



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



“DINÁMICA POBLACIONAL DE LA VICUÑA (*Vicugna vicugna*) EN CERCOS PERMANENTES EN ZONA DE FRONTERA DE LA REGIÓN PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y MEDIO AMBIENTE

PUNO . PERÚ
2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO	
BIBLIOTECA CENTRAL AREA DE TESIS	
Fecha Ingreso:	14 OCT 2014
Nº	00698

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST – GRADO
DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE



DINÁMICA POBLACIONAL DE LA VICUÑA (*Vicugna vicugna*) EN CERCOS PERMANENTES EN ZONA DE FRONTERA DE LA REGIÓN PUNO.


TESIS PRESENTADA POR **JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA**, A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO EN **DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**.

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. Eduardo Flores Condori

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. Ernesto Calancho Mamani

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. Bernabé Canqui Flores

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. Marcelino Jorge Aranibar Aranibar

PUNO - PERÚ
2012

DEDICATORIA

A mi padre Zenón, por darme la vida y apoyo moral, su dedicación y ejemplo serán siempre mi camino para alcanzar mis sueños.

A mi esposa Celestina, su fortaleza y cariño siempre me permiten alcanzar cada uno de mis sueños. A mis hijos Jhonatan y Leidy, siempre son la razón y motivación para seguir adelante.

A quienes compartieron y compartirán mis sueños.

A mis amigos de siempre y aquellos con los que conllevaré la razón de formación académica.

AGRADECIMIENTOS

- A los alcaldes de Capazo y Huacullani, a todo su personal técnico y administrativo, por su apoyo en todo el transcurso de mi trabajo de investigación.

- A mi asesor Dr. Jorge Aranibar Aranibar, por brindarme su conocimiento, amistad y experiencia, que me permitieron concluir con éxito mi trabajo de investigación.

- Al Dr. Eduardo Flores Condori, sus consejos oportunos han sido primordiales en el logro de mis aspiraciones.

- Al Dr. Ernesto Calancho Mamani, sus valiosas sugerencias han contribuido a la mejora de mi trabajo de tesis.

- Al Dr. Bernabé Canqui Flores, su asesoramiento y exigencia han marcado el perfil de mi objetivo académico.

- Al Lic. en biología Miguel A. López Ruelas, por su valioso apoyo en el análisis estadístico e implementación del modelo de simulación.

- A los docentes del Doctorado en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la Escuela de Postgrado de la UNA – Puno, por la motivación y enseñanzas impartidas durante mi formación académica.

ABREVIATURAS

CONACS: Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos.

CUSCSS: Comité de Uso Sostenible de Camélidos Sudamericanos.

DRA: Dirección Regional Agraria.

PELT: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.

NT: Especie categorizada como casi amenazada.

CITES: Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.

ONERN: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos naturales.

UICN: The international Union for Conservation of Nature.

WWF: World Wild Life Foundation.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina.

FWS: Conserving the Nature of America.

INDICE

CONTENIDO	Pág.
CAPITULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Planteamiento del problema.....	1
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1. Manejo de la vicuña.....	4
2.1.2. Peso vivo, peso vellón y fibra de la vicuña en la región Puno.....	6
2.1.3. Dinámica poblacional de camélidos silvestres.....	8
2.2. Marco referencial.....	12
2.2.1. Taxonomía de la vicuña.....	12
2.2.2. Distribución geográfica y hábitat de la vicuña.....	14
2.2.3. Base legal del manejo de la vicuña.....	16
2.2.4. Importancia de la vicuña.....	17
2.2.5. Organización social de las vicuñas.....	21
2.2.6. Comportamiento de la vicuña.....	22
2.2.7. Estudios agrostológicos.....	22
2.2.8. Sistemas de manejo de la vicuña.....	24
2.2.9. Captura y esquila de vicuñas.....	26
2.2.10. Estudio de poblaciones animales.....	27
2.2.11. Dinámica poblacional.....	30
2.2.12. Modelos propuestos en dinámica poblacional de la vicuña.....	35
2.3. Marco conceptual.....	36
CAPITULO III METODOLOGÍA	
3.1. Materiales y equipos.....	39
3.2. Características del sistema de manejo en cercos.....	39
3.3. Desarrollo de Metodología por objetivos.....	40
3.3.1. Análisis del crecimiento poblacional de la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>) en cercos permanentes utilizando un modelo de estructura poblacional.....	40
3.3.2. Evaluación de la producción de vellón de la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>) en cercos permanentes.....	43

3.3.3. Implementación de un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>) para su manejo sostenible en cercos permanentes.	44
3.4. Ámbito de estudio.....	46

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del crecimiento poblacional de la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>) en cercos permanentes utilizando un modelo de estructura poblacional.....	49
4.2. Evaluación de la producción de vellón de la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>) en cercos permanentes.	65
4.3. Implementación de un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña (<i>Vicugna vicugna</i>) para su manejo sostenible en cercos permanentes.....	73
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....	103

CUADROS	Pág.
CUADRO 1. TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DE GRUPOS DE VICUÑAS	5
CUADRO 2. RELACIÓN ENTRE PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm) Y PRODUCCIÓN PRIMARIA DE MATERIA SECA.	11
CUADRO 3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE MATERIA SECA DE LA VICUÑA (kg) SEGÚN SEXO Y CLASE	12
CUADRO 4. POBLACIÓN PROMEDIO Y PORCENTUAL SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE, SEXO Y GRUPOS ETÁREOS DE VICUÑAS, PUNO 2012.....	49
CUADRO 5. PARÁMETROS POBLACIONALES SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE EN HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012	52
CUADRO 6. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE Y AÑO DE ESQUILA, PUNO 2012	66
CUADRO 7. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012	68
CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN LUGAR, AÑO, SEXO Y EDAD, PUNO 2012.....	69
CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012.....	70
CUADRO 10. PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm) DEL DISTRITO DE CAPASO, SEGÚN ESTACIÓN METEOROLÓGICA SENAMHI, PUNO	74
CUADRO 11. VALIDACIÓN DEL MODELO GENERADO UTILIZANDO DATOS REALES DE UNA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN PAMPA GALERAS	79
CUADRO 12. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL PORCENTAJE DE MACHOS (CRÍA, JUVENIL, ADULTO) EN DOS CERCOS EN ESTUDIO.....	103
CUADRO 13. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL PORCENTAJE DE HEMBRAS (CRÍA, JUVENIL, ADULTO) EN DOS CERCOS EN ESTUDIO.....	103
CUADRO 14. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL SEX RATIO EN EL CERCO DE ANCOMARCA.....	103
CUADRO 15. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL SEX RATIO EN EL CERCO DE AURINCOTA.....	103

FIGURAS**Pág.**

FIGURA 1. FACTORES QUE AFECTAN EL TAMAÑO DE UNA POBLACIÓN ANIMAL	32
FIGURA 2. TIPO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DENSO DEPENDIENTE DE LA VICUÑA	35
FIGURA 3. MODELO GRAFICO DE LA DINAMICA POBLACIONAL DE LA VICUÑA	41
FIGURA 4. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	46
FIGURA 5. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	48
FIGURA 6. PIRÁMIDE POBLACIONAL PORCENTUAL ACTUAL SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE, SEXO Y GRUPOS ETÁREOS DE VICUÑAS, PUNO 2012	50
FIGURA 7. DIAGRAMA DEL CICLO DE VIDA DE LA VICUÑA EN DOS CERCOS SEGÚN GRUPOS ETÁREOS, PUNO 2012	53
FIGURA 8. DINÁMICA POBLACIONAL EN EL CERCO ANCOMARCA SEGÚN GRUPOS ETÁREOS PARA HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012	55
FIGURA 9. DINÁMICA POBLACIONAL EN EL CERCO AURINCOTA SEGÚN GRUPOS ETÁREOS PARA HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012.....	56
FIGURA 10. PIRÁMIDE POBLACIONAL PORCENTUAL PROYECTADA A 20 AÑOS SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE, GRUPOS ETÁREOS EN HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012.....	57
FIGURA 11. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE ANCOMARCA.....	59
FIGURA 12. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE AURINCOTA.....	59
FIGURA 13. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE NATALIDAD, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE ANCOMARCA.....	60
FIGURA 14. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE NATALIDAD, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE AURINCOTA.....	60

FIGURA 15. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE Y AÑO DE ESQUILA, PUNO 2012	67
FIGURA 16. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012	68
FIGURA 17. EFECTOS SIMPLES DE PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012	71
FIGURA 18. RELACIÓN ENTRE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm) Y PRODUCCIÓN PRIMARIA DE MATERIA SECA	74
FIGURA 19. DIAGRAMA DEL MODELO DENSO DEPENDIENTE DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA VICUÑA.....	77
FIGURA 20. VALIDACIÓN DEL MODELO IMPLEMENTADO COMPARADO CON UNA POBLACIÓN REAL DE VICUÑAS EN PAMPA GALERAS	80
FIGURA 21. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA BAJO LAS CONDICIONES ACTUALES.....	83
FIGURA 22. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON TAMAÑOS DE CERCO DE 200, 300, 400, 500 Y 600 Has.....	84
FIGURA 23. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON TASAS DE NATALIDAD 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 Y 0,6.....	85
FIGURA 24. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON PRECIPITACIONES PLUVIALES DE 300, 400, 500, 600 Y 700 mm.....	85
FIGURA 25. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE AURINCOTA BAJO LAS CONDICIONES ACTUALES.....	87
FIGURA 26. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON TAMAÑOS DE CERCO DE 200, 300, 400, 500 Y 600 Has.....	88
FIGURA 27. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE AURINCOTA CON TASAS DE NATALIDAD 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 Y 0.6.....	88
FIGURA 28. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON PRECIPITACIONES PLUVIALES DE 300, 400, 500, 600 Y 700 mm.....	89

RESUMEN

El estudio se realizó en las Comunidades de Ancomarca y Aurincota, a una altitud de 4500 msnm, región Puno, en dos cercos permanentes de 220 y 405 hectáreas, con poblaciones de 188 y 136 vicuñas. Los objetivos fueron: a) análisis del crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes utilizando un modelo de estructura poblacional; b) evaluación de la producción de vellón de la vicuña en cercos permanentes; c) implementar un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña para su manejo sostenible. Los métodos fueron la utilización de un modelo de crecimiento de estructura poblacional, análisis de producción de peso vellón mediante análisis de un modelo lineal; utilización de ecuación denso dependiente e implementación en software computacional. Los resultados fueron: En el cerco de Ancomarca la natalidad es 0,201 y Aurincota 0,204 crías/hembra, menores a las observadas en poblaciones silvestres; la tasa finita de crecimiento poblacional para Ancomarca es -0,0063726 y Aurincota -0,0062138, indicando peligro de viabilidad en el futuro; la estructura poblacional proyectada es para Ancomarca 78,5% adultos, 5% juveniles y 16,2% crías; para Aurincota 78,8% adultos, 4,9% juveniles y 16,2% crías, considerándose poblaciones envejecidas. La producción de vellón fue similar para ambos cercos y años ($P > 0,05$); según sexo es 172,7 gr para hembras y 175,3 para machos ($P < 0,05$), según la edad para adultos 188 gr y juveniles 154,1 gr, siendo superior en adultos ($P < 0,05$). El modelo de simulación denso dependiente, mostró buen ajuste con datos reales de dinámica poblacional, se estimó para el cerco de Ancomarca una capacidad de carga de 149 vicuñas y máxima cosecha sostenible de 75 vicuñas; para el cerco de Aurincota una capacidad de carga de 275 vicuñas y una cosecha sostenible de

137; el análisis de sensibilidad muestra que el modelo se comporta estable y sensible al variar los parámetros ambientales y poblacionales.

Palabras clave: dinámica poblacional, estructura poblacional, sostenible, vicuña.

ABSTRACT

The study was carried out in the community of Ancomarca and Aurincota, at an altitude of 4500 m, region Puno, in two permanent fences of 220 and 405 hectares, with 188 and 136 vicuña populations. The objectives were: to) analysis of the population growth of the vicuña (*Vicugna vicugna*) in fences permanent using a model of population structure; (b) evaluation of the production of the vicuña in permanent fences fleece; (c) implement a model of population growth of vicuñas for their sustainable management. The methods were the use of a growth model of population structure, analysis of production of weight fleece using a linear model analysis; use of dense dependent equation and implementation on computer software. The results were: in the siege of Ancomarca birth is 0,201 and Aurincota 0,204 pups to female, smaller than those observed in wild populations; the finite rate of population growth for Ancomarca is - 0,0063726 and Aurincota - 0,0062138, indicating danger of viability in the future; the projected population structure is for adult 78.5% Ancomarca, 5% juvenile and 16.2% offspring; for Aurincota 78.8% adults, juvenile 4.9% and 16.2% pups, whereas aged populations. The production of fleece was similar for both fences and years ($P > 0.05$); According to sex is 172,7 gr for females and for males 175.3 ($P < 0,05$), age adult 188 gr and juvenile 154,1 gr, being higher in adults ($P < 0,05$). The simulation model dense dependent, he showed good fit with actual data of population dynamics, was estimated for the siege of Ancomarca a load capacity of 149 vicuñas and maximum sustainable harvest of 75 vicuñas; for the siege of Aurincota a load capacity of 275 vicuñas and a sustainable yield of 137; the sensitivity analysis

shows that the model behaves stable and sensitive to varying environmental and population parameters.

Keywords: population dynamics, population structure, sustainable, Vicuña.

INTRODUCCIÓN

La "vicuña" (*Vicugna vicugna*), es uno de los camélidos sudamericanos que forma parte de la fauna silvestre peruana, se encuentra categorizada como casi amenazada (NT) según la legislación nacional, con una población de 118000 ejemplares en el censo del año 2000, representando el 60% de la población mundial, siendo el Perú el primer productor de su fibra (6450,63 kg en el 2009).

Para la conservación de la vicuña se cuenta con planes orientados a su manejo con participación activa de las comunidades campesinas, documentos que contienen el conocimiento de los aspectos biológicos de la vicuña en condiciones de silvestría, sobre los cuales también se basa el desarrollo del manejo en cautiverio, mediante la utilización de cercos permanentes.

El estudio se realizó con la información poblacional y de producción de vellón de los comités de uso sustentable de la vicuña de la comunidad de Ancomarca, que cuenta con un cerco de 220 has ubicado en el distrito de Capaso y la comunidad de Aurincota con un cerco de 405 has ubicado en el distrito de Huacullani, los registros analizados tanto de las poblaciones como de las esquilas corresponden al período comprendido de los años 2007 al 2011.

El estudio se fundamenta en que el efecto de la densidad de la población y la capacidad de carga del cerco (relacionada con la extensión del mismo), determinan el crecimiento sigmoide (denso dependiente) de la población de vicuñas dentro de los cercos, así como del envejecimiento progresivo de la población debido a la disminución de la tasa de natalidad, producido básicamente por la sobrecarga animal en las pasturas, efecto señalado en estudios para esta especie en otras latitudes con similares condiciones de hábitat (Bonacic, 2000).

Se realizó el análisis de la dinámica poblacional de la vicuña considerando la población total de los cercos, así como el estudio de la estructura de la población (grupos etáreos), mediante el uso de modelos matriciales de estructura poblacional (Leslie), lo que permitió establecer la viabilidad de dichas poblaciones en un lapso de tiempo mayor al observado hasta la actualidad (mediante proyecciones). Se evaluó el peso vellón producido en los cercos según el sexo y clase de las vicuñas, así como el efecto de los lugares y los años de esquila. Se generó y estableció un modelo de simulación que permite analizar, mediante los datos actuales, el comportamiento futuro de las poblaciones de vicuñas en los cercos permanentes, mediante la utilización del enfoque de sistemas (diagramas de Forrester) y su implementación en software computacional de simulación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

En la región Puno, actualmente no se cuenta con estudios detallados de la dinámica poblacional de la vicuña en condiciones de cautiverio en cercos, se ha hecho evidente que la mayoría de los cercos instalados en esta región presentan problemas de sobrecarga animal, como consecuencia de la misma, las poblaciones de vicuña muestran tasas de natalidad menores a las observadas en condiciones de silvestría y aún negativas en ciertos casos, siendo esto un claro indicador de que la capacidad de carga de la mayoría de los cercos ha sido sobrepasada (CONACS, 2005).

Estos aspectos ponen en discusión la viabilidad ambiental y biológica de esta forma de conservación de la vicuña, considerando que se ha tenido éxito en la recuperación de la misma mediante su manejo en silvestría en zonas reservadas (caso Pampa Galeras), sin embargo en la actualidad se

viene implementando un mayor número de cercos, debido a que el manejo en ellos es beneficioso para las comunidades campesinas, reduciendo las horas de vigilancia y el proceso de esquila se facilita considerablemente.

Considerando que la dinámica poblacional de la vicuña en cercos de confinamiento, presenta diferencias significativas con las de poblaciones en silvestría, el presente estudio pretende contribuir al análisis detallado del mismo, a partir de cuyos resultados se desprendan propuestas para el manejo sostenible de esta especie, debido a que en la actualidad los cercos se vienen utilizando hace varios años, sin existir un plan de manejo basado en conocimientos científicos del crecimiento de poblaciones en cautiverio y sus implicancias sobre la estructura y la viabilidad poblacional de la vicuña a futuro bajo dichas condiciones. Del mismo no se ha analizado el efecto que el cautiverio tiene en la producción de vellón. Las interrogantes planteadas fueron: ¿la estructura etárea de poblaciones de vicuña en cercos permanentes permite su crecimiento y viabilidad?, ¿la producción de vellón de la vicuña se ve afectada por el cautiverio en cercos permanentes? y ¿un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña es útil para su manejo sostenible en cercos?

El objetivo general fue:

Análisis de la dinámica poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes en zona de frontera de la región Puno.

Los objetivos específicos fueron:

Analizar el crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes según grupos etáreos utilizando un modelo de estructura poblacional; evaluar la producción de vellón de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes; implementar un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) para su manejo sostenible en cercos permanentes.

Las hipótesis planteadas fueron:

El tipo de crecimiento poblacional de la vicuña en cercos permanentes, es del tipo denso dependiente, debido al confinamiento el factor principal de regulación de la población es su número de individuos (densidad) y su estructura poblacional; la producción de vellón se ve afectada por la densidad poblacional de la vicuña en cercos permanentes, atribuible al estrés causado en una especie silvestre en condiciones de cautiverio y la disponibilidad de alimento y agua en el cerco; un modelo de simulación de crecimiento poblacional de la vicuña, es importante para su manejo sostenible en cercos permanentes, porque permite proyectar los eventos que sucederán en el futuro mediante los parámetros actuales de la población.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Manejo de la vicuña.

En Argentina el manejo de vicuñas silvestres ha demostrado ser sustentable biológicamente aunque aún no ha demostrado generar desarrollo sostenido, principalmente porque todavía no se ha comercializado la fibra. Se identifican actores e intereses y se discuten los aciertos y dificultades dentro de un marco de complejidad ambiental (Vilá et al, 2009). En Chile el ingreso por unidad de producto comercial (kg/vellón) es marginalmente mejor en la producción en silvestría, dada una mejor relación vellón/garra, los costos de producción son más altos en las unidades en cautiverio debido, principalmente, a las mayores inversiones que se deben realizar, lo cual se refleja en una mayor depreciación, la mayor diferencia de costos por depreciación, es compensada por el mayor costo de RRHH de las unidades de silvestría. Considerando lo anterior, es altamente rentable la explotación de la fibra en ambos sistemas, ya que el margen operacional es de 63% para las

unidades productivas de silvestría y de 53% para las de cautiverio (Ministerio de Agricultura de Chile, 2010).

En Argentina, de acuerdo a estadísticas presentadas por Gendarmería, la caza furtiva está aumentando a pasos agigantados. Si bien existe una multiplicidad de factores que causan el aumento de caza furtiva, lo cierto es que esta no ha disminuido a raíz de la presencia de los criaderos. En Bolivia, la caza furtiva estaría más controlada dentro de las áreas de manejo comunal dado que el sistema contempla la actividad de guardaparques y vigilantes comunales que realizan actividades de censos periódicos dentro de las áreas (Renandean y Linhtenstein, 2009). Un estudio detallado de la composición familiar de la vicuña (Cuadro 1), durante cuatro años, en Argentina en la zona reservada de Cieneguillas, permiten entender la composición de la población de vicuñas (Arzamendia y Vilá, 2006).

CUADRO 1. TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DE GRUPOS DE VICUÑAS Y TASA DE NATALIDAD

Año	Grupos familiares					Solteros		
	Tamaño medio GF	Machos	Hembras	Crías	Tasa natalidad	Media	Min	Max
1999	5,63	1	2,80	1,87	0,68	15,6	11	20
2000	7,98	1	3,79	2,64	0,69	7,57	2	16
2002	6,56	1	3,25	2,02	0,60	14,5	2	25
2004	6,17	1	3,21	1,72	0,53	14,5	4	33

Fuente: Arzamendia y Vilá (2006)

Un estudio sobre la dinámica poblacional del "suri" *Rhea pennata* en condiciones de cautiverio, indica que: la tasa instantánea de crecimiento poblacional exponencial para el "suri" en el módulo de Tupala fue $r_n=0,31$ y para el módulo LLusta $r_n=0,47$, la pirámide poblacional es típica de una

población en crecimiento, el eigénvalor para el módulo Tupala fue $\lambda = 1,0614$ y para LLusta $\lambda = 1,0682$, en ambos casos los valores son positivos indicando su viabilidad, la capacidad de carga (K) estimada para el módulo Tupala es de 100 individuos y para LLusta 1000 (Arpasi, 2011).

