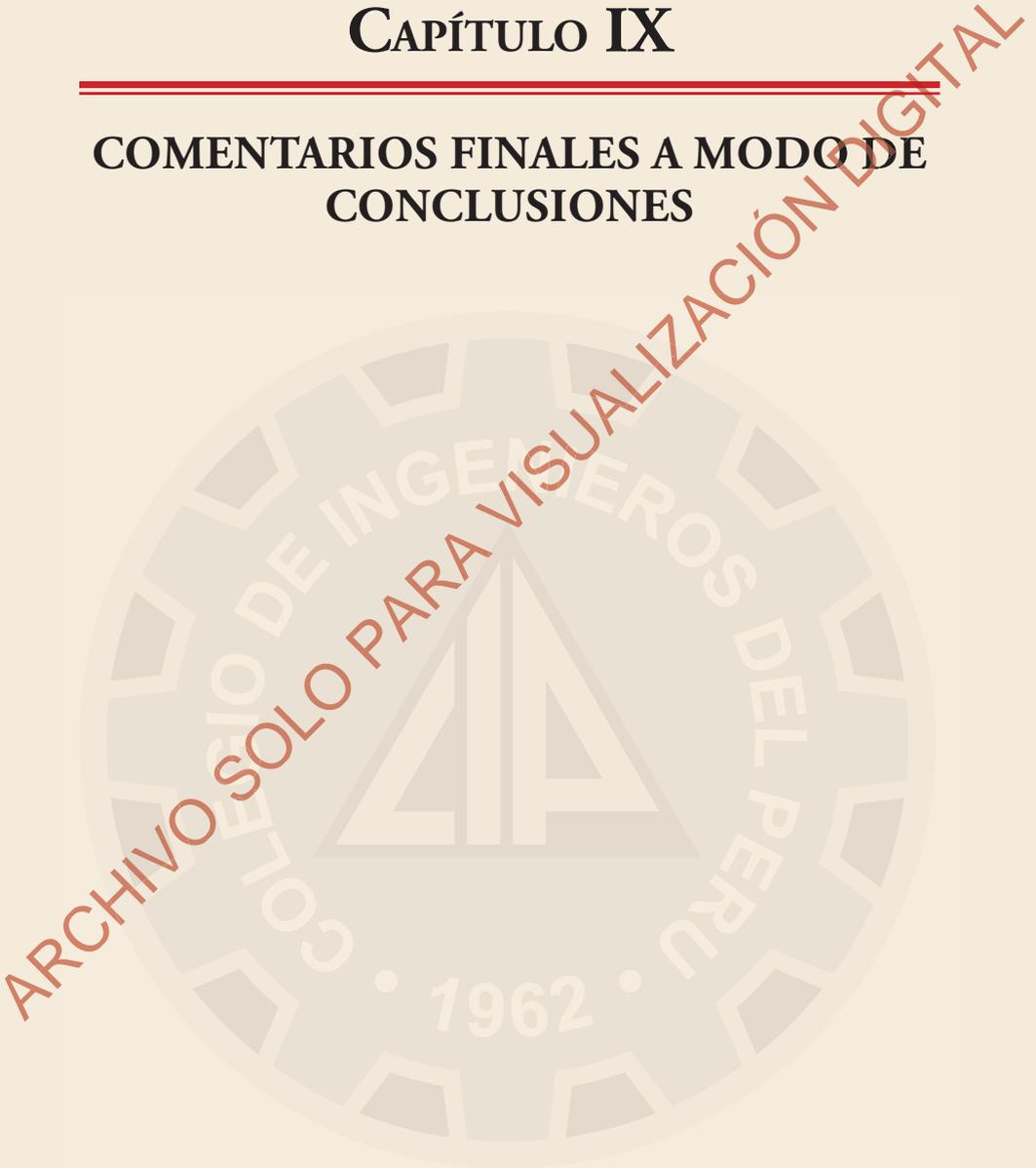
En Francia se han desarrollado líneas genéticas especializadas para la producción de híbridos con razas de *Anas platyrhynchos domesticus* (pato Pekín), cuyo producto infértil se utiliza para la producción de paté y foie Grass.

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

# CAPÍTULO IX

---

## COMENTARIOS FINALES A MODO DE CONCLUSIONES



ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

De acuerdo con las evidencias paleontológicas y estudios de ADN, los procesos de domesticación de animales en los Andes Centrales de América empezaron hace apenas unos 12 000 años, con la *revolución agrícola* o **revolución neolítica**. Los cazadores y recolectores comenzaron a manipular los seres vivos y apropiarse de los recursos genéticos animales y vegetales, para su subsistencia a través de la recolección de plantas y la cacería de animales, luego surgieron los primeros ensayos de crianza de animales y finalmente la domesticación. El proceso de domesticación de animales ha sido largo y aún en la actualidad continúa con el mejoramiento genético.

### Domesticación de los Camélidos Andinos

Los **camélidos** aparecieron en Norteamérica hace 40 Ma a 45 Ma, migraron a América del Sur hace más de 11 Ma constituyendo la tribu *Lamini*, dando lugar a los géneros *Paleolama*, *Lama* y *Vicugna*. Evolucionaron hasta llegar a sus formas actuales de vicuñas y guanacos entre el 14 000 y el 12 000 a.C.

A partir del 7 000 a.C. el Hombre de Telarmachay (Junín), habría iniciado la domesticación de las alpacas. Estudios de ADN indican que la llama fue domesticada en varias localidades de los Andes. Un primer centro se ubicaría en la puna peruana. Un segundo centro de domesticación se situaría en la puna seca en el noroeste de Argentina y el norte de Chile. Estudios genéticos concluyen que la alpaca descende de la vicuña y que la llama descende del guanaco, corroborando lo que escribió Darwin en 1868.

Después de la domesticación en la puna, aparecen llamas en los valles interandinos de Ayacucho y Lauricocha, se crían llamas en la costa norte y sur de Perú y en Ecuador. Es posible que todo ello haya contribuido a ensanchar la variabilidad genética y una progresiva variabilidad entre los animales.

Los camélidos encontrados en El Yaral demuestran el avanzado grado de mejoramiento genético, con una alta presión de selección hacia la finura de la fibra, tanto en alpacas como en llamas.

Los incas aplicaron sistemas de selección muy avanzados. Dividían las poblaciones de camélidos en rebaños de alpacas y llamas, y a su vez eran subdivididos en majadas de hembras con cría, hembras jóvenes y machos, poniendo especial cuidado en seleccionar animales por sus diversos colores.

Existían rebaños de llamas de color entero (marrón, negro y blanco) destinadas al sacrificio a distintas edades, así como para la producción de fibra de calidad superior para la elaboración de textiles bajo control estatal.

Todos estos avances en el mejoramiento genético de los camélidos domésticos se perdieron durante la invasión europea. Las consecuencias genéticas han sido dramáticas y han cambiado definitivamente a los animales respecto a la situación anterior. La drástica reducción del número de animales provocó una fuerte variación de la frecuencia de genes presentes en la población, con la fijación de algunos genes y caracteres y la desaparición de otros. El efecto de la deriva genética debe haber sido muy fuerte, pero no se puede cuantificar ni individualizar la cantidad y el tipo de características desaparecidas. La etapa republicana se inició con el progresivo y lento aumento del número de animales, pero está en duda que las especies domésticas de camélidos estén actualmente bien consolidadas.

