



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTOS DE LA DOMESTICACIÓN DE LA CHINCHILLA  
CHILENA, *Chinchilla lanigera*, SOBRE ALGUNOS  
INDICADORES MORFOLÓGICOS Y GENÉTICOS.**

**PATRICIA PÉREZ CONCHA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Ciencias  
Biológicas Animales

**PROFESOR GUÍA: DR. ANGEL SPOTORNO O.**

**SANTIAGO, CHILE**

**2004**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTOS DE LA DOMESTICACIÓN DE LA CHINCHILLA  
CHILENA, *Chinchilla lanigera*, SOBRE ALGUNOS  
INDICADORES MORFOLÓGICOS Y GENÉTICOS**

**PATRICIA PÉREZ CONCHA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Ciencias  
Biológicas Animales

NOTA FINAL: .....

		<b>NOTA</b>	<b>FIRMA</b>
PROFESOR GUÍA	: DR. ANGEL SPOTORNO	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO	: DRA. RAQUEL CEPEDA	.....	.....
PROFESOR CONSEJERO	: DR. LUIS ADARO	.....	.....

**SANTIAGO, CHILE**

**2004**

**A mis dos grandes amores, Max y Alvarito**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi mejor amigo y esposo, Max, por haberme entregado su apoyo y comprensión en los momentos que más necesite. Su gran pasión por la fauna silvestre y amor por lo que hace es un ejemplo para mí. Gracias por ayudarme a llegar a esta etapa, te amo mucho.

A mis padres, Pato y Emma, les agradezco la dedicación constante y su preocupación que siempre mostraron por mis estudios, sobretodo sus enseñanzas y valores que me entregaron como persona.

Mi especial agradecimiento es para el Dr. Angel Spotorno, mi profesor guía, por ser antes que nada una gran persona, muy humana y solidaria con sus conocimientos. Gracias por la paciencia en aquellos momentos donde me enseñó el fascinante mundo de la Sistemática Molecular, área no explorada por los médicos veterinarios, y que sembró en mi persona un gran interés por este segmento de la ciencia.

Al Sr. Lara, dueño del criadero de Chinchillas El Chagual, por todas las facilidades entregadas para obtener los especímenes y muestras de estos.

A la Dra. Raquel Cepeda y Dr. Luis Adaro, por su valioso tiempo y destacado interés al leer y corregir profundamente esta tesis, aportando con sus observaciones en el desarrollo de una adecuada discusión.

A José Luis Bartheld, gracias por apoyarme en el área estadística, empujón final que necesitaba.

Agradezco a todos, amigos y familiares que de una u otra manera me ayudaron en este proceso.

## INDICE

<b>INDICE</b>	i
<b>RESUMEN</b>	ii
<b>SUMMARY</b>	iii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>REVISION BIBLIOGRÁFICA</b>	3
1. Aspectos taxonómicos y antecedentes del orden	4
2. Cronología taxonómica del género Chinchilla	6
3. Generalidades del género Chinchilla	8
4. Biología del género Chinchilla	13
5. Reducción de poblaciones nativas y su situación actual	15
6. Proceso de domesticación	17
7. Proceso clasificatorio y sistemática	23
8. Genética molecular y sistemática	27
<b>OBJETIVOS</b>	31
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	32
1. Análisis morfológico	33
2. Análisis genético	35
2.1 Extracción de DNA a partir de hígado fijado en alcohol	35
2.2 Amplificación del DNA mitocondrial por la técnica de PCR	35
2.3 Purificado del PCR	36
2.4 Secuenciación de fragmentos del gen para citocromo b	36
2.5 Análisis de las secuencias del gen para citocromo b	36
<b>RESULTADOS</b>	37
1. Resultados morfológicos	37
2. Resultados genéticos	39
2.1 Secuencias del gen para citocromo b	39
2.2 Relaciones filogenéticas	41
<b>DISCUSIÓN</b>	43
<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	48

## RESUMEN

Se analizaron los efectos producidos por la domesticación en *Chinchilla lanigera* comparando individuos de criadero con individuos silvestres con el objeto de analizar el efecto de la domesticación sobre este roedor.

Se midieron diez variables corporales y craneanas de las cuales tres discriminaron diferencias entre grupos mediante análisis de componentes principales, éstas fueron: largo total del cráneo, largo basal del cráneo y ancho máximo craneal. La separación morfológica no fue evidente para las variables comúnmente indicadoras del proceso domesticación sugiriendo que este no estaría totalmente establecido en el grupo de chinchillas de criadero a nivel fenotípico. Para el caso del análisis molecular se observó una diferencia de 2,4% en sus secuencias genéticas entre las chinchillas silvestres de sectores de Aucó, Cuyano y Curico y las chinchillas domésticas determinando que se clasifiquen como poblaciones distintas.

Para el caso de un individuo silvestre del sector de la Higuera, éste presente un mayor parentesco con las domésticas confirmando la teoría de que las chinchillas domésticas que se exportaron a USA para la industria peletera provienen de este lugar.

## SUMMARY

There were analyzed domestication effects in morfologic and genetic variables of *Chinchilla lanigera* in wildlifen and domestion populations.

There were measured ten corporal and skull variables and the results show that three variables has significant diference by principal component analysis. The morfological diference was not evident in variables that normally identify domestic process, because of thia suggest that domestication is not established in a fenotipic level in captivity chinchillas.

In the case of molecular analyze were found diference of 2,4% in genetic sequences between wildlife chinchillas from Auco, Cuyano and Curico and the domestic chinchillas, this values classify this two groups like diferent populations. In the case of the wildlife especimen from La Higuera, this presents higher parentesc with domestic group corroborating the hypothesis that domestic chinchillas were extracted from this place to USA to create the actual pelt industry

## INTRODUCCIÓN

La Chinchilla Chilena (Fig.1) o Costina (*Chinchilla lanigera*, Molina 1782) es un pequeño roedor poco estudiado, a pesar de ser un animal cuya piel ha sido comercializada internacionalmente. Es una especie endémica de Chile (Spotorno y Walker, 2000). Los indígenas a la llegada de los españoles a América, ya utilizaban su piel para la confección de prendas de abrigo y como adorno (Villalobos, 1984).

Las pieles de chinchilla cuentan actualmente con un mercado internacional relativamente estable. Según el SAG, en 1993 se exportaron 2.167, principalmente, a Estados Unidos. Hoy Chile cuenta con 56 criaderos con 8.615 ejemplares (SAG, 1996).

Aunque el origen de los primeros animales criados con fines comerciales fue Chile, los reproductores que actualmente se utilizan en la mayoría de los criaderos comerciales son importados principalmente de Estados Unidos (<sup>1</sup>Lara ), iniciándose la explotación industrial en ese país en 1923, cuando el ingeniero norteamericano Mathias Chapman, llevó once ejemplares de chinchillas silvestres provenientes del norte de Chile a California, creando allí el primer criadero (Rodríguez, 1988).

A principios de siglo se dictaron leyes de protección que prohibían la captura de estos animales, ya que fueron casi exterminadas sus poblaciones salvajes al ser capturadas masivamente para extraer su piel, incluso en el año 1950 se consideró extinta (Mann, 1978). Posteriormente poblaciones naturales fueron redescubiertas en 1978, y en el año 1983 se crea la Reserva Nacional Las Chinchillas (Lagos y Valverde, 1998), en las cercanías de Illapel, IV Región.



Actualmente se encuentra clasificada como especie en peligro de extinción (Thornback y Jenkins, 1982; Glade, 1988) y con una alta prioridad de conservación dentro de los mamíferos chilenos (Cofré y Marquet, 1999). Las poblaciones silvestres están listadas en el apéndice I de CITES.

Con la creación de criaderos en muchos lugares del mundo, con el claro propósito de conservar la industria peletera y proteger a las reducidas poblaciones nativas de la extinción se origina un proceso de domesticación de esta especie. Este proceso debería producir cambios en las características de los individuos y de hecho los ejemplares silvestres son diferentes a los domésticos (Bickel, 1987).

En consecuencia, considerando:

- El alto potencial pelífero de ésta especie.
- En Chile y el mundo, su producción constituye una actividad en desarrollo.
- Chile tiene las condiciones ecológicas óptimas para su crianza.

Por ello el propósito de esta memoria es realizar un estudio que permita establecer los posibles cambios producidos por la domesticación reciente de la chinchilla chilena, y así poder mejorar la crianza de esta especie y ayudar a su conservación en su hábitat natural.



Figura 1. Chinchilla doméstica de criadero.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El Orden *Rodentia* incluye a los mamíferos más abundantes de la Tierra, tanto por el número de especies como por el número de individuos (Campos, 1996). Contiene el 43% de las 4629 especies de mamíferos vivientes, incluyendo unas 43 familias vivientes, con alrededor de 354 géneros y unas 1.700 familias (Muñoz-Pedrerros, 2000).

Este gran orden se subdivide en tres grupos: *Sciuromorpha* (ardillas), el cual no existe en Chile, *Myomorpha* (ratas y ratones) el cual en nuestro país está representado sólo por la familia Muridae e *Hystricomorpha* o *Caviomorpha* (degúes, coipos, chinchillas, puercoespines, etc.), siendo sus familias en Chile: *Caviidae*, *Chinchillidae*, *Myocastoridae*, *Octodontidae*, *Ctenomydae* y *Abrocomidae*. Sin embargo, los dos primeros grupos fueron fusionados, quedando como *Sciurognathi* y el otro como *Hystricognathi* (Campos, 1996). Estos dos últimos grupos se encuentran distribuidos en todos los continentes, salvo el Antártico, Nueva Zelanda y algunas islas árticas y oceánicas, constituyendo sobre el 40% de todas las especies de la clase *Mammalia* (De Blaise y Martín, 1974).

Su gran adaptabilidad los ha llevado a ocupar diversos hábitat, tanto terrestres como semiacuáticos. Se caracterizan por presentar 28 piezas dentarias y sólo un par de incisivos (Muñoz-Pedrerros, 2000). Su principal característica es el continuo desgaste y crecimiento que sufren los incisivos, lo que les permite roer todo el tiempo (Campos, 1996).

Tabla 1. Familias del orden *Rodentia* en Chile (Muñoz y Pedrerros, 2000).

FAMILIA	GÈNEROS	ESPECIES
<b>Muridae</b>	19	37
<b>Octodontidae</b>	4	9
<b>Ctenomydae</b>	1	6
<b>Caviidae</b>	3	4
<b>Chinchillidae</b>	2	3
<b>Abrocomidae</b>	1	2
<b>Myocastoridae</b>	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>62</b>

## 1.- ASPECTOS TAXONÓMICOS Y ANTECEDENTES DEL ORDEN

La Chinchilla pertenece al suborden *Simplicidentata*, que agrupa a roedores que tienen un solo par de incisivos en cada mandíbula. Su familia corresponde a *Chinchillidae* (Bennet, 1833), la que consta de 3 géneros, *Lagostomus*, *Lagidium* y *Chinchilla* y 7 especies vivientes. En Chile, se encuentran 3 especies: (Woods, 1993): la vizcacha *Lagidium viscacia* (Molina, 1782), la chinchilla chilena o costina, *Ch. lanigera* (Molina, 1782), y la chinchilla de cola corta del altiplano, *Ch. brevicaudata* (Waterhouse, 1848).

*Lagidium* se caracteriza por tener un cráneo grande, pelaje grueso y muy suave excepto en su cola donde es tosco. El largo del cuerpo es de 300 a 450 mm y la cola 200 a 400mm., siendo de hábitos diurnos y gregarios (Walker, 1975). Aún es controvertido el número de especies que se asignan a este género. En la actualidad se reconocen tres especies, *L. peruanum*, *L. viscacia* y *L. wolffsohni* (Woods, 1993).

Los tres géneros representantes de la familia *Chinchillidae*, se caracterizan principalmente por tener un tamaño mediano (500 g. ), a grande ( 8 Kg. ), con pelaje espeso y suave, extremidades posteriores bien desarrolladas, más largas que las anteriores, ojos grandes y orejas moderadamente largas; cola con pelaje espeso, equivalente a un tercio del cuerpo, con pelos largos e hirsutos. Gruesos cojinetes carnosos en la planta de los pies y completamente desnudos. Con cuatro dedos en las extremidades anteriores, aunque presentan uno vestigial, el que utiliza para agarrar, el número de dedos en la extremidad posterior es cuatro en *Chinchilla* y *Lagidium* (ambos con uñas poco desarrolladas) y tres en *Lagostomus* (con uñas muy fuertes). El cuerpo de los tres representantes de esta familia es dorsalmente color gris o gris- café y pálido en el vientre. Su aparición se produce en el oligoceno inferior a reciente en Sudamérica. En Chile, están representados dos géneros: *Lagidium* y *Chinchilla*.