Respecto de la evaluación sobre el efecto del manejo sobre la población de vicuñas, se puede señalar que en el caso de las poblaciones silvestres las pariciones se registraron por un período de 10 semanas para los tres años de estudio. El mínimo número de crías paridas durante este tiempo fue de 1 y el máximo de 61. En las tres temporadas del proyecto, las crías nacieron en la tercera semana de febrero. En el caso de las poblaciones de vicuñas criadas en corral, los resultados del proyecto permitieron establecer que el perímetro torácico y el peso de los animales se relacionan positivamente para cada sexo. Asimismo se estableció que el peso del vellón y el perímetro torácico también se relacionan positivamente. Sin embargo, existen diferencias significativas entre sexos, ya que las hembras presentan un peso de vellón menor al de los machos (Cisternas, 2003).

2.1.2. Peso vivo, peso vellón y fibra de la vicuña en la región Puno.

En la comunidad de Cala Cala en el distrito de Pedro Vilcapaza en la provincia de Azángaro del departamento de Puno, el peso vivo promedio fue de 34,7 Kg para machos y 38,1 Kg para hembras, el peso de vellón en promedio fue de 178,3 gr en machos y 184,4 gr en hembras encontrándose diferencia significativa para el sexo del animal (Bravo,

1977). Posteriormente en el centro Nacional de Reserva de vicuñas de Kalá Kala, provincia de Azángaro, en 70 vicuñas machos y 70 vicuñas hembras, bajo condiciones de semicautiverio, los resultados indican un rendimiento de fibra de 82,5% para machos y de 84,25% para hembras, en juveniles el rendimiento fue de 84,6% y en adultos de 82,2% (Jahuirá, 1982).

En la SAIS Picotani del distrito de Muñani, provincia de Azángaro, departamento de Puno, en 88 vicuñas de ambos sexos, los resultados indican un promedio de peso vellón de 176,98 gr en juveniles, 190,70 gr en adultos, evaluando el sexo se tiene 185,34 gr en hembras y 182,34 gr en machos observándose diferencia significativa ($P < 0,05$) para la edad del animal (Deza, 1988). En Pampa Galeras en Ayacucho y Cala Cala en Puno, se tomaron 40 vicuñas de cada lugar, los resultados fueron para peso vivo en Pampa Galeras 37,7 Kg en machos y 35,35 en hembras, en Cala Cala se tiene 32,235 Kg para machos y 33,855 Kg para hembras, encontrándose diferencia significativa entre lugares. El peso de vellón para Pampa Galeras fue de 233,0 gr para machos y 240,0 gr para vicuñas hembras, para Cala Cala se tiene 231,0 gr para machos y 179,0 gr para hembras, estos resultados corroboran la diferencia entre la edad del animal (Nalvarte, 1999).

Recientemente se estudió el efecto del sistema de manejo en la comunidad de Ancamarca (cautiverio) y Apacheta (silvestría), distrito de Capazo Provincia de El Collao llave, región Puno, en cautiverio el mayor peso vellón fue en adultos machos $209,71 \pm 47,41$ gr, adultos hembras $182,30 \pm 41,40$ gr, juveniles machos $157 \pm 20,96$ gr y finalmente juveniles

hembras $154,75 \pm 33,17$ gr. En silvestría el peso vellón fue para adultos hembras $221,33 \pm 43,49$ gr, adultos machos $204,10 \pm 44,47$ gr, juveniles machos $157,47 \pm 19,11$ gr y juveniles hembras $141,71 \pm 20,84$ gr, con diferencia estadística ($P < 0.05$) entre adultos y juveniles (Calisaya, 2011).

2.1.3. Dinámica poblacional de camélidos silvestres.

El modelamiento de la dinámica poblacional de la vicuña, se realizó inicialmente para el sector central de Pampa Galeras en Perú. La lluvia fue simulada inicialmente para obtener la productividad primaria y la disponibilidad de pasto bajo un modelo de denso-dependencia. El modelo produjo una curva que se estabiliza a una densidad de 100 vicuñas por km^2 . El modelo fue validado con datos de Argentina mediante análisis de sensibilidad. El consumo de materia seca (MS) mínimo para una vicuña estándar fue estimado en más de 1 kg, menos de este valor se puede producir estados de desnutrición (Rabinovich et al, 1985). Un modelo confiable de manejo de esta especie, sea con fines de recuperación o aprovechamiento sostenido, suele integrar tres tipos de parámetros: poblacionales, ambientales y económicos. Entre los poblacionales, es raro que no figuren aquellos relacionados con la dinámica poblacional; entre los ambientales, aquellos que permiten estimar las variaciones en la disponibilidad y uso de los recursos alimentario y de hábitat. Un factor clave en la dinámica de camélidos sudamericanos es la pobreza del forraje a fines del invierno, las sequías prolongadas, los fríos extremos, las tormentas de nieve, y la predación por pumas (Puig y Videla, 2000).

Por su relevancia en el diseño de programas de manejo y en el monitoreo del equilibrio entre herbívoros y vegetación, se consideran investigaciones prioritarias a desarrollar en poblaciones de camélidos sudamericanos la elaboración de tablas de vida, la estimación continuada de la capacidad de carga, y la evaluación del grado de solapamiento entre la vicuña y otros herbívoros.

En Chile, las estadísticas de CONAF, desde el inicio de la protección efectiva de las poblaciones de vicuñas en 1975 se observó una recuperación del tamaño poblacional que se puede modelar de acuerdo a una curva logística de crecimiento poblacional. Dicha curva representa en este trabajo para la serie de años comprendida entre 1975 y 1992. La tasa de crecimiento poblacional (r) decrece linealmente en relación al aumento del tamaño poblacional ($r = 0,333 - 0,0000149 N$). El crecimiento poblacional demostrado por la población de vicuñas se ajusta a la siguiente ecuación logística: $Y_t = (105)/(3,78 + 53,4 * 0,732^t)$. La estrecha relación del crecimiento poblacional con el modelo logístico sugiere la existencia de factores de denso-dependencia que estarían modelando la población. Sin embargo, no se han evaluado aún el rol de factores denso-independientes los que también pueden estar contribuyendo al modelamiento de la población (Bonacic, 2000).

La estimación de la capacidad de carga se realizó a través de diferentes métodos tanto relacionados con la curva de crecimiento poblacional como a partir de factores abióticos presentes en el área de estudio. La asíntota de la curva logística arroja una capacidad de carga estimada (K) de 26398 ± 673 vicuñas y la extrapolación del crecimiento poblacional cuando $r=0$,

sugiere un K de 22,349 \pm 1,627 vicuñas. Mediante la estimación de parámetros abióticos tales como precipitación y productividad primaria disponible se determinó una capacidad de carga de 29.292, vicuñas y 25.580 vicuñas respectivamente. Estos resultados se discuten en función del futuro manejo productivo de la vicuña (Bonacic, 2000).

En el altiplano de la Provincia de Parinacota, se observó un sostenido crecimiento hasta el año 1990, cuando la población superaba los 25000 individuos. Sin embargo, desde aquel entonces la población ha mostrado una tendencia a la disminución y en la actualidad, según los resultados censales del año el 2004, la población bordea los 15000 individuos (Muñoz, 2005). No obstante a principios de los ochenta se reportaba que estos sistemas eran utilizados por sobre su capacidad de carga. Según los factores del hábitat analizado se concluye que la disminución progresiva de la población de vicuñas registrada desde el año 1990 podría ser resultante de una mayor competencia por recursos con el ganado doméstico y una carga animal excesiva que ha ido mermando la capacidad sustentadora de las praderas alto andinas.

Por último se compararon los resultados de productividad de materia seca y capacidad de carga en las cercanías del poblado de Parinacota. Ambos estudios utilizaron parcelas de exclusión y determinaron la composición botánica de las comunidades vegetales para determinar su valor pastoral y expresarlo en capacidad de carga teórica. Tanto las mediciones de productividad de materia seca como de capacidad de carga de distintos tipos de bofedales en el sector de Parinacota fueron inferiores en el

estudio realizado posteriormente por Castellaro, además, considera en su estudio la estacionalidad en la productividad y valor nutritivo de las comunidades vegetales del área estudio; según los datos obtenidos, la principal limitante para la producción animal lo constituye la concentración de energía metabolizable del forraje, siendo la proteína limitante solamente durante el período invernal e inicios del período estival (Castellaro, 2005), en resumen, se puede concluir que la disminución progresiva de la población de vicuñas en el altiplano de la Provincia de Parinacota podría ser resultante, en parte, de una mayor competencia de la vicuña con el ganado doméstico y, en general, de una carga animal excesiva que está mermando la capacidad sustentadora de herbívoros en este frágil ecosistema. La relación entre la precipitación pluvial y producción primaria, para un ecosistema similar ha sido expuesta por Rabinovich (1985) para Pampa Galeras (Cuadro 2).

CUADRO 2. RELACIÓN ENTRE PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm) Y PRODUCCIÓN PRIMARIA DE MATERIA SECA.

Año	Precipitación pluvial	MS (kg/ha)	MS (kg/ha/día)
1	275	384	1.05
2	515	367	1.01
3	350	235	0.64
4	220	158	0.43
5	315	245	0.67
6	315	265	0.73
Promedio	331,66	275,66	0,75
D.E	100,183	85,59	0,23

Fuente: Rabinovich (1985).

La vicuña hembra en situación de producción demanda 3649,6 MJ de energía metabolizable (EM) al año, lo que puede ser entonces definido como la Unidad vicuña anual (UVA). Esta unidad en términos de

equivalente de forraje proveniente del pastizal (bofedal) representa unos 487 kg de MS. Esta cifra representa un promedio diario de 1,33 kg de MS vicuña⁻¹ día⁻¹ (consumo de un 3,3% del peso vivo). Al comparar esta cifra con la Unidad Animal estándar (UAA), se llega a la conclusión que una vicuña en situación de producción equivale a 0,111 UAA (Castellaro, 2005). Los valores referenciales se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE MATERIA SECA DE LA VICUÑA (kg) SEGÚN SEXO Y CLASE

Categoría	Requerimientos MS(kg/año)	Requerimientos MS(kg/día)
Hembra adulta	486,6	1,33
Machos	369,5	1,01
Crías	131,2	0,36
Juveniles	302	0,83
Promedio	322,33	0,88
D.E.	148,50	0,41

Fuente: Castellaro (2005).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Taxonomía de la vicuña.

Posición sistemática de la vicuña (Molina, 1792):

Reino	Animalia.
Sub Reino	Metazoos.
Phyllum	Chordata.
Sub Phyllum	Vertebrados.
Súper Clase	Gnatostosthomata.
Clase	Mammalia
Sub Clase	Eutheria.
Orden	Artiodactyla.
Sub Orden	Tylopoda.
Familia	Camelidae
Genero	Vicugna
Especie	<i>Vicugna vicugna</i>
Nombre nativo	"vicuña"

El sub orden tiene una sola familia reciente camelidae, las especies que la conforman tienen los huesos metacarpianos y metatarsianos unidos, formando una caña aunque se nota en su parte inferior la procedencia de los huesos. Los especímenes de esta familia se apoyan en el suelo con la primera y segunda falange (digitigrado), siendo sus uñas pequeñas. En el estómago, el omasum es tan pequeño que puede considerarse como parte integrante del cuajar (abomasum), los camélidos difieren de todos los otros en la forma de los glóbulos rojos, que son elípticos u ovóides. Los camélidos son gregarios, tienen la facilidad de escupir parte del contenido de su estómago. La familia tiene tres géneros y seis especies: Lama, Vicuña, y Camelos, los Géneros Lama y Vicuña tienen en común: cabeza comprimida hacia atrás, hocico puntiagudo, orejas largas y puntiagudas, ojos grandes, cuello erguido, delgado y largo, extremidades altas y esbeltas, pelaje largo y lanudo (Solis, 1997).

La vicuña es el más valioso de los camélidos andinos, debido a la calidad de su fibra, este animal es el más grácil ágil y delicado de los camélidos sudamericanos con una fina y esbelta figura y una talla de 70 a 90 cm, con un peso de 35 a 45 kilos, su cuerpo está cubierto por una finísima capa de fibra, en el cuello da el aspecto de una lanilla corta que en los flancos hacia el pecho y el vientre se va presentando mas larga, de color canela claro, típico "color vicuña" que va volviéndose blanquísima en los flancos, el aspecto del pelaje es diferente entre el pecho y los brazos, con dos grandes manchas de blanco muy limpio que descienden hasta las rodillas (Brack, 2000).

Una de las 18 órdenes de la sub clase de los euterios es el Orden Artiodáctilos, que se caracterizan por tener el tercer y cuarto dedo de sus extremidades robustas y de igual desarrollo. El eje de las extremidades pasa por entre estos dos dedos, los que están provistos de uñas muy desarrolladas que forman la pezuña (ungulados), los huesos metacarpianos y metatarsianos tienden a fundirse en un solo hueso. En su esqueleto falta siempre la clavícula y los molares presentan pliegues en el esmalte (Canedy y Virgili, 2000).

Las dos subespecies geográficas de vicuña *Vicugna vicugna vicugna*, Molina 1782 y *V.v mensalis*, Thomas 1917 se diferencian principalmente en variaciones de tamaño y coloración del pelaje, *mensalis* presenta un menor tamaño de longitud de los tres molares y alzada a la cruz en relación a la vicuña austral *V.v vicugna*, siendo las diferencias de 45 vs 57 mm y 70 vs 90 cm respectivamente. La distribución de ambas subespecies nunca ha sido bien definida, razón por la cual varios autores no aceptan y/o mencionan la existencia de *mensalis*. Sin embargo existen suficientes diferencias de fenotipo entre las vicuñas del norte y sur para justificar la existencia de dos razas geográficas, si no subespecies (Wheeler, 2006).

2.2.2. Distribución geográfica y hábitat de la vicuña.

La vicuña es un animal típico de las grandes alturas, su zona de distribución es la más extensa de todos los camélidos, se encuentra desde el Ecuador a lo largo de toda la zona andina peruana para pasar a

la cordillera Boliviana y el extremo norte de Chile y la puna Argentina reducida a la Provincia de San Juan. El Perú es la zona de mayor concentración de esta especie, esta en los departamentos de Ayacucho, Puno, Cuzco, Apurímac en la zona sur y en menor escala en Junín y Huancavelica entre otros. La vicuñas viven cerca de los nevados, de preferencia en las altas praderas húmedas, prefieren la zona de pasto tierno, es por esta circunstancia que en los veranos secos, bajan a los valles interandinos donde encuentran vegetación abundante.

La vicuña forma grupos de 10 a 40 hembras y a veces más, acompañadas de un solo macho. Son animales diurnos, pasan el día pastando bajo la atenta mirada escrutadora del macho, que continuamente otea el horizonte para anunciar el peligro, si lo advierte da un grito característico reuniendo a todas las hembras y las crías del grupo, escapando a gran velocidad, se adelanta, luego vuelve hacia atrás para apurar a las retrasadas y protegerles la retirada, muerde en los corvejones a la cría y a las hembras que se detienen de ésta manera, la incita hacia delante buscando una hondonada o algún otro abrigo (Koford, 1957).

Las tropillas corren en éstos casos en zig-zag para protegerse instintivamente de su peor enemigo el hombre, que implacablemente los caza. Si en la fuga cae muerta o herida una hembra, la tropilla sigue la retirada sin importarle nada, pero si el caído es el macho, se detienen todas y la rodean quedando absorta y desmoralizadas, circunstancias que aprovechan los cazadores para cobrar más piezas, las vicuñas en las noches buscan las hoyadas y sitios cubiertos de la cordillera, las hembras

descansan confiadas en que el macho cuida toda la noche, se puede decir que casi no duerme. En el celo las vicuñas se manifiestan al año de edad, tiene lugar en los meses de lluvias, la gestación dura 11 meses a los pocos meses de nacida la cría corren a gran velocidad siguiendo a su madre mamando hasta los 6 meses a pesar de que se alimenta de pastos tiernos desde las pocas semanas de nacidas, cuando los machos cumplen un año de edad son expulsados de la tropilla (Pérez, 1994).

La región andina es el hábitat natural de la especie, se observa cierta uniformidad en la composición de las diferentes agrupaciones sociales de la vicuña y de su comportamiento, esta especie en regiones de libre pastoreo, contrariamente a lo que sucede en áreas de protección estricta como son los de el sistema de manejo en cautiverio en el cual tiene que convivir con el hombre, esta influencia altera el comportamiento de la especie (Hofmann *et al*, 1983).

2.2.3. Base legal del manejo de la vicuña.

Constitución Política del Perú 1993: En relación de los Recursos Naturales Renovables y no Renovables, se establece que son patrimonio de la nación, además se menciona que el Estado es soberano en su aprovechamiento.

Ley General del Ambiente Ley N° 28611 de fecha de publicación 15-10-05; norma que ordena el marco normativo legal para la Gestión Ambiental del Perú.

Ley N° 27308 Ley Forestal y de Fauna Silvestre Páb. 16-07-2000.-
Decreto que tiene por objeto normar, regular y supervisar el uso sostenible y la conservación de los recursos forestales y de fauna silvestre del país.

Decreto Supremo N° 014-2001-AG. Reglamento de la Forestal y de Fauna Silvestre, Pub. 09-04-2001.

Decreto Supremo N° 034-2004-AG, Norma que aprueba la categorización de especies amenazadas de Fauna Silvestre y prohíben su caza, captura, tenencia, transporte o exportación con fines comerciales.

2.2.4. Importancia de la vicuña.

La vicuña se constituye en parte del paisaje de los andes peruanos, aunque su población disminuyó drásticamente, ya que entre otras cosas, fue objeto de caza furtiva, la importancia de la vicuña se fundamenta en que:

Se trata de un recurso natural de valor económico potencial, se considera una alternativa para sistemas agro ecológicos degradados.

El alto valor económico de sus productos (fibra); el valor escénico que su presencia tiene en el paisaje de los andes

Los camélidos sudamericanos silvestres son productores de una de las fibras más finas del mundo, Por esto resulta de fundamental importancia el desarrollo de investigaciones básicas que permitan identificar las

consecuencias que podrían tener en el recurso la implementación de las diferentes alternativas de manejo (Wheeler, 2006).

Conservación de la vicuña en el Perú.

Durante el incanato existía en Perú gran número de vicuñas eficientemente manejadas por los incas por el sistema de “chaku” o rodeo. Existía pena de muerte por la caza ilegal y el “chaku” se realizaba por orden real cada tres o cuatro años. La carne de las vicuñas matadas se repartía entre los pobladores para hacer “charqui” y la fibra era destinada al Inca y a la nobleza. A la llegada de los españoles existían dos millones de vicuñas en Perú y se inició el camino que casi llevó a la extinción de la especie (CONACS, 1997).

En el año 1964 quedaban en Perú entre 5000 y 10000 vicuñas debido a la caza por su valiosa fibra y a la competencia con el ganado doméstico. Ese año comenzó el Proyecto de cooperación belga con el Ministerio de Agricultura.

En 1966 se firmó un Convenio entre el Ministerio de Agricultura y la comunidad de Lucanas (Ayacucho). El objetivo del Convenio era establecer la Reserva Nacional Pampa Galeras en el área donde existía el mayor número de vicuñas del país. La comunidad se comprometió a ceder 6.500 has de Pampa Galeras y a sacar todo su ganado doméstico. El gobierno, a cambio, se comprometió a dar trabajo, construir una escuela, hacer reforestación y pagar un reembolso por la carne y pieles a obtenerse del futuro aprovechamiento de vicuñas. El gobierno nunca

cumplió con su promesa, y por su parte, la comunidad no sacó todo su ganado de la Reserva. Las 6500 has cedidas por la comunidad de Lucanas se vieron incrementadas a 75000 has, con tierras provenientes de otras diez comunidades.

A partir de 1972 la Reserva recibió apoyo de la República Federal de Alemania a través del Proyecto de Cooperación técnica con la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Este proyecto, fruto de su época, se centró en la especie a conservar priorizando el aspecto biológico del manejo de la vicuña por sobre la dimensión social. El proyecto tuvo componentes importantes de investigación, creación de infraestructura, establecimiento de sistemas de vigilancia, formación de guarda-parques y desarrollo de tecnología de captura y censo. Durante los primeros años se logró un crecimiento de la población de vicuñas del 21%. A mediados de los 70s, una sequía prolongada combinada con sobrepastoreo llevó a una crisis de la población de vicuñas. Hubo decrecimiento del 11,3% al disminuir las tasas de preñez (del 85 al 58%), aumentar el índice de abortos y la distancia entre crías de uno a dos años, y aumentar la mortandad del 5,6 al 27,6% (Wheeler y Hoces 1997).

En 1977 y 1978 se decidió hacer saca (extracción) de machos para controlar la crisis de la población ya que se esperaba que ésta seguiría disminuyendo. La saca llevó a enconados debates públicos entre el Sr. Felipe Benavídez, un influyente conservacionista a ultranza, y el Dr. Antonio Brack, quien era director del Proyecto Especial de Utilización

Racional de la Vicuña. El debate llevó a la participación de expertos internacionales de UICN, WWF y la Universidad de Cambridge para realizar censos. Finalmente fue apoyada la saca y se mataron 1484 machos y se llevaron 121 vicuñas a Huancavelica y 40 a Arequipa. El proyecto de la GTZ terminó en 1981.

En Marzo de 1983 Sendero Luminoso atacó el puesto de Pampa Galeras y luego en 1989 hubo dos incursiones muy violentas que hicieron que la Reserva fuera abandonada. La Reserva fue tierra de nadie hasta 1991. Tanto las incursiones de Sendero Luminoso, como una posterior incursión del ejército, que instaló campamento en la sede de Pampa Galeras, resultaron en el desmantelamiento de todas las instalaciones. La ausencia de vigilancia en el campo permitió que, entre 1983 y 1994, por lo menos 50.000 vicuñas fueran víctimas de la caza furtiva.

En 1994 se creó la Sociedad Nacional de la Vicuña como ente representante de todas las Asociaciones Regionales. En Julio de ese año se firmó el Primer Convenio con el consorcio internacional Vicuña Consortium integrado por dos empresas italianas y una peruana (Lanerie Agnona, Loro Piana y CondorTips).