Existe todavía una controversia con respecto a la calificación como verdaderas razas zootécnicas a los fenotipos de llamas así como los de alpacas. Las primigenias razas de llama (*Q'ara* y *Ch'aku*) y de alpaca (*Wacaya* y *Suri*) creadas por los antiguos peruanos podrían ser consideradas como razas primitivas. Tienen una importancia genética extraordinaria, porque conservan en su interior una gran variabilidad genética, por ello representan una verdadera reserva propia de genes.

Las razas de alpacas y llamas actuales no pueden ser clasificadas como razas secundarias, porque no ha habido un aislamiento dentro de ellas, más al contrario, ha habido un descuido mayúsculo que ha originado cruzamientos indiscriminados entre especies y razas primarias de llamas y alpacas durante alrededor de 500 años.

Además, no se ha hecho un esfuerzo selectivo, al menos en los últimos cien años en el Perú, para conservar y mejorar dichos genotipos. Existen algunas asociaciones de criadores cuyos propósitos son más bien reivindicativos antes que los de llegar a un estándar con registros genealógicos.

En alpacas, del apareamiento de machos y hembras *suri*, el 17% de las crías tienen el fenotipo *wacaya*, de igual manera, del apareamiento de machos *wacaya* con hembras *wacaya* resulta un 2% de crías de fenotipo *suri*. Esto demuestra, que en los últimos 500 años han ocurrido cruzamientos indefinidos, que siguen generando estas incongruencias genéticas.

Probablemente con el establecimiento de bancos de germoplasma y un depurado trabajo genético, sobre todo en los ejemplares *suri*, se pueda lograr la restitución de las milenarias razas primarias de alpacas creadas por los genetistas de la edad de piedra.

### ***Camélidos Andinos y Cambio Climático***

El cambio climático viene afectando a la ganadería y la economía del país, estimándose que para el 2050 el aporte de la ganadería a la seguridad alimentaria se podría reducir en más del 30%, debido a la expansión de tierras cubiertas por matorrales, reducción de bofedales, pérdida de productividad, aumento en el índice de aridez y la degradación de los pastizales por sobrepastoreo.

Las especies nativas como los camélidos, por su rusticidad y adaptación a condiciones extremas podrían contribuir a reducir el grado de exposición y sensibilidad al cambio climático, potenciando la capacidad de los ecosistemas y de los usuarios para resistir el estrés climático.

Los camélidos americanos han sido marginados y relegados por muchos años. La supervivencia de la camelicultura andina ha sido posible gracias a la dedicación del hombre de los Andes y a las ventajas adaptativas de la alpaca y la llama frente a otras especies animales. (Ver Capítulo IV).

### **Domesticación del Perro Sin Pelo del Perú**

El **perro** ha sido probablemente el primer animal domesticado por el hombre, cuyos ancestros aparecieron hace 63 Ma. El proceso de domesticación parece que fue único y ocurrió hace 20 000 a 40 000 años en Eurasia. Es posible que todos los perros americanos procedan de un ancestro que debió acompañar a los humanos de origen asiático que llegaron a América hace por lo menos 15 000 años.

Los restos de *Xoloitzcuintle* indican que el occidente de México fue el sitio de origen de la raza y que se dispersó posteriormente hacia el centro y la región Maya, y que posiblemente fue llevado por los antiguos aztecas a territorio peruano hace unos 3 500 años, se presume que *Xoloitzcuintle* es el ancestro del *Perro Sin Pelo del Perú*. Esta raza la formaron en el Perú los humanos de las culturas Mochica y Chimú. El aislamiento geográfico debió facilitar la deriva genética y la producción de nuevas mutaciones genéticas que provocaron cambios en el fenotipo que lo diferenciaron del *Xoloitzcuintle*.

### **Domesticación del Cuy**

Hace 66 Ma, la familia de los *Caviidae*, empezó a evolucionar. Hace 2,5 Ma, época en la que aparece el hombre, los *Caviidae* se desarrollaron libremente y han sido utilizados como alimento, para ciertos ritos y para usos medicinales en los pueblos de los Andes Centrales de Sudamérica desde hace aproximadamente 10 000 años.

La domesticación del cuy (*Cavia porcellus*), habría ocurrido entre el 5 000 a.C. y el 3 700 a.C. en los alrededores de la laguna de Junín por el Hombre de Telarmachay. Por estudios de ADN estaría demostrado que el ancestro del cuy doméstico es el poronccoe (*Cavia tschudii*).

Se indican tres fases en la interacción humana con los cuyes: la domesticación inicial de *C. tschudii* a *C. porcellus*, seguida por dos procesos de selección modernos posteriores fuera de América del Sur que resultaron en las razas de laboratorio y mascotas de Europa y en las razas mejoradas para el mercado de carnes en Sudamérica.

Es señalado también un centro independiente de domesticación de *Cavia* en el altiplano oriental de Colombia, identificando un origen peruano para la introducción inicial de cuyes domesticados (*Cavia porcellus*) más allá de Sudamérica hacia el Caribe. También se demuestra que Perú fue la fuente probable de los primeros cuyes conocidos transportados como parte del comercio de mascotas exóticas a Europa y los Estados Unidos. Finalmente, se encuentra una reintroducción moderna de cuyes a Puerto Rico, donde las personas los utilizan como alimento.

### **Domesticación del Pato Criollo**

En el norte de Perú y el sur de Ecuador han sido hallados restos óseos de *Cairina moschata* en estado silvestre, con una antigüedad de 13 900 años.

*C. moschata* habría sido domesticado por las culturas precolombinas del noroeste de Sudamérica: Cultura Chorrera del sur de Ecuador, Cultura Chavín del norte de Perú, durante el Formativo.

La constante presión ejercida por los insectos en la sedentarización de los grupos humanos en las tierras bajas del centro y sur de América podría haber motivado la domesticación de *C. moschata* como controlador biológico de insectos. Este planteamiento desplazaría el lugar de domesticación de *C. moschata* del área andina hacia la región del Chaco comprendida actualmente en territorios de Bolivia, Argentina y Paraguay.

## **Prácticas Zootécnicas Realizadas por los Pobladores Ancestrales**

### ***Manejo de la Selección Artificial***

Los genetistas andinos tuvieron una habilidad admirable para valorar los problemas, de asignarles la prioridad con relación al ambiente y a las exigencias humanas. Supieron priorizar los problemas y trabajar con mucha seguridad en la construcción de nuevos fenotipos para hallar las soluciones más provechosas.

Utilizaron sistemas de **identificación individual** de los animales, dividiendo los rebaños por sexo, edad y color de la fibra en camélidos. Emplearon la **selección fenotípica**, escogiendo individuos sobresalientes y realizando apareamientos entre los mejores machos con las hembras de calidad superior.

Hoy sabemos que este proceso acumula genes aditivos responsables del rendimiento en peso corporal, peso de vellón, vigor y adaptabilidad al ambiente; y fija genes mayores que controlan el color de la fibra, permitiendo al mismo tiempo la adaptabilidad y la invariabilidad del tipo. Con ello originaron líneas muy plásticas, es decir con un amplio rango de adaptación, cualidad muy útil en la zona andina por las condiciones variables y difíciles del ambiente.

Supieron **elegir y priorizar los caracteres de interés económico y biológico**; sabían que el cambio genético por generación es más rápido si se eligen pocos caracteres en el proceso de selección. En la alpaca parece que la presión de selección estuvo dirigida a lograr mayor finura de la fibra. En la llama se seleccionó por mayor tamaño y fortaleza física para el transporte (posteriormente también por finura de la fibra, como lo demuestran las llamas de El Yaral). En el cuy y el pato criollo el carácter elegido fue: mayor tamaño del animal.

Los preincas conocieron que para lograr un satisfactorio cambio genético se requiere de una población con alta variabilidad genética, para ello eligieron vicuñas y guanacos de diferentes nichos ecológicos de los Andes, con características morfológicas y comportamentales diferentes.