El cráneo de los Chinchíllidos es histricognatho, principalmente, por presentar un foramen infraorbital muy desarrollado como parte de la solución adaptativa que permite

darle mayor fuerza a los enormes incisivos de roedores. En este suborden, la porción lateral del masetero es simple y la parte medial se extiende hasta una amplia inserción en la cara por debajo (no a través) del canal infraorbital, como sucede en el suborden Myomorpha (Muñoz- Pedreros, 2000). Además se caracterizan por su fórmula dental 1.0.1.3. La bulla auditiva tiene un rango moderadamente largo a extremadamente inflada (chinchillas) todos los chinchillidos tienen incisivos delicados (Walker, 1975). Las especies de esta familia suelen saltar bípedamente pero, generalmente, caminan en sus cuatro extremidades. Todas las especies son coloniales, viviendo en grupos que van desde unos pocos a unos cientos, y son completamente vegetarianos.

Los individuos del género *Lagostomus* se caracterizan, principalmente, por ser los representantes de mayor tamaño de la familia *Chinchillidae* (según medición de cabeza y largo de cuerpo que llega a medir entre 470 y 660 mm y la cola 150-200 mm (Walker, 1975). *Lagostomus* es el único género que conforma la subfamilia *Lagostominae*, que contiene actualmente sólo una especie, *L.maximus* (Desmarest, 1817), que se distribuye en el extremo sudeste de Paraguay, norte y centro de Argentina y sur de Bolivia (Nowak, 1991). *L. maximus*, también llamada vizcacha de las pampas, tiene un tamaño similar a las verdaderas vizcachas, presentando un considerable dimorfismo sexual.

Los machos adultos son de menor tamaño que las hembras. La coloración general de las partes superiores del cuerpo es azulada, gris perla, o gris oscuro, usualmente con el extremo de los pelos negros, la zona abdominal es de color amarillo claro (Walker, 1975).

## 2.- CRONOLOGÍA TAXONÓMICA DEL GÉNERO CHINCHILLA

En cuanto a la taxonomía de las especies que componen este taxón ha sido muy difuso y tema de estudio y controversia por parte de muchos naturalistas y científicos relacionados con el tema.

En 1782, el Abate Ignacio Molina, describe a la especie como *Mus laniger* siendo rechazada por varios autores por ser muy difusa y, principalmente, por no haber tenido en sus manos un ejemplar, con lo cual se podría estar confundiendo con un ejemplar de *Abrocoma bennetti*. Fischer, en 1814 describe a la especie como *Cricetus chinchilla*, para individuos de la zona central. Más tarde, en 1829, Bennett postula el género Chinchilla, realizando una descripción mucho más detallada de la especie, además de haber ocupado ejemplares vivos. Al año siguiente, en 1830, Lichtestein describe la especie *Eriomys chinchilla*, cerca de Perú (Osgood, 1943) y probablemente al norte de Chile, realizando la primera descripción para los ejemplares del Norte Grande. En ese mismo año, D'Orbigny y Geoffroy reconocieron la especie de Molina, pero modificaron el género y lo llamaron *Callomys laniger*. Estos mismos autores, describieron una nueva especie de Chinchilla, *Callomys aureus* o comúnmente conocida como chinchilla dorada, caracterizándose por poseer un pelaje con matices de amarillo a verde en la parte superior del cuerpo y la parte inferior del rostro de un amarillo dorado, al igual que el vientre. Además, postularon que las especies de chinchillas y las vizcachas son congéneres. En 1833, Bennett postuló la familia Chinchillidae, reconociendo en ella sólo una especie, *Chinchilla lanigera*. Posteriormente, Waterhouse (1844), describió a la especie *Chinchilla brevicaudata* para los ejemplares altiplánicos. En 1896, Thomas reconoció a la familia Chinchillidae, y en ella a los géneros *Chinchilla*, *Lagidium* y *Lagostomus*.

La Chinchilla de cola corta, es descrita por varios autores como *Chinchilla major* (Trouuessart, 1898), *Ch. intermedia* (Brass, 1911) y *Ch. boliviana* (Denler, 1939). A la Chinchilla lanigera le han dado como sinónimos entre otros; *Lagostomus chinchilla* (Meyen) y *Ericetus laniger* (E. Geoffroi).

Prell en 1943, reconoció una especie con tres formas:

- La descrita por Lichtestein, de origen peruano.
- La forma boliviana por Brass.
- La forma chilena descrita por Bennett, llamada *Ch. velligera*.

Posteriormente, Cabrera en 1960, reconoció dos especies, la descrita por Molina, *Ch. lanigera*, y la descrita por Waterhouse, *Ch. brevicaudata*, de acuerdo al número de vértebras caudales, que son 23 para *Ch. lanigera* y 20 para *Ch. brevicaudata*. Luego, Cabrera en 1961, reconoció dos especies pero una de ellas con dos subespecies, *Ch. brev. brevicaudata*, con distribución al sur del Perú; *Ch. brev. boliviana*, con distribución en los Andes del sur de Bolivia y norte de Argentina y *Ch. lanigera*, en el norte de Chile en la cordillera de los Andes y de la costa.

Walker, en 1975 reconoció una especie, *Ch. lanigera*, sin desmerecer que se han descrito otras, en especial *Ch. brevicaudata*. Pero en la situación actual que se encuentran las chinchillas en su estado silvestre es muy difícil poder confirmar la existencia de otras especies. Woods (1993) reconoce dos especies, *Ch. lanigera*, y *Ch. brevicaudata*.

### 3. - GENERALIDADES DEL GÉNERO CHINCHILLA

Su origen se remonta al Mioceno, hace aproximadamente 25 millones de años junto con la aparición de la cordillera de los Andes, asociado a los nuevos ambientes secos, habitando gran parte de lo que es hoy nuestro territorio, y encontrándose en la actualidad restringida a lugares específicos del norte de Chile (Spotorno y Walker, 2000).

En la época de la prehistoria se encontraron restos fósiles en la Cordillera de los Andes, de un animal llamado Meegamys. Estos restos eran muy parecidos a los de una chinchilla gigante. Una de las teorías, que se maneja al respecto, dice que el animal fue evolucionando hasta quedar convertido en el tamaño actual, sin embargo esta disminución del tamaño no fue acompañada de la reducción del número de pelos, los cuales crecieron en una superficie menor. Aunque esta teoría no ha sido probada, es sabido que el pelo de la chinchilla es único en la naturaleza, llamada la “perla de las pieles”, sólo se acerca su pariente más cercano la vizcacha (Aleandri, 1998).

Dentro de la familia de las chinchillas se halla el género *chinchilla* que antiguamente incluía: *Chinchilla brevicaudata*, *Chinchilla lanigera*, *Chinchilla costina* (Aleandri, 1998).

La última especie de Chinchilla ya extinta, eran habitantes de la Cordillera de la Costa chilena. La zona de su hábitat era mucho menos fría que la de *brevicaudata* y por lo tanto su pelo no necesitaba ser tan largo, pero sí más oscuro y sedoso para camuflarse en la abundante vegetación donde habitaba. Sus orejas eran largas, igual que su cola. Estudios a cargo del Gobierno Chileno, junto con el Instituto Chileno de la Chinchilla, en 1991, encuentran en Chile Chinchillas Costinas salvajes (menos de una decena) (Aleandri, 1998).

## **Chinchilla brevicaudata**

Ésta especie era considerada mucho más valiosa que la lanígera y fue exterminándose rápidamente. Es originaria de la zona más alta de la cordillera de los Andes, tanto de la vertiente del Pacífico como del altiplano y vertiente atlántica. Habita en estado salvaje en las montañas del Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Su cuerpo mide 32 cm. de largo y su cola 10 cm con 20 vértebras a lo que debe su nombre; brevicaudata que quiere decir cola corta. Su pelaje es más largo y tupido que el de la especie lanigera salvaje, con lo cual aparenta mayor tamaño del que realmente tiene. Las orejas son redondas, pequeñas y casi no sobresalen del pelaje de su cabeza (Parodi, 1990). Algunos autores señalan para ésta especie tres subespecies:

- Chinchilla real (*Chinchilla chinchilla realis*): Se dice que es la que presenta mayor tamaño, y pelaje con tonos azules y plateados, lo cual podría haber determinado su extinción.
- Chinchilla boliviana (*Chinchilla chinchilla boliviana*): es la chinchilla boliviana típica de criadero de la zona de Calama.
- Chinchilla cordillerana: es más pequeña y menos llamativa que las anteriores. Se han visto ejemplares en la zona de Potrerillos. Estas tres subespecies se han cruzado entre sí originando otras variedades como la chinchilla indiana (Grau, 1986).



## **Chinchilla lanigera**

La característica más importante, que la diferencia de la brevicaudata, es su cola, que tiene 14 cm de largo y 24 vértebras, su cuerpo mide 26 cm Según algunos autores en las patas anteriores de la chinchilla lanigera el húmero y el radio son de igual tamaño, en cambio en brevicaudata el radio sería más largo (Parodi, 1990).

Se han descrito tres variedades de lanigera basándose en características de pelaje y cuerpo, debiéndose, principalmente, a procesos de adaptación ecológica. Las variedades son:

- Costina o Gran costina: es más grande y alargada, con patas muy desarrolladas, con pelaje gris y tonos azules.
- Ratón o Pequeña costina: son pequeños, de patas traseras más cortas y de pelaje oscuro con tendencia al color terroso para efectos del mimetismo, ya que generalmente se encuentran en lugares con vegetación y accidentados, cercanos a Ovalle.
- La Plata: se encuentran en las laderas de los Andes, en lugares fríos cercanos a Vallenar, por lo tanto su cuerpo será más compacto, con su pelo largo y de tonalidades claras (Grau, 1986). En resumen, estas subespecies son variaciones geográficas de la misma especie como recurso de adaptación al medio.

Antiguamente, su distribución abarcaba casi la mayoría de los cerros de la Cordillera de la Costa desde Taltal (III Región) hasta la Región del Maule (VII Región), en alturas que iban desde 400 a 2500 m.s.n.m.. Actualmente, sólo se conocen poblaciones en la zona de Aucó al norte de Illapel y en la Quebrada Honda (La Higuera), al norte de La Serena (Campos, 1996).

El cuerpo con un largo promedio de 24 cm. Presenta color grisáceo, con la parte ventral más clara. Presenta un esqueleto compuesto de 42 a 48 vértebras. Las patas anteriores son delgadas y cortas con 5 dedos, cada uno de los cuales tiene uña, que es muy

fuerte. Las posteriores son más desarrolladas y presentan 4 dedos. En la cavidad bucal, hay 16 molares y 4 incisivos, llevados en igual número en las partes superior e inferior. El macho es más liviano que la hembra. Se plantea que el color de la piel y el desarrollo de sus miembros posteriores dependen del terreno donde habiten (Parodi, 1990). Si el terreno es plano, con escasa vegetación, los miembros posteriores son más alargados y, por el contrario, si son rocosos son más cortos, demostrando una plasticidad morfológica frente a las condiciones del medio.

La chinchilla chilena se caracteriza por ser un roedor del tamaño de un cuy doméstico bien desarrollado o aún más grande, con orejas amplias y una cola provista de pelos largos e hirsutos implantados en bandera, siendo en la sección dorsal de color gris, blanco y negro, en cambio a los lados los pelos son más cortos y sólo de color gris (Mann, 1978). Todos poseen largos bigotes o vibrisas que alcanzan hasta 11 cm de largo.

Tabla 2. Resumen de algunas características según Parodi (1990).

Características	ESPECIES			
	Salvaje	Lanigera	Brevicaudata	Real
<b>Longitud Corporal</b>	25 cm	30 cm	32 cm	38 cm
<b>Peso Corporal</b>	350 g	500- 600 g	600- 850 g	850- 1000g
<b>Cola</b>	14 cm	13 cm	10 cm	7 cm
<b>Orejas</b>	5 cm	4 cm	3 cm	8 cm
<b>Gestación</b>	111 días	111 días	128 días	-
<b>Vida</b>	10 años	10 a 12 años	12 años	-



Figura 2. Mapa de distribución de *Chinchilla lanigera* y *Chinchilla brevicaudata*.

#### 4. - BIOLOGÍA DE CHINCHILLA LANIGERA

La chinchilla lanigera, vive en madrigueras bajo chaguales (*Puya berteroniana*), o entre las rocas, en las quebradas con suelos arenosos de los cerros, teniendo una gran resistencia al medio ambiente, de preferencia donde existe la algarrobilla. Se han visto criaderos naturales a 1500 m de altura (Grau, 1986).