En 1994 las vicuñas de todo el Perú pasaron al Apéndice II de CITES, permitiendo así que todas las comunidades campesinas registradas, poseedoras de vicuñas puedan comercializar su fibra. En Julio de 1995 el gobierno le otorgó la propiedad de hatos de vicuña a las comunidades campesinas asegurando más beneficios a su favor, y se establecieron

severas penas para la caza furtiva para garantizar la preservación de esta especie (Lichtenstein et al, 2002). Posteriormente el Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos (CONACS) realiza la instalación de cercos para el manejo de la vicuña en la región Puno, tanto en la zona norte y sur.

2.2.5. Organización social de las vicuñas.

Las vicuñas no muestran dimorfismo sexual, su identificación en el campo no sería posible de no existir diferencia de conducta según el sexo, estas características originan dos agrupaciones de individuos, claramente diferenciados, la primera es el grupo familiar que quiere ocupar y defiende el territorio fijo, y la segunda, es la tropilla de machos sin territorio propio, una tercera posibilidad la constituyen los individuos solitarios, las familias están constituidos por un jefe macho, varias hembras y generalmente las crías de un año hasta el mes de noviembre aproximadamente (Pérez, 1994).

La organización social de la vicuña esta caracterizada por la existencia de grupos familiares poligínicos, tropillas de solteros y machos solitarios, el 76% de la población viven en grupos familiares compuestos de un macho adulto dominante y 3 a 6 hembras con sus crías del año. El macho establece y mantiene un territorio permanente a lo largo de su vida reproductiva, este territorio normalmente contiene un dormitorio en el sector más alto, un territorio de alimentación ubicado en una elevación mas baja y una fuente de agua, algunas poblaciones son más sedentarias y no realizan estos movimientos (Wheeler, 2006).

Se ha observado que las poblaciones de vicuñas en semicautiverio mantienen un sex ratio cercano al 0,5, si bien la formación de grupos familiares, tropillas y grupos de machos solteros hacen difícil su estimación en silvestría, este sex ratio parece ser el que corresponde a las poblaciones de vicuñas (Valcarcel, 1998).

2.2.6. Comportamiento de la vicuña.

Las investigaciones señalan que, las vicuñas beben una sola vez al día, excepcionalmente en días más secos pueden beber hasta dos veces, por la tarde retornan a las partes altas de sus territorios, recorriendo aquellos partes no visitadas por las mañanas, la actividad de pastar se intensifica, durante la tarde a fin de acumular suficiente alimento para pasar la noche, durante el recorrido diario del territorio, las vicuñas también realizan sus baños diarios de arena en los revolcaderos (Pérez, 1994).

El comportamiento de pastar de la vicuña, la ingestión de los alimentos ocurre incluso en noches con luz de luna, además, en vista de la gran reducción de los pastos preferidos, las vicuñas se ven obligadas a forrajear con especies a las que en épocas normales no prestan atención tales como el ichu y la thola. La territorialidad de la vicuña puede tener un papel importante en el mantenimiento de una adecuada carga sobre el recurso alimenticio, cuando logra la prevención de una sobre población (Hofmann et al, 1983).

2.2.7. Estudios agrostológicos.

Dentro de cada formación del hábitat de la vicuña se han desarrollado un variado número de asociaciones, como reacción de los factores naturales

del lugar, a las influencias humanas y el ganado, las diferencias entre ellas se manifiestan, entre otros, por el volumen de la materia orgánica producida anualmente. Asimismo, manifiesta que una de las metas de los estudios agrostológicos debe ser la clasificación de las principales asociaciones y la determinación de su producción anual (Solís, 1997).

La zona agro ecológica de Puna seca (lugar donde esta ubicado la zona de estudio) son comunidades ubicadas en la cordillera occidental del sur del Perú, esta zona corresponde a la zona de tundra de piso sub alpino (sub andino) cuenta con zonas aptas para la explotación de camélidos sudamericanos, con la presencia de bofedales que son praderas naturales de menor extensión frente a las laderas. La puna seca se caracteriza por presentar pastizales en cerros, laderas y pampas, cuya vegetación típica es de pajonal de iru ichu (*Festuca orthophylla*), tólares como *Lepidophyllum quadrangulare* la cobertura vegetal presenta buena densidad, pero las especies deseables disminuyen variando entre bofedales que son mínimos con pampas de chilliguales, laderas de Stipas y tólares los pastos son de preferencia como *Calamagrostis sp*, *Trifolium amabile*, *Alchemilla pinnata*, *Hipochoeres sp*, *Mulhenbergia fastigiata*, *Distichia muscoides*, *Eleocharis geniculata* y *Festucas dolichophylla*, otras a partir de 4300 msnm se incrementa la población de los géneros *Stipa*, *Festuca*, *Margiricarpus*, *Parasthrepicias* y disminuye el número de especies, consiguientemente tienen efecto sobre la calidad nutritiva de los pastos para animales de los sectores mas secos que anuncia la puna árida, las yaretas (*Azorela yareta*) forman almohadillas muy duras y un crecimiento extremadamente lento (ONERN, 1984).

2.2.8. Sistemas de manejo de la vicuña.

Los sistemas de manejo de la vida silvestre constituyen la expresión formal de criterios, decisiones y regulaciones en las que un país se enmarca y encamina sus medidas y acciones para proteger y hacer un uso sostenible de sus recursos (CONAF, 2003).

A. Sistema de manejo en cautiverio

Es una forma de explotación de la vida silvestre que mantiene en un ambiente un stock parental de vicuñas, controlado por cercos de malla de alambre, separándolos artificialmente de aquel de la población fuente.

El mayor obstáculo para el manejo de vicuñas en cautiverio es su estricta territorialidad y su organización social, estas características impide que en las condiciones de cautiverio los pastos puedan ser aprovechados satisfactoriamente solo por la vicuña, debido a los machos territoriales vecinos que están enfrentados entre si durante todo el día, a distancia mínima a otro territorio ocupado. Debido a las diferencias de clima y pastos, el manejo de vicuñas en cautiverio que es en un lugar fuera de su hábitat natural presentará aún más problemas superables solamente en jardines zoológicos científicamente manejados (Hofmann *et al*, 1983).

En el caso de vicuñas en cautiverio se interfiere los mecanismos de resistencia a enfermedades o patógenos de las enfermedades o patógenos de los animales, en cautiverio hay falta de posibilidad de dinámica social de los solitarios, ejerciendo presiones de selección que deben enfrentar a los machos territoriales poniendo en prueba las habilidades y fortaleza y por lo tanto el flujo de genes en la población. Muchas veces se sugiere una saca de machos, lo que debilitaría

completamente la estructura social, inclusive podría generar conflictos de machos territoriales con sus hembras a su vez significaría la existencia de selección artificial y por lo tanto las vicuñas perderían sus cualidades de silvestres. Desde el punto de vista biológico los cambios de los animales debido al manejo intensivo serían irreversibles, a esto se sumarían los problemas sanitarios como la sarna, actinomicosis, querato conjuntivitis, las enfermedades gastrointestinales aumentan por su cercanía a los criaderos (Vilá, 2002).

B. Sistema de manejo en silvestría

Se basa principalmente en su forma libre donde permite aprovechar mejor las pasturas naturales.

Nuestro país cuenta con una extensión aproximadamente de diecisiete millones de hectáreas aptas para la crianza de este camélido en 16 departamentos, los cuales tienen puñas a lo largo de la cordillera de los andes, la vicuña puede aprovechar de mejor manera los pastos nativos y no los destruye por acción del pisoteo, debido a que tiene almohadillas plantares como indicamos no tiene competencia con otro ganado de las zonas altas, donde la crianza de animales domésticos es limitada o en la mejor de las condiciones es bajísima por tanto nada rentable. El sistema de manejo en forma silvestre se caracteriza por tener bajos costos en su crianza, pero hay que intensificar su protección y vigilancia debido a que por su fibra es objeto de la caza furtiva, en este sistema de manejo el animal tiene premunido su sistema de defensa contra enfermedades por su naturaleza de silvestre (Zúñiga, 1998).

La población de vicuñas ha experimentado una marcada recuperación durante los últimos 30 años pasando de especie de peligro de extinción en 1969 a status de vulnerable en 1972. La organización de la vicuña se caracteriza por la existencia de grupos familiares, la vicuña por sus características sanguíneas y su sistema cardiovascular es la mejor adaptada a las alturas en comparación de otros camélidos sudamericanos. Las poblaciones en silvestría están sometidos a presiones de selección natural (enfermedades, acceso a recursos, predación) y a presiones de selección sexual (presencia y hostigamiento de las tropas de solitarios).

2.2.9. Captura y esquila de vicuñas.

Mediante conteos comunal de vicuñas, se determina las zonas donde existe poblaciones significativas de éstos camélidos, identificándose de ésta manera los posibles sitios donde se les puede capturar mediante el chaco, instalándose las mallas para la manga embudo y corrales. La esquila que se realiza en el manejo de la vicuña es uno de los trabajos mas importantes ya que de ella depende la obtención del vellón y por ende la presentación del mismo para la venta. El vellón es la cubierta protectora del animal que esta constituido por un conjunto de fibras no uniforme, variables en su longitud y finura, la esquila es la extracción del vellón utilizando diferentes instrumentos cortantes y las vicuñas para ser esquiladas tiene que tener mínimo 2,5 centímetros de longitud de fibra, estado nutricional del animal bueno, existen dos formas de esquila, la mecanizada y manual, la esquila de vicuñas debe ser legalizada mediante un acta. En 1987 se decidió en una reunión de la Convención sobre el

Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) pasar a las vicuñas de Ayacucho, Junín y Puno al Apéndice II que autoriza la esquila de la fibra, abriendo así el comercio internacional de fibra. Las telas resultantes de la esquila de animales vivos se comenzaron a vender con la etiqueta Vicuñandes-Perú (Zúñiga, 1998).

2.2.10. Estudio de poblaciones animales.

La población es la unidad fundamental de la ecología, los trabajos sobre poblaciones le han dado a la ecología experimental algunos de sus resultados más rigurosos. Incluso, algunos ecólogos sostienen que es posible explicar la estructura y el funcionamiento de las comunidades a partir de las dinámicas poblacionales individuales. Comencemos por la definición clásica de los libros: una población es un conjunto de individuos de la misma especie, que viven en un mismo lugar en un mismo tiempo. Como vemos, en esta definición se ponen tres "condiciones" para considerar población a un conjunto de individuos: que sean de la misma especie, que habiten en el mismo sitio y que compartan ese sitio en el mismo tiempo (normalmente, el tiempo durante el cual estudiamos la población). La primera condición, que sean de la misma especie, implica que los individuos de la población pueden reproducirse entre sí (técnicamente diríamos que son fértiles) o, por lo menos, que comparten una cierta cantidad de genes. Además, también quiere decir que son parecidos, que viven en los mismos hábitats, que se alimentan de las mismas cosas (Rabinovich, 1978 y Krebs, 1985).

Cuando se estudia una población confinada (por ejemplo peces de una laguna cerrada), se puede hacer una serie de muestreos sucesivos con igual esfuerzo de captura. Si el intervalo entre los muestreos es pequeño comparado con la frecuencia reproductiva de la población, el número de individuos capturados disminuirá en cada muestra. El lugar en que la curva corta al eje horizontal corresponderá a una muestra sin captura, por lo tanto, es una estimación del tamaño de la población al comienzo del muestreo (Malacalza, 2002).

- **Estructura de edades de una población.**

Los individuos de una población no son todos iguales; tienen diferentes edades, pesos, tamaños, sexo. Las proporciones numéricas entre individuos de distinto tipo dan una idea de algunas características dinámicas de la población; por ejemplo una población con gran número de organismos jóvenes es una población con más probabilidad de expansión en el futuro, con mayor capacidad de dispersión o con una mayor necesidad de recursos alimentarios. El parámetro que más se usa para hablar de la estructura de la población es la edad. Se habla entonces de estructura de edades de la población estudiada, que no es más que la proporción entre diferentes clases de edad y puede visualizarse como una pirámide donde la longitud de cada escalón representa el número o porcentaje de individuos de la clase de edad que ese escalón representa, por convención, y cierta lógica, las edades menores se representan en los escalones inferiores (Odum, 1981).

- **Regulación poblacional.**

Una característica funcional que es importante tener en cuenta en los estudios poblacionales es su mortalidad. Importa aquí estudiar fundamentalmente dos cosas: la curva de supervivencia que indica el porcentaje de supervivientes de una cohorte a través del tiempo, y los factores de mortalidad que nos pueden dar una indicación de cuál o cuáles son las causas principales de mortalidad en la población que estamos estudiando. El tema de los factores de mortalidad es más interesante porque tiene efectos fundamentales en la regulación de la población, es decir en los mecanismos por los cuales la población mantiene su número dentro de ciertos límites. Para estudiar el efecto de los factores de mortalidad se grafica la mortalidad total y se la descompone según diferentes causas. Entonces se tiene una idea de cuál es el factor clave, es decir, aquel que explica el porcentaje mayor de la mortalidad total (López, 2008).

Las curvas de supervivencia teóricas principales según (Slobodkin, 1966) son de cuatro tipos básicos. La de tipo I se produce cuando la mortalidad se concentra en los organismos viejos, la II cuando hay un número constante de muertes por unidad de tiempo, la III cuando hay una tasa de mortalidad constante con la edad y la IV cuando la mortalidad se concentra en los estadios juveniles. Pero esto no basta, ya que no todas las causas de mortalidad operan igual. Algunos, como una enfermedad infecciosa, *dependen en sus efectos del tamaño poblacional* y se dice que son dependientes de la densidad; esto significa que la proporción de individuos que mueren por causa de ese factor es diferente según la

densidad de la población. Otros factores *operan con igual intensidad en cualquier tamaño poblacional*, por ejemplo la muerte de gramíneas por efecto de las heladas; a estos factores de mortalidad se los llama independientes de la densidad. La situación se complica cuando se observan las poblaciones reales (Coonan, 2010).

2.2.11. Dinámica poblacional.

Las poblaciones no tienen un número constante de individuos; el tamaño poblacional varía mucho: a veces sube y baja periódicamente con épocas de abundancia y épocas de escasez que se alternan, a veces varían en forma aparentemente errática, sin ninguna regularidad, otras veces la población mantiene un tamaño más o menos constante y en un determinado momento sufre una "explosión" y aumenta de golpe (pudiendo constituir una plaga) o un "bajón" repentino que puede ponerla en riesgo de extinción (Aracil y Gordillo, 1997).

Inicialmente es suficiente describir estas variaciones, pero muchas veces nos interesa poder predecir qué le va a pasar a la población en el futuro; el estudio del crecimiento de las poblaciones desde este punto de vista está irremediablemente ligado al desarrollo teórico de *modelos matemáticos* que intentan explicar o describir tal crecimiento, es decir que podemos expresar el tamaño poblacional a lo largo del tiempo como una fórmula matemática en la que mostramos que el tamaño poblacional en un momento dado se puede calcular conociendo el valor de las variables que influyen en él (Malacalza, 2002).

Existen procesos autorregulatorios, que incluyen alguna forma de interferencia mutua entre los individuos, o a la hostilidad general en una especie. El factor ambiental más importante para tales poblaciones es la presencia de otros organismos de la especie. Muchos de los animales superiores, si no es que todos, pueden limitar sus densidades en forma intrínseca, por virtud de nacimientos, inanición, emigración y mortalidad social. Así mismo plantea que en poblaciones cíclicas están reguladas por los efectos que el apiñamiento ejercía en el sistema endocrino, se cree que el estrés que conlleva el vivir bajo condiciones de elevada densidad de población alteraba el equilibrio hormonal y originaba disminución de la reproducción y subsecuentemente de la población (Gotelli, 2007).

En resumen la autorregulación pone de relieve los acontecimientos que tienen lugar en una población y las diferencias individuales en conducta y fisiología (Cuadro 1). La premisa general es que la abundancia suele modificarse por virtud de las características cualitativas de los cambios en los individuos. El incremento de la población resultaría detenido por un deterioro en las características cualitativas de los individuos conforme aumenta la densidad, al tiempo que la abundancia promedio guardaría relación con cambios genéticos en las poblaciones (Krebs, 1985).

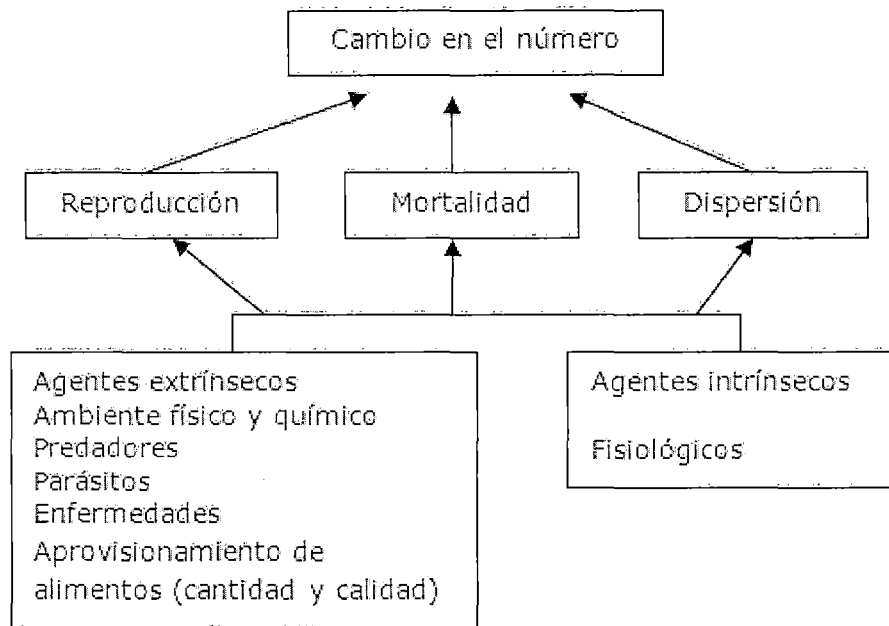


FIGURA 1. FACTORES QUE AFECTAN EL TAMAÑO DE UNA POBLACIÓN ANIMAL

Cuando la variación de una población se realiza en función del tiempo, obtenemos un proceso (continuo o discreto) que recibe el nombre de dinámica de la población. El objetivo de la dinámica de poblaciones es estudiar los cambios numéricos que sufren las poblaciones, determinar sus causas, predecir su comportamiento y analizar sus consecuencias ecológicas, entre las metodologías aplicables a la dinámica de poblaciones por estructura de la población, se tiene al denominado modelo de Leslie (matrices) (Krebs, 1985).

Los modelos que estudian el crecimiento de poblaciones independientemente de la densidad de dichas poblaciones, corresponden a los casos más simples. Existen dos procesos que afectan al cambio del tamaño de la población: los nacimientos y las migraciones, que aumentan su tamaño, y las defunciones y las emigraciones que la disminuyen. En

los modelos más simplistas podemos suponer que estamos estudiando una población en la que no intervienen ninguno de esos procesos. Las hipótesis más simplistas que podemos plantear serían del tipo:

- Todos los individuos son iguales (especialmente lo que hace referencia a la natalidad y a la supervivencia).
- Los recursos disponibles son ilimitados.

Supongamos que la edad máxima alcanzada por una hembra de una población sea L años y que esta población la dividimos en n clases de edades. Cada clase, es evidente que tendrá L/n años de duración. Por lo tanto, podemos construir la siguiente Fórmula:

$$\begin{array}{l}
 1 \dots \left[0, \frac{L}{n} \right] \\
 2 \dots \left[\frac{L}{n}, \frac{2L}{n} \right] \\
 \dots \\
 \dots \\
 \dots \\
 n-1 \dots \left[\frac{(n-2)L}{n}, \frac{(n-1)L}{n} \right] \\
 n \dots \left[\frac{(n-1)L}{n}, L \right]
 \end{array}$$

Los procesos de nacimiento y muerte entre dos tiempos consecutivos de observación se pueden describir mediante los siguientes parámetros demográficos:

- Al promedio del número de hijas que tiene una hembra durante el tiempo que permanece en la clase de orden i , lo llamaremos a_i con $i = 1, 2, \dots, n$

- La fracción de las hembras que están en la clase i y se espera que sobrevivan y pasen a la clase de orden $i + 1$ la llamaremos b_i con $i = 1, 2, \dots, n - 1$.

Expresado en forma matricial:

$$\begin{pmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} & a_n \\ b_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ 0 & 0 & \dots & b_{n-1} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(k-1) \\ x_2(k-1) \\ x_3(k-1) \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n(k-1) \end{pmatrix}$$

De este modo, conocida la distribución inicial $x(0)$ y la matriz L , se puede determinar la distribución de las hembras en cualquier tiempo futuro (Stevens, 2009; Gotelli, 2008).

Un conjunto de poblaciones locales que se conectan mediante individuos dispersos se denomina metapoblación, esta posibilidad no ha sido descartada para las pequeñas poblaciones de vicuñas en el sur del Perú.

En resumen en el sistema el número de individuos actuales (N_{ahora}) es el resultado de sumar a los de la generación anterior (N_{antes}) los nacidos (B) y los que se incorporan a la población por inmigración y (I) restar los muertos (D) y los que emigran (E).

Estas relaciones se pueden expresar como:

$$N_{\text{ahora}} = N_{\text{antes}} + B + I - D - E$$

En el caso de la vicuña en cercos permanentes se eliminan las inmigraciones y emigraciones, quedando el modelo simplificado (Malacalza, 2002).

2.2.12. Modelos propuestos en dinámica poblacional de la vicuña.

Los modelos denso dependientes, pueden ser utilizados para explicar la dinámica poblacional de la vicuña, debido a que por su aislamiento obligado (cautiverio), se asume que el crecimiento será de forma sigmoide, siendo al inicio lento por adaptación al nuevo ambiente y posteriormente un rápido crecimiento hasta llegar al máximo, señalado por la capacidad de carga del cerco (K), donde en muchos casos la población se estabiliza y la tasa de natalidad puede ser igual o cercana a cero. Como se muestra en la figura 2, este patrón de crecimiento se ajusta bien a las condiciones de las actuales poblaciones de vicuñas en cercos permanentes.