Utilizaron la *selección direccional*, orientada a la maximización del carácter tamaño de la llama cuya talla es mayor que la de su antecesor el guanaco. De igual forma en la alpaca cuya alzada es mayor que la de su ancestro silvestre la vicuña.

Se usó también la *selección estabilizante* produciendo materiales intermedios, como la variedad intermedia de llamas, que se sitúa entre la *Q'ara* y la *Ch'aku*.

Por último, la *selección disruptiva* que consiguió la creación de dos tipos opuestos, como el caso del vellón suelto y largo de las alpacas *Suri*, en tanto que el de las alpacas *Wacaya* es esponjoso y corto.

## **Modificaciones Causadas por la Selección**

### ***Cambios en el Comportamiento de los Animales***

En las cinco especies estudiadas se consiguió mayor tolerancia a cambios de ambiente y de alimentación, condiciones de clima, resistencia a plagas y enfermedades, etcétera.

En el caso del perro, el hombre usurpó el papel de líder jerárquico. Los perros son capaces de tolerar mayor densidad de población que el lobo. Durante la domesticación los perros se volvieron menos agresivos y más tolerantes que los lobos no sólo hacia los seres humanos, sino también hacia sus semejantes, esa es la conducta habitual del Perro Sin Pelo del Perú.

La tendencia al gregarismo de los camélidos silvestres, se aprovechó para su mantenimiento en grupos o rebaños, incluso en espacios reducidos (cobertizos, corrales) donde quedaron protegidos de sus enemigos naturales (puma, zorro, cóndor).

### **Modificaciones Fenotípicas**

En algunos caracteres se realizaron modificaciones contradiciendo las leyes de la selección natural y de la evolución. Así, en la alpaca y en la llama se incrementó el tamaño y el peso del animal, haciéndolas menos ágiles para escapar de los depredadores naturales, fue alterada la coloración del vellón, produciendo tonalidades diferentes al color canela de la vicuña y del guanaco que evitan ser fácilmente descubiertos por sus predadores. Se originaron también cambios en la estructura del vellón (densidad mayor en la alpaca *wacaya* que en la alpaca *suri*, haciéndola más débil a las inclemencias del clima frío de montaña) y en la finura de la fibra.

Los caracteres cuantitativos también revelaron un rápido aumento de su variabilidad. Así, la porción anterior del cráneo del perro está proporcionalmente poco desarrollada en comparación con la del lobo.

Similares cambios se observan en los cuyes. La cabeza de *Cavia tschudii* es grande en relación con su volumen corporal, de forma cónica alargada y angulosa, el cuerpo es poco profundo y de desarrollo muscular escaso, en cambio el cuy doméstico se caracteriza por presentar cabeza más pequeña, ancha, hocico corto, cuerpo redondeado y con mayor grado de desarrollo muscular.

En el pato criollo se observa la reducción de la capacidad de vuelo y una marcada dificultad para desplazarse como consecuencia del incremento en el peso del ave doméstica.

### **Consecuencias Genéticas**

La consecuencia genética práctica fue el paso de una especie silvestre progenitora, uniforme para los caracteres de la piel y las producciones epidérmicas, a una población doméstica caracterizada por muchas variantes fenotípicas visibles.

La domesticación en muchos casos no provocó una divergencia genética capaz de crear una verdadera separación entre especies domésticas y los progenitores silvestres. Esto explica la persistente interfertilidad demostrada, por ejemplo, entre el perro y el lobo, la llama y el guanaco, la alpaca y la vicuña, y entre el cuy y el *poronccoe*.

### Manejo de los sistemas de apareamiento

Los genetistas ancestrales utilizaron la **consanguinidad** para fijar caracteres mediante técnicas de aislamiento de rebaños de alpacas y llamas. Una evidencia de la aplicación de apareamientos consanguíneos es la separación de los camélidos por colores y la separación de los rebaños selectos de propiedad del Inca y de la religión del resto de majadas. Con ello provocaron que la variancia genética de la población como un todo se incrementara y la variancia de las subpoblaciones disminuyera.

Los antiguos zootecnistas conocieron los síntomas de la *depresión por consanguinidad*. Conocieron los efectos negativos de este sistema de apareamientos, descubriendo los indicadores del mismo en cuyes, por ejemplo, los dedos supernumerarios (*t'ata*) o las orejas cortas (*chunu*). Se evitaba la consanguinidad mediante el cambio de reproductores propios con otros de poblaciones diferentes.

Los antiguos peruanos emplearon el **cruzamiento**, apareando animales de distintas estirpes genéticas, lo que hoy sabemos que produce un aumento notable de la producción de la progenie.

Para la introducción de material genético nuevo se efectuaba una primera crianza aislada de animales, luego se evaluaba su adaptabilidad y para la creación del tipo final se realizaban cruzamientos dirigidos.

Conocieron la sexualidad y su importancia genética como mecanismo para la supervivencia de la especie y la posibilidad de mejorar los caracteres biológicos y económicos de los animales domésticos.

Los ingenieros prehistóricos inventaron, hace 6 000 años, los **sistemas de conservación de alimentos deshidratados por congelamiento**, que hoy se conocen con el nombre de liofilización, para la elaboración del “*charqui*” de carne de camélidos. Los campesinos andinos actualmente procesan la carne de alpaca y de llama en la época de heladas (mayo a agosto) someténdola a la acción de las bajas temperaturas en la noche y exponiéndola al sol durante el día, tal como lo hacían los antiguos preincas.

Las Naciones Unidas han declarado el año 2024 Año Internacional de los Camélidos, y es muy necesario poner de manifiesto que la conservación y persistencia de los

camélidos americanos se debe al esfuerzo heroico que realizan las familias de pequeños productores, de criar en forma sostenible este valioso recurso genético, en un ambiente de marginación y exclusión social. Por ello, será necesario reorientar las políticas y las acciones para que todo esfuerzo que se haga de mejorar la camelicultura nacional redunde en el desarrollo humano sostenible de los camelicultores.

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

## REFERENCIAS

- Angulo, C. E. G. (1998). *Interpretación biológica acerca de la domesticación del pato criollo (Cairina moschata)*. Bull. Inst. Fr. Études Andines 27 (1):17-40.
- Antúnez de Mayolo, S. E. (2011). *La nutrición en el Antiguo Perú*. 6ª ed. Sociedad Geográfica de Lima. 240 p
- Apastegui, J., Orrison, R., Vuille, M., Smerdon, J.E., Azevedo, V., Campos, J.L., Cruz, F.W., Della Libera M. D. y Stríkis, M. N. (2022). *Variabilidad del monzón de verano sudamericano durante el último milenio en registros paleoclimáticos y modelos climáticos basados en isótopos*. Artículo de revista. DOI: 10.5194/cp-18-2045-2022.
- Artigas, M. y Turbon, D. (2008). *El origen del hombre*. Ciencia, filosofía y religión. 3º ed. EUNSA.
- Alva, W. (1994). *Sipán*. Colección, Cultura y Arte del Perú. DeLavallée, J. A. (ed.): Sipán.
- Ayalón García, G. (2011). *El origen de la vida*. <http://repositorio.geotech.cu/jspuil/handle/1234/1232>.
- Bachir Bacha, A. y llanos J. O. D. (2012). *Arqueología e iconografía de los textiles Paracas descubiertos en Ánimas Altas, Ica, Perú*. In: Solanilla, Victoria (Hg.): Actas de las V Jornadas Internacionales sobre Textiles Precolombinos. Publicaciones del Grup d'Estudis Precolombins 6. Universidad Autònoma de Barcelona, S. 211-230
- Becker, W.A. (1987). *Manual of quantitative genetics*. Academic enterprices. Elsevier.
- Bergström *et al.* (2020). *Orígenes y legado histórico de los perros prehistóricos*. Science 370, 557–564. 30 October 2020.
- Betanzos, J. de (1999/1551). *Suma y Narración de los Incas*. Re-edición. Fondo Editorial de la UNSAAC.
- Botigue, L. R. *et al.* (2017). *Ancient European dog genomes reveal continuity since the Early Neolithic*. Nature Communications, 18 de julio de 2017. DOI: 10.1038/ncomms16082.
- Bustianza, V. (1987). Los camélidos sudamericanos domésticos y el desarrollo andino. IIDSA. UNA.