La estructura social se describe como colonial, integrada por varias parejas, generalmente más de 5, siendo de hábitos nocturnos. Poseen lazos madre-cría fuertes y cierta migración de machos jóvenes (Molhis, 1983).

Su área de distribución la comparte con otros roedores que, generalmente, son los que cavan las cuevas y galerías, como es el ratón chinchilla (*Abrocoma bennetti*), el lauchón orejudo (*Phyllotis darwini*) y el degu común (*Octodon degu*), siendo esta convivencia pacífica y beneficiosa para ambas partes (Campos, 1996).

Alcanzan la madurez sexual alrededor de los 8 meses (Weir, 1974). El ciclo estral es de 16 a 69 días. El apareamiento ocurre entre junio y julio y luego entre septiembre y octubre. Luego de 111 días de gestación, con un rango de 105 a 118 días, tienen un parto en la primavera e inmediatamente presentan un estro post parto y paren por segunda vez durante el verano u otoño, períodos en los cuales el macho se coloca muy agresivo. Paren entre dos y cuatro crías. Las pariciones ocurren temprano en la mañana (Jiménez, 1990).

En cuanto a su dieta hay un predominio de la vegetación arbustiva perenne como atutema (*Llagunoa glandulosa*), rumpiata (*Bridgesia incisifolia*), plantas carnosas y cactáceas: cardón o chagual (*Puya berteroniana*), quisco (*Eulychinia spinibarbis*), algarrobillo (*Balsamocarpon brevifolium*) siendo esta misma vegetación usada como fuente de agua, además del rocío de la noche, ya que en su hábitat hay grandes períodos de sequía (Serra, 1979).

Su hábitat preferencial está determinado por la presencia de *Puya berteroniana*. Presentan alta agresividad intra específica, pudiendo llegar a la muerte de sus contrincantes. Realizan diferentes vocalizaciones de alarma, ataque y cuando son agredidas. Su mayor actividad la realizan temprano en la mañana y al atardecer.

Dentro de los enemigos naturales de esta especie se encuentran: el águila (*Geranoaetus melanoleucus australis*), el búho (*Tyto alba uidara*) y el zorro (*Ducicyon culpaeus andinus*), siendo el búho su peor enemigo natural (Grau, 1986).



Figura 3. Chinchilla chilena (*Chinchilla lanigera*, Molina 1782)

## **5.- REDUCCIÓN DE POBLACIONES NATIVAS Y SU SITUACIÓN ACTUAL**

Según Grau (1986), las chinchillas, al igual que los cobayos o cuyes fueron domesticados en tiempos prehispánicos por los Incas, que los mantenían en sus casas y de los cuales extraían sus pelos y pieles para adornos que se entregaban a la aristocracia, quienes popularizaron el uso de esta piel en las cortes de Europa a comienzos del siglo XIX.

Los cazadores furtivos atraídos por el comercio de su piel la cazaban de manera indiscriminada, utilizándose para ello muchas veces métodos brutales como trampas aplastantes, escopetas, e incluso cargas de dinamita para destruir madrigueras ubicadas en roqueríos (Von Brand, 1986). Otro factor, igualmente determinante, fue la destrucción de la algarrobilla, un arbusto que servía de alimentación a las poblaciones y que igualmente hoy esta catalogada como “ en peligro” (Jiménez, 1996). Otros factores que la afectaron fueron los trabajos de minería, especialmente la extracción de oro que abunda en esos lugares, pero también influyó en su disminución el sobre pastoreo de cabras (Grau, 1994). A fines del siglo XIX se exportaban alrededor de 500.000 pieles al año desde los puertos de Coquimbo y Vallenar, principalmente, a Estados Unidos, Inglaterra, Francia. Las poblaciones nativas llegaron a un nivel crítico, registrándose entre 1898 y 1920, exportaciones de 7 millones de pieles a mercados europeos y norteamericanos, sin tener en cuenta que sólo se reportó un tercio del total de pieles (Iriarte y Jaksic, 1986). Debido a esta cacería indiscriminada los gobiernos de Argentina, Chile, Bolivia y Perú suscriben en 1910 un acuerdo con el objeto de prohibir la caza y la consiguiente venta de pieles (Aleandri, 1998). Sin embargo, clandestinamente se seguían exportando animales vivos hasta el año 1965. Primero habrían sido exterminadas las chinchillas ubicadas más al norte siguiendo su antigua distribución (Jiménez, 1996). En 1918, Mathias Chapman, un ingeniero que trabajaba en Potrerillos, Chile, obtiene del gobierno un permiso para criar chinchillas, llevándose en 1923 a California, Estados Unidos, once ejemplares de chinchilla lanigera, iniciando sin duda la crianza en cautiverio de esta especie. En la actualidad, el principal

país productor de piel de chinchilla es Estados Unidos (Hernández, 1989). En un análisis de las exportaciones de especímenes vivos de acuerdo a estadísticas oficiales del Servicio Agrícola y Ganadero, durante el período 1985- 1995, es posible observar que la especie más exportada es la chinchilla doméstica, constituyendo por sí sola el 36% del total de las exportaciones (Iriarte, 2000).

En 1975 se promulgó un Decreto Supremo que prohíbe, tanto el comercio de pieles, como la exportación de animales vivos adhiriendo a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres ( CITES) y declarada en la categoría “en peligro” por CONAF en 1988. Internacionalmente se encuentra “en peligro” en el apéndice I de CITES.

A comienzos de los años ochenta las últimas lanigeras se encontraban en unos montes cerca de Illapel en donde, después de muchos esfuerzos en 1983 se logró declarar una zona de protección llamada “ Reserva Nacional Las Chinchillas”, un sector de 4.229 há ubicado en la localidad de Aucó, que depende del Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, y es vigilado por la Corporación Nacional Forestal, CONAF IV Región. Consciente del estado que se encontraba esta especie, CONAF en conjunto con investigadores nacionales lleva a cabo un importante proyecto apoyado por WWF ( World Wild Fund for Nature), llamado “ Conservación de la chinchilla chilena” (*Chinchilla lanigera*), lo que permitió hacer diversos estudios, tanto de la especie, como de su hábitat.

En el área ocupada por la Reserva, las poblaciones silvestres han ido en constante disminución, de 556 colonias en 1983 pasaron a 264 en 1989. La población total estimada fluctúa alrededor de los 11.000 individuos (Jiménez, 1995), con una tendencia clara a la disminución y una fragmentación de su hábitat, por lo tanto de sus colonias.

## 6. - PROCESO DE DOMESTICACIÓN

La domesticación a la cual está expuesta la chinchilla y otros animales, está definida como la inclusión de especies parcial o totalmente dentro de la sociedad humana. Es un proceso gradual que va acompañado de cambios genéticos y procesos de selección (Heywood y Watson, 1995). Domesticación también se define como la relación existente entre el hombre y los animales, la cual se va sucediendo a través de las generaciones (Clutton- Brock, 1987). Un animal domesticado es aquel que es criado con un propósito económico para beneficio humano, manteniéndose un control sobre los cruzamientos, organización del territorio y aporte alimenticio. Dentro de los animales elegidos para domesticar, probablemente se seleccionaron aquellos en que los patrones de comportamiento salvajes existían en un menor grado. Así, la docilidad de *Ch. lanigera* la hizo un candidato de interés por su rápida aclimatación al cautiverio.

Considerando el origen híbrido de muchos tipos de plantas que el hombre cosecha, se ha sugerido con frecuencia que la introgresión, es decir, la incorporación de genes de una especie en el acervo génico de otra (Spotorno, 1991a) es la causa de la gran diversidad de la mayoría de nuestros animales domésticos (Clutton- Brock, 1987). Esta opinión se ha podido rechazar para la mayoría de las especies implicadas: todas las razas de gallina doméstica derivan de *Gallus gallus* y la oveja, cabra, cerdo y pavo proceden cada una de una sola especie ancestral. En contados casos (gato, ganado vacuno, caballo) hay la posibilidad de que se hayan implicado varias subespecies y que el tronco doméstico original se haya cruzado localmente con otras varias subpoblaciones salvajes de la misma especie. En el caso del ganado vacuno, parece que se han practicado con independencia varias domesticaciones, una procedente del *Bos taurus* salvaje y otra procedente del *Bos banteng* salvaje.

Hallazgos arqueológicos de sitios mesolíticos alrededor del mundo indican que el perro fue el primer animal domesticado (Savolainen, *et al.*, 2002). Esta domesticación se creía tenía origen difilético. Por un lado, su antepasado el lobo (*Canis lupus*) de



distribución holártica, y por otro la domesticación del chacal (*Canis aureus*), habrían aportado genes a algunas razas de perros, incluyendo al Dingo (Mayr, 1968).

Matthey (1954), basándose en el análisis de los cromosomas del perro, concluye que el lobo es manifiestamente el único ascendiente del perro. Sin embargo, es probable que diferentes razas geográficas del lobo se hayan domesticado con independencia.

En la actualidad ya ha sido establecido el origen del perro desde los lobos, pero para llegar a determinar cómo y dónde, se usaron datos genéticos, (usando DNA mitocondrial), morfológicos y conductuales. Datando éste origen en el Este de Asia hace 15.000 años atrás (Savolainen *et al.*, 2002).

La domesticación produjo que se fuera perdiendo el contacto de estos animales con sus ancestros salvajes. Este proceso provoca una nueva especie como resultado del aislamiento reproductivo desde sus progenitores salvajes, combinado con la selección natural y artificial en su asociación con la sociedad humana. La selección artificial está dada por la selección de factores económicos, culturales y estéticos. Se producen factores de diferenciación en este nuevo grupo de individuos, los cuales están referidos principalmente a cambios genéticos en la composición de este grupo.

El concepto de selección natural es el pilar fundamental de la teoría de Darwin. Darwin (1859) destacaba constantemente que los diversos individuos de una población difieren entre sí de innumerables modos y que la naturaleza de estas diferencias tiene una influencia decisiva sobre el potencial evolutivo de sus portadores. Un individuo que pueda variar aunque sea ligeramente de cualquier modo provechoso para él, bajo las condiciones complejas y a veces variable de vida, tiene mayor probabilidad de sobrevivir y por ello se selecciona naturalmente. Sin embargo, esta adaptación está determinada por su constitución genética. El éxito reproductivo, más que la supervivencia, es lo que se destaca en la definición moderna de selección natural. Para Darwin, el mejor genotipo tiene mayor probabilidad de supervivencia.

Evolución implica, sobretudo, las continuas adaptaciones selectivas de la capacidad de sobrevivencia bajo condiciones medio ambientales cambiantes. Los humanos suplen el decisivo factor de selección en la domesticación, pudiéndose considerar un tipo especial de evolución natural. Esto lleva a la domesticación a una declinación de la apreciación del medio ambiente con algún costo cuando el hombre es el compañero activo en los procesos de domesticación. Este proceso lleva a una especie con capacidad de sobrevivencia a un nuevo nivel y deja que supere las previas barreras ecológicas. Este proceso evolucionario es un caso de evolución regresiva, y comienza con poblaciones que todavía tienen relativamente bajos niveles de progresión evolutiva dentro de su especie. La domesticación, como un tipo especial de evolución regresiva también contiene las semillas de la especiación, es decir, el origen de nuevas especies (Hemmer, 1990).

La rapidez de la respuesta a los factores selectivos del medio, también se descubre en la sensibilidad de respuesta del genotipo a cambios en el ambiente. Particularmente, impresionante es la extraordinaria sensibilidad de la respuesta selectiva a ligeros cambios del ambiente, incluso pueden producirse cambios bruscos en una población en el curso de pocas generaciones (Mayr, 1968).

La domesticación causa un desbalance en la tasa de crecimiento de diferentes partes del organismo, resultando en proporciones morfológicas en animales adultos que difieren de su contraparte salvaje. El mecanismo parece debido al stress y a cambios hormonales como resultado de la dependencia emocional y física frente a los humanos (Clutton- Brock, 1987).

El proceso de domesticación envuelve tres conceptos: biológico, cultural y conductual.

El proceso biológico comienza con un pequeño número de individuos que es aislado y puesto en contacto con el hombre. Se reproducen y van cambiando con las sucesivas generaciones en su diario convivir con el hombre (Selección natural).

El proceso cultural comienza con la apropiación, por parte del hombre, de este grupo de animales, incorporándolos a la estructura social humana. Esto se dio, básicamente, en el período Neolítico, donde se empieza a domesticar ganado para la reproducción (Clutton- Brock, 1987).