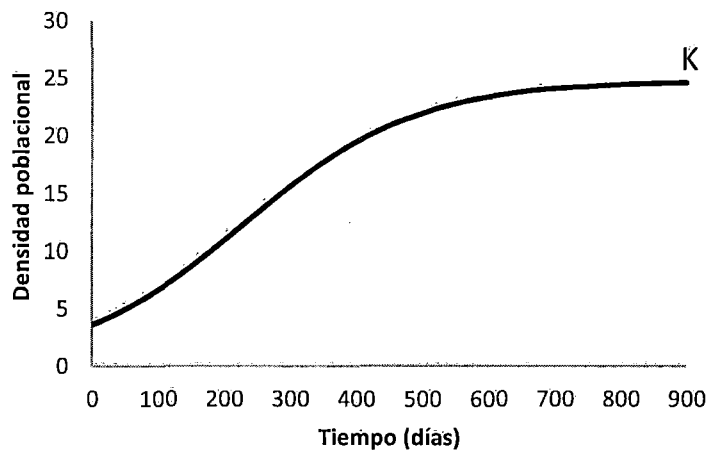


FIGURA 2. TIPO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL DENSO DEPENDIENTE DE LA VICUÑA

La densa dependencia es un factor importante en el manejo de poblaciones en cautiverio, porque permite plantear la posibilidad de encontrar la densidad óptima para el cerco, así se puede planificar lo que se conoce como máxima cosecha sostenible, es decir el número de individuos de la población que se pueden retirar para mantener la población en su máximo potencial de crecimiento posible (López, 2008).

2.3. Marco conceptual.

Adaptación.- Proceso evolutivo, determinado genéticamente, que aumenta las habilidades de un organismo para responder a su ambiente (Sarmiento, 2000).

Captura.- Acción de obtener especímenes vivo de fauna silvestre de su hábitat natural (Sarmiento, 2000).

Conservación ex situ.- Conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitat natural (Brack, 2000).

Conservación in situ.- Conservación de los ecosistemas y los hábitat naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y en el caso de las especies domesticadas y cultivadas en, los entornos en que se hayan desarrollado sus propiedades específicas (Brack, 2000).

Densidad poblacional.- propiedad de la población que se define como el número de individuos por unidad de área (Krebs, 1985).

Dinámica de poblaciones.- especialidad de la ecología que se ocupa del estudio de los cambios que sufren las poblaciones biológicas en cuanto a tamaño, dimensiones físicas de sus miembros, estructura de edad y sexo y otros parámetros que las definen, así como de los factores que causan esos cambios y los mecanismos por los que se producen (Krebs, 1985).

Ecoeficiencia.- Producir más con menos recursos y menos contaminación (Sarmiento, 2000).

Ecosistemas.- complejo dinámico de sus comunidades humanas vegetales animales y microorganismos y sus medios no viviente que interactúa como unidad funcional (Sarmiento, 2000).

Especie en peligro de extinción.- Sea vegetal o animal cuando se encuentra comprometida su existencia globalmente (Sarmiento, 2000).

Especie protegida.- Especie de la flora o fauna silvestre clasificada en alguna de las categorías de protección que establece la legislación o se encuentra protegida por tratados internacionales de los cuales el Perú es parte o miembro (Brack, 2000).

Especie vulnerable.- Especie que se asocia a condiciones específicas del hábitat cuyo rango de amplitud es muy restringido (Brack, 2000).

Fauna silvestre.- Especies animales no domesticables que viven libremente en hábitat natural desde invertebrados hasta mamíferos (Brack, 2000).

Mortalidad.- Es el indicador que señala el número de animales muertos de una población animal dada por diferentes causas (Mlacalza, 2002).

Peso vellón.- Peso del vellón entero tomadas del vellón sucio, según los registros de producción (Hoffman, 1983).

Peso vivo.- Es el peso que se toma del animal que incluye el contenido digestivo en un animal vivo (Hoffman, 1983).

Sistema de manejo en cautiverio.- Manejo de un stock parental de vicuñas en cercos de alambre separadas artificialmente de aquel que vive en forma silvestre fuera de su hábitat natural y en medios controlados (Hoffman, 1983).

Vicuña silvestre.- Herbívoro nativo silvestre más importante de América del sur (Hoffman, 1983).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Materiales y equipos.

- a. De campo: balanza digital, GPS, trípode, tijeras, mantas, bolsas, cámara fotográfica.
- b. De gabinete: Computadora, software computacional Stella ver 9,02, papel, material de escritorio.

3.2. Características del sistema de manejo en cercos.

Este sistema se utiliza en la Comunidad de Ancomarca y Aurincota, a una altitud de 4500 msnm, tiene un cerco con malla de alambre galvanizado de 14 hilos de 220 y 405 hectáreas respectivamente, que contiene una población de 188 y 136 vicuñas respectivamente, que se encuentran bajo el cuidado del Comité de Uso Sustentable de Camélidos Sudamericanos Silvestres (CUSCSS).

Fisiografía: La interpretación fisiográfica del área identifica dos tipos de paisaje: planicie glacial terraza baja con unidad fisiográfica de drenaje

muy pobre y el tipo de paisaje de tierra colinosa con materiales sedimentarios, unidad fisiográfica llanura aluvial de pie de monte.

- Límites:

N: CC. Ancomarca

S: CC. Ancomarca

E: CC. Ancomarca

O: CC. Ancomarca

- Alimentación: Variada y la composición florística está caracterizada por la presencia de especies arbustivas como la thola (*Parastrephia lepidophylla*), crespillo (*Calamagrostis vicunarium*), ichu (*Stipa ichu*), taya pilli (*Hipochaeris sp*) entre otros, existiendo agua de manantiales, pertenece a la cuenca del río Mauri.

Variables de respuesta

- Número de población total de vicuñas
- Número de individuos por grupo de edad
- Peso vellón según sexo y clase (gr/cabeza)

3.3. Desarrollo de Metodología por objetivos.

3.3.1. Análisis del crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes utilizando un modelo de estructura poblacional.

Se tomó la información de los registros de conteo de las poblaciones de vicuñas en los cercos permanentes en estudio (Ancomarca y Aurincota), se realizó de manera retrospectiva de los últimos cinco años (2007 al 2011), considerando para este objetivo la población de vicuñas hembras adultas, machos adultos, juveniles y crías, información que fue facilitada por los Comités de Uso Sustentable de Camélidos Sudamericanos Silvestres (CUSCSS) a través de la Dirección Regional Agraria de Puno.

El modelo gráfico fue el siguiente:

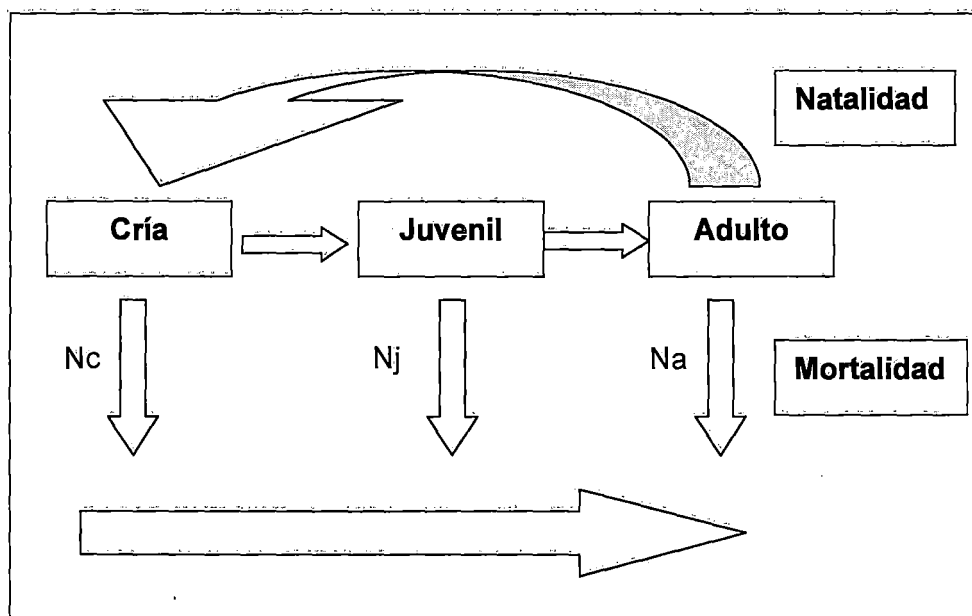


FIGURA 3. MODELO GRAFICO DE LA DINAMICA POBLACIONAL DE LA VICUÑA

Para ajustar el modelo de crecimiento por estructura de edad, en cercos permanentes, se hizo uso de las matrices de Leslie, formulando una matriz reproductiva y de sobrevivencia de los grupos etáreos, multiplicada por la matriz poblacional actual (año 2011), considerando que por las condiciones de cautiverio y el área del cerco, así como las

condiciones ambientales, el tipo de crecimiento será similar para los grupos etáreos en ambos cercos, lo cual se evaluará mediante la proyección en el tiempo (20 años), la composición de la matriz fue la siguiente (Krebs, 1985):

$$\begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} & a_n \\ b_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ 0 & 0 & \dots & b_{n-1} & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x_1(k-1) \\ x_2(k-1) \\ x_3(k-1) \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n(k-1) \end{pmatrix}$$

Donde la primera matriz contiene los valores reproductivos y de sobrevivencia por grupo etáreos en el cerco, y la segunda con la población actual de vicuñas, adicionalmente se calculó el eigenvalor (λ) como medida de la viabilidad de la población en el tiempo, bajo las condiciones de estructura de las poblaciones actuales.

Los factores que explican el tipo de crecimiento en el cerco fueron:

- Tasa de crecimiento poblacional, expresada por el numero de crías vivas por hembra adulta.
- Sobrevivencia, expresada como el porcentaje (0 a 1) del paso de una clase a otra de mayor edad.
- Estructura de la población, expresada como el número de individuos de clase (crías, juvenil y adulta).

Los cálculos numéricos computacionales de multiplicación de matrices y calculo del valor eigen, se realizaron utilizando el software Matlab ver.

6,5.

3.3.2. Evaluación de la producción de vellón de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes.

La recolección de datos se realizó en el chacko respectivo.

- **El chacko:** se inicia con la reunión de todos los miembros de la comunidad, dirigidos por sus autoridades, el presidente de la comunidad y el presidente del Comité de vicuñas, en una Asamblea se fija la fecha para la realización del chacko y se informa a la Oficina de Camélidos de la Dirección Regional Agraria para que otorgue la autorización correspondiente y disponga el envío de personal técnico para supervisar este evento.
- **Esquila:** Una vez seleccionada la vicuña, será transportada hasta el lugar de la esquila. La esquila manual solo requiere tijeras siendo su desventaja de cortar en forma des uniforme por lo cual se puede cortar fibra muy cortar y causar heridas al animal.
- **Pesado de fibra:** Una vez separado el vellón del cuerpo se procederá a su pesado en balanza digital de 0,1 gr de precisión, anotándose en el registro respectivo.
- El precio a la fecha de la fibra de vicuña es de 300 dólares por Kg de fibra sin descerदार y 600 dólares para fibra descerदारada.

El análisis estadístico se realizó bajo un modelo lineal considerando lugares, clases y sexo (Zea, 1995).

El modelo lineal fue:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} = Variable de respuesta (Peso vellón)

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor Lugar

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor Clase

γ_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor Sexo

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de i-ésimo nivel del factor Lugar, con el j-ésimo nivel del factor Clase

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor Lugar, con el k-ésimo nivel del factor Sexo

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel del factor Clase, con el k-ésimo nivel del factor Sexo.

ε_{ijkl} = Efecto del error experimental

El cálculo numérico se realizó haciendo uso del Sistema de Análisis Estadístico (SAS ver. 9,2), mediante su procedimiento de modelo lineal general (Proc GLM), los gráficos respectivos se realizaron mediante la hoja de cálculo EXCEL de Microsoft y lenguaje R.

3.3.3. Implementación de un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) para su manejo sostenible en cercos permanentes.

El modelo se generó utilizando el enfoque de sistemas, utilizando el método gráfico mediante los diagramas de Forrester (Aracil y Gordillo, 1997), implementando el modelo en el sistema de simulación STELLA ver 9,0,2.

El modelo básico denso dependiente fue el siguiente:

$$N_t = \frac{K}{1 + (B * e^{-r(t)})}$$

Donde:

N_t : Población en un tiempo dado

K: Capacidad de carga

B: Intercepto

t: Tiempo

r: Tasa de crecimiento

La máxima cosecha sostenible de vicuñas (MYS) fue estimada, luego del despeje de la ecuación sigmoide, por: $MYS = \frac{1}{2} (K)$, donde K es la capacidad de carga del cerco (Stevens, 2009).

Mediante el modelo denso dependiente, se estimó la capacidad de carga según la producción primaria neta de las pasturas en relación al área del cerco permanente, esto en función de la precipitación pluvial reportada para la zona en estudio.

Considerando estos aspectos, se utilizó una ecuación logística de crecimiento (sigmoide), la misma que incorporará la capacidad de carga del cerco (Krebs, 1985).

Donde el modelo indica que el crecimiento de una población cerrada, como es el caso de la vicuña en cercos permanentes, la población está básicamente determinada por la natalidad y la mortalidad, cuando la natalidad supera la mortalidad, existe crecimiento, el proceso inverso inicia el decrecimiento y probablemente la extinción de la población. El modelo incorporará el tipo de crecimiento denso dependiente, debido a que es el modelo adecuado en poblaciones cerradas (Gotelli, 2008).

El método de integración fue el de Euler, realizándose el análisis de sensibilidad respectivo para la validación del modelo. La metodología seguida para este objetivo fue:

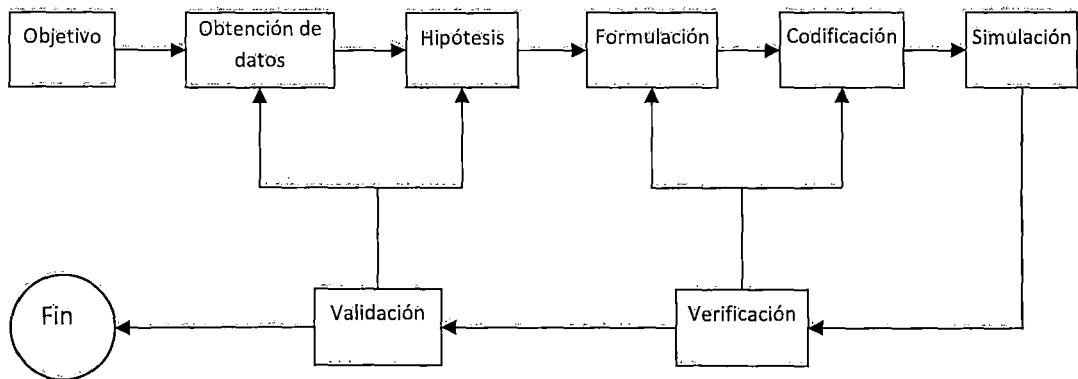


FIGURA 4. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

3.4. **Ámbito de estudio**

- Comunidad de Ancomarca en el distrito de Capazo Provincia de El Collao llave, ubicado entre las coordenadas UTM 424939N, 8110761E y 445114N, 8088191E cuya área aproximada es de 14.045 ha, frontera territorial de Perú y Bolivia a una altitud de 4500 msnm. Capazo tiene una población humana de 1830 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007).
- Comunidad de Aurincota en el distrito de Huacullani, provincia de Chucuito, a una altitud de 4300 msnm.

Aspectos climáticos.

La temperatura mínima es de -6,9 a 4 °C y una máxima de 15,5 °C con una temperatura media de 4,3 °C, en lo concerniente a humedad es de 35%, los meses más húmedos son diciembre a marzo, coincidiendo con la época de lluvias, una precipitación anual de 503,1 a 800 mm en época de lluvias (setiembre a abril), época seca (marzo a octubre) (PELT, 2009).

Ecología de la zona.

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978) en el mapa ecológico del Perú, el ámbito de estudio se encuentra comprendido en la zona de vida natural bosque húmedo–montano subtropical, con una biotemperatura anual, que puede variar de 9,4 a 7,5 °C, siendo mayor en los meses de verano, cuenta con un verano muy húmedo, con suelo saturado y alta escorrentía. En esta zona de vida se encuentran comunidades de gramíneas en asociaciones denominados subparamo (PELT, 2009).

Vegetación alto andina.

La vegetación es similar para Ancómarca. La flora del bofedal está constituido por: *Plantago tubulosa*, *Plantagolam prophylla*, *Eleocharis albibracteata*, *Ranunculus flagelliformis*, *Alchemilla diplophylla*, *Alchemilla erodifolia*, *Calamagrostis rigescens*, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Lilaeopsis andina*, *Ranunculus cimbaria*, *Hypochoeris sp.*; la flora de arenal-pajonal son: *Parastrephia lepidophylla*, *Festuca sp.*, *Margiricarpus strictus*, *Poa sp.*, *Azorella sp.*,

Stipa ichu y la flora de las laderas de cerro está conformado por: *Parastrephia sp.*, *Baccharis sp.*, *Margaricarpus pinnatus* y *Opuntia sp* (PELT, 2009).

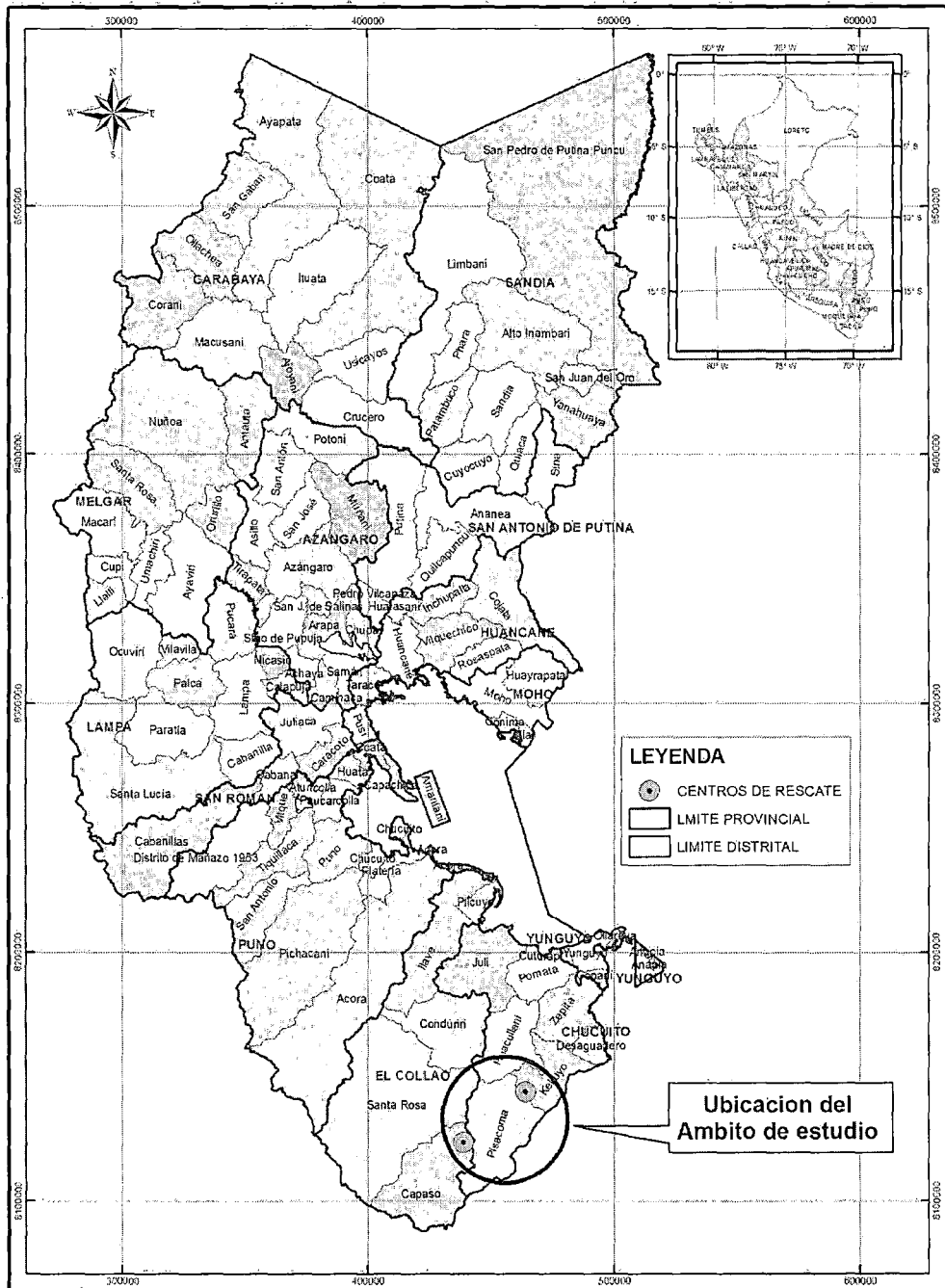


FIGURA 5. MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes utilizando un modelo de estructura poblacional.

La estructura de las poblaciones de vicuñas en los dos cercos permanentes en estudio (Ancomarca y Aurincota), se resume en el siguiente cuadro y figura de la pirámide poblacional actual.

CUADRO 4. POBLACIÓN PROMEDIO Y PORCENTUAL SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE, SEXO Y GRUPOS ETÁREOS DE VICUÑAS, PUNO 2012

Sexo		Machos			Hembras		
Lugar/clase		Adulto	Juvenil	Cría	Adulto	Juvenil	Cría
Ancomarca	Promedio	37	18,5	19,5	71,5	28,25	20
	Porcentaje	49,33	24,67	26	59,71	23,59	16,70
Aurincota	Promedio	32	7,2	12,6	59,2	8,6	11,4
	Porcentaje	61,78	13,90	24,32	74,75	10,86	14,39

Fuente: Oficina de camélidos sudamericanos DRA-Puno (2007-2011).