- Cabeza de Baca, A. (1852/1555). *Comentarios*. En Historiadores primitivos de indias (E. Vedia, dir.): 549-599; Imprenta y estereotipia de M. Rivadeneyra.
- Campbell, Jr. y Kenneth, E. (1982). *Late pleistocene events along the coastal plain of northwestern South America*. In: Biological diversification in the tropics (T. Chilleán, Ed.): 423-440. Columbia University press.
- Cano, L., Rosadio, R., Maturrano L., Dávalos, R., Wheeler, J.C. (2012). *Caracterización fenotípica y análisis de ADN mitocondrial de llamas de Marcapomacocha*. Rev Inv Vet Perú 2012; 23 (3): 388-398.
- Cartagena, I. (2009). *Explorando la variabilidad morfométrica del conjunto de camélidos pequeños durante el Arcaico Tardío y el Formativo Temprano en Quebrada Tulán, norte de Chile*. Rev. Museo Antropología 2:199-212. Universidad Nacional de Córdoba.
- Casas, A., Torres-Guevara, J. y Parra, F. (2016). *Domesticación en el continente americano*. Volumen 1 Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del Nuevo Mundo. UNA México. UNALM Perú. IIES. CIZA. CONACYT.
- Cieza de León, P. (1553/1967). *Crónica del Perú* (Capítulos XCIC-CXXI).
- Cohen, K. M. et al. (2013). *The International Commission on Stratigraphy (ICS) Chart*. Episodes 36: 199-204.
- Chauca, F.L. (1995). *Producción de cuyes (Cavia porcellus) en los países andinos*. Revista Mundial de Zootecnia 83(2):9-19.
- Chatters, J. C. et al. (2014). *Late Pleistocene Human Skeleton and mtDNA Link Paleoamericans and Modern Native Americans*. Revista Science volumen 344, pp. 750.
- Church, D.C. (1975). *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol 1 2<sup>nd</sup>. Ed. O & B Books, Inc.
- Crossley, J.C., M.P. Marin, G. Ferrando, L.A. Raggi. 1994. Modificaciones adaptativas de algunas constantes fisiológicas de alpaca (Lama pacos) sometidas a cambios de ambiente. Archivos de Zootecnia, 43(163): 215-223.
- Damgaard, P. B., Marchi, N., Rasmussen, S. y Peyrut, M. (2018). *137 genomas humanos antiguos de todas las estepas euroasiáticas*. Nature 557, 369-374.
- Daminelli, A. y Santa Cruz, D. (2007). *Origins of life*. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100022>.

REFERENCIAS

- Darwin, C. (1868). *The variation of animals and plants under domestication*, 2 vol. J. Murray.
- De Carolis, G. 1987. *Descripción del sistema ganadero y hábitos alimentarios de camélidos domésticos y ovinos en el bofedal de Parinacota*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 261 págs.
- Delacour, J. y Mayr, E. (1949) *La familia Anatidae*. *Hornero* 009 (01): 024- 079, pp. 54-55.
- Donnan, C. B. (1976). *Moche art and iconography*. 146 p.; Los Angeles: UCLA. Latin American Center publications. University of California.
- Dunnum, J. L. y Salazar-Bravo, J. (2010). *Molecular systematics, taxonomy and biogeography of the genus Cavia (Rodentia: Caviidae)*. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 48(4): 376-388.
- Dunnum, J. y Teta, P. (2016). *Cavia tshudii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T4068A22188991.  
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T4068A22188991>.
- Engel, F. (1966). *Paracas, cien siglos de cultura peruana*. Librería editorial Juan Mejía Baca.
- Escobar, Y., Ruiz de Castilla, M. (1993). *Evaluación de la calidad nutritiva del calostro y la leche de llamas primerizas y multiparas*. En: *Informes de Trabajos de Investigación en Alpacas y Llamas de colon*. Volumen III (Leche). III: 2 - 20.
- FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. 572 pp.
- Falconer, D. (1989). *Introducción a la genética cuantitativa*. CECSA.
- Fernández Baca, S. (1971). *La alpaca, reproducción y crianza*. Boletín de divulgación IVITA.
- FCI (2013). *Estándar-FCI N° 310: Perro Sin pelo del Perú*. Federation Cynologique Internationale (AISBL) Secretariat General: 13, Place Albert 1 B – 6530 Thuin.
- Félix de Sousa, R.E. (2006). *The Ecopoesis model*. En [https://en.wikiversity.org/wiki/Precambrian/Life\\_origins/The\\_Ecopoesis\\_model](https://en.wikiversity.org/wiki/Precambrian/Life_origins/The_Ecopoesis_model).
- Franco, M., Pezo, D., García, W. & Franco, F. (2009). *Manual de juzgamiento de alpacas y llamas* (No. L01 M2).

- Freile, J. F. y Poveda, C. (2019). *Cairina moschata* En: Freile, J. F., Poveda, C. Aves del Ecuador. Version 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb/FichaEspecie/Cairina%20moschata>.
- Gade, D. (1967). *The guinea pig in andean folk culture*. In Geographical review, N°57, pp.213-224.
- Garcilaso, Inca de la Vega. (1609/1959). *Comentarios reales de los Incas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Gilmore, R. M. (1950). *Fauna and ethnozoology of South America*. In: Handbook of south American Indians, Vol. 6 (J.H. Steward ed.) 365-464; Smithsonian Institution.
- Gómez, J.A. y Pantoja, J. (2003). *El origen de la vida desde un punto de vista geológico*. Bol. de la Sociedad Geológica Mexicana, vol. 56, núm. 1, 2003, pág. 56-86.
- Gonzales Carré, E. (2007). *Historia prehispánica de Ayacucho*. 3ra Edición. Lluvia Editores. 138 pp.
- Guamán Poma de Ayala, F. (1615/1993). *Nueva crónica y buen gobierno*, editado por Franklin Pease G.Y., vocabulario y traducciones del quechua por Jan Szeminski. 3 tomos. Fondo de Cultura Económica.
- Hackett, J. Sh. (2008). *A phylogenomic study of birds reveals their evolutionary history*. Science 27 jun 2008: Vol. 320, Issue 5884, pp. 1763-1768.
- Harari, Y. N. (2016). *De animales a Dioses*. Breve historia de la humanidad. Penguin Random House. Grupo editorial México DF.
- Hare, B. et al. (2012). *La hipótesis de la autodomesticación: evolución de la psicología bonobo*. Elsevier Ltd.
- Haussler, D. (2018). *Principles of life*. BOME 18. Fall 2018.
- Hoyle, F. & Wickrasinghe, N. C. (1980). *Organic grains in space*. Journal of Astrophysics and Space Science, vol. 69, no. 2, may 1980, p. 511-513.
- Hublin, J.J., Ben-Ncer, A., Bailey, S.E. et al. (2018). *Author Correction: New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens*. Nature 558, E6. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0166-3>.
- Hunt, R.M. (2001). *Small Oligocene amphicyonids from North America (Paradaphoenus, Mammalia, Carnivora)*. American Museum Novitates 3331: 1-20.