La conducta de los animales domesticados es uno de los últimos aspectos en modificarse, ya que los primeros cambios que ocurren se producen en parámetros reproductivos como la gestación, etc. La adaptación de una especie silvestre a la coexistencia con los humanos, presupone una variación inicial en los complejos de timidez y curiosidad, los cuales son afectados por la domesticación (Hemmer, 1990).

## **EFECTOS GENERALES DE LA DOMESTICACIÓN**

- **Tamaño corporal:** generalmente hay un aumento en el tamaño corporal. Por lo tanto, es usado como el principal criterio para distinguir domésticos de silvestres.
- **Apariencia externa y Características de pelaje:** en la mayoría de los mamíferos domésticos se han alargado las orejas con la excepción del caballo. También, se ha encontrado una cola más larga en algunas razas de ovejas. Colas enrolladas son comunes en algunas razas de perros, ocasionalmente gatos y la mayoría de los chanchos. Grandes variaciones se han encontrado en la piel y pelo de la mayoría de animales domésticos.
- **Características internas y dentición:** hay una tendencia general en mamíferos domésticos bien alimentados a un acúmulo de grasa bajo la piel y bandas de grasa a través del músculo. En animales silvestres la grasa de excedente, usualmente, es almacenada alrededor de órganos como riñones.
- **Tamaño cerebral:** en casi la mayoría de los mamíferos domésticos se ha encontrado que el cerebro es más pequeño en tamaño relativo con el tamaño del cuerpo comparado con su progenitor salvaje. Una vez que el animal doméstico ha disminuido su tamaño cerebral, nunca volverá a ser como el salvaje. Ej. dingo.
- **Región facial y mandíbulas:** comienzan a acortarse. Al comienzo no hay acortamiento en el tamaño del maxilar, el cual es mucho más estable, genéticamente, que otros huesos del cráneo. Esto causa una compactación de molares y premolares, a lo cual se le denomina diastema. Este acortamiento del maxilar y la región facial es un ejemplo de retención de caracteres juveniles o fetales. En el perro se observa una reducción en el tamaño dental. Similarmente, la bulla timpánica del perro es más pequeña.

Los cambios en el esqueleto de los domésticos no son tan marcados como los que se producen en el cráneo.

- Conducta: con la excepción de los gatos domésticos todos los mamíferos domésticos son derivados de especies salvajes que poseen una conducta social más que solitaria. La idea de la domesticación es elegir animales que tengan una conducta sumisa y posteriormente preocuparse de lo anatómico (Clutton- Brock, 1987).

La domesticación de la chinchilla en tiempos modernos, ha sido hecha principalmente por motivos distintos a los antiguos, ya que hoy han tomado un valor sentimental al ser muy amigables como mascotas, siendo en USA la chinchilla, un animal muy apetecido para ese fin. Además de mascota, se ha usado mucho como animal de laboratorio (Webb, 1991). Muchos estudios en cráneo y sobre conducta se han comenzado a realizar en chinchillas, ya que ellas poseen grandes orejas (Vrettakos *et al.*, 1988), que son fácilmente manejables, y que en conjunto con la cóclea ( Robles y Ruggero, 2001), han contribuido al fácil acceso de electrodos para la realización de estudios, además de ser menos propensas a las infecciones de oído que las ratas de laboratorio y sus curvas de audición son mejores que la del hombre y otras especies (Heffner y Heffner, 1991).

## 7.- PROCESO CLASIFICATORIO Y SISTEMÁTICA

El origen de la ciencia de la clasificación se remonta hasta los antiguos griegos. No obstante, el proceso de clasificar, el reconocimiento de similitudes y el agrupamiento de individuos en función de esas similitudes comienza con el hombre primitivo (Crisci y López, 1983).

Un término que, habitualmente se confunde con el de sistemática es taxonomía; de hecho Henning (1968) llama taxonomía a la sistemática filogenética, otros consideran a la Taxonomía como la principal subdisciplina de la Sistemática (De Blase y Martin, 1974) y aún así, la distinción reside en que la taxonomía se aplica al análisis de la clasificación en cuanto a proceso, estableciendo sus principios y métodos (De la Sota, 1967).

Taxonomía es el estudio teórico de la clasificación, incluyendo sus bases, principios, procedimientos y reglas. El motivo de estudio de la taxonomía son los organismos a clasificar. La taxonomía es la disciplina que trata de explicar como se clasifica. El vocablo sistemática se emplea para definir el estudio científico de las clases, de la diversidad de los organismos y de sus interrelaciones; comprende la clasificación y la taxonomía.

Se han formulado diversas opiniones respecto a los objetivos de la clasificación biológica (Mayr, 1969; Heywood, 1975). Si se coloca en el ámbito de la ciencia, su propósito primordial sería ampliar el conocimiento acerca de los organismos y la comprensión más profunda de sus propiedades, semejanzas, diferencias e interrelaciones. Se podría decir, que el objetivo de la clasificación biológica es el conocimiento, no de tal o cual organismo en particular, sino de las leyes generales que los rigen.

Las relaciones posibles entre dos organismos o entre dos taxones son las siguientes:

- **RELACIONES FENÉTICAS O DE SIMILITUD:** Se basan en el parecido entre los organismos, sin considerar el proceso genealógico por el cual se originaron esas similitudes.
- **RELACIONES DE PARENTESCO (FILOGENÉTICAS):** Son aquellas que indican el grado por el cual dos o más organismos están relacionados a un antecesor común. Estas relaciones se expresan, fundamentalmente, por el grado de cercanía relativa con el antecesor común y el grado evolutivo que ha ocurrido desde el mismo.
- **RELACIONES CRONÍSTICAS:** Incluyen el grado de cercanía en el tiempo de dos o más organismos.
- **RELACIONES ESPACIALES O GEOGRÁFICAS:** Denotan de situación espacial relativa entre dos o más organismos.

Hay diferentes doctrinas taxonómicas que se reflejan en distintos esquemas sistemáticos, a saber:

- A) Taxonomía numérica:** Se basa en el grado de similitudes fenotípicas globales entre taxa; su procedimiento envuelve la selección de un gran número de caracteres que “a priori” son considerados con idéntico peso o importancia. La Taxonomía numérica no niega el valor de las relaciones de parentesco, pero sugiere que este criterio no es esencial para producir los esquemas de clasificación.
- B) Clasificación Filogenética:** Esta clasificación evolucionista procura descubrir los grupos naturales que son el producto final de la evolución; su método implica otorgar un diferente peso o ponderación a los caracteres bajo su análisis.
- C) Cladística:** es el estudio de las secuencias de ramificación evolutiva e intenta distinguir los principales pasos que condujeron a la formulación de los taxa presentes (De Blase y Martin, 1974).

Según el estudio a realizar, es el tipo de relación taxonómica a elegir, por ejemplo para un cladista o evolucionista las relaciones de parentesco son las valiosas.

Las relaciones fenéticas y de parentesco pueden ser o no congruentes dependiendo de cada taxón, ya que la fenética puede expresar las relaciones de parentesco o, por el contrario, puede darse el caso de que como consecuencia de fenómenos evolutivos, el parentesco y la fenética expresen diferente información (Sokal, 1966). Se entiende por fenético cualquier tipo de clasificación, incluyendo morfológicos, fisiológicos, ecológicos, etológicos, moleculares, anatómicos, etc.

Variados son los métodos que en el presente emplea la taxonomía de mamíferos, y en forma sucinta pueden enumerarse los siguientes:

- En la morfología gruesa se incluye el estudio de rasgos externos, craneanos y dentarios, de la morfología funcional, de la anatomía reproductiva, etc.
- En la morfología fina se ubican los trabajos cromosómicos (citotaxonomía), de espermatozoides, de la estructura cuticular del pelo, etc.
- Bioquímicos que abarcan de la electroforesis y la inmunodifusión.
- Parasitarios relativos a la especificidad de huéspedes.
- Conductuales que van desde los experimentales a los descriptivos (De Blase y Martin, 1974).

La morfometría considera a todos aquellos caracteres morfológicos susceptibles de ser medidos. De tal manera que los nuevos zoólogos se encuentran sustituyendo la antigua descripción morfológica, de un ejemplar, por otra que considera a la especie como una población animal afectada por diversos factores ecológicos y genéticos, lo que pasaría a considerarse como la unidad taxonómica. Para ello es importante, entonces, averiguar la variación de los caracteres que se presentan dentro de la población, lo que se logra a través de antecedentes biométricos (bioestadísticos) obtenidos de una muestra (Péfaur *et al.*, 1970). El estudio morfológico permite también,



estimar las relaciones genéticas entre individuos o poblaciones, su cercanía filogenética, e incluso las relaciones de un individuo con su medio ambiente (Spotorno, 1991b).

Cuando se comparan dos o más organismos es importante que las estructuras se correspondan. El reconocimiento de estas estructuras se ha llamado determinación de homologías, paso necesario para cualquier proceso clasificatorio (Crisci y López, 1983). Para el análisis de los datos morfológicos se utilizan los métodos de ordenación, entre los cuales cabe mencionar el Análisis de Componentes Principales, (ACP). Éste es una representación de un conjunto numeroso de caracteres mediante un número reducido de variables hipotéticas, llamadas Componentes Principales, los cuales no están relacionados entre sí. Cada componente contiene una parte de la variabilidad total de los caracteres, siendo el primer componente el que contiene la mayor variabilidad. De la variabilidad restante, el segundo componente es el que incluye más información. Cada componente contiene información de todos los caracteres pero en diferentes proporciones (Hotelling, 1933).

## 8. - GENÉTICA MOLECULAR Y ANÁLISIS FILOGENÉTICO

La sistematización de los animales y las plantas, que se inició un siglo antes de la teoría Darwinista, clasifica a los organismos en especie, basada en una relación de semejanzas entre las características morfológicas de las especies, que implícitamente reconoce una relación de parentesco; en la actualidad se trata de que la clasificación coincida en gran parte con los estudios evolutivos, que requieren de caracteres heredables que sirvan para hacer la comparación. Gracias al descubrimiento de macromoléculas biológicas, se ha dado un gran paso en estudios filogenéticos (Puertas, 1992), siendo las más usadas RNA, proteínas y con especial énfasis el DNA, ya que los cambios que se producen en la evolución quedan registrados en esta molécula. La base genética del cambio evolutivo está basada en la Selección Natural, el cual es adaptativo en función de la eficacia biológica de los organismos, mientras que los procesos de: mutación, migración y deriva génica al azar no favorecen la adaptación; la mutación generalmente introduce cambios deletéreos en la población, la migración introduce alelos en el acervo génico y la deriva modifica las frecuencias génicas al azar, independiente que tal modificación sea buena, mala o indiferente para la población. La importancia de éstos cambios radica en las características de cada población y del tipo de alelo que se trate (Puertas, 1992).

La teoría neutral de la evolución molecular sostiene, que la tasa de sustituciones de nucleótidos en el DNA es constante porque la mayoría de estos cambios son selectivamente neutros, ya que si la mutación aparece y produce efectos deletéreos tiende a ser eliminada o mantenida pero a frecuencia baja por efecto de la selección natural. En cambio, si aparece una mutación neutral donde el efecto de la selección natural es casi nulo, el que pasen a la siguiente generación depende del azar (Puertas, 1992; Page y Holmes., 1998).

Esto lleva al concepto de Reloj Molecular, que se define como la tasa constante a la cual evolucionan los genes, siendo esta tasa las mutaciones acumuladas en un segmento del genoma (Li y Graur, 1991). Este reloj representa una gran herramienta para determinar tiempos de divergencia de especies, simplemente, comparando sus secuencias génicas.

La tasa de cambio diferencial de nucleótidos en regiones que no transcriben (intrones y pseudogenes) en el DNA es más rápida que la tasa de sustitución de las regiones génicas. En conclusión, cuanto más pequeño sea el efecto causado por un cambio de nucleótido, más rápido es el cambio en el tiempo evolutivo (Puertas, 1992).

Los diferentes tipos de DNA acumulan mutaciones a tasas muy distintas y dependiendo del tiempo transcurrido es el DNA a elegir. Las divergencias antiguas son mejor estudiadas con DNA que presente mutaciones lentas (como DNA ribosomal), y si se pretende estudiar las relaciones evolutivas entre animales estrechamente relacionados, que presentan divergencias recientes, como en el caso de la domesticación de la Chinchilla, es preferible el DNAm, el cual presenta cambios rápidos en sus secuencias (Karp, 1987).

El genoma mitocondrial mamífero consiste en una doble hebra circular de aproximadamente 15.000 a 17.000 pares de bases de largo, mientras que el de los protistas y las plantas es de aproximadamente de 60.000 a 120.000 pares. Incluye 37 genes que originan 13 proteínas, 2 RNA ribosomales y 22 RNA de transferencia y una región control (d-loop) que contiene los sitios para el inicio de la replicación y transcripción (Li y Graur, 1991). Los genes codificadores del DNAm, forman proteínas que participan de la cadena respiratoria.