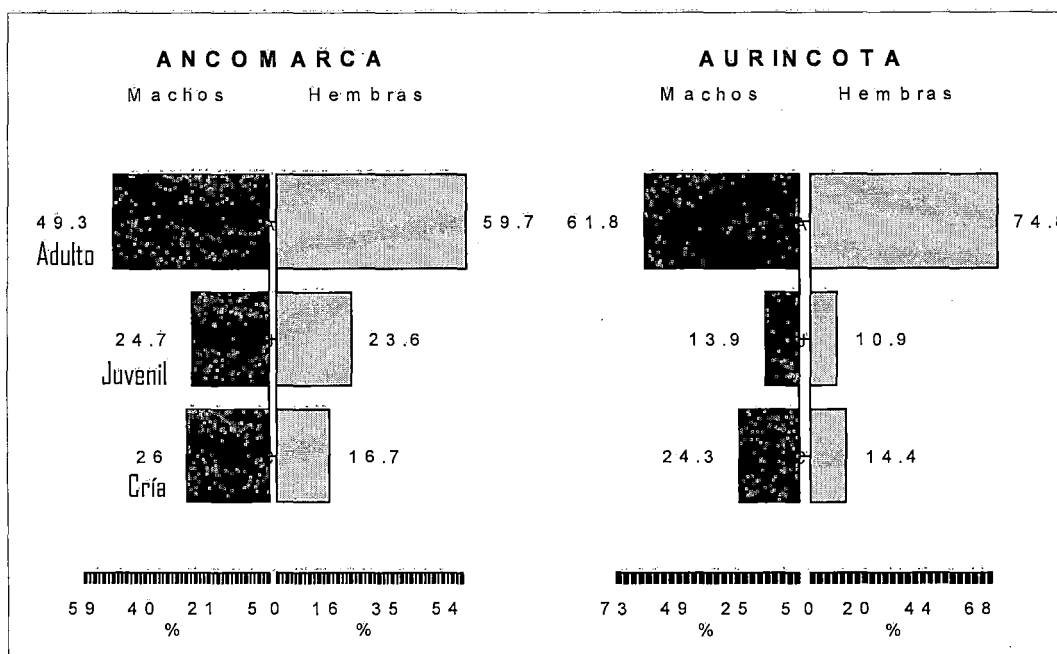


FIGURA 6. PIRÁMIDE POBLACIONAL PORCENTUAL ACTUAL SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE, SEXO Y GRUPOS ETÁREOS DE VICUÑAS, PUNO 2012

En el Cuadro 4 y Figura 6, en el cerco de Ancomarca, se cuenta con un total de 188 vicuñas, el mayor porcentaje de la población corresponde a la clase de adultos con un 49,3% para machos y un 59,7% para hembras, en juveniles el 24,7% son machos y el 23,6% hembras, en crías el 26% son machos y el 16,7% hembras.

Para el cerco de Aurincota que cuenta en total con 136 vicuñas, de similar forma está formada en mayor porcentaje por la clase adulta con 61,8% de machos y 74,8% hembras, en la clase juvenil el 13,9% son machos y el 10,9% hembras, en la clase de crías el 24,3% son machos y el 14,4% hembras.

Comparando los porcentajes de machos en ambos cercos, se encontró diferencia estadística significativa entre cercos ($P < 0,05$), debido a que en

el cerco de Aurincota es mayor el porcentaje de machos comparado con Ancomaraca, sin embargo en la clase juvenil el mayor porcentaje de machos lo presenta el cerco de Ancomarca, mientras que los porcentajes de crías machos son similares en ambos cercos (Anexo 1).

Para los porcentajes de hembras también se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0,05$), siendo mayor el porcentaje de hembras adultas en Aurincota, en la clase juvenil se observa un mayor porcentaje de hembras juveniles en Ancomarca, mientras que para crías hembras son similares los porcentajes en ambos cercos (Anexo 1).

Evaluando el sex ratio de ambos cercos se tiene que en Ancomarca el 67,55% son hembras y el 32,45% machos, el análisis estadístico considerando un sex ratio de 50% como valor esperado, encontró diferencia estadística significativa ($P < 0,05$), indicando un mayor porcentaje de hembras que lo esperado. De similar forma en el cerco de Aurincota el 66,18% son hembras y sólo el 33,82% machos, encontrándose diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) a favor de las hembras (Anexo 1).

En condiciones de silvestría se hace difícil determinar el sex ratio debido a la amplitud de los hábitats de la vicuña, sobre todo en las primeras edades (crías y juveniles), reportándose un mayor porcentaje de machos para poblaciones de vicuñas en Argentina (Arzamendia y Vila, 2006), sin embargo estudios en zonas con manejo en semicautiverio en la región Puno, se reporta un sex ratio cercano al 0,5 que es lo normal en poblaciones de herbívoros (Valcarcel, 1998). No existen razones para que

las poblaciones de vicuñas en los cercos se alejen del sex ratio de 0.5 con proporciones similares de machos y hembras al igual que las poblaciones silvestres. De los resultados se pone en evidencia que la población de vicuñas de los cercos, está siendo modificada por el hombre respecto a su estructura poblacional natural, buscando un mayor número de hembras adultas.

Para realizar el análisis y proyección de la estructura poblacional de la vicuña en los dos cercos en estudio, se determinó inicialmente los parámetros de ambas poblaciones.

CUADRO 5. PARÁMETROS POBLACIONALES SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE EN HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012

Parámetros	Ancomarca	Aurincota
Natalidad	0,201	0,204
Sobrevivencia cría a juvenil	0,3	0,3
Sobrevivencia adulto	0,96	0,98
Valor eigen	-0,0063726	-0,0062138

Fuente: Oficina de camélidos sudamericanos DRA-Puno (2007-2011).

En el Cuadro 5, la baja natalidad en ambos cercos es de 0,201 crías/hembra para el cerco de Ancomarca y de 0,204 crías/hembra para Aurincota, comparativamente para poblaciones de vicuñas en zonas reservadas se reporta un promedio de 0,6 crías/hembra (Arzamendia y Vilá, 2006), por lo que considerando el largo periodo de gestación de la vicuña (una sola gestación por año), esta tasa de crecimiento baja pondría en riesgo, a largo plazo, la viabilidad de la población de vicuñas en ambos cercos.

La sobrevivencia de los individuos que pasan de la clase de crías a juvenil fue estimada en un 30% (0,3) en ambos cercos, siendo este porcentaje de sobrevivencia también bajo, sin embargo la sobrevivencia de los adultos es de un 96% para Ancomarca y de 98% para Aurincota, considerada alta, lo que se atribuye a la protección que brinda el cerco de predadores naturales.

En la siguiente figura se muestra el diagrama del ciclo de vida formulado para las poblaciones de ambos cercos, el cual permitió el análisis matricial mediante un modelo de estructura poblacional.

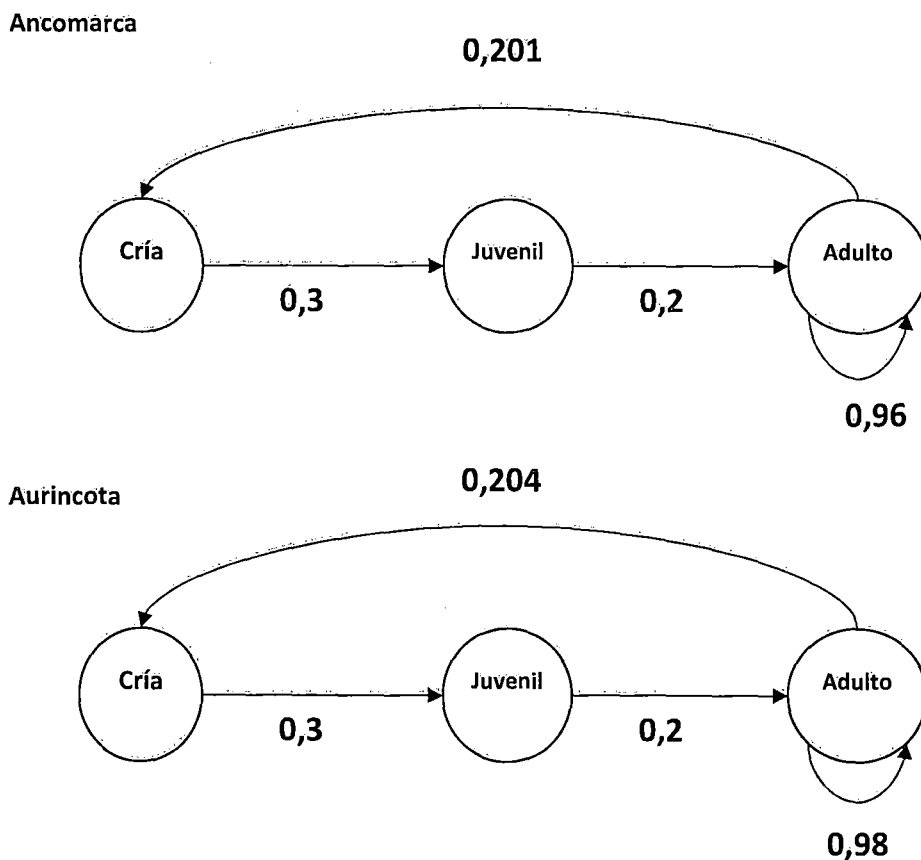


FIGURA 7. DIAGRAMA DEL CICLO DE VIDA DE LA VICUÑA EN DOS CERCOS SEGÚN GRUPOS ETÁREOS, PUNO 2012

El análisis del modelo de la dinámica poblacional según estructura poblacional de la vicuña, requiere su disposición en una matriz de natalidad y sobrevivencia, siguiendo la metodología de Leslie (Krebs, 1985; Gotelli, 2008), se construyó dichas matrices para ambos cercos mediante el diagrama formulado (Figura 7), el vector poblacional se generó a partir de la población existente según los reportes para el año 2011 para ambos cercos. Ambas matrices se realizan con la fracción hembra de la población en estudio, según la metodología señalada para este tipo de análisis (Stevens, 2009).

Las matrices quedaron dispuestas de la siguiente forma:

Para el cerco de Ancomarca:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0,201 \\ 0,3 & 0 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,96 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 19 \\ 30 \\ 78 \end{pmatrix}$$

Para el cerco de Aurincota:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0,204 \\ 0,3 & 0 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,98 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 12 \\ 21 \\ 90 \end{pmatrix}$$

La multiplicación de matrices para los veinte años de proyección de la estructura poblacional de la vicuña en los dos cercos, así como el cálculo del valor eigen (tasa finita de crecimiento), se realizó mediante la utilización del software computacional Matrix Laboratory (Matlab ver. 6,5), los resultados fueron los siguientes.

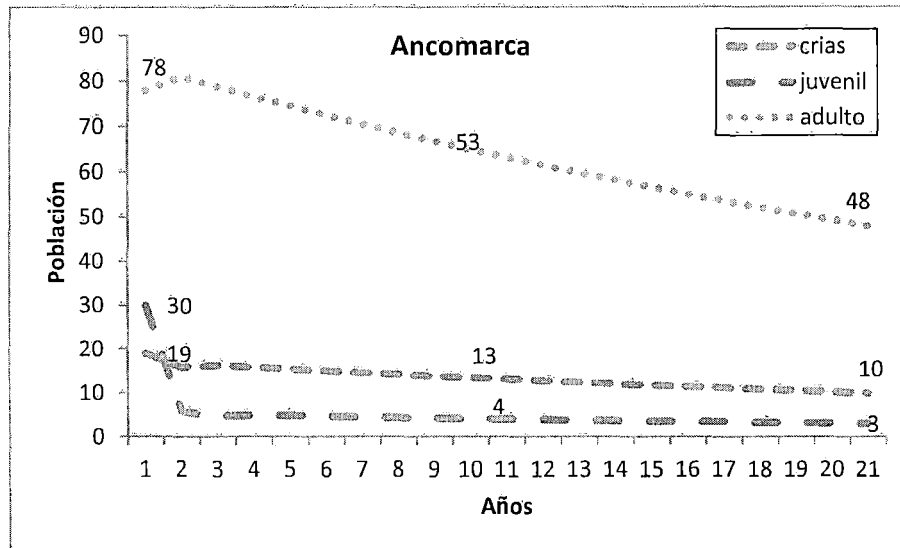


FIGURA 8. DINÁMICA POBLACIONAL EN EL CÉRICO ANCOMARCA SEGÚN GRUPOS ETÁREOS PARA HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012

En la Figura 8, en el cerco de Ancomarca la clase adulta inició con 78 individuos, a los diez años de proyección se cuenta con 53 individuos y a los 20 años con 48 individuos, es decir una disminución de 25 individuos para esta clase. En la clase juvenil se inicio con 30 individuos, a los diez años se proyecta con solo 4 y a los veinte años 3 individuos, con una reducción de 27 individuos. En crías se inicio con 19 individuos, a los diez años se tiene 13 y a los veinte años 10 individuos, con una disminución de 9 individuos.

Las matrices de Leslie, además de permitir la proyección temporal de la población de vicuñas en el cerco, evalúa la viabilidad de dicha poblacional bajo los parámetros de natalidad, sobrevivencia y estructura observados en la actualidad, mediante el calculo del eigenvalor que para el cerco de Ancomarca es de -0.0063726 , este valor se interpreta como la tasa de crecimiento finita de la población, el signo negativo indica que esta población esta en riesgo de perder su viabilidad (Coonam et al, 2010;

Stevens, 2009), es decir la población de vicuñas estaría en riesgo de extinguirse, si bien aun el valor eigen es relativamente bajo, por lo que este proceso de extinción sería a un mediano a largo plazo de no contar con alguna acción de manejo correctiva.

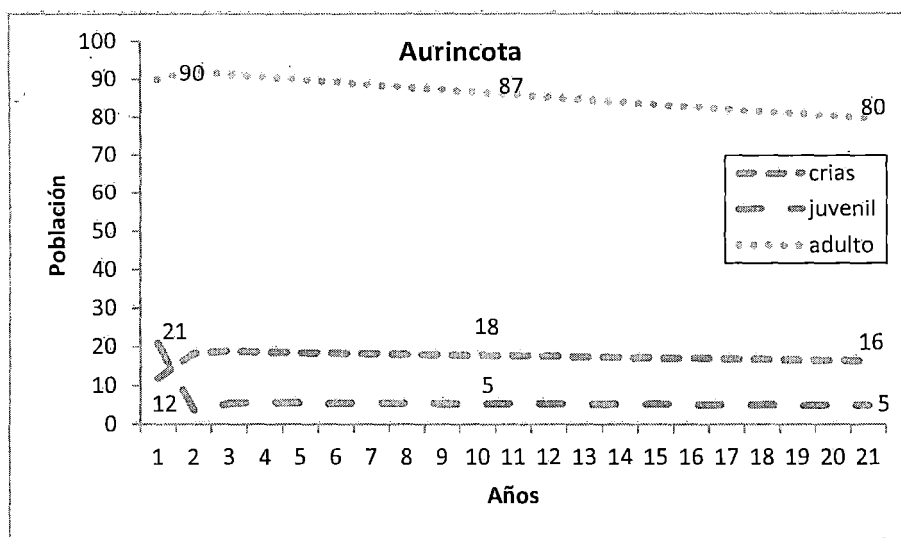


FIGURA 9. DINÁMICA POBLACIONAL EN EL CERCO AURINCOTA SEGÚN GRUPOS ETÁREOS PARA HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012

En la Figura 9, en el cerco de Aurincota, la clase adulta inició con 90 individuos, a los diez años de proyección se cuenta con 87 individuos y a los 20 años con 80 individuos, es decir existe una disminución de 10 individuos para esta clase. En la clase juvenil se inicio con 21 individuos, a los diez años se proyecta con solo 5 y a los veinte años 5 individuos, con una reducción de 16 individuos. En crías se inicio con 12 individuos, a los diez años se tiene 18 y a los veinte años 16 individuos, para esta clase se presenta un ligero incremento de 4 individuos.

De similar forma en el cerco de Aurincota, el modelo de análisis estructural de la población de vicuñas presenta un valor eigen negativo de

-0.0062138, indicando un riesgo de extinción a largo plazo de la población de vicuñas.

Para mostrar la estructura de la población proyectada a veinte años en ambos cercos, se construyó la pirámide poblacional respectiva.

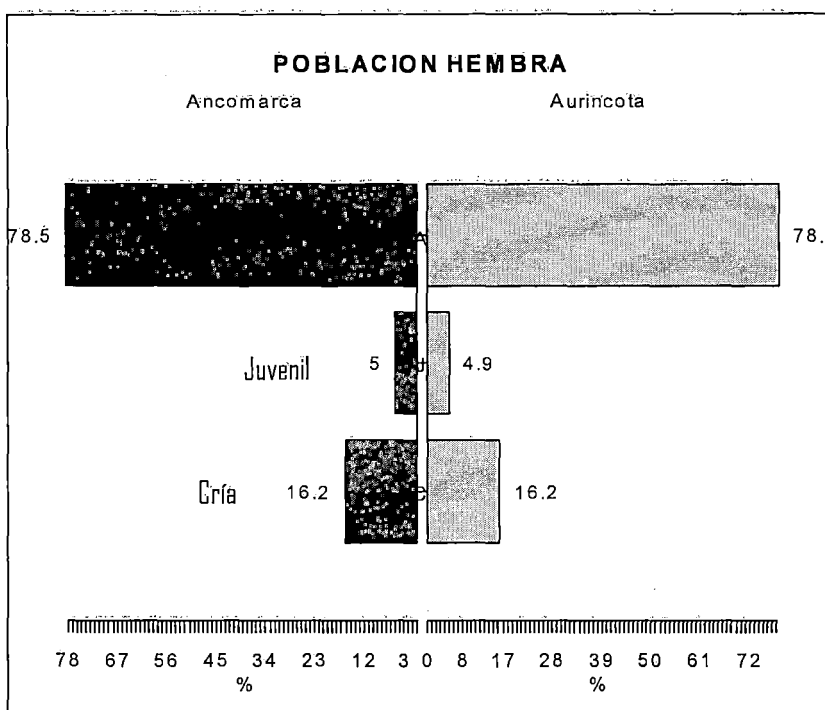


FIGURA 10. PIRÁMIDE POBLACIONAL PORCENTUAL PROYECTADA A 20 AÑOS SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE, GRUPOS ETÁREOS EN HEMBRAS DE VICUÑAS, PUNO 2012

En la Figura 10, luego de veinte años de proyección bajo el modelo de estructura poblacional, en el cerco de Ancomarca el 78,5% estaría formada por adultos, solo el 5% por juveniles y el 16,2% por crías. Para el cerco de Aurincota el 78,8% correspondería a adultos, el 4,9% a juveniles y el 16,2% a crías.

Si bien la estructura poblacional de la vicuña en condiciones naturales es dominada por la clase adulta, atribuible a su baja natalidad (Lichtenstein, 2010), en los cercos esta proporción de adultos es aún mayor a la observada en poblaciones silvestres (Muñoz, 2005), lo que está llevado a un envejecimiento de las poblaciones y poniendo en riesgo la viabilidad de las mismas, debido a la inversión de la pirámide poblacional (Figura 10) que es estrecha en la base y amplia en la cúspide, típica distribución de una población envejecida (Gotelli, 2008; Krebs, 1985), que sumado a la baja natalidad observada en los cercos, que es casi la tercera parte de lo reportado en poblaciones silvestres (Arzamendia y Vilá, 2006), pone en riesgo la viabilidad de las poblaciones de vicuñas en los cercos.

Sin embargo, es posible mediante un manejo adecuado y técnico de las poblaciones de los cercos, mantener la población en estabilidad y viabilidad, lo cual se puede conseguir mejorando los parámetros poblacionales actuales de las poblaciones en los cercos, básicamente del porcentaje de sobrevivencia de las clases iniciales (crías y juveniles) y el incremento de la natalidad, lo que se conseguiría mediante la ampliación de los cercos, mejoramiento de las pasturas naturales o la cosecha sostenible de parte de la población actual (Bonacic, 2000).

A continuación se muestra el efecto del incremento del porcentaje de sobrevivencia a 50 y 80% de crías y juveniles, manteniendo el resto de parámetros poblacionales iniciales en ambos cercos, así como el efecto del incremento de la natalidad de 0,4 y 0,6 respectivamente, esto bajo el modelo del análisis de estructura poblacional.