- Hutt, F.B. (1964). *Animal Genetics*. Ronald Press.
- Immelmann, K. (1980). *Introduction to ethology*. Ed. Plenum press.
- Janssens, L. *et al.* (2018). *Una nueva mirada a un perro Viejo: Bonn-Overkassel reconsiderado*. J. Archaeol. Sci. 92, 126-138.
- Juárez, M. A. (2018). *Origen y domesticación del pato*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kadwell, M., Fernandez, M., Stanley, H. F., Baldi, R., Wheeler, J. C., Rosadio, R. y Bruford, M. W. (2001). *Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca*. Proc Biol Sci. (2001) Dec 22; 268(1485):2575-84.
- Kaulicke, P. (2010). *Las cronologías del Formativo*. 50 años de investigaciones japonesas en perspectiva. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Leathlobhair, M. N. *et al.* (2018). *The evolutionary history of dogs in the Americas*. Science 361, 81–85.
- Leonard, J., Wayne, R., Wheeler, J., Valadez, R., Guillén, S. y Vilá, C. (2002). *Ancient DNA evidence for Old World origin of New World dogs*. Science 298:1613-1616.
- Liu, Y. H. *et al.* (2018). *Origin and genetic legacy of prehistoric dogs*. Mol. Biol. Evol. 35, 287–298.
- Lord, E., Collins, C. de France, S. *et al.* (2020). *El ADN antiguo de cobayos (Cavia spp.) indica un probable nuevo centro de domesticación y vías de distribución global*. Scientific reports 10, 8901 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65784-6>.
- Lozada, M.C., Buikstra, J.E., Rakita, G., Wheeler, J.C. (2009). *Camelid Herders: The Forgotten Specialists in the Coastal Señorío of Chiribaya, Southern Peru*. En: Marcus, J., P.R. 487 Williams (Eds). *Andean Civilization: A Tribute to M. E. Moseley*. UCLA Cotsen Institute of Archaeology Press. pp. 351- 364.
- Lumbreras, L. G. (2005). *Arqueología y Sociedad*. IEP ediciones. 320 pp.
- Mächtle, B. y Eitel, B. (2013). *Fragile landscapes, fragile civilizations—How climate determined societies in the pre-Columbian south Peruvian Andes*. In: Catena, 103: 62-73.
- Mac Neish R.S. (1992). *The origins of agriculture and settled life*. University of Oklahoma Press. Norman and London.

- Mamani, N., Ruiz de Castilla, M. (1991). *Estudio preliminar del color de la fibra de llama en los distritos de Callalli y Tisco, provincia de Cailloma, Arequipa*. En Informes de Trabajos de investigación en alpacas y llamas de color. FIDA-UNSAAC-BAP. Volumen I (Fibras) 1:2-18.
- Marín, J. C. *et al.* (2007). *Sistématica, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular*. Rev. chilena historia natural 80: 121-140.
- Marshall, M. (2016). *The secret of how life on earth began*. BBC. <http://www.bbc.com/earth/story/20161026-the-secret-of-how-life-on-earth-began>.
- Martínez, C. (1986). *Cerámica prehispánica nor-peruana: estudio de la cerámica Chimú de la colección del Museo de América de Madrid*. BAR International series. 323(i):1-198.
- Mendes Correa, A.A. (1928). *Nouvelles hypothèse sur le peuplement primitif de l'amérique du sud*. Annaes Fac. ciencias Porto T. 15: 86-112.
- Miller, S. y J. Rottmann. (1976). *Guía para el reconocimiento de los Mamíferos Chilenos*. Editorial Gabriela Mistral.
- Moreira, L.S. *et al.* (2013). *Holocene paleoenvironmental reconstruction in the Eastern Amazonian Basin: Comprido Lake*. Journal of South American Earth Sciences. vol.44, 55-2.
- Nowak, R.M. (1992). *Wolves. The great travelers of evolution*. International wolf. 2(4):3-7.
- Nowak, R.M. (1979). *North American Quaternary Canis*. Monograph of the museum of natural history, University of Kansas 6:1-154.
- Olsen, S. J. (1985). *Origins of the domestic dog: the fossil record*. The University of Arizona Press.
- Paradiso, J.L. y Nowak, R.M. (1982). *Wolves*. Pages 460-474. In Chapman and Feldhamer, Editors. Wild mammals of North America Biology, management and Economics. The Johns Hopkins University Press.
- Paredes, F. G. *et al.* (2020) *Diversidad genética y estructura poblacional de las llamas (Lama glama) del Banco de germoplasma de camélidos Quimsachata*. Revista científica GENES 2020, 11, 541.
- Peng Cui, et al. (2007). *A complete mitochondrial genome sequence of the wild two-humped camel (Camelus bactrianus ferus): an evolutionary history of camelidae*. BMC Genomics 8 (241). doi:10.1186/1471-2164-8-241.

- Perri, A.R., Mitchell, K.J., Mouton, A. *et al.* (2021). *Los lobos gigantes fueron los últimos de un antiguo linaje de cánidos del Nuevo Mundo*. Nature 591, 87–91. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03082-x>.
- Presciuttini, S., Valbonesi, A., Apaza, N., Antonini, M., Huanca, T. y Renieri C. (2010). *Fleece variation in alpaca (Vicugna pacos): a two-locus model for the Suri/Huacaya phenotype*. BMC Genetics 11, 70-75.
- Pulgar Vidal, J. (1952). *El curí o cuy*. Ministerio de Agricultura, Bogotá.
- Range, F. y Virányi, Z. (2013). *Rastreado los orígenes evolutivos de la cooperación perro-humano. La hipótesis de la cooperación canina*. Publicado en línea 15 de enero de 2015. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01582.
- Reich, D.E., Wayne, R.K. y Goldstein, D.B. (1999). *Genetic evidence for a recent origin by hybridization of red wolves*. Molecular Ecology 8:139 - 144.
- Reynafarge, C., J. Faura, D. Villavicencio, A. Curaca, B. Reynafarge, L. Oyola, L. Contreras, E. Vallenás, A. Faura. 1975. *Oxygen transport of hemoglobin in high-altitude animals (Camelidae)*. J. Applied Physiology, 38: 806-810.
- Reindel, M. e Isla, J. (2013). *Cambio climático y patrones de asentamiento en la vertiente occidental de los andes del sur del Perú*. Diálogo Andino - Revista de Historia, Geografía y Cultura Andina <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371334532006>> ISSN 0716-2278.
- Renieri, C., Frank, E.N., Rosari A. Y. y Antonini, M. (2009) *Definición de razas en llamas y alpacas*. Animal Genetic Resources Information, 2009, 45, 45–54. FAO, doi:10.1017/S1014233909990319.
- Rick, J. (1983). *El precerámico peruano*. Instituto Andino de Estudios Arqueológicos. Ed. Indea.
- Rivet, P. (1943). *Los orígenes del hombre americano*. Montreal, Editions de l'arbre. Pp 133p., In-8°.
- Rostworowski, M. (1988). *Historia del Tahuantinsuyu*. IEP-CONCYTEC. 332 pp.
- Ruiz, J. (2011). *Producción y Tecnología en Camélidos Sudamericanos*. FOCAM. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Ruiz, J. (2019). *Avances de investigación en camélidos sudamericanos*. 1ra. Edición – febrero 2019. Editor: Universidad Nacional de Huancavelica. 183 pp.