La información genética en la estructura del DNAm, está densamente comprimida, siendo casi su secuencia entera codificante, donde las secuencias espaciadoras, pseudogenes o secuencias de DNA repetidos no son comunes como puede ocurrir en los genomas nuclear o genoma de levaduras (Karp, 1987).

El uso del genoma mitocondrial ha sido muy importante para la genética y estudio de poblaciones, siendo preferido al DNA nuclear ya que el DNA mt, presenta una organización simple, con una hebra circular simple, sólo de herencia materna, no recombina y experimenta una tasa mayor de mutaciones que el DNA nuclear (Moritz y Hillis, 1996), haciéndolo un buen marcador molecular para la reconstrucción filogenética, además, ha evolucionado con gran rapidez (Karp, 1987; Page y Holmes, 1998).

El citocromo b es una de las proteínas codificadas por el genoma mitocondrial, mejor conocida y que conforma el complejo III del sistema de fosforilación oxidativa en la cadena respiratoria.

Ha sido uno de los genes más secuenciados en los vertebrados, sobretodo en mamíferos, especialmente por su rápida tasa de evolución entre especies congéneres. En el ámbito taxonómico inferior, esta variabilidad disminuye, siendo muy conservado, hecho por el cual el tamaño muestral requerido para efectuar estudios filogenéticos a niveles poblacionales no sea un límite (Marín, 1999).

Existen distintos métodos de análisis para la reconstrucción de los árboles filogenéticos, que son la representación gráfica de la magnitud de las diferencias entre organismos.

El análisis se basa en una matriz de estados de carácter, en donde cada nucleótido representa un carácter y las cuatro bases, los cuatro estados posibles del carácter. En este estudio se utiliza el criterio de Máxima Distancia, el cual analiza la distancia genética formando grupos de taxones (OTU o individuos), que se asocian por su grado de similitud, formando una matriz de similitud. El mejor árbol es el que sea adecuada a una matriz de distancia con taxones pareados. Los valores de similitud van en una escala de 0 a 1 (0 a 100%), por lo tanto mientras más cercano al 100%, más es el parecido entre dos taxa (Crisci y López, 1983).

Para calcular distancias se utilizan los análisis de agrupamiento, que consiste en formar núcleos de grupos según sus valores de similitud. Los dos métodos tradicionales de uso son: “Distancia al vecino más cercano”, o “Neighbor – joining”, que construye una matriz de distancia ajustada al largo de las ramas entre cada par de nodos basándose en la divergencia media respecto a los demás nodos. El otro método más usado es el UPGMA (Sneath y Sokal, 1973), que trabaja con media aritmética no ponderada, (“unweighted pair-group method using arithmetic average”), el cual agrupa primero los especímenes que

tengan las menores diferencias en sus secuencias. Este método construye un árbol ultramétrico donde todas las puntas son equidistantes desde la rotación del árbol, el cual es equivalente al fundamento del reloj molecular (Page y Holmes, 1998).

## **OBJETIVO GENERAL**

- Contribuir al estudio de los posibles cambios morfológicos y genéticos producidos por la domesticación de la *Ch. lanigera*.
- Inferir recomendaciones para la conservación de la especie *Ch. lanigera*.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Medir y comparar las dimensiones de: largo de cuerpo, largo de cola, largo de oreja, patas, diastema y las siguientes dimensiones de cráneo; largo total, ancho máximo, largo basal e índice de cefalización.
- Cuantificar y comparar el grado de similitud entre las secuencias del DNA mitocondrial del gen para citocromo b de ejemplares de *Ch. lanigera* domesticados y silvestres.
- Comparar los objetivos anteriores con el propósito de evaluar las distancias al nivel de poblaciones y especies.

## MATERIALES Y METODOS

Para el análisis morfológico se utilizaron 10 individuos de *Ch.lanigera* (ver Tabla 3) provenientes de poblaciones silvestres ubicadas en la Cuarta Región, localidades de Aucó (31° 32' S; 71° 05' O), Reserva Nacional “ Las Chinchillas” y La Higuera ( 29° 53' S; 70° 52' O), al norte de La Serena. Los 10 individuos de cepas domesticadas fueron obtenidos del criadero “ Chagual”, ubicado en la Región Metropolitana con líneas importadas desde EEUU. Tanto los individuos silvestres, como los domésticos eran adultos. Se trabajó con individuos muertos por desarticulación occipito-atlantoidea.

Tabla 3. Número de colección, y localidad de obtención de los 20 individuos analizados morfológicamente.

Tipo de Chinchilla	Nº de colección	localidad	Latitud y longitud
doméstica	2367m	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	2370m	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	2371m	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	2395m	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	2396h	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	2397h	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	2398m	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	4000h	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	4001h	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
doméstica	4002h	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38" O
silvestre	40m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	47h	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	193m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	239m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	265h	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	400m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	529m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	555m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	581h	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O
silvestre	1899m	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O

Para el análisis genético se obtuvieron 6 individuos silvestres y 5 domésticos (ver Tabla 4); de los silvestres 5 eran de la zona de Aucó y uno de La Higuera, de los domésticos todos fueron del Criadero Chagual, Santiago.

Tabla 4. Número de Colección, localidad utilizada en los 11 individuos analizados genéticamente.

Tipo de Chinchilla	Nº de colección	localidad	Latitud y longitud
doméstica	2316	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38' O
doméstica	2003	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38' O
doméstica	2304	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38' O
doméstica	2002	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38' O
doméstica	2004	Criadero Chagual, Santiago	33° 28' S; 70° 38' O
silvestre	2078	Cuyano, IV Región	31° 38' S; 70° 50' O
silvestre	2081	Cuyano, IV Región	31° 38' S; 70° 50' O
silvestre	2079	Curico, IV Región	31° 38' S; 70° 50' O
silvestre	2080	Curico, IV Región	31° 38' S; 70° 50' O
silvestre	2082	La Higuera, III Región	29° 53' S; 70° 52' O
silvestre	2310	Aucó, IV Región	31° 32' S; 71° 05' O

## 1.- ANALISIS MORFOLOGICO

Se analizaron medidas corporales y craneanas, las cuales fueron:

- Largo cola: desde la base de ella hasta su extremo terminal, por su porción ventral.
- Largo cuerpo: desde la punta de la nariz, en posición ventral, hasta el ano. (incluyéndolo).
- Largo oreja: desde la incisura del trago hasta el vértice superior.
- Largo pata: desde el dedo más largo hasta el tarso.
- Largo total del cráneo: se midió desde el agujero magno hasta los incisivos.
- Ancho máximo del cráneo: se midió entre las bullas timpánicas.
- Volumen cerebral: la capacidad craneana se midió rellenando el cráneo con rodamientos de acero de volumen homogéneo (2 mm) las que posteriormente se pesaron en una balanza digital en un recipiente de volumen conocido.
- Diastema: está referido al espacio que existe entre los incisivos y los molares.



- Índice de cefalización: es la relación entre volumen cerebral y largo total de cráneo.

Para la medición de éstas características morfométricas (exceptuando el volumen cerebral), se utilizó un vernier digital de precisión 0,01 mm conectado a una planilla Excel, para el ingreso directo de los datos.

Posteriormente, las medidas morfológicas se analizaron mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP), de todas estas variables para detectar aquellas variables altamente correlacionadas con los segundos y terceros ejes del ACP.

## **2. - ANALISIS GENÉTICO**

Para estimar el grado de divergencia molecular, se comparó la secuencia de bases de un fragmento del gen para citocromo b proveniente del DNA mitocondrial de chinchillas domésticas y silvestres.

Se utilizó la técnica del PCR, (Reacción en Cadena de la Polimerasa), con el fin de visualizar posibles diferencias moleculares entre los dos grupos en estudio. Se utilizaron las secuencias de un fragmento de alrededor de 500 pares de bases (<sup>2</sup>Spotorno), para realizar un primer análisis comparativo en términos del porcentaje de similitudes entre las respectivas secuencias alineadas (Sneath y Sokal, 1973). Estas secuencias fueron obtenidas bajo el siguiente procedimiento.

### **2.1 Extracción de DNA a partir de hígado fijado en alcohol o buffers de lisis.**

El DNA se obtuvo a partir de 5 mm cúbicos de hígado preservado en alcohol 70°, previamente lavado en agua destilada estéril.

### **2.2 Amplificación del DNA mitocondrial por la técnica PCR**

La amplificación del DNA mitocondrial se realizó mediante la técnica de PCR. Ésta correspondió inicialmente a un fragmento de alrededor de 500 pb para citocromo b del DNA mitocondrial de los ejemplares en estudio. Para esto se ocuparon los partidores L14724 y H15400.

Para amplificar este segmento del gen para citocromo b del DNA mitocondrial, se preparó un volumen total de 50 ul a partir de 0,5 ul Taq DNA Polimerasa 1U, el tapón suministrado con la enzima (KCL 50 Mm; Tris- CL 10 Mm; Tritón X-100 0,1%; MgCl 2,5Mm), los cuatro desoxirribonucleótidos, la muestra de DNA, 5 ul de cada partidor y agua destilada estéril. La muestra se colocó en un termociclador por 45 segundos a denaturar a 94°C, 45 segundos de alineamiento a 56°C y 45 segundos de extensión a 72°C. Estos pasos se repitieron

---

2 Comunicación personal

Ángel Spotorno, Depto. Biología Celular y Genética, Facultad de Medicina Universidad de Chile.

por 30 veces. Los productos de PCR que se obtuvieron se resolvieron en electroforesis de gel de agarosa. El gel se observó en un transiluminador UV.

### **2.3 PURIFICADO DEL PCR**

El purificado del PCR se realizó mediante el kit comercial Wizard directo.

### **2.4 SECUENCIACIÓN DE FRAGMENTOS DE DNA DEL GEN PARA CITOCROMO b**

La secuenciación del fragmento del DNA se realizó en un secuenciador automático Modelo Abi Prism, 310 Genetic Analyzer ( Perkin Elmer). El sistema de detección usa láser para inducir fluorescencia durante la electroforesis para ejecutar la secuencia de DNA.

### **2.5 ANALISIS DE LAS SECUENCIAS DEL GEN PARA CITOCROMO b.**

Las secuencias obtenidas fueron alineadas utilizando el programa CLUSTAL-W y posteriormente revisadas manualmente.

Las relaciones filogenéticas se establecieron mediante distancia a través del programa PAUP 4.0.

Para realizar el análisis comparativo se construyó una matriz de similitudes OTU (especímenes) x OTU (especímenes) y se elaboró un dendrograma que represente la cuantía de tales similitudes por medio del algoritmo UPGMA (Unweighted Pair Group Method Average).

## RESULTADOS

### 1. - RESULTADOS MORFOLOGICOS

En la tabla del Anexo N°2 se muestran los resultados promedio para cada una de las características analizadas para chinchillas domésticas y silvestres.

En la Figura 4 se muestran los Componentes 1 y 2 obtenidos mediante el Análisis de Componentes Principales.

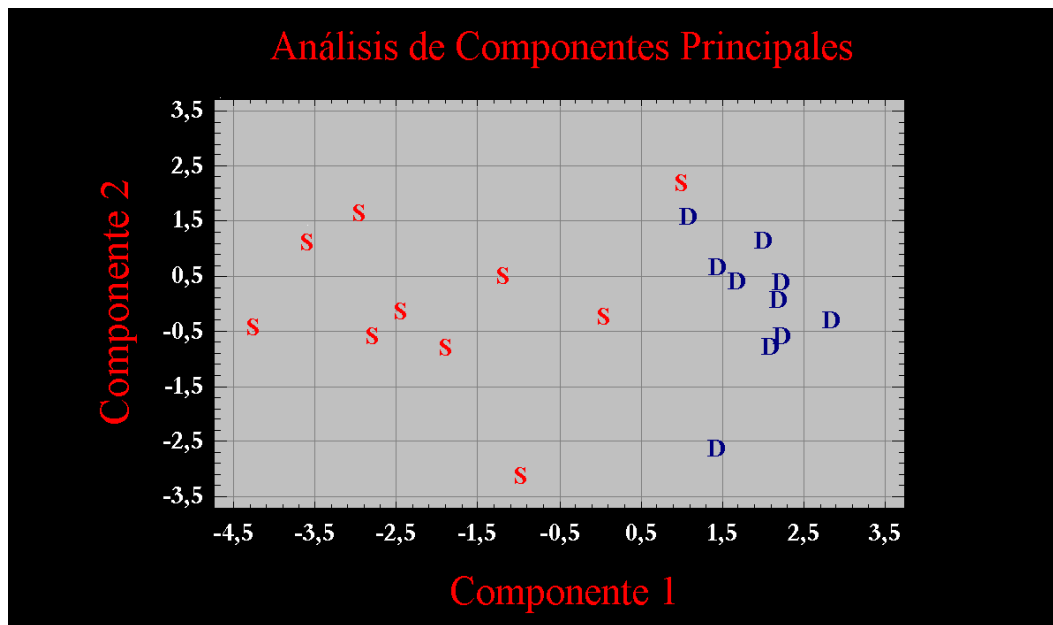


Figura 4. Resultados de las medidas morfológicas mediante ACP de las chinchillas estudiadas.