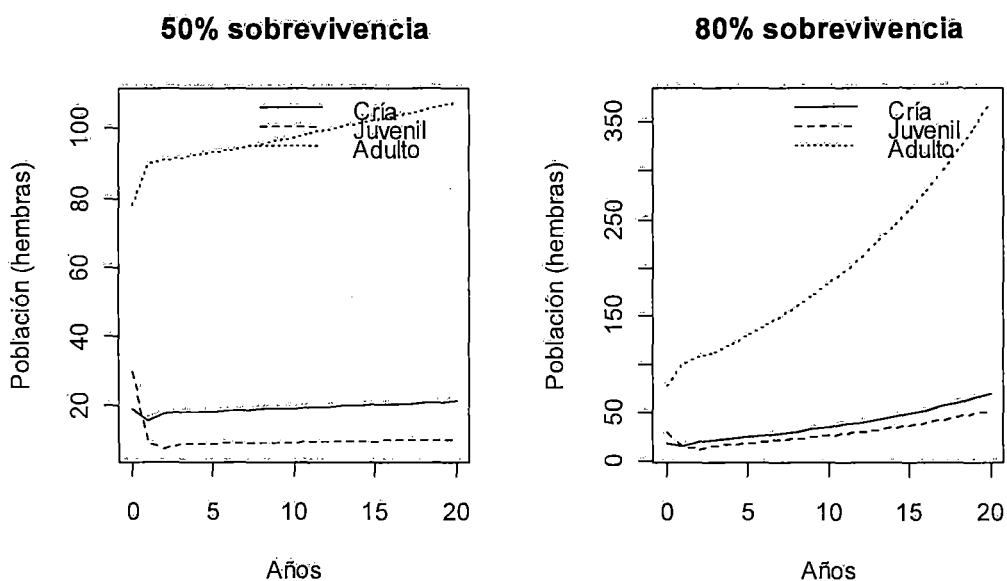


FIGURA 11. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE ANCOMARCA

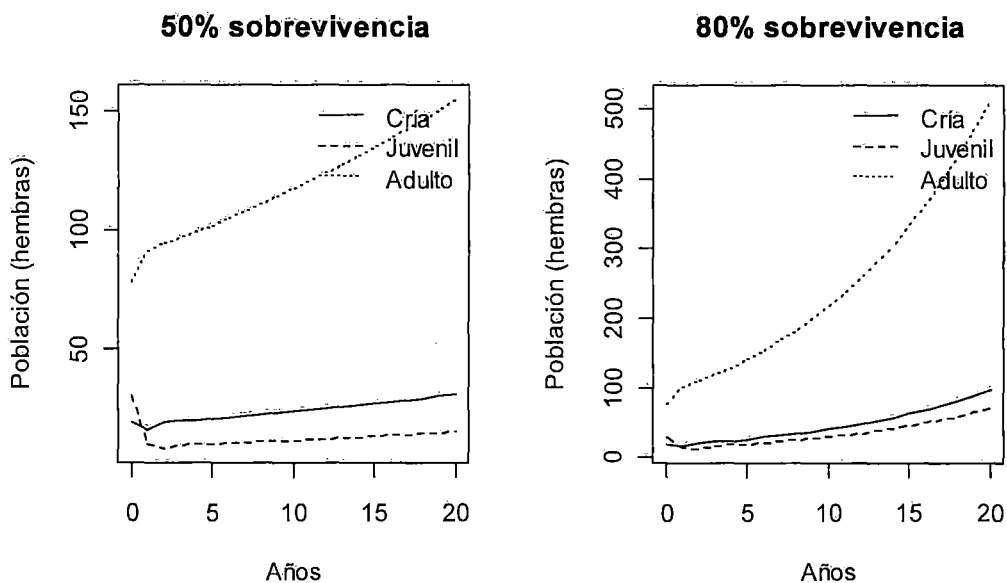


FIGURA 12. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE AURINCOTA

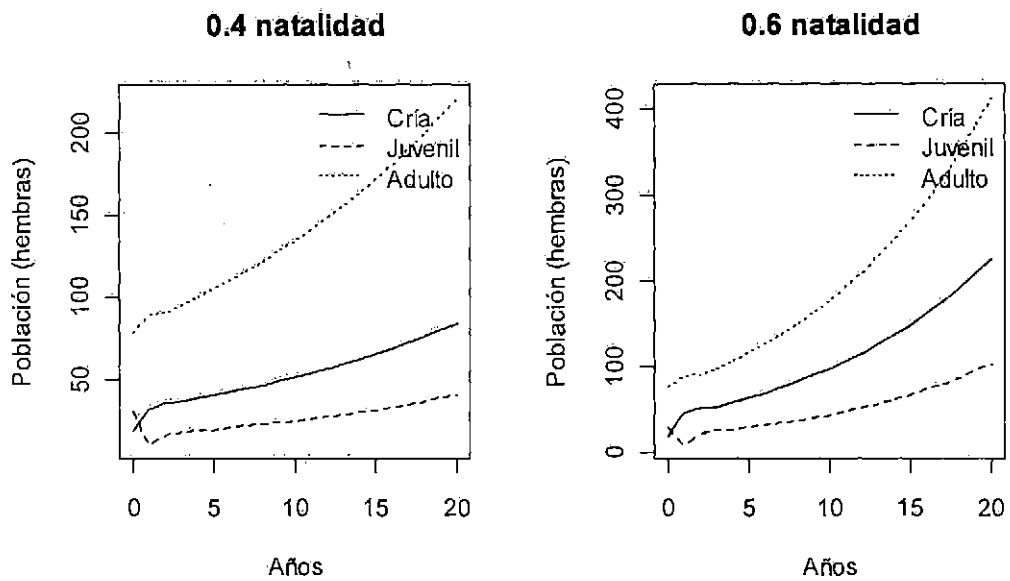


FIGURA 13. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE NATALIDAD, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE ANCOMARCA

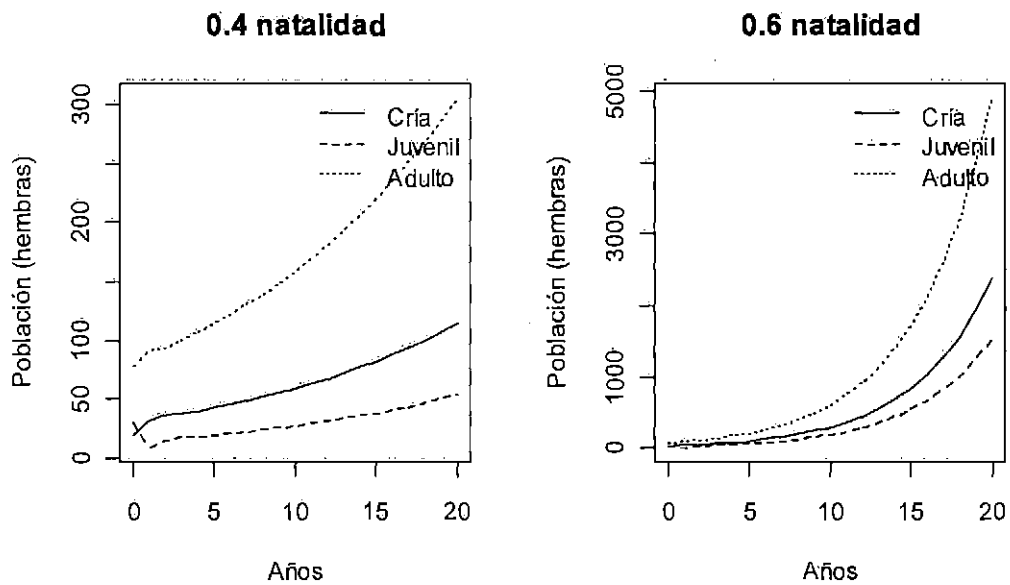


FIGURA 14. SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL PARA EL PORCENTAJE DE NATALIDAD, SEGÚN ESTRUCTURA POBLACIONAL DE LA VICUÑA PARA EL CERCO DE AURINCOTA

En las Figuras 11 y 12, la simulación del efecto del incremento del porcentaje de sobrevivencia de la vicuña de las clases crías y juveniles (50 y 80%) en ambos cercos, es notorio que el cambio de este parámetro repercute positivamente en la viabilidad de las poblaciones, provocando un crecimiento de las mismas en las tres clases de la estructura poblacional, siendo mayor el efecto para la sobrevivencia de 80%.

En las Figuras 13 y 14, la simulación del efecto del incremento de la tasa de natalidad de la vicuña (0,4 y 0,6), la misma que se manifiesta en un crecimiento exponencial de la población, el mismo que es típico de una población joven, atribuible al incremento de la natalidad que ensancha la base de la pirámide poblacional por el incremento de crías.

De los resultados del análisis de la dinámica poblacional en los cercos, considerando la estructura de la misma, se pone en evidencia que frente a situaciones de alta densidad o sobreabundancia animal en ambientes con oferta escasa de recursos alimentarios, como es el caso de los dos cercos en estudio, las poblaciones de vicuñas tienden a autorregularse, pero a un costo elevado, manifestado en el deterioro genético y/o ambiental (Renandeu y Lichtenstein, 2009).

Al respecto, las poblaciones de vicuñas desarrollan diferentes mecanismos para contrarrestar situaciones de altas densidades, tales como modificación en los tamaños de los grupos sociales, dispersión hacia otras áreas y/o menor producción de crías, Hofmann et al (1983)

han señalado que los años de baja precipitación pluvial y escasez de recursos alimentarios (pasturas), provoca en las vicuñas reducciones en la relación cría/hembra como consecuencia de la reabsorción de embriones, interferencia en la ovulación, abortos y menor vigor en las crías, implicando esto un costo (o despilfarro) energético elevado, este aspecto ha sido observado en el presente estudio expresado en las bajas tasas de natalidad observadas en ambos cercos.

Estas situaciones de alta densidad podrían desembocar también en daños ambientales, en los casos donde existe dificultad para la expansión de los cercos, debido al deterioro de las pasturas naturales por sobrepastoreo continuo, dando como resultado la pérdida de especies vegetales palatables y nutritivas y el dominio de especies con bajo valor nutritivo y baja palatabilidad para la vicuña (Castellaro, 2005).

Para especies del tamaño de la vicuña no existen hechos probados que permitan afirmar un deterioro ambiental como consecuencia del aumento de las densidades. La realidad indica que la saca de animales resulta una respuesta adecuada de manejo bajo las circunstancias mencionadas. No obstante, la saca debe ser planteada para un cierto umbral poblacional dentro de un marco de política planificada, previniendo y adelantándose a posibles situaciones de emergencia ecológica y de conflictos sociales. En la vicuña la saca de animales se puede considerar perfectamente como un sistema productivo viable para una localidad determinada y a cierto umbral poblacional. Esto permitiría alcanzar dos objetivos compatibles con la conservación: mantener poblaciones saludables (reduciendo los

costos energéticos y de tiempo) y a la vez brindar incentivos económicos (ganancias monetarias) a las comunidades campesinas que conviven con la especie (Lichtenstein, 2010).

La implementación de cercos permanentes se podrían modificar, haciéndolos semicerrados para manejar vicuñas pero con mayor extensión (alrededor de unas 1000 hectáreas) en el mismo hábitat de la especie que puede albergar un promedio de 200 ó 250 animales, según la capacidad de carga de los pastos. Por tanto estamos hablando de semicautividad con un cercado que no es permanente ni absoluto, ya que el cerco dejaría algunas entradas estratégicas para el flujo natural de los grupos de vicuñas desde y hacia el cerco y sólo se cierra totalmente previa y durante la temporada de captura y esquila u otra acción de manejo. Las ventajas de este sistema radica en que facilita enormemente el manejo productivo haciendo mas eficientes rápidos y seguros los operativos de captura y esquila, permiten la vigilancia mas directa de un mayor número de vicuñas con menores recursos humanos, reduciéndose significativamente los costos de obtención de fibra y de protección de los hatos en general.

El modelo del manejo en cautiverio actual, obviamente no se puede negar que es factible para las comunidades campesinas, pero existen aun serias dudas respecto a la eficiencia reproductiva de la vicuña en cautiverio, como hemos observado en la disminución de la natalidad y envejecimiento de la población, lo que pone en riesgo la viabilidad en el

tiempo de estas poblaciones de vicuñas, también debe considerarse la viabilidad económica para las comunidades con los comités de uso sostenible.

Desde el punto de vista del bienestar animal, el mantenimiento de un animal silvestre como la vicuña en cautiverio, constituye una práctica que indudablemente puede afectar en forma aguda y crónica el bienestar de los individuos. La vicuña en estado silvestre tiene hábitos conductuales, patrones de uso de hábitat, territorialidad y mecanismos de defensa frente a predadores y competidores que se pueden ver afectados por el confinamiento continuo (Vilá, 2002). Las razones de índole económico que se argumentan para manejar vicuñas en cautiverio no son del todo reales y son discutibles (Lichtenstein, 2010). Las razones de conservación son cuestionables ya que se pretende argumentar que con la cría en cautiverio se puede conservar una especie amenazada y además se puede utilizar su vellón. Las razones de crianza ex situ que tradicionalmente justifican esta acción (Bonacic, 2000), no parecen estar presentes en algunos casos, ya que los animales son mantenidos en cercos en lugares donde existen poblaciones de vicuñas en estado silvestre y la conservación de la especie en su hábitat natural parece asegurada cuando son poblaciones grandes.

Todo esto lleva a la conclusión que no es éticamente aceptable someter a los animales al cautiverio si es que existen formas de uso en estado silvestre. No obstante estas últimas (captura y liberación post-esquila)

pueden causar un sufrimiento animal agudo, dicho fenómeno parece ser sustancialmente menor al que se produce en animales silvestre mantenidos en cautiverio. Estudios de la respuesta al cautiverio en Chile muestran que los animales presentan alteraciones en sus niveles de cortisol y cambios en su hemograma hasta por 12 días consecutivos (Bonacic, 2010). Además se han reportado altos niveles de mortalidad de vicuñas y sus crías por predación dentro de los cautiverios así como la aparición de enfermedades (Bonacic y Macdonald, 2003), sometiendo así a los animales a un sufrimiento que no se justifica bajo criterios económicos o de conservación.

4.2. Evaluación de la producción de vellón de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cercos permanentes.

La evaluación de la producción de vellón, se analizó considerando inicialmente el lugar del cerco permanente (Ancomarca y Aurincota) y los años de esquila (2007 al 2011), posteriormente se analiza el efecto del sexo y clase de las vicuñas.

CUADRO 6. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE Y AÑO DE ESQUILA, PUNO 2012

Lugar	ANCOMARCA				AURINCOTA					
	Años	2007	2008	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
N		140	117	88	77	76	48	51	42	47
Máximo		272	267	280	250	268	247	270	252	266
Mínimo		90	111	110	102	108	105	112	126	108
Media		174,06	174,88	173,73	169,27	175,49	169,85	173,29	186,1	169,3
D.E		36,1	34,92	36,07	32,47	38,58	36,53	39,92	30,16	38,42
CV%		20,74	19,97	20,76	19,18	21,98	21,51	23,04	16,21	22,70

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 6, para el cerco de Ancomarca la producción promedio de vellón fue de 173,34 gr y para Aurincota 174,62 gr, valores muy similares considerando el mayor número de animales esquilados en Ancomarca, así como el mayor área del cerco de Aurincota con 405 has comparada con Ancomarca con sólo 220 has.

Para los cinco años de estudio (2007 al 2011), los valores promedio de peso vellón fueron de 174,5, 173,4, 173,3, 177,3 y 169,2 gr respectivamente, con valores muy similares, excepto para el año 2011 con una ligera menor producción de vellón, tanto los valores mínimos y máximos son similares en el periodo de estudio con coeficientes de variación alrededor del 20%.

El análisis de varianza (Cuadro 06) para el peso vellón no encontró diferencia estadística entre los lugares de estudio (cercos) , ni tampoco para los cinco años analizados ($P > 0,05$) que va del 2007 al 2011, por lo

que se puede considerar que el efecto del factor ambiente es similar en ambos cercos, lo que era de esperar por la cercanía de ambos en la zona de frontera sur de la región Puno, con similar clima, tipo de suelo, precipitación pluvial así como de las pasturas naturales presentes en ambos cercos.

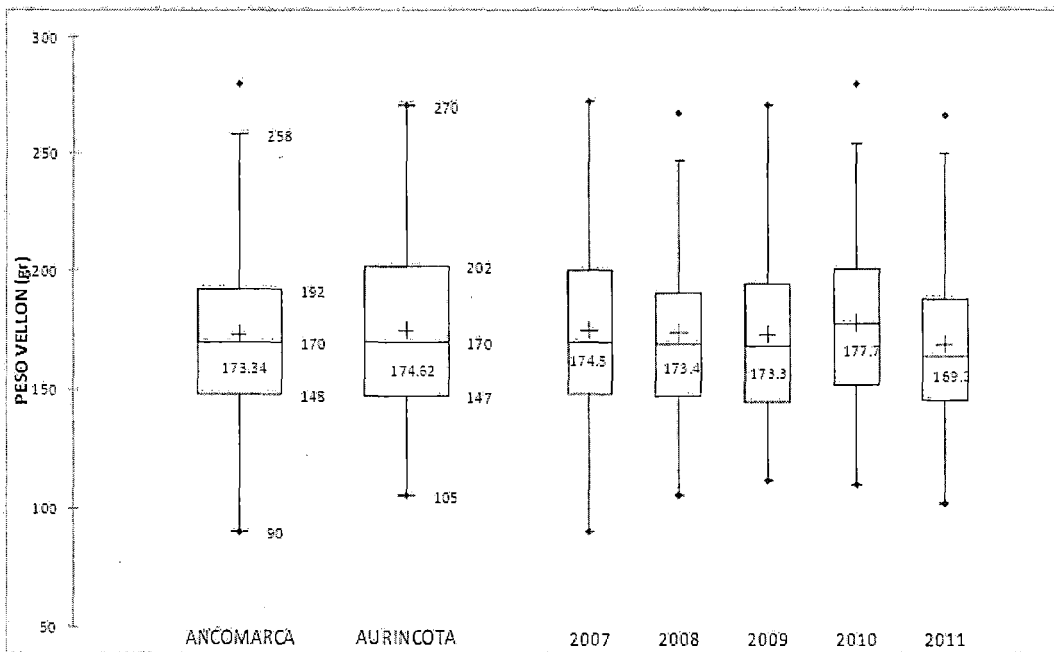


FIGURA 15. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) SEGÚN LUGAR DEL CERCO PERMANENTE Y AÑO DE ESQUILA, PUNO 2012

CUADRO 7. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012

Sexo	HEMBRAS		MACHOS	
	JUVENIL	ADULTO	JUVENIL	ADULTO
N	146	251	142	147
Máximo	272	270	216	280
Mínimo	102	118	90	126
Media	153,79	183,71	154,57	195,50
D.E	27,35	34,14	25,08	36,24
CV%	17,78	18,59	16,23	18,54

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 07, para hembras juveniles el peso vellón en promedio es 153,79 gr y adulto 183,71 gr, en machos juveniles 154,57 gr y adultos 195,5 gr. La mayor desviación estándar la presentan los machos adultos con 36,24 gr y la menor desviación los machos juveniles con 25,08 gr.

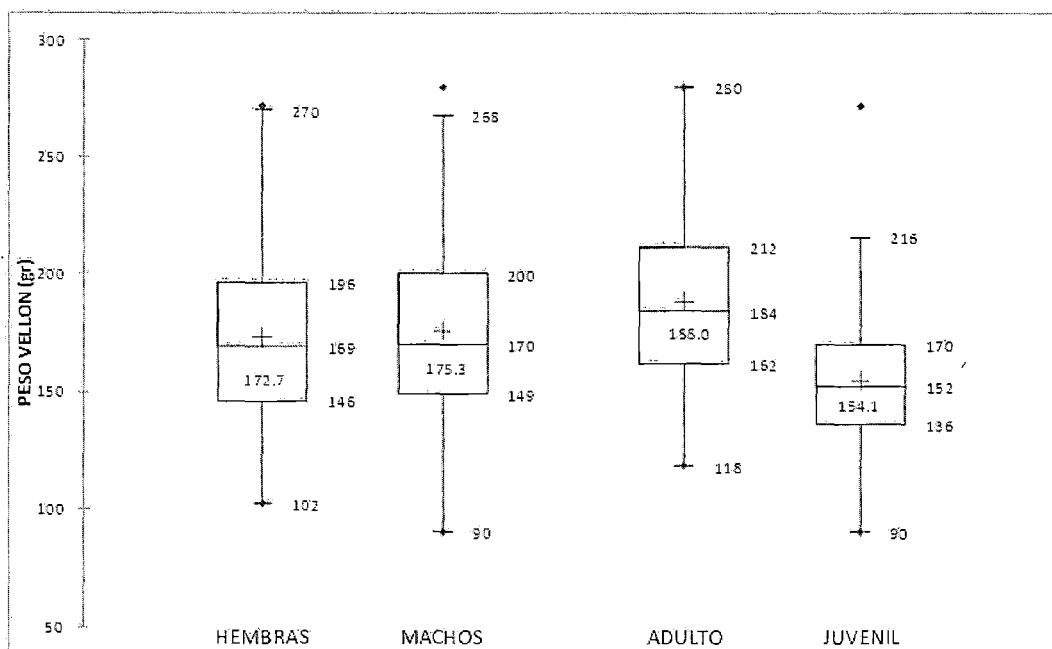


FIGURA 16. PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012

En la Figura 16, en general el peso vellón según sexo es de 172,7 gr para hembras y 175,3 para machos, según la edad de las vicuñas, para los adultos es de 188 gr y juveniles con 154,1 gr. Se aprecia una ligera mayor producción de vellón en machos (2,6 gr) que las hembras, el adulto de la vicuña produce en promedio 33,9 gr más que la clase juvenil.

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN LUGAR, AÑO, SEXO Y EDAD, PUNO 2012

Fuente	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
LUGAR	1	0,09001792	0,00376535	0,12	0,7318
AÑO	4	0,10217425	0,04213865	1,32	0,2625
LUGAR*AÑO	3	0,12574722	0,06601546	2,06	0,1040
SEXO	1	0,13523154	0,03521414	1,10	0,2947
EDAD	1	6,73522290	6,58978862	205,79	<,0001
SEXO*EDAD	1	0,15034330	0,15034330	4,70	0,0306
Error	674	21,58245888	0,03202145		
Total corregido	685	28,72817127			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FIBRA Media
0,248735	3,483363	0,178945	173,8367

En el Cuadro 08, el análisis de varianza para el peso vellón, encontró diferencia estadística significativa para el sexo y la edad de la vicuña ($P < 0,05$), sin embargo también resultó significativa la interacción de primer orden de dichos factores, por lo que se centró el análisis en los efectos simples de dicha interacción, cuyos resultados se muestran a continuación.

CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTOS SIMPLES PARA PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012

Fuente	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Sexo en Adulto	1	0,35912430	0,35912430	10,33	0,0003
Sexo en Juvenil	1	0,00315715	0,00315715	0,11	0,8346
Edad en Hembra	1	2,84491033	2,84491033	86,44	<,0001
Edad en Machos	1	3,85997169	3,85997169	123,18	<,0001
Error	674	21,58245888	0,03202145		

En el Cuadro 09, el análisis de varianza de efectos simples indica que manteniendo fijo el factor sexo se encuentra diferencia significativa para la clase adulto ($P < 0,05$), sin embargo para la clase juvenil resulta no significativa ($P > 0,05$), esto indica que en la clase juvenil de la vicuña la producción de vellón es similar en ambos sexos, atribuible al estado inicial de desarrollo, donde los caracteres propios de cada sexo aún no se manifiestan en la producción de vellón. Al mantener fijo el factor edad si se encuentra diferencia estadística significativa tanto en hembras como machos ($P < 0,05$), lo que corrobora lo indicado que es en el estado de madurez sexual de la vicuña donde se manifiesta la diferencia de producción de vellón a favor de los machos.

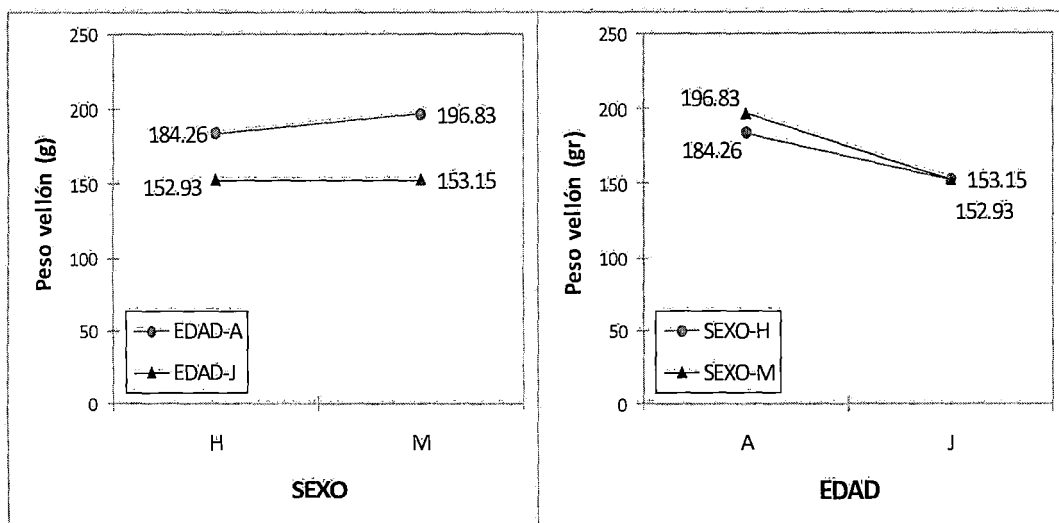


FIGURA 17. EFECTOS SIMPLES DE PESO VELLÓN DE VICUÑAS (gr) EN CERCOS PERMANENTES SEGÚN SEXO Y EDAD, PUNO 2012

En la Figura 17, la forma de interacción de la edad con el sexo de la vicuña respecto a la producción de vellón, nótese que en la clase juvenil presentan la misma producción promedio en ambos sexos, pero al pasar a la clase adulta se manifiesta una interacción del tipo positiva, es decir se produce el incremento de peso vellón en ambos sexos, pero la magnitud del incremento del peso vellón es superior para el sexo macho.

Un estudio en la región Puno en Cala Cala indica un mayor peso de vellón para vicuñas hembras (Bravo, 1977). Sin embargo, en vicuñas de la SAIS Picotani en la provincia de Azángaro se muestra un similar peso de vellón de 178,3 gr para machos y 184,4 gr para hembras, encontrándose diferencia estadística significativa entre la edad de los animales con 176,98 gr en juveniles y 190,7 gr en adultos (Deza, 1988), nuestros resultados concuerdan con dichos estudios respecto al mayor peso vellón observado en la clase adulta comparada con la clase juvenil, pero se

evidencia una disminución del peso vellón en hembras en nuestro análisis comparado con los reportes anteriores.

En términos generales el mayor peso de vellón lo presentan los individuos adultos de la vicuña, estos resultados han sido observados en diferentes estudios, atribuibles básicamente al aspecto fisiológico de la clase juvenil, donde el crecimiento corporal es la principal característica de la misma, mientras que la clase adulta al haber concluido su crecimiento, la producción de vellón pasa a ser su principal característica productiva (Lichtenstein, 2010).

El comportamiento de la vicuña en las dos principales épocas del año (lluviosa y seca) son marcadamente diferentes, en estado silvestre en época lluviosa las vicuñas utilizan las estepas debido a la humedad y formación de pequeñas lagunas estacionales que las proveen de agua, pues a diferencia del guanaco la vicuña requiere agua para beber, en época seca la vicuña busca los bofedales para conseguir alimento y sobre todo beber agua, sin embargo en cautiverio en los cercos, este comportamiento se modifica, restringiendo su movilidad y por ende su bienestar nutricional, lo que repercute también en su capacidad productiva de vellón (Benitez et al, 2006). Este efecto ha sido señalado por Calisaya (2011) que indica que el mayor peso vellón corresponde al sistema de silvestría y que en cautiverio se debe considerar la capacidad de carga del cerco, expresada básicamente en la soportabilidad de las pasturas y disponibilidad permanente de agua.

La realidad altiplánica exige la implementación de programas de monitoreo realistas y complementarios a las actividades de explotación en los cercos. A continuación se destacan algunos de los aspectos claves a considerar para un el mejoramiento del sistema de manejo:

- Mejorar el sistema de captura, aprehensión y manipuleo durante la esquila.
- Utilizar un método de esquila parcial y no traumático.
- Atenuar el impacto de la captura en la estructura social de los grupos.
- Evaluar el impacto de la captura y manipuleo en las tasa de gestación y viabilidad de la preñez después de las capturas.

4.3. Implementación de un modelo de crecimiento poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) para su manejo sostenible en cercos permanentes.

El modelo propuesto requiere ingresar la precipitación pluvial anual acumulada, expresada en milímetros (mm), lo que permitirá el crecimiento de las pasturas, que se expresa como producción primaria neta del cerco (materia seca de pastos), que será la fuente de alimento de las vicuñas dentro del mismo. Esta información pluviométrica fue tomada directamente de los registros del SENAMHI Puno para la zona en estudio para un periodo de cinco años (Cuadro 08). La generación de los valores de precipitación estimados se realizó utilizando la función aleatoria del programa de simulación STELLA ver 9,0,2.

CUADRO 10. PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm) DEL DISTRITO DE CAPASO, SEGÚN ESTACIÓN METEOROLÓGICA SENAMHI, PUNO

Año	Precipitación (mm)	Estimado (mm)
2007	501,6	404,05
2008	405,3	420,78
2009	425,1	441,53
2010	428,4	451,12
2011	507,9	407,41
Promedio	453,66	424,978
D.E.	47,52	20,74

El modelo requiere también expresar la relación existente entre la precipitación pluvial y la producción primaria neta, expresada en kilogramos de materia seca, esta relación requiere el estudio de varios años, por lo que se tomó la información reportada para Pampa Galeras (Rabinovich, 1985), a partir de la cual mediante análisis de regresión se obtuvo un modelo lineal para la conversión respectiva.

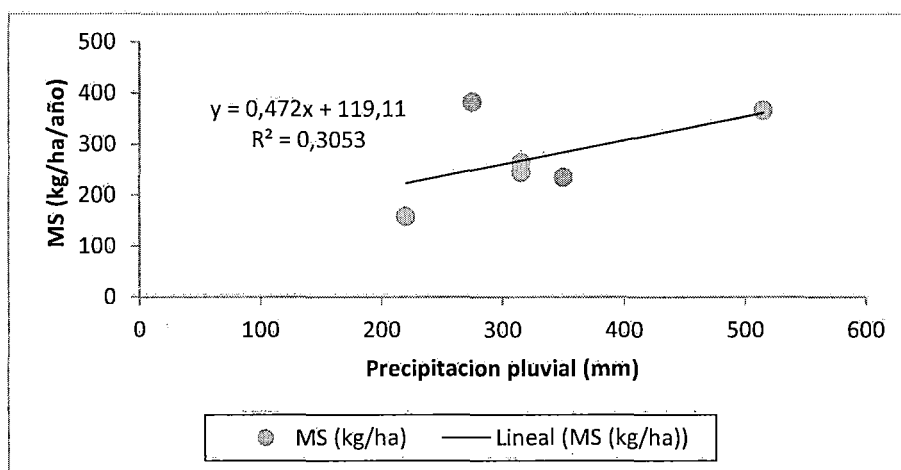


FIGURA 18. RELACIÓN ENTRE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL (mm) Y PRODUCCIÓN PRIMARIA DE MATERIA SECA

En la Figura 18, realizado el análisis de regresión, la relación entre la precipitación pluvial y la producción primaria neta, ésta se representó mediante:

$$Y=0,472 X + 119,11$$

Donde:

Y = Producción primaria neta (kg MS)

X = Precipitación pluvial anual acumulada (mm)

El coeficiente de regresión (pendiente), indica que por cada milímetro de precipitación acumulado, se produce en promedio 0,472 kg de materia seca en las pasturas en el hábitat de la vicuña, valor que evaluado con otros métodos de estimación se consideró adecuado.

Otro aspecto que requiere el modelo, son los requerimientos nutricionales de la vicuña, estudios detallados anteriores permitieron contar con esta información para hábitats muy similares a los de los dos cercos en estudio (Castellaro, 2005).

Sin embargo, se conoce que no toda la materia seca producida por el pastizal es utilizada por las vicuñas, un porcentaje de éste es descompuesto por los microorganismos para lograr el rebrote mediante la conversión de la materia seca en nutrientes del suelo, que unidos a las excretas de la vicuña, permiten continuar el ciclo de productividad primaria (Bolkovic, y Ramadori, 2006). Si bien no existe consenso sobre cual es dicho porcentaje para sistemas altiplánicos, para el modelo asumimos un aprovechamiento del 65% de materia seca del pastizal por parte de la vicuña (Hofmann, 1983).

Conocidas las relaciones y valores de referencia necesarios para generar el modelo de crecimiento de poblaciones de vicuñas en cercos permanentes, se procedió la generación del modelo de la dinámica poblacional de la vicuña, mediante la utilización de una función densodependiente, expresada mediante una ecuación logística o sigmoide (Krebs, 1985).

En una población de vicuñas, esta se incrementa hasta un valor de capacidad de carga que es el resultado de la extensión del cerco y la producción primaria generada por la precipitación pluvial, al acercarse la población de vicuñas a la capacidad de carga, la tasa de crecimiento se hace más lenta y la tasa de mortalidad se empareja a la de nacimientos, como sucede esto ha sido señalado ampliamente en diversa bibliografía (Krebs, 1985; Stevens, 2009; López, 2008), dando lugar a los modelos de crecimiento denso dependientes, cuyo fundamento es que la densidad de la población es la que determina la dinámica de la misma, y que es la que corresponde a una población de vicuñas confinadas en un cerco, este proceso se representan bajo modelos logísticos o sigmoides.

Para nuestro modelo utilizamos una modificación de la tasa de crecimiento, la misma que queda como:

$$r(N) = r_0 \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

Donde:

r_0 = Tasa de crecimiento de la población

K = Capacidad de carga del cerco

Derivando con el tiempo el modelo, se tiene:

$$\frac{dN}{dt} = r_0 \left(1 - \frac{K}{N} \right) N$$

Donde se nota que la tasa de crecimiento depende tanto del tamaño de la población como del cuadrado de la misma población, convirtiéndose en una función no lineal.

La ecuación denso dependiente para modelar la dinámica poblacional de la vicuña, así como los parámetros ambientales requeridos por el modelo, se implementaron en el software de dinámica de sistemas STELLA ver. 9.02, haciendo uso de los diagramas de Forrester y la implementación de las ecuaciones respectivas, así como las conversiones necesarias (Aracil, y Gordillo, 1997).

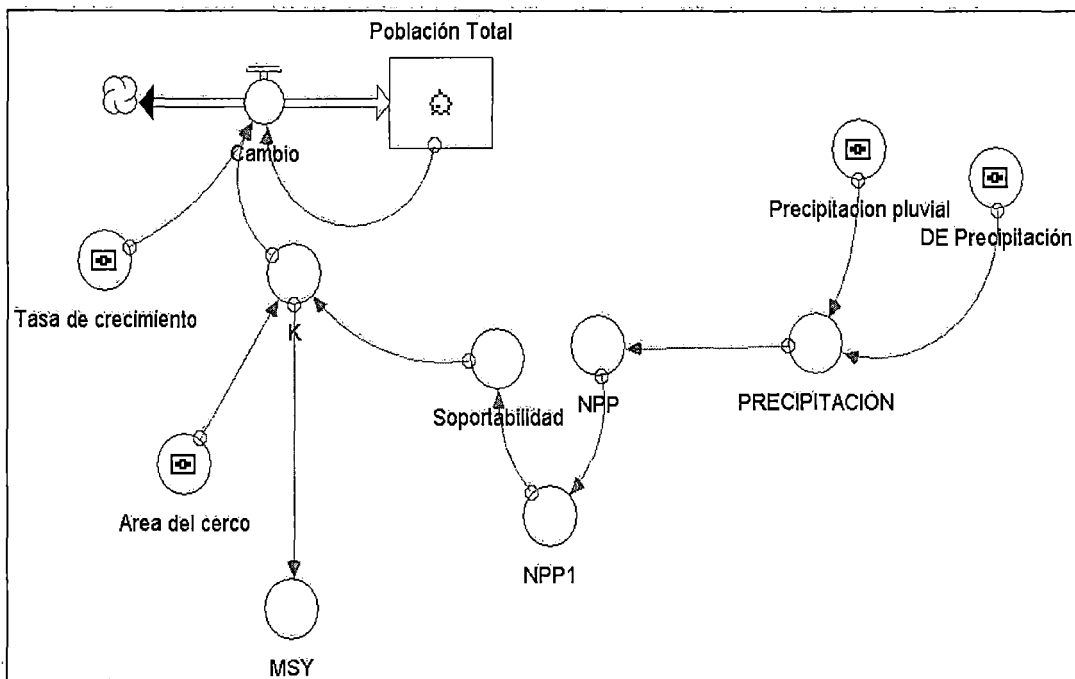


FIGURA 19. DIAGRAMA DEL MODELO DENSO DEPENDIENTE DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA VICUÑA.

En la Figura 19, el modelo inicia con la generación aleatoria de la precipitación pluvial, mediante la media y la desviación estándar de la misma, lo cual produce la producción primaria neta (NPP), la producción primaria aprovechable por la vicuña se obtiene en NPP_1 , con lo cual se calcula la soportabilidad del cerco, esto permite, conociendo el área del cerco, calcular la capacidad de carga del mismo (K), en la llave de cambio se encuentra la ecuación sigmoide que define el tipo de crecimiento, en el reservorio de la población se acumula la misma para cada iteración, adicionalmente se obtiene la máxima cosecha sostenible (MYS). Los parámetros con una escala en el medio indican que son valores ingresados (población, área del cerco, tasa de crecimiento, promedio y desviación de la precipitación pluvial).

Validación del modelo.

En la Figura 19, a diferencia del modelo de crecimiento poblacional para la vicuña propuesto por Rabinovich (1985), en el nuestro la ecuación sigmoide es incorporada directamente en el cambio de la población, lo que permite la retroalimentación del mismo.

Para la validación del funcionamiento del modelo, se comparó los valores de crecimiento poblacional de la vicuña para la zona de Pampa Galeras (Rabinovich, 1985), utilizándose dicha información por la serie histórica disponible y confiabilidad de los datos, asumiéndose como una zona protegida similar a un cerco permanente. Los parámetros ambientales y poblacionales para esta zona fueron los siguientes: población 813

vicuñas, precipitación pluvial 550 ± 150 mm, área 6500 has y tasa de natalidad 0,45.

Los resultados de la simulación del modelo con los datos observados en la realidad y los obtenidos por el modelo generado, se muestran para un periodo de trece años.

**CUADRO 11. VALIDACIÓN DEL MODELO GENERADO
UTILIZANDO DATOS REALES DE UNA POBLACIÓN DE
VICUÑAS EN PAMPA GALERAS**

Años	Observado	Modelo
0	813	813
1	891	1105
2	865	1484
3	1079	1965
4	1500	2543
5	2080	2987
6	2366	3402
7	3023	4001
8	4102	4154
9	4544	4287
10	4745	4769
11	4940	4897
12	4751	4851
13	4414	4460

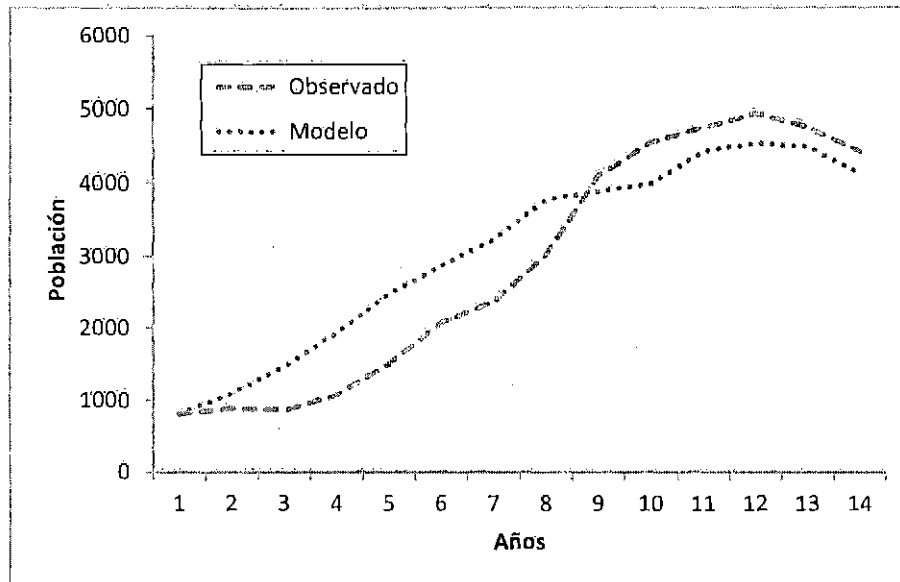


FIGURA 20. VALIDACIÓN DEL MODELO IMPLEMENTADO COMPARADO CON UNA POBLACIÓN REAL DE VICUÑAS EN PAMPA GALERAS

Según el Cuadro 11 y Figura 20, el ajuste de la serie de datos se considera aceptable, debido a que en la zona de Pampa Galeras existe ganado doméstico que no fue considerado, lo que habría elevado la población de herbívoros en la zona (Rabinovich, 1985). Sin embargo se observa un buen ajuste a una curva logística, lo que sugiere que factores de denso dependencia juegan un papel fundamental en la regulación de la dinámica poblacional de la vicuña (Bonacic, 2000), por lo que se ha señalado que este ungulado de talla media sigue un modelo de crecimiento logístico. Dicho fenómeno había sido sugerido con anterioridad, pero no formalmente comprobado hasta ahora que se cuenta con la serie de datos completa (Rabinovich, 1985). Una medida de denso dependencia es la relación entre tasa de crecimiento poblacional y tamaño total de la población (Krebs, 1985, Gotelli, 2008), donde a

mayores densidades se produce una disminución de la tasa de crecimiento de la población.

La tasa de crecimiento poblacional (r) disminuyó considerablemente al acercarse el tamaño poblacional a 4000 vicuñas, tanto las estimaciones obtenidas a partir de la ecuación logística como desde las estimaciones de capacidad de carga producto de precipitaciones pluviales y productividad primaria neta (materia seca), coinciden alrededor de esta cantidad. La máxima capacidad de carga del ambiente (K) se estimó para Pampa Galeras según el modelo en 4815 vicuñas y la máxima cosecha sostenible en 2407 vicuñas.

En el Perú, se estimó que la población de vicuñas de Pampa Galeras comenzó a declinar cuando alcanzó una densidad de 7,5 vicuñas/km² (Hoffmann et al., 1983), en el presente estudio reportamos según el modelo para Pampa Galeras una densidad máxima de 0,74 vicuñas/hectárea, valor cercano al mencionado y realista al usualmente usado en la región de 1 vicuña/ha, que sería apropiado para zonas con pasturas en buenas condiciones o cercanas a bofedales (CONACS, 2000).

De los resultados del modelo generado, comparado con lo observado para la población de vicuñas de Pampa Galeras, se puede señalar que los supuestos del modelo denso dependiente para su uso en la dinámica poblacional de la vicuña, se ajusta satisfactoriamente a los datos reales, por lo que podría ser útil en la planificación del manejo sostenible de la

vicuña en cautiverio en zonas de similares condiciones ambientales y de manejo de las poblaciones.

Estudios previos sobre la dinámica poblacional de la vicuña asumen que es denso dependiente (Hofmann et al., 1983; Sánchez, 1984; Bonacic, 1996) y que en estado silvestre tiene una alta tasa de preñez y tasas de crecimiento que van desde el 16% hasta el 23% (Renandeu y Lichtenstein, 2009). Estudios a largo plazo de herbívoros indican que muchas especies también muestran el patrón de ser denso dependientes (Gotelli, 2008). Bajo este patrón, poblaciones de vicuñas que se encuentran en bajas densidades, tienen una tasa de crecimiento exponencial cuando no existen recursos limitantes. La población se estabiliza y la tasa de crecimiento baja cuando la población llega a su capacidad de carga, lo que hemos observado en el cerco de Ancomarca. Bajo esta teoría, aumentar la densidad artificialmente utilizando cercos debería hacer bajar la tasa de crecimiento de la población. Los resultados de nuestro estudio indican que las poblaciones de vicuñas en los cercos de Ancomarca y Aurincota se están reproduciendo en una proporción menor que la que se reproducen población en estado silvestre (Arzamendia, y Vilá, 2006), corroborando dicha hipótesis.

Análisis de sensibilidad del modelo denso dependiente.

Una vez validado el modelo generado, se debe someter el mismo a un análisis de sensibilidad, para comprobar su comportamiento bajo diferentes condiciones tanto de parámetros ambientales y propios de la

dinámica poblacional de la vicuña en cercos permanentes, utilizando los datos de los cercos de Ancomarca y Aurincota se procedió inicialmente al análisis bajo las condiciones reales de los cercos y posteriormente se hicieron variar dichas condiciones para evaluar la sensibilidad y estabilidad del comportamiento del modelo.