- Ruiz de Castilla, M. (2006). *Domesticación y persistencia de los camélidos de los Andes de Cusco*. Instituto Regional de Cultura Cusco. 88 p.
- Ruiz de Castilla, M. (2019b). *Genetistas de la Edad de piedra*. La creación de los animales domésticos andinos. Editorial de la Universidad Andina del Cusco.
- Ruiz de Castilla, M. (2021). *Genética y Biotecnología Precolombina*. South Florida Journal of Development, Miami, v.2, n.1, p.34-41, jan./feb. 2021. ISSN 2675-5459.
- San Martín, F. (1987). *Comparative forage selectivity and nutrition of south American camelids and sheep*. PhD. Diss. Texas tech. University. Lubbock.
- Skidmore, J.A., Billah, M., Binns, M., Short, R.V., Allen W.R. (1999). *Hybridizing Old and New World camelids: Camelus dromedarius x Lama guanicoe*. Proc Biol Sci. 266: 649-656.
- Slon, V., Mafessoni, F., Vernot, B., de Filippo, C., Grote, S., Viola, B., Hajdinjak, M., Peyrégne, S., Nagel, S., Brown, S., Douka, K., Higham, T., Kozlikin, M.B., Shunkov, M.V., Derevianko, A.P., Kelso, J., Meyer, M., Prüfer, K., Svante, P. (2018). *The genome of the offspring of a Neanderthal mother and a Denisovan father*. Nature. 561, 113-116.
- Snustad, P; Simmons, M. (1999) *Principles of genetics*. John Wiley and Sons, Inc.
- Spotorno, A.E. et al. (2006). *Pasos antiguos y modernos durante la domesticación de cuyes (Cavia porcellus L.)*. J. Zool. 270, 57-62.
- Tedford, R.H. (1978). *History of dogs and cats. A view from the fossil record. in Nutrition and management of dogs and cats*, Ralston Purina So.: St. Louis. pp. 1-10.
- Umire, A.; Miranda, A. 2018. *Cultura Chiribaya, Arena, Hombre y Mar*. Fondo Editorial del Congreso del Perú.
- Urquijeta M., B., y Martínez P., R. (1992). *Adaptación de mamíferos al ambiente altiplánico*. Monografías De Medicina Veterinaria, 14(2).
- Van Soest, P.J. (1982). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. O B Books, Inc.
- Valadez, R., Blanco, A., Rodríguez, B., Götz, C. (2009). *Perros Pelones del México prehispánico*. Archaeobios 3 (1): 5-19.
- Valadez, R. y Mestre, G. (2007). *Xoloitzcuintle. Del enigma al siglo XXI*. Artenación. Editores e Instituto de Investigaciones Atropológicas UNAM.

- Vásquez, V.F., Rosales, T.E., y Dorado G. (2016). *El origen del Perro (Canis lupus familiaris) Sin Pelo Peruano (PSPP): pruebas arqueológicas, zooarqueológicas y genéticas – Revisión*. Revista ARCHAEOBIOS N° 10, Vol. 1 diciembre 2016 ISSN 1996-5214 ARCHAEOBIOS (2016) www.arqueobios.org 86.
- Vásquez, V. F., Rosales, T. E., Dorado, G. (2009). *Morfotipos y razas de perros (Canis lupus familiaris L.) del periodo Moche*. N° 3 vol.1, ISSN 1996-5214 ARCHAEOBIOS.
- Walker, I., Soto, M. A. y Spotorno, A. E. (2014). *Similarities and differences among the chromosomes of the wild guinea pig Cavia tschudii and the domestic guinea pig Cavia porcellus (Rodentia, Caviidae)*. Comparative Cytogenetics 8, n.º 2 (14 de julio de 2014): 153-67. <https://doi.org/10.3897/CompCytogen.v8i2.7509>.
- Webb, S. D. (1978). *A history of savanna vertebrates in the new world: Part II: South America and the great interchange*. An. Rev. of ecology and systematics, 9:393-426.
- Wheeler, J. C. (2012). *South American camelids-past, present and future*. Revista: Journal of Camelid Science. www.isocard.org
- Wilson, P.J. et al. (2000). *DNA profiles of the eastern Canadian wolf and the red wolf provide evidence for a common evolutionary history independent of the gray wolf*, Canadian Journal of Zoology 78:2156 - 2166.
- Wing, E. S. (1977). *Animal Domestication in the Andes*. In C.A. Reed (ed), Mouton Publishers. pp. 837-859.
- Wing, E. S. (1988). *Use of animals by the Incas as seen at Huanuco Pampa*. En Economic Prehistory in the Central Andes de E. S. Wing y J. C. Wheeler (eds), pp. 167-179. Oxford: BAR International Series 427.
- Xeres de, F. (1849/1534). *Verdadera relación de la Conquista del Perú y provincial de Cuzco*. B.C. Aribau. Madrid, 1848. 8ª. Vol. 26, Bibliotheca de autores espagnoles.
- Yacobaccio, H. D. y Vilá, B. (2013). *La domesticación de los camélidos andinos como proceso de interacción humana y animal*. Intersecciones en Antropología, vol. 14, núm. 1, 2013, pp. 227-238.
- Zamora, A. F. (2013). *Primera reconstrucción paleoclimática cuantitativa: del polen de madriguera al clima del pasado en un transecto altitudinal del altiplano de Chile*. Pozo Almonte-Salar del Huasco. Región de Tarapacá. Monografía. Universidad de Chile.
- Zárate de, A. (2022/1555). *Historia del descubrimiento y conquista del Perú*. Ediciones Cátedra, letras hispánicas, 24 de febrero de 2022. 520 pp.

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

## Apéndice A

### Glosario de términos

**ADN (ácido desoxirribonucleico).** Sustancia químicamente compleja encargada de llevar la información genética.

**ADN mitocondrial.** A diferencia del ADN nuclear que se encuentra en el núcleo de cada célula, el ADN mitocondrial se ubica en las mitocondrias.

**Alelos.** Son los genes que ocupan un mismo locus en el cromosoma.

**Alopatría.** Especiación por aislamiento geográfico.

**Ambiente.** Son todas las circunstancias no genéticas que influyen en el valor fenotípico.

**Aminoácidos.** Son moléculas que se combinan para formar proteínas.

**Autosómico.** Es un alelo de un gen cuyo locus se encuentra ubicado en alguno de los autosomas o cromosomas no determinantes del sexo.

**Biotechnología.** Está referida a cualquier técnica que utilice organismos vivos o parte de estos para fabricar o modificar productos, mejorar plantas o animales o desarrollar microorganismos para usos específicos.

**Cambio climático.** Es cualquier cambio en el clima (temperatura, humedad, precipitaciones, eventos) a través del tiempo, que sea producto de la variación natural o de la actividad humana, que ocurre en períodos largos con tendencias definidas.

**Caracteres cuantitativos.** Son aquellos que muestran una distribución continua de fenotipos.

**Clado.** Agrupación de organismos que contiene a todos los descendientes de un antepasado común y a ese antepasado.

**Comensalismo.** Forma de interacción biológica en la que uno de los intervinientes obtiene un beneficio, mientras que el otro no se perjudica ni se beneficia.

**Cromosomas.** Son enormes moléculas de ADN con las proteínas cromosómicas situadas a su alrededor.

**Depresión por consanguinidad.** Disminución de la producción, pérdida de prolificidad, esterilidad y frecuencia de abortos, generada por el apareamiento de individuos estrechamente relacionados genéticamente.

**Deriva genética.** Es un cambio en las frecuencias alélicas de una población que ocurre de generación en generación y se debe al azar.