En la Figura 5 se muestran los Componentes 3 y 4 obtenidos mediante el Análisis de Componentes Principales.

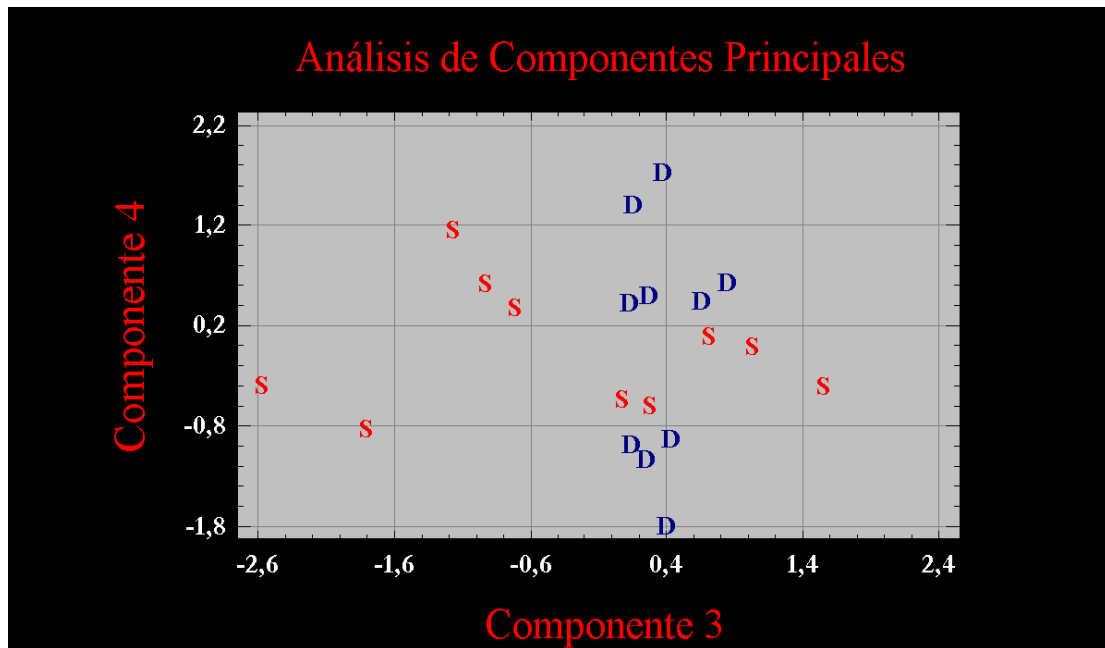


Figura 5. Resultados de las medidas morfológicas mediante ACP de las chinchillas estudiadas.

El análisis de componentes principales (ACP) determinó un eje o componente 1 (Fig. 4) que explica el 52,9% del total de variación y recogió aquella determinada por las variables: largo basal de cráneo, largo total y ancho máximo de cráneo ( anexo 4 ).

El componente 2 (Fig. 4), que es calculado ortogonalmente al 1, explicó el 16,9% del total de variación de la muestra y recogió aquella determinada por longitud de cola, índice de cefalización y volumen cerebral ( anexo 4 ).

El componente 3 (Fig. 5), también ortogonal a los dos primeros, explicó el 9,5% del total de variación dada por las variables longitud de pata, longitud de cola y longitud de oreja ( anexo 4 ).

El componente 4 (Fig. 5), explica el 8,4% de la varianza total, explicada por longitud de cola, ancho máximo de cráneo y longitud de oreja (Anexo N° 4).

En la Tabla 5 se indican los valores de Eigenvalor, que es la sumatoria de todas las varianzas al cuadrado de todos los caracteres para un determinado componente principal. Además, se indica el porcentaje de varianza entregado por cada componente, correspondiendo, un 52,94% para el componente 1, 16,99% para el componente 2, 9,55% para el componente 3 y 8,43% para el 4. Juntos los cuatro componentes explican el 87,92% de la variabilidad total.

Tabla 5. Eigenvalor, varianza y porcentaje de acumulación de cada componente

Componente	Porcentaje de acumulación		
	Eigenvalor	Varianza	Porcentaje
1	5,29444	52,944	52,944
2	1,69958	16,996	69,940
3	0,95554	9,555	79,496
4	0,84297	8,430	87,925

## 2. - RESULTADOS GENÉTICOS ( anexo 5)

### 2.1 Secuencias del gen para citocromo b

De los 510 pares de bases analizados del gen para citocromo b, secuenciados en 11 ejemplares de *Ch.lanigera*, tanto silvestres, como domésticos, corresponden a 170 tripletes. Se presentaron 22 sitios filogenéticamente informativos (4,31%).

Comparando las secuencias de los dos grupos en estudio, se encontró que el grupo de silvestres y domésticas presentan diferencias en 11 nucleótidos, lo que lleva a una distancia genética de 2,313%. Así, las silvestres se caracterizan, a diferencia de las domésticas por; una base T en sitio 33, A en sitio 47, G en sitio 63, A en sitio 85, T en sitio 99, C en sitio 165, C en sitio 198, G en sitio 234, C en sitio 243, G en sitio 366 y A en sitio 505. De estos 11 sitios, dos corresponden a la primera posición del codón,

cuatro a la segunda posición y cinco a la tercera posición. De los 11 sitios, 10 son transiciones y sólo un sitio transversión, definiéndose transición como una sustitución de una purina por otra, o de una pirimidina por otra y en el caso de una transversión es la sustitución de nucleótidos en que una purina es reemplazada por una pirimidina, o viceversa (Spotorno, 1991a).

El ejemplar de La Higuera (2082), presentó 5 bases exclusivas en los siguientes sitios; 147, 264, 265, 266 y 429. De estas mutaciones, dos corresponden a cambios en la primera posición, una en la segunda posición y dos en la tercera posición.

Además, la *Ch. lanigera* de La Higuera comparte cinco nucleótidos con el grupo de las domésticas en los siguientes sitios; 47, 63, 198, 234, 505.

## 2.2 Relaciones filogenéticas

La divergencia existente entre las secuencias de los individuos en estudio fue analizada a partir de una matriz de Distancia Kimura 2 Parámetros (Tabla 6). Según esta matriz, la distancia entre las *Ch. lanigera* silvestres de la cuarta región y las domésticas es de 0,02024 – 0,02586. Entre *Ch. lanigera* silvestre de La Higuera con las *Ch. lanigera* silvestres de la IV Región es de 0,01846 – 0,02001. Por otra parte, *Ch. lanigera* silvestre de La Higuera tiene una distancia con las domésticas entre 0,02049 – 0,02588 y en el caso de todas las chinchillas silvestres (La Higuera y IV Región) con respecto del grupo doméstico la distancia fue de 0,02024 – 0,02588. Según el criterio de distancia, posteriormente se obtuvo un árbol mediante UPGMA (Figura 6).

Tabla 6. Matriz de distancia entre individuos de *chinchilla lanigera* en estudio mediante Kimura 2 parámetros.

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	2078	-										
2	2081	0,00000	-									
3	2079	0,00000	0,00000	-								
4	2080	0,00000	0,00000	0,00000	-							
5	2082	0,01994	0,01846	0,02001	0,01993	-						
6	2310	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01848	-					
7	2316d	0,02174	0,02027	0,02181	0,02171	0,02588	0,02586	-				
8	2003d	0,02171	0,02024	0,02179	0,02169	0,02049	0,02074	0,00483	-			
9	2304d	0,02263	0,02111	0,02171	0,02260	0,02135	0,02146	0,00497	0,00000	-		
10	2002d	0,02567	0,02222	0,02576	0,02564	0,02416	0,02419	0,00805	0,00322	0,00341	-	
11	2004d	0,02567	0,02222	0,02576	0,02564	0,02416	0,02419	0,00805	0,00322	0,00341	0	-



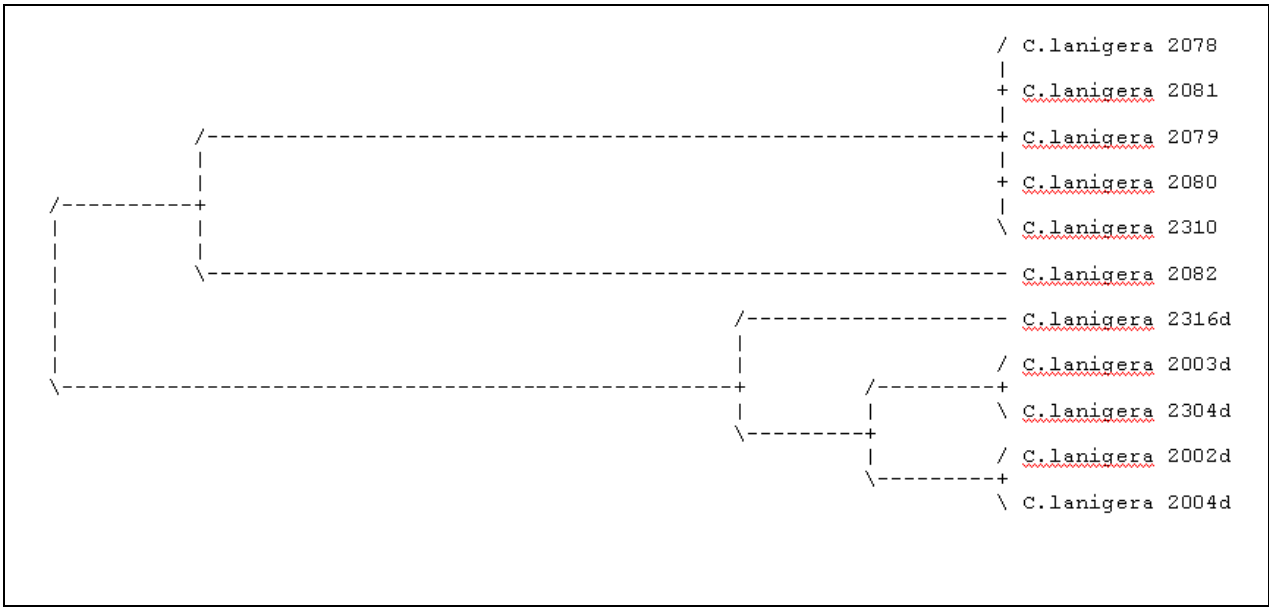


Figura 6. Árbol filogenético obtenido mediante UPGMA de chinchillas domésticas y silvestres estudiados.

## **DISCUSIÓN**

El efecto domesticación fue analizado mediante herramientas de análisis morfológico y genético. Aunque estos análisis fueron desarrollados individualmente, las diferencias entre las chinchillas domésticas y las silvestres deben discutirse en un contexto global, donde ambas técnicas no deben ser excluyentes. En esta memoria se plantean en forma separada para ordenarlos y analizarlos mejor.

### **1. - Análisis Morfológico**

Los resultados obtenidos, según el Análisis de Componentes Principales discriminaron 2 grupos solamente en el componente 1 (exceptuando un individuo silvestre), el cual explica una mayor variabilidad que los otros componentes. Este componente explicó en un mayor porcentaje las características de largo basal de cráneo, largo total y ancho máximo de cráneo (Tabla 5), donde casi todas las chinchillas domésticas presentaron valores más altos en comparación con las chinchillas silvestres. Cabe señalar, que las variables de más importancia en el componente 1 fueron las relacionadas con los rasgos craneanos, que en contraste a los corporales, mostraron una menor dispersión conjuntamente, con un mayor poder discriminativo entre los individuos de las poblaciones estudiadas. Esto concuerda con lo señalado por otros autores respecto del mayor tamaño de las chinchillas domesticadas con respecto a las silvestres ( Grau, 1986 ), así como a lo observado en la mayoría de los casos de domesticación de mamíferos ( Clutton-Brock, 1987 ).