**Diastema.** Espacio que separa dos dientes.

**Ecotipo.** Conjunto de individuos de una especie que viven en un hábitat o ecosistema.

**Fenotipo.** Es la expresión del genotipo en función de un determinado ambiente.

**Genes.** Son las unidades de material hereditario que controlan los caracteres que se manifiestan en los individuos.

**Genética.** Ciencia que estudia la herencia y la variación.

**Genoma.** Conjunto completo de ADN (material genético) en un organismo.

**Mitogenoma o Genoma mitocondrial.** Material genético presente en las mitocondrias.

**Ligamiento.** Tendencia de los genes de un mismo cromosoma a permanecer asociados en herencia.

**Locus.** Es la posición determinada ocupada por un gen en el cromosoma.

**Haplogrupo.** Es un grupo grande de haplotipos, que son series de alelos en lugares específicos de un cromosoma.

**Haplotipo.** Agrupación física de variantes genómicas o polimorfismos que tienden a heredarse juntas.

**Heterosis.** Es el resultado del cruzamiento de progenitores no emparentados que da la oportunidad de obtener híbridos superiores a sus progenitores.

**Hipoxia.** Ausencia de oxígeno suficiente en los tejidos como para mantener las funciones corporales.

**Jubeo.** Práctica curativa usada por los curanderos en la que frotan el cuerpo de un enfermo con un cuy.

**Monogénico.** Rasgo que está determinado por un gen.

**Morfotipo.** Grupo de organismos que no puede diferenciarse a simple vista.

**Mutación.** Es un cambio en la secuencia del ADN de un organismo.

**Nanoanticuerpos,** También llamados nanobodies, anticuerpos de dominio simple o anticuerpos VHH, son un tipo de anticuerpos derivados de camélidos,

**Paleogenómica.** Campo de la ciencia basado en la reconstrucción y análisis de la información genómica en especies extintas.

**Peripatría.** Especiación en la que se forma una nueva especie a partir de una población periférica aislada.

**Pleiotropía.** Fenómeno por el cual un solo gen o alelo es responsable de efectos fenotípicos o caracteres distintos y no relacionados.

**Polimorfismo.** Presencia de dos o más fenotipos diferenciados en una población de una raza.

**Recursos genéticos.** Son todos los materiales de origen vegetal, animal o microbiano aprovechables que contienen unidades funcionales de herencia (genes).

**Semidominante.** Gen letal que en condición heterocigótica produce una disminución de la viabilidad en comparación al tipo normal.

**Simbiosis.** Forma de convivencia conjunta entre dos especies de organismos.

**Tui.** Camélido de menos de dos años de edad.

ARCHIVO SOLO PARA VISUALIZACIÓN DIGITAL

## Apéndice B

### Cronología de la Domesticación de Animales

Especie	Domesticación	Agriotipo	Utilidad
Perro ( <i>Canis lupus familiaris</i> )	40 000-20 000 a.C. perros europeos y 7 000 a.C. perro sin pelo del Perú	lobo ( <i>Canis lupus</i> )	caza, guarda y otros usos
Ovino ( <i>Ovis aries</i> )	8 500 a.C. Medio Oriente (Irak)	( <i>Ovis orientalis</i> ) o muflón oriental	carne, leche y lana
Cabra ( <i>Capra hircus</i> )	8 000 a.C. Medio Oriente (Irán)	( <i>Capra aegagrus</i> ) o cabra bezoar	carne, leche y lana
Toro ( <i>Bos taurus</i> ) y Cebú ( <i>Bos indicus</i> )	7 000 a.C. Europa (Grecia) y Asia (Turquía, Irán)	( <i>Bos primigenius</i> ) o uro, toro salvaje	tiro, carne y leche
Cerdo ( <i>Sus domesticus</i> )	7 000 a.C. en Asia (Turquía y China) y Europa	<i>Sus vittatus</i> y <i>Sus scrofa</i>	carne
Llama ( <i>Lama glama</i> )	7 000-6 000 a.C. en el Perú.	( <i>Lama guanicoe</i> ) o guanaco	Transporte, fibra y carne
Alpaca ( <i>Vicugna pacos</i> )	7 000-6 000 a.C. en el Perú	Vicuña ( <i>Vicugna vicugna</i> )	fibra y carne
Cuy ( <i>Cavia porcellus</i> )	5 000-3 700 a.C. en Perú	poronccoe ( <i>Cavia tschudii</i> )	carne, usos medicinales y laboratorio
Paloma ( <i>Columba livia</i> )	4 500 a.C. en la península ibérica	paloma bravía	carne, mensajería, etcétera.
Caballo ( <i>Equus caballus</i> )	4 000-2 000 a.C. (Ucrania y China), Asia Central	( <i>Equus ferus</i> ) caballo salvaje o de Przewalski	Tiro y montura
Búfalo ( <i>Bubalus bubalis</i> )	3 000 a.C. Tailandia,	( <i>Bubalus arnee</i> ) búfalo acuático o arní	Tiro, carne, etcétera.
Abeja ( <i>Apis mellifica</i> )	3 000 a.C. en Egipto	( <i>Apis mellifica</i> )	producción de miel y derivados
Mariposa de la seda ( <i>Bombyx mori</i> )	3 000 a.C. en China	( <i>Bombyx mandarina</i> )	seda textil

APÉNDICE

Asno o burro ( <i>Equus asinus</i> )	3 000 a.C. en Egipto	( <i>Equus africanus</i> )	tiro y montura
Camello ( <i>Camelus bactrianus</i> )	3 000 a.C. en Uzbekistán	( <i>Camelus ferus</i> )? o camello salvaje	montura y porte
Dromedario ( <i>Camelus dromedarius</i> )	3 000 a.C. en Arabia Saudita	dromedario salvaje o ( <i>Camelus sp.</i> )	montura y porte
Banteng ( <i>Bibos javanicus</i> )	3 000 a.C. en Tailandia	( <i>Bos primigenius</i> )	carne y tiro
Pato ( <i>Anas platyrhynchos</i> ), azulón	2 000 a.C. en la China y el Sudeste de Asia (Siria)	ánade real	huevos y carne
Pato criollo ( <i>Cairina moschata domestica</i> )	2 000 a.C.-200 d.C. en América del Sur (Perú)	pato amazónico ( <i>C. moschata sylvestris</i> )	controlador de insectos, carne y huevos
Ganso ( <i>Anser anser</i> )	5 000 a.C. en el sur de Asia	( <i>Ansar anser</i> ) y ( <i>Anser cygnoides</i> )	huevos y carne
Gato ( <i>Felis catus</i> ),	3 000-2.000 a.C. África (Egipto) y Europa	( <i>Felis libica</i> ) y ( <i>F. silvestris</i> )	compañía y el control plagas
Carabao ( <i>Bubalus bubalis carabanesis</i> )	2 500 a.C. en Filipinas	( <i>Bubalus bubalis</i> )	tiro
Yak ( <i>Bos grunniens</i> )	2 500 a.C. en el Tíbet	( <i>Bos mutus</i> ) yak salvaje	transporte
Gallina ( <i>Gallus gallus</i> )	3 200 a.C. en Asia (Pakistán, China y Tailandia)	( <i>Gallus gallus bankiva</i> )	Huevos y carne
Oca egipcia ( <i>Alopochen aegyptiacus</i> )	2 500 a.C. Egipto y Pakistán		huevos y carne
Reno ( <i>Rangifer tarandus</i> )	1 000 a.C. en Siberia	( <i>Rangifer tarandus</i> ) sub especie silvestre	Carne, etc.
Pavo ( <i>Meleagris gallipavo</i> )	1 000 a.C. en México	( <i>Meleagris gallopavo gallopavo</i> )	Carne, plumas
Codorniz ( <i>Coturnix coturnix</i> )	600 a.C.	( <i>Coturnix coturnix japónica</i> )	Huevos y carne