En el caso de los otros componentes no se observó una diferencia tan clara entre chinchillas silvestres y domésticas. Para el caso del componente 1 y también para el 3, se presentó una menor dispersión para las chinchillas domésticas, siendo las silvestres mucho más heterogéneas en sus valores, lo que se correspondería a poblaciones abiertas en donde habría una mayor variabilidad en sus características. Para el caso del grupo de criadero, Esto podría deberse a los esperables efectos de consanguinidad, donde hay

pérdida de variabilidad genotípica y fenotípica por los bajos números iniciales y los cruzamientos consanguíneos habituales en las crías domésticas.

En el caso de las características que se han reportado como intervinientes en el proceso de domesticación, como son el largo total de cuerpo y menor índice de cefalización, no se observó un efecto tan pronunciado de estas variables en el ACP, aunque se observaron diferencias en algunos valores promedios de variables craneanas. Se han reportado cambios en el cráneo producidos por la domesticación (Wayne, 1986), y que son más marcados que los producidos en el resto del esqueleto (Clutton-Brock, 1987). Esto indicaría que la domesticación está actuando en algunas características morfológicas, pero no todavía a todos los niveles. En el caso de la chinchilla chilena, también el escaso tiempo de domesticación, menor a un siglo (Grau, 1986), concuerda en señalar un proceso de domesticación incompleto en sus efectos.

Es importante considerar, también, que el tamaño muestral utilizado en el análisis morfológico fue reducido e insuficiente debido, principalmente, al estado de conservación determinado para esta especie, por lo que la disponibilidad de individuos para este tipo de estudios ha sido bastante restringida. Es probable, que una muestra más amplia confirme las diferencias aquí detectadas.

## **2. - Relaciones Filogenéticas de la especie *Chinchilla lanigera***

El análisis genético, basado en distancias genéticas separó tres grupos mostrando diferencias en sus porcentajes, según las distancias observadas en la Tabla 6. En el caso de las chinchillas silvestres de la IV Región y el individuo silvestre de La Higuera, la diferencia de 1,84 – 2 % fue un poco menor que entre los individuos de la IV Región y el grupo de las domésticas, donde la diferencia fue de 2,02 – 2,58%. Entre todas las silvestres, es decir, las de la IV Región y el de La Higuera y el grupo de las domésticas la diferencia porcentual fue mayor, de 2,02 – 2,58%, así como entre el individuo de La Higuera y las chinchillas domésticas, donde la diferencia fue de 2,04 –

2,58%. Esto sugiere una mayor cercanía filogenética entre las chinchillas silvestres con respecto a las domesticadas.

El árbol de agrupación entregó dos grupos principales, discriminando así las domésticas de las silvestres, en donde las silvestres, además, mostraron un subgrupo para el caso del individuo de La Higuera. Los valores porcentuales de diferencias a nivel del gen para citocromo b del ADN mitocondrial indicaría, que para el grupo de las silvestres, la diferencia entre el individuo silvestre de la III Región y los de la IV Región (1,84 – 2%) sería indicador de valores de variación intraespecífica (< 2%). Más aún, considerando que la variación a nivel intrasubespecífica en roedores, ha sido descrita con promedio de 0,85%, con un rango de 0,00 – 1,87% ( Bradley y Baker, 2001), estos dos grupos silvestres estarían cercanos a una diferenciación taxonómica del nivel de subespecie y no sólo de poblaciones distintas ya, que la variación intrapoblacional en una buena muestra de especies de roedores en promedio 0,21% con un rango de 0,00 – 0,53% ( Bradley y Baker, 2001) , valores distantes a los observados en ambos grupos silvestres de chinchillas. Esta conclusión puede tener una constitución genética no representativa de la población.

En cambio, para el caso de los individuos silvestres con los domésticos, ya sea las silvestres de la III Región, de la IV Región o de ambas juntas, los porcentajes fueron superiores al límite superior de variación intrasubespecífica, previamente, observada en otros mamíferos (1,87%). Por lo tanto, en este estudio las diferencias sugerirían que las chinchillas silvestres tendrían una divergencia en el gen para citocromo b que las establecería al nivel de diferenciación de subespecies con respecto a las chinchillas domésticas.

En términos generales, se observaron diferencias, tanto morfológicas, como genéticas, las que en el caso de las morfológicas mostraron, no ser tan concluyentes respecto del efecto provocado por una corta domesticación, lo que puede deberse, también, al bajo tamaño muestral utilizado en el presente análisis. En cambio, para el caso de análisis genético este fue capaz de diferenciar tres grupos: Chinchillas de la III

Región (La Higuera), de la IV Región, en donde los grupos silvestres presentarían una variación cercana al límite superior de la variación subespecífica, pero en el caso de las domésticas y las silvestres esta diferencia sería mayor, mostrando divergencia en una cuantía semejante al de dos subespecies diferenciadas.

Lo señalado, presenta una cierta relevancia en futuras medidas de manejo de poblaciones en estado silvestre, ya que las chinchillas domésticas en el presente estarían divergiendo genéticamente de las poblaciones silvestres, por lo que dejarían de ser un reservorio genético para las poblaciones silvestres, ya que el efecto domesticación habría actuado a este nivel, con lo que liberaciones o repoblamientos a través de chinchillas domésticas podría llevar a una baja adaptación biológica al medio.

Las medidas de conservación de las chinchillas silvestres, entonces, deberían ser a través de: 1. traslocaciones solo de individuos silvestres a las poblaciones más afectadas o 2. repoblamientos en sectores en los que antiguamente se distribuía la *Chinchilla lanigera* a través de individuos previamente evaluados genéticamente, ya que los factores que la llevaron a desaparecer no se presenten en la actualidad.

Por último, es importante señalar, que los resultados obtenidos sobre la base de números muestrales reducidos, por las razones anteriormente señaladas, la herramienta utilizada a través de caracteres moleculares aportó una mayor cantidad de información para los objetivos planteados, no queriendo ir en desmedro de las técnicas sobre la base de morfología en las que adecuados tamaños muestrales pudieran haber señalado una mayor relevancia en las conclusiones.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis multivariado las chinchillas domésticas se diferenciaron morfológicamente de las chinchillas silvestres en tres características: largo basal de cráneo, largo total y ancho máximo de cráneo, siendo los valores mayores de estas medidas en las domésticas.
- Mediante el análisis genético, *Ch. lanigera* silvestres y domésticas, constituyen dos grupos diferenciados genéticamente y la magnitud de las distancias entre éstas fue de 2,02 – 2,58 %, correspondiendo a dos subespecies diferentes.
- El análisis filogenético mostró la separación en dos grupos: las domésticas y las provenientes de los sectores de Cuyano, Curico y Aucó, sectores de La Reserva Las Chinchillas, en la IV Región, pero, además las silvestres presentaron relación con un individuo silvestre de la Higuera con distancias genéticas de 1,84 – 2 %, lo que estaría cercano a valores de separación a nivel de subespecies distintas.
- El análisis genético permitió trabajar, adecuadamente, con tamaños muestrales reducidos como fue este estudio. En el caso del análisis morfológico, los resultados deberían ser vistos como antecedentes preliminares ya, que para especies en peligro de extinción, con pocos individuos para su estudio, la herramienta genética es una adecuada alternativa, no así el método morfológico donde se requeriría mayores tamaños muestrales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **ALEANDRI, F.** 1998. Cría y Comercialización de la Chinchilla. Compendio Actualizado. Fernando Aleandri (Eds.). Buenos Aires, Argentina. 422 p.
- **BENNET, E. T.** 1829. "The Chinchilla". Gardens and Menagerie. Zoology Society. 12 p.
- **BENNET, E. T.** 1833. "On the Family of Chinchillidae and on a new Genus referable to it". Proceeding Zoology Society London. 48 p.
- **BICKEL, E.** 1987. Chinchilla Handbook. TFH Publications. Neptune City, New Jersey. 224 p.
- **BRADLEY, R. D.; BAKER, R. J.** 2001. A test of the genetic species concept: cytochrome b sequences and mammals. Journal of Mammalogy 83: 960-973.
- **CABRERA, L. A.** 1960. Acerca de las chinchillas. Actas I Congreso Sudamericano de Zoología. Vol. 4: 195-202.
- **CABRERA, L. A.** 1961. Catálogo de los mamíferos de América del Sur II. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Buenos Aires, Argentina. Ciencias Zoológicas 4: 309-732.
- **CAMPOS, H.** 1996. Mamíferos Terrestres de Chile. Guía de Reconocimiento. 2ª edición. Marisa Cuneo (Eds.). Valdivia, Chile. 222 p.
- **COFRE, H.; MARQUET, P. A.** 1999. Conservation status, rarity, and geographic priorities for conservation of chilean mammals: an assessment. Biological Conservation 88: 53-68.

- **CLUTTON- BROCK.** 1987. The Natural History of Domesticated Mammals. Cambridge University Press. London UK. 258 p.
  
- **CRISCI, J. V.; LÓPEZ, M. F.** 1983. Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Secretaría General de la OEA (Eds.). Universidad de la Plata. Argentina. 132 p.
  
- **DARWIN, C.** 1859. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London UK.
  
- **D' ORBIGNY, D.; GEOFFROY, S.** 1830. "Notice sur la Viscache et le Chinchilla, considères comme les types d' un genre particulier, nommé Callomys, et description d' une espèce nouvelle". Ann. Sci. Nat. 21: 282-297.
  
- **DE BLASE, A.F.; MARTIN, R.E.** 1974. A Manual of Mammalogy. W.M.C. Brown Co. EE.UU. 329 p.
  
- **DE LA SOTA, E. R.** 1967. La Taxonomía y la Revolución de las Ciencias Biológicas. EE.UU. Departamento Asuntos Científicos Secretaría General OEA. Monografía N°3. 82 p.
  
- **GLADE, A.** 1988. Libro rojo de los vertebrados terrestres chilenos. CONAF, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 65 p.
  
- **GRAU, J.** 1986. La Chinchilla. Su crianza en todos los climas. Tercera edición. El Ateneo, Bs. Aires, Argentina. 213 p.
  
- **GRAU, J.** 1994. Biología y Patología de la Chinchilla. Manual de Diagnóstico de las Enfermedades de la Chinchilla y su Tratamiento. Oikos Ltda (Eds.). Bs. Aires, Argentina. 173 p.



- **HEFFNER,R.S.; HEFFNER, H.E.** 1991. Behavioral hearing range of the chinchilla. *Hearing Research* 52: 13-16.
  
- **HEMMER, H.** 1990. *Decline of Environmental Appreciation.* Cambridge University Press. London UK. 208 p.
  
- **HENNING, W.** 1968. *Elementos de una Sistemática Filogenética.* Argentina. Eudeba. 353 p.
  
- **HERNÁNDEZ, E.** 1989. En busca de la óptima piel de chinchilla. *Próxima Década.* N° 75. 60 p.
  
- **HEYWOOD, V. H.** 1975. Contemporary Objectives in Systematic. **In:** G.F. Estabrook (Eds.) *Proceedings of the Eight International Conference on Numerical taxonomy,* W.H. Freeman, San Francisco, Ca. pp. 420-429.
  
- **HEYWOOD, V.;** **WATSON, R.** 1995. *Global Biodiversity Assessment.* UNEP, University of Oxford, Cambridge. 126 p.
  
- **HILLER, E.V., K.E.; QUESENBERY; T.M.DONNELLY.** 1997. Biology, husbandry, and clinical techniques. **In:** E. V. Hillier y K. E. Quesenberry, (Eds.) *Ferrets, rabbits, and rodents.* W.B. Saunders Company, Philadelphia. pp. 243-287.
  
- **HOTELLING, H.** 1933. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components, *Journal of Education Psychology* 24: 417- 498.
  
- **IRIARTE A.** 2000. Conservación de Mamíferos en Chile. **In:** Muñoz, P.A. y Yáñez, J. (Eds.) *Mamíferos de Chile.* Editorial Alguero. Santiago, Chile. pp. 34-35.

- **IRIARTE, J.A.; JAKSIK, F. M.** 1986. The Fur trade in Chile: and overview of seventy five years of export data (1910-1984). *Biological Conservation* 38: 243-253.
  
- **JIMÉNEZ, J.** 1990. Proyecto “Bases biológicas para la conservación y manejo de la Chinchilla Chilena silvestre”. Santiago, Chile. CONAF. 52 p. WWF.
  
- **JIMÉNEZ, J.** 1995. Conservation of the last wild chinchilla (*Chinchilla lanigera*) archipiélago: a metapopulation approach. *Vida Silvestre Neotropical* 4 (2): 89-97.
  
- **JIMÉNEZ, J.** 1996. The extirpation and current status of wild chinchillas (*Chinchilla lanigera* and *C. Brevicaudata*). *Biological Conservation* 77: 1-6.
  
- **KARP, G.** 1987. *Biología Celular*. Editorial McGraw-Hill. DF. México. México. 950 p.
  