ZOOTECNISTAS ANCESTRALES

Conejo ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> )	100 a.C. en Italia	( <i>Oryctolagus cuniculus silvestris</i> )	carne y piel
Ciervo ( <i>Cervidi elaphus</i> , <i>Dama dama</i> )	2 000 d.C. en Nueva Zelandia y Europa (Escocia)		Carne y piel
Faisán ( <i>Phasianus colchicus</i> )	El faisán común, de la antigua Cólquida y el de collar procede de China		carne exquisita y la vistosidad de su plumaje
Pintada o gallina de Guinea ( <i>Numida meleagris</i> )	Senegal y Alta Guinea		Su puesta supera los 100 huevos, y la carne se asemeja a la del faisán
Pavo real ( <i>Pavo cristatus</i> )	hace 2 000 años India, Pakistán y Sri Lanka		controlador de animales nocivos y ave decorativa
Avestruz ( <i>Struthio camelus</i> )	siglo XIX África		carne y plumas

# Tabla de Contenidos

Zootecnistas ancestrales.....	3
Breve historia de la domesticación de animales en Los Andes.....	3
Prólogo.....	11
Resumen.....	13
Introducción.....	15
<b>Capítulo I. La Evolución biológica.....</b>	<b>17</b>
Evolución de la vida en La Tierra.....	19
Los orígenes del <i>Homo sapiens</i> .....	19
El poblamiento de América.....	21
El Antropoceno (holoceno) en Los Andes.....	22
La revolución Neolítica.....	23
Diversidad biológica en Los Andes.....	25
Animales domésticos y biodiversidad.....	26
<b>Capítulo II. La domesticación de animales en Los Andes.....</b>	<b>27</b>
El proceso de domesticación de animales.....	29
Etapas de la domesticación de animales en Los Andes.....	30
Caza y recolección generalizada.....	30
Protección de la manada.....	31
Confinamiento.....	31
<b>Capítulo III. Manejo de las Fuerzas Evolutivas.....</b>	<b>33</b>
El mejoramiento genético.....	35
Fuerzas que cambian la frecuencia de los genes.....	35
La migración.....	35
La migración en el Perro Sin Pelo del Perú.....	36

La migración en los camélidos andinos.....	36
La migración en los cuyes.....	39
La mutación.....	39
La mutación en el Perro Sin Pelo del Perú.....	40
La displasia ectodérmica canina.....	40
La mutación en camélidos andinos.....	41
Las llamas y alpacas suri.....	41
La selección.....	41
Elección de los caracteres de interés económico y biológico.....	43
Tipos de selección utilizados.....	43
Modificaciones causadas por la selección.....	44
Cambios en el comportamiento.....	44
Modificaciones fenotípicas.....	45
Consecuencias genéticas.....	46
Los sistemas de apareamientos.....	46
La consanguinidad.....	46
El cruzamiento.....	47
<b>Capítulo IV. Domesticación de los camélidos andinos.....</b>	<b>49</b>
Origen y evolución de los camélidos.....	51
Domesticación de los camélidos andinos.....	52
Etapas de cazadores recolectores indiferenciados.....	52
Etapas de cazadores avanzados.....	52
Etapas de domesticación.....	53
Etapas de confinamiento y pastoreo.....	54
Etapas de la invasión europea.....	56
Etapas republicanas.....	57
Características de los camélidos americanos.....	58
El guanaco (Lama guanicoe).....	59
La vicuña (Vicugna vicugna).....	60
La llama (Lama glama).....	61
El fenotipo Q'ara.....	62

El fenotipo Ch'aku.....	62
La alpaca ( <i>Vicugna pacos</i> ).....	63
El fenotipo Wacaya.....	64
El fenotipo Suri.....	64
Las razas de camélidos andinos domésticos. Un tema polémico.....	65
Raza primitiva, primaria o población tradicional.....	66
Raza secundaria.....	66
Raza sintética o compuesta.....	67
Raza mendeliana.....	67
Camélidos andinos y cambio climático.....	68
<b>Capítulo V. Domesticación del Perro Sin Pelo del Perú.....</b>	<b>71</b>
Origen y evolución del perro.....	73
Domesticación del perro.....	77
Características de la raza Perro Sin Pelo del Perú.....	79
<b>Capítulo VI. Domesticación del Cuy (<i>Cavia porcellus</i>).....</b>	<b>81</b>
Origen y evolución del cuy.....	83
Domesticación del cuy.....	83
Características del Poroncco (Cavia tschudii).....	85
Fenotipos de cuyes domésticos.....	86
Características de fenotipo nativo.....	86
Características del cuy mejorado.....	87
Raza Perú.....	87
Raza Andina.....	88
Raza Inti.....	88
<b>Capítulo VII. Domesticación del Pato Criollo (<i>Cairina moschata domestica</i>).....</b>	<b>89</b>
Origen y evolución del Pato Real ( <i>Cairina moschata sylvestris</i> ).....	91
Domesticación del Pato Criollo.....	92
Características de las sub especies de <i>Cairina moschata</i> .....	93

Cairina moschata sylvestris.....	93
Cairina moschata domestica.....	95
<b>Capítulo VIII. Comentarios finales a modo de conclusiones.....</b>	<b>97</b>
Domesticación de los camélidos andinos.....	99
Camélidos andinos y cambio climático.....	101
Domesticación del Perro Sin Pelo del Perú.....	101
Domesticación del Cuy.....	101
Domesticación del Pato Criollo.....	102
Prácticas zootécnicas realizadas por los pobladores ancestrales.....	102
Manejo de la selección artificial.....	102
Modificaciones causadas por la selección.....	103
Cambios en el comportamiento.....	103
Modificaciones fenotípicas.....	104
Consecuencias genéticas.....	104
Manejo de los sistemas de apareamiento.....	105
La consanguinidad.....	105
El cruzamiento.....	105
<b>Referencias.....</b>	<b>107</b>
<b>Apéndice A. Glosario de términos.....</b>	<b>117</b>
<b>Apéndice B. Cronología de la domesticación de animales.....</b>	<b>119</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>123</b>

## ZOOTECNISTAS ANCESTRALES

### Breve Historia de la Domesticación de Animales en Los Andes

De acuerdo con las evidencias paleontológicas y estudios de ADN, los procesos de domesticación de animales en los Andes Centrales de América empezaron hace unos 12.000 años, con la revolución agrícola. Los cazadores y recolectores comenzaron a manipular los seres vivos y apropiarse de los recursos genéticos animales y vegetales para su subsistencia a través de la recolección de plantas y la cacería de animales, luego surgieron los primeros ensayos de crianza de animales y finalmente la domesticación. El proceso de domesticación de animales ha sido largo y aún en la actualidad continúa con el mejoramiento genético del perro sin pelo del Perú, las llamas, alpacas, cuyes y patos criollos que los zootecnistas ancestrales transformaron modificando las especies silvestres mediante la aplicación de procedimientos biotecnológicos.

**Mario Ruiz de Castilla Marín**

Centro de Investigación Multidisciplinario de  
Catedráticos Cesantes de la UNSAAC Cusco, Perú



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

📍 Av. Arequipa 4947, Miraflores  
☎ (01) 445-6540 • 445-5540

[www.cip.org.pe](http://www.cip.org.pe)

ISBN: 978-612-49780-1-2



9 786124 978012