- **LAGOS, V.; VALVERDE, V.** 1998. Conservación de la chinchilla chilena (*Chinchilla lanigera*). Avances y proyecciones del trabajo de manejo de esta especie. **In:** V. Valverde, (Eds.) *La Conservación de la Fauna Nativa de Chile. Logros y Perspectivas*. CONAF, Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp. 73-82.
  
- **LI, W.; GRAUR, D.** 1991. *Fundamentals of Molecular Evolution*. Sinauer Associates INC. Publishers. 5ª edición. Sunderland, Massachussets. 284 p.
  
- **MANN, G.** 1978. *Los pequeños Mamíferos de Chile. Marsupiales, quirópteros, Edentados y Roedores*. Gayana. Santiago, Chile. 342 p.
  
- **MARÍN, J.C.** 1999. Relaciones filogenéticas de Caviomorfos Sudamericanos (Rodentia) basadas en secuencias del gen mitocondrial para citocromo b. Tesis Mg. Cs. Biológicas. Universidad de Chile. 67 p.

- **MATTHEY, R.** 1954. Chromosomes et systématique des Canides. *Mammalia* 18: 225-230.
- **MAYR, E.** 1968. *Especies Animales y Evolución*. Universidad de Chile y Ediciones Ariel. Barcelona, España. 808 p.
- **MAYR, E.** 1969. *Principles of Systematic Zoology*, McGraw – Hill, Nueva York. N. Y. 428 p.
- **MOHLIS, C.** 1983. Proyecto “Información preliminar sobre la conservación y manejo de la Chinchilla silvestre en Chile”. Santiago, Chile. CONAF. 41p. WWF.
- **MOLINA, I.** 1782. “Saggia Sulla Storia Naturale del Chili”. Bologna, Italia. 368p.
- **MORITZ, C.; HILLIS, D.** 1996. *Molecular Systematics. Context and Controversis*. **In:** Hillis, D; Moritz, C. y Mable, B. *Molecular Systematics*. 2ª edición. Sinauer, Massachussets, United Status of America. pp. 1- 16.
- **MUÑOZ-PEDREROS, A.** 2000. Orden Rodentia. **In:** A. Muñoz-Pedrerros y Yáñez J.,(Eds.). *Mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 73-126.
- **NOWAK, R.M.** 1991. *Walker’s mammals of the world*. 5ª edición. John Hopkins University Press, Baltimore. 689 p.
- **OSGOOD, W.H.** 1943. *The Mammals of Chile*. Field Museum of Natural History. Zoology Series, Chicago. 30: 1-268.
- **PAGE, R.; HOLMES, E.** 1998. *Molecular Evolution: A Phylogenetic Approach*. Backwell Science, Oxford. 227 p.

- **PARODI, O.** 1990. La Chinchilla. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. 98 p.
- **PEFAUR, J. ORREGO, C.; SEPÚLVEDA, F.** 1970. Biometría de los Sapos Chilenos del Género Bufo. Revista del Museo Nacional de Historia Natural de Chile. 31: 257-274.
- **PRELL, H .** 1943. Die gegenwärtigen bekannten Arten der Gattung Chinchilla lanigera Bennet. Zoologischer Anzeiger 108: 97-104.
- **PUERTAS, M.J.** 1992. Genética, Fundamentos y Perspectivas. Interamericana McGraw-Hill. España. 741p.
- **RODRÍGUEZ, J.** 1988. Caracterización de chinchilla lanigera silvestre y su ecosistema natural. Tesis. Mg. Sc. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 165 p.
- **ROBLES, L.; RUGGERO, M. A.** 2001. Mechanics of the mammalian cochlea. Physiological Reviews 81: 1305-1352.
- **SAVOLAINEN, P.; ZHANG, Y.; LUO, J.; LUNDEBERG, J.; LEITNER, T.** 2002. Genetic Evidence for an East Asian Origin of Domestic Dogs. **In:** American Association for the Advancement of the Science. Science. Nov -22. Vol. 298. 1610-1613.
- **SERRA, M.T.** 1979. Composición botánica y variación estacional de la alimentación de *Chinchilla lanigera* en condiciones naturales. Facultad de Cs. Forestales, Universidad de Chile. 1: 11-18.
- **SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO.** 1996. Estadísticas (1979-1995) de comercio exterior de productos silvoagropecuarios de Chile. Santiago, Chile. 30 p.

- **SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R.** 1973. Numerical Taxonomy. The Principles and practice of numerical classification, Freeman, San Francisco, CA.,USA. 573 p.
- **SOKAL, R.R.** 1966. Numerical Taxonomy. Science of America 215: 106-125.
- **SPOTORNO, A.** 1991a. Glosario de Biología Celular y Genética. Dpto. Biología Celular y Genética. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 43 p.
- **SPOTORNO, A.** 1991b. Naturaleza Biológica de la Especie Humana. Serie Científica Básica 5: 6-7.
- **SPOTORNO, A.O.; WALKER, L.I.** 2000. Origen y evolución de los mamíferos chilenos. **In:** Muñoz- P.A. y Yáñez, J. (Eds). Mamíferos de Chile. Editorial Alguero.pp. 217-227.
- **THORNBACK , J.; JENKINS, M.** 1982. The IUCN mammal red data book. Part I: Threatened mammalian taxa of the Americas and the Austrasia zoogeographic region (excluding Cetacea). International Union Conservation Natural. Gland, Switzerland. 516 pp.
- **VILLALOBOS, H.** 1984. Efecto de mejoramientos ambientales sobre la disponibilidad de alimentos para poblaciones de chinchilla lanigera. Tesis. Ing. Forestal. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 148 pp.
- **VON BRAND, E.** 1986. Proyecto “Conservación de la chinchilla chilena (*Chinchilla lanigera*)”. Santiago, Chile. CONAF. 31p. WWF.

- **VRETTAKOS, P.N.; DEAR, S.P.; SAUNDERS, J.C.** 1988. Middle ear structure in the chinchilla: a quantitative study. *American Journal of Otolaryngology* 9: 58-67.
  
- **WEBB, R.A.** 1991. Chinchillas. **In:** P.H. Beynon and J. E. Cooper, (Eds.). *Manual of exotic pets*. British Small Animal Veterinary Association, Gloucestershire, England. pp. 15-21.
  
- **WALKER, E.P.** 1975. *Mammals of the world*. 3ª edición. The Johns Hopkins University press, Baltimore and London.. Vol. II. 647-1479.
  
- **WAYNE, R.K.** 1986. Cranial morphology of the domestic and wild canids: the influence of development on morphological change. *Evolution* 40: 243-261.
  
- **WEIR, B. J.** 1974. Reproductive characteristics of hystricomorphic rodents. *Symposium of the Zoological Society of London* 34: 265-301.
  
- **WOODS, C.** 1993. Suborder Hystricomorpha. **In:** D. E Wilson y D. M. Reeder (Eds.). *Mammals Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference*. Smithsonian Institution Press, Washington. pp. 771-806.

## ANEXO N°1

ID	L. Cuerpo	L. Cola	L. Oreja	L. Pata	L. Total Cráneo	L. Basal Cráneo	Ancho Máx. Cráneo	Diastema	Vol. Cerebral	Índice Cefalización
<b>2367m</b>	252	171	46	60	62,91	54,85	30,00	14,00	19,70	0,31315
<b>2370m</b>	270	156	56	62	64,42	54,50	31,00	14,10	23,70	0,36790
<b>2371m</b>	270	150	50	59	62,69	55,00	32,00	16,00	21,80	0,34774
<b>2395m</b>	262	133	37	60	62,86	53,88	39,83	14,75	20,80	0,33089
<b>2396h</b>	270	164	45	64	62,95	53,72	31,69	15,49	21,30	0,33836
<b>2397h</b>	256	146	45	59	64,00	54,15	41,19	15,69	22,10	0,34531
<b>2398m</b>	267	143	46	60	63,03	54,21	40,39	15,54	21,40	0,33952
<b>4000h</b>	262	142	42	61	62,53	53,97	39,82	15,31	22,80	0,36462
<b>4001h</b>	227	131	46	61	63,23	54,41	41,47	15,04	22,10	0,34952
<b>4002h</b>	280	148	42	63	63,60	54,76	41,63	15,02	21,30	0,33491
<b>Promedio</b>	262	148	45	61	63,22	54,35	36,90	15,09	21,70	0,34319
<b>Varianza</b>	211	159	26	3	0,36	0,19	24,95	0,43	1,20	0,00025
<b>DS</b>	15	13	5	2	0,60	0,43	4,99	0,66	1,09	0,01597

Promedio, varianza y desviación estándar de los parámetros medidos en los individuos domésticos

m: machos

h: hembras

**ANEXO N° 2**

<b>ID</b>	<b>L. Cuerpo</b>	<b>L. Cola</b>	<b>L. Oreja</b>	<b>L. Pata</b>	<b>L. Total Cráneo</b>	<b>L. Basal Cráneo</b>	<b>Ancho Máx. Cráneo</b>	<b>Diastema</b>	<b>Vol. Cerebral</b>	<b>Índice Cefalización</b>
<b>40m</b>	270	125	57	68	60,00	48,00	28,00	15,00	20,00	0,33333
<b>47h</b>	213	130	56	61	59,00	50,00	31,00	14,00	21,50	0,36441
<b>193m</b>	235	155	52	58	55,00	48,00	26,00	13,00	20,60	0,37455
<b>239m</b>	210	170	50	58	56,00	47,00	29,00	15,00	18,60	0,33214
<b>265h</b>	213	130	56	61	55,00	47,00	29,00	13,00	20,50	0,37273
<b>400m</b>	230	130	54	47	55,00	46,00	26,00	14,00	22,20	0,40364
<b>529m</b>	270	125	57	68	60,00	53,00	31,00	17,00	22,40	0,37333
<b>555m</b>	232	123	54	60	53,00	46,00	29,00	12,00	19,60	0,36981
<b>581h</b>	215	135	52	45	51,00	42,00	20,00	14,00	19,90	0,39020
<b>1899m</b>	234	136	58	41	55,00	43,00	25,00	13,00	22,30	0,38344
<b>Promedio</b>	209	122	49	53	50,40	42,70	24,90	16,12	18,53	0,36976
<b>Varianza</b>	489	226	7	87	8,77	10,00	10,93	2,00	1,68	0,00051
<b>DS</b>	22	15	3	9	2,96	3,16	3,31	1,41	1,30	0,02253

Promedio, varianza y desviación estándar de los parámetros medidos en los individuos silvestres.



### ANEXO N° 3

	Ch. Domésticas		Ch. Silvestres	
	Promedio (n=10)	DS	Promedio (n=10)	DS
<b>Largo cuerpo</b>	261,600	14,531	208,800	22,110
<b>Largo cola</b>	148,400	12,607	122,300	15,044
<b>Largo oreja</b>	45,450	5,134	48,800	2,633
<b>Largo pata</b>	60,900	1,663	52,600	9,334
<b>Largo total del cráneo</b>	63,220	0,604	50,400	2,961
<b>Largo basal del cráneo</b>	54,345	0,433	42,700	3,162
<b>Ancho máximo del cráneo</b>	36,902	4,995	24,900	3,307
<b>Diastema</b>	15,094	0,657	16,120	1,414
<b>Volumen cerebral</b>	21,700	1,093	18,530	1,295
<b>Índice de cefalización</b>	0,343	0,016	0,370	0,023

Promedios y desviación estándar de cada una de las características medidas en chinchillas domésticas (n=10) y chinchillas silvestres (n=10).

#### ANEXO N°4

	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
<b>Largo basal cráneo</b>	0,416494	0,0642263	0,0306622	-0,0459235
<b>Longitud cola</b>	0,149511	-0,447958	0,442143	-0,604837
<b>Longitud cuerpo</b>	0,33391	0,186962	-0,0855202	-0,287588
<b>Longitud oreja</b>	-0,297424	0,23873	-0,418716	-0,472022
<b>Longitud pata</b>	0,28926	-0,0513396	-0,686988	-0,0417861
<b>Longitud total cráneo</b>	0,416552	0,095259	0,0682333	-0,0841452
<b>Volumen cerebral</b>	0,136216	0,664754	0,308739	-0,157072
<b>Índice cefalización</b>	-0,316209	0,465871	0,158241	-0,0147225
<b>Ancho máximo cráneo</b>	0,363043	0,0866585	0,106033	0,510148
<b>Diastema</b>	0,310955	0,158454	-0,112792	-0,180518

Medidas de longitud usadas en el análisis biométrico, sus correlaciones con los componentes 1, 2, 3 y 4 en el análisis de componentes principales (ACP).