Cerco de Ancomarca

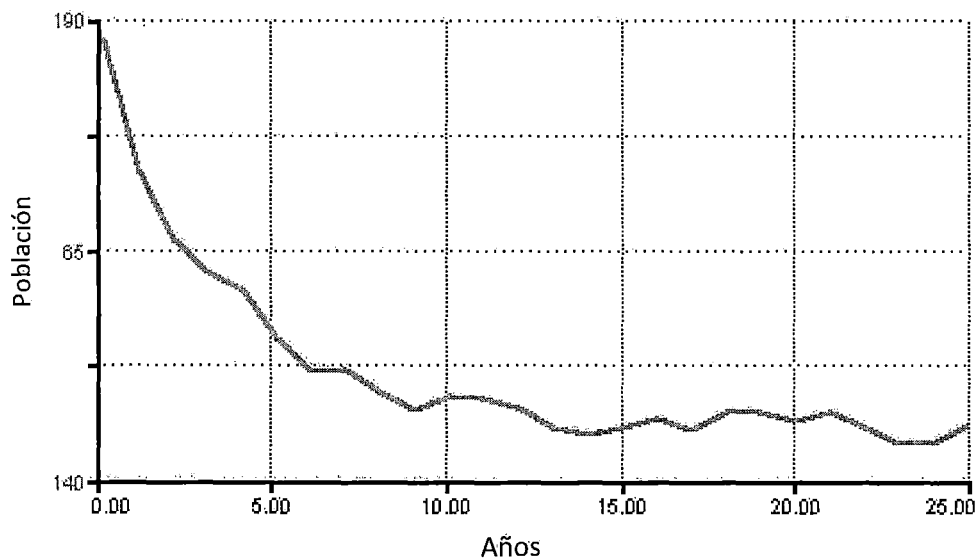


FIGURA 21. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA BAJO LAS CONDICIONES ACTUALES

En la Figura 21, bajo las condiciones actuales la población de vicuñas en el cerco de Ancomarca presenta un decrecimiento progresivo de su población, producto de la alta densidad y sobrecarga del cerco, que se traduce en competencia intraespecífica. Actualmente el cerco cuenta con 188 vicuñas, siendo la capacidad de carga del mismo de 149 vicuñas según el modelo generado, es decir ya se habría superado su capacidad, por lo que de no tomarse medidas de manejo correctivo, la viabilidad de

esta población en el tiempo se pone en riesgo, cuyas primeras consecuencias se observan en la disminución de la tasa de natalidad observada (0,201 crías/hembra). La máxima cosecha sostenible para este cerco según el modelo se estimó en 75 vicuñas, que sería la fracción de la población que se podría retirar sin poner en riesgo el crecimiento posterior de la misma.

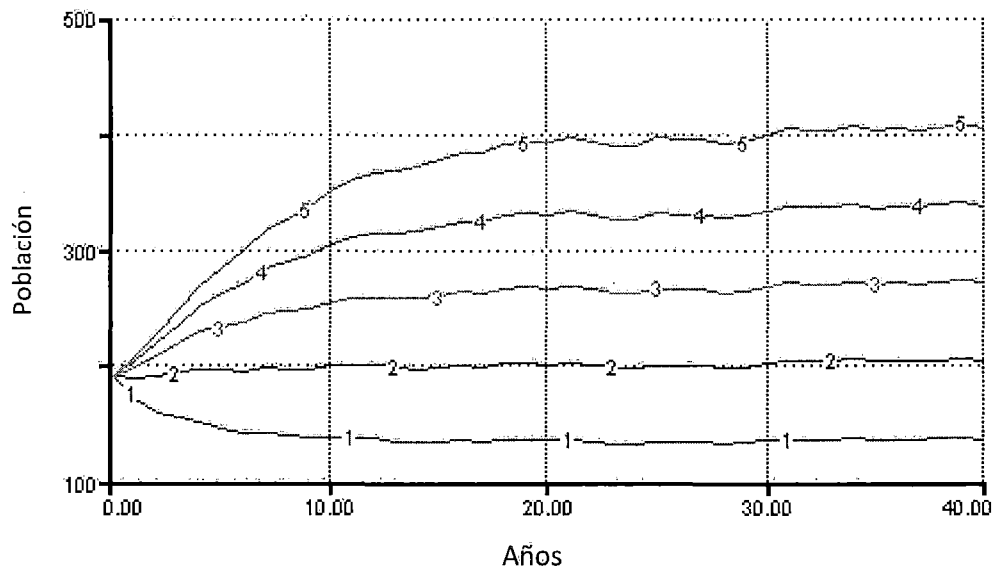


FIGURA 22. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON TAMAÑOS DE CERCO DE 200, 300, 400, 500 Y 600 Has.

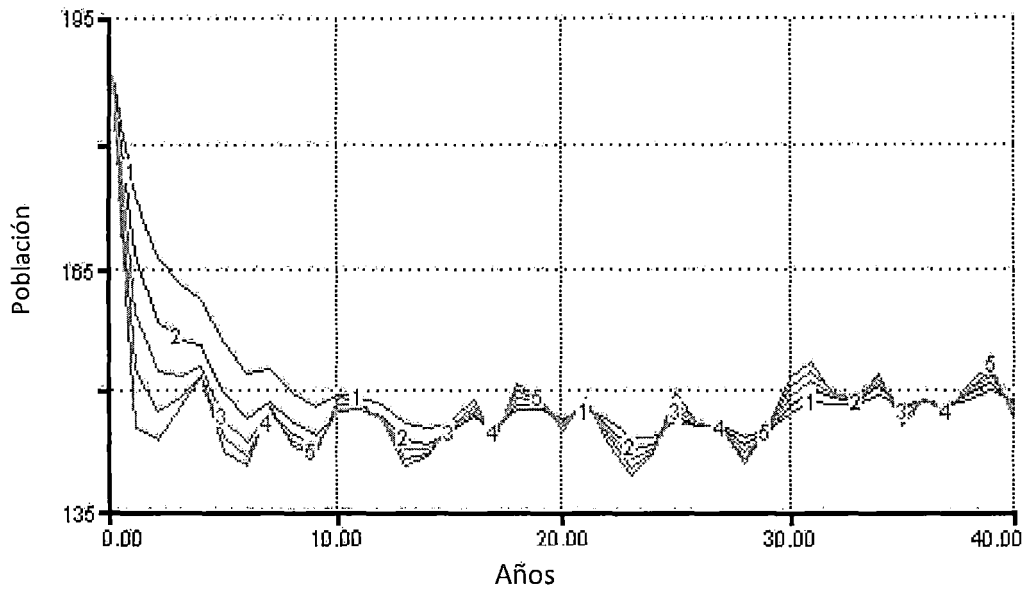


FIGURA 23. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON TASAS DE NATALIDAD 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 Y 0,6.

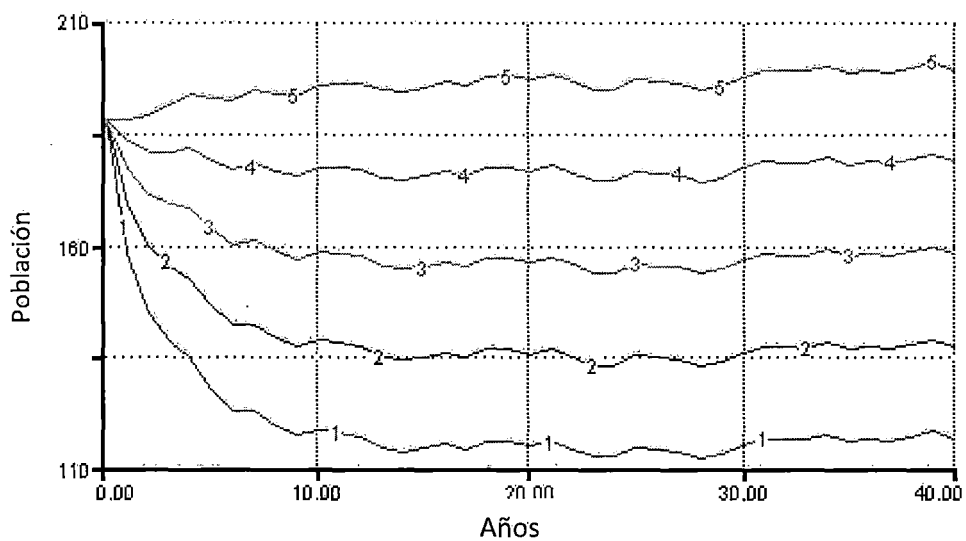


FIGURA 24. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON PRECIPITACIONES PLUVIALES DE 300, 400, 500, 600 Y 700 mm

En la Figura 22, en el cerco de Ancomarca para el tamaño de cerco de 300 has, la población de vicuñas tiende a mantenerse estable en el tiempo, a partir de un cerco de 400 has se hace evidente un crecimiento de la población, que es aún más notorio para el cerco de 600 has, esto

resultados evidencian que una forma de mejorar la actual situación de este cerco, sería la ampliación del mismo o el traslado de parte de la población a otro cerco. Al aumentar el área del cerco se consigue incrementar la capacidad de carga del mismo (CONACS, 2005), lo que tiene efectos positivos al reducir la densidad y por ende también la competencia intraespecífica entre individuos (Coonan, 2010), considerando que por la naturaleza territorial de la vicuña, este es un factor estresante que repercute negativamente en la dinámica poblacional de la misma (Hofmann et al, 1983; Muñoz, a. 2005).

En la Figura 23, el efecto del incremento de la tasa de natalidad, manteniendo los otros factores iniciales constantes, siendo este negativo debido que al incrementar el número de individuos, la población que ya había superado la capacidad de carga del cerco, sufre los efectos de la densidad produciendo el decaimiento de la población, si bien la población decrece esta trata de mantenerse en valores mínimos por la estrategia de supervivencia de toda especie, por lo que el modificar la tasa de natalidad por si sola no contribuye de manera positiva a la viabilidad de la población a largo plazo (Gotelli, 2008).

En la Figura 24, la simulación del efecto del incremento de la precipitación pluvial en el cerco de Ancomarca, para tener un efecto positivo se requeriría 600 mm de precipitación pluvial para mantener la población relativamente estable y 700 mm para conseguir un incremento de la misma, considerando que la precipitación promedio en la zona es de 453 mm, se haría necesario obras de riego u otras acciones para mejorar esas

condiciones, o el traslado de poblaciones en cercos ubicados en zonas con mayor precipitación pluvial (CONACS, 2000).

Cerco de Aurincota

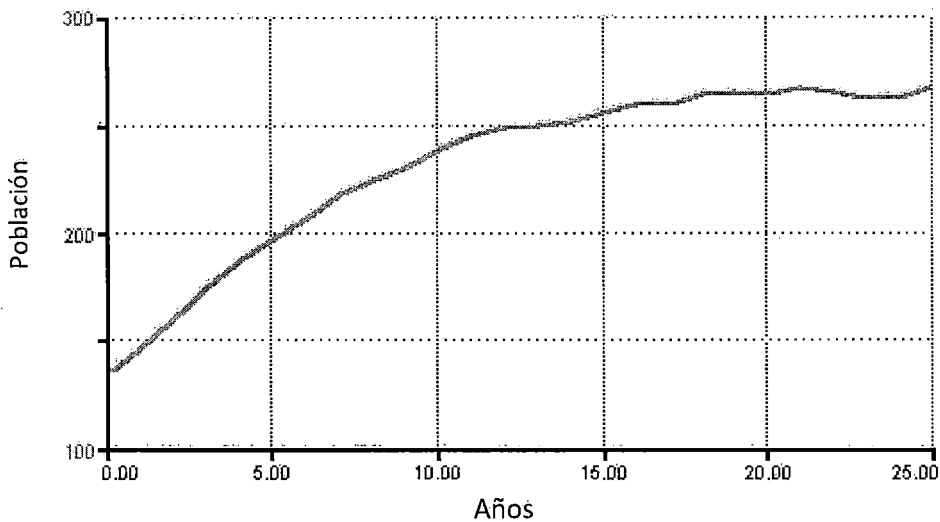


FIGURA 25. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE AURINCOTA BAJO LAS CONDICIONES ACTUALES

En la Figura 25, bajo las condiciones actuales la población de vicuñas en el cerco de Aurincota presenta un crecimiento progresivo inicial, debido a su mayor área (405 has) con una población de vicuñas de 136, que aún no supera la capacidad de carga del cerco que fue estimada en 275 animales según el modelo generado, por lo que esta población presenta viabilidad en el tiempo, la máxima cosecha sostenible para este cerco se estimó en 137 vicuñas que sería la fracción de la población que se podría retirar sin poner en riesgo el crecimiento de la misma.

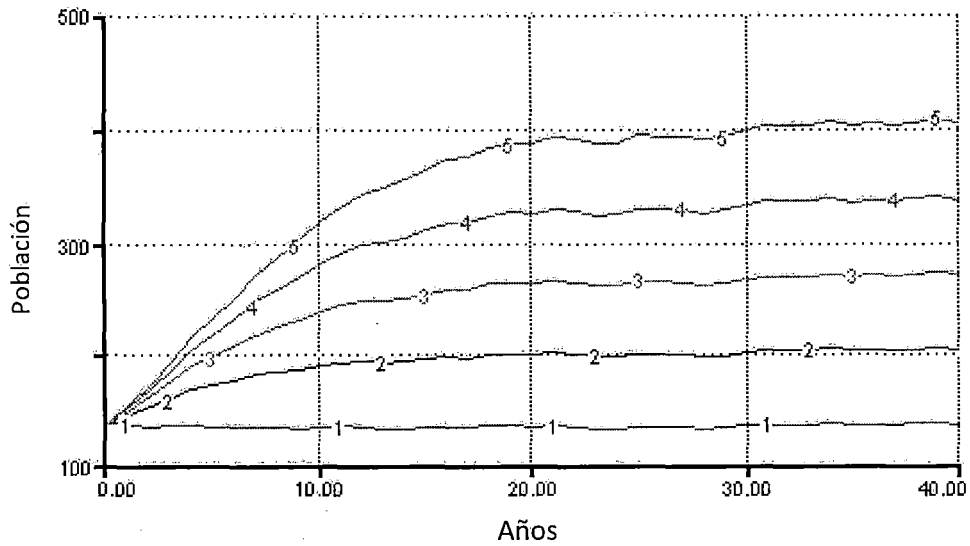


FIGURA 26. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON TAMAÑOS DE CERCO DE 200, 300, 400, 500 Y 600 Has

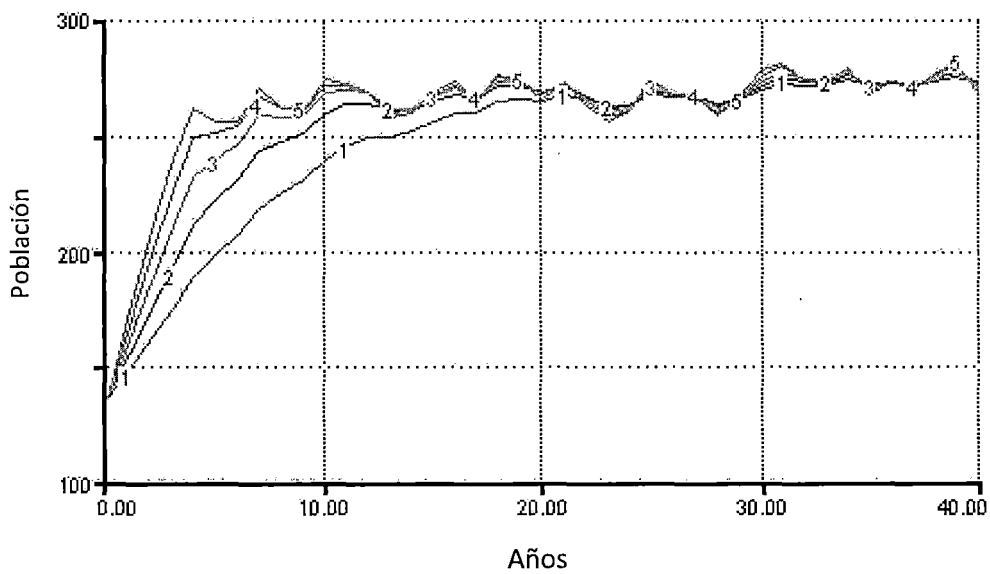


FIGURA 27. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE AURINCOTA CON TASAS DE NATALIDAD 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 Y 0.6.

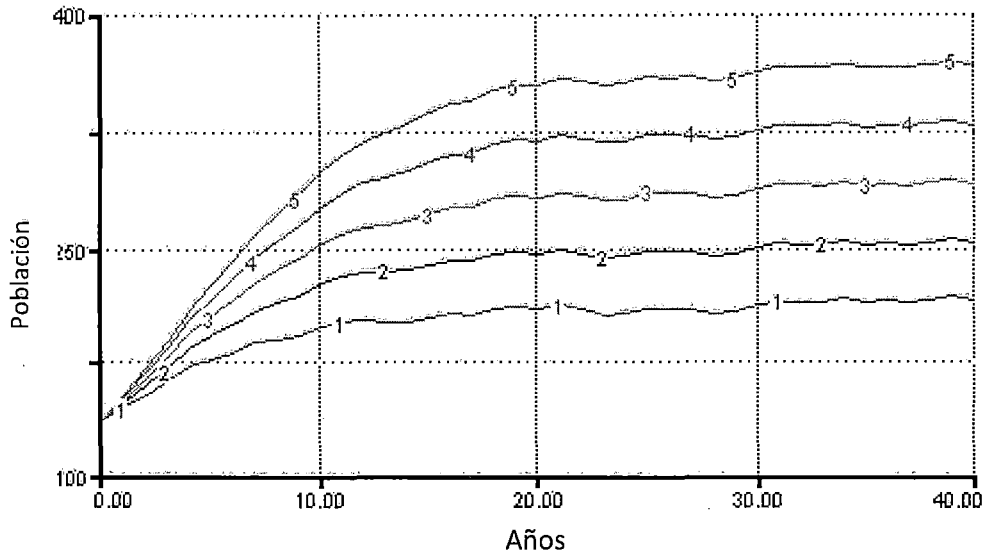


FIGURA 28. PROYECCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN DE VICUÑAS EN EL CERCO DE ANCOMARCA CON PRECIPITACIONES PLUVIALES DE 300, 400, 500, 600 Y 700 mm

En la Figura 26, el efecto positivo que tiene el incremento del tamaño de cerco en Aurincota, considerando que aun este cerco no llego a su capacidad de carga (275 individuos), se pone en evidencia que al disminuir la densidad, la población esta tiende a presentar un crecimiento constante, por lo que para este cerco se puede aun esperar varios años para evaluar el crecimiento poblacional de la vicuña.

En la Figura 27, el efecto del incremento de la tasa de natalidad, para este cerco el incremento de la misma si tiene un efecto positivo, debido a que su mayor área permite aun el crecimiento de la población, el mismo que se puede acelerar mejorando la natalidad que es considerada baja para este cerco (0.204 crías/hembra), aunque se sabe que el cautiverio disminuye al natalidad de la vicuña (Bonacic, 2010).

En la Figura 28, el efecto del incremento de la precipitación pluvial en el cerco, para todos los casos se evidencia crecimiento de la población, que

como se indico es el efecto del mayor tamaño del cerco y de la baja densidad de la población, sin embargo el mejorar las condiciones hídricas del cerco será una prioridad siempre a tener en cuenta, debido a que la vicuña requiere agua permanente a diferencia del guanaco (Arzamendia, y Vila, 2006).

En ambos cercos las simulaciones indican que las poblaciones de vicuñas son más sensibles al tamaño del cerco y a la precipitación pluvial anual, debido a que ambos factores están directamente relacionados con la capacidad de carga del ambiente.

De los resultados de las proyecciones y simulaciones, se infiere que para una población en vías de recuperación, si la meta es incrementar la población (lo que debería ser dentro de una zona reservada), la opción del cerco no es necesariamente técnicamente la mejor alternativa, a menos que se aumente la capacidad de carga del mismo, utilizando forraje adicional, o infraestructura de riego, lo cual implica un costo que está fuera del alcance de las comunidades campesinas encargadas del manejo de la vicuña.

Del análisis de la situación actual, podemos señalar que la utilización de cercos, no permite la interacción entre animales del cerco y la población silvestre, lo que biológicamente es equivalente a una saca (cosecha). Esto puede tener repercusiones demográficas negativas en la población, ya que una población pequeña está expuesta a procesos estocásticos (Stevens, 2009), lo que incrementa la probabilidad de su extinción, como

hemos observado en las bajas tasas de natalidad observadas en ambos cercos.

Al relacionar la descripción etoecológica de la vicuña con los factores desfavorables, se identifica una serie de dificultades concretas para el manejo en cautiverio, que solo pueden subsanarse con una intervención muy activa que podría incluir la castración y/o separación de tropas de solteros, que se ha probado ya en Argentina. El cautiverio al eliminar las posibilidades de los animales de dispersarse, restringe los mecanismos de selección natural y reduce la elección de la pareja de apareamiento. Estas condiciones (eliminación de machos, control de la selección natural y libre apareamiento) son factores determinantes para la pérdida de silvestría, incrementa la posibilidad de un cambio fenotípico desfavorable y el inicio de un proceso de domesticación, aun cuando éste no sea el objetivo principal del manejo en cercos. La eliminación artificial de la tropa de solteros puede además tener efectos deletereos a largo plazo en la estructura etérea y genética de la población (Vilá, 2001).

La pérdida de la silvestría es generalmente un proceso irreversible, como lo muestran algunos fracasos de programas de cría en cautiverio con el objetivo de repoblar áreas naturales, ya que los animales cautivos tienen altas probabilidades de perder sus adaptaciones comportamentales al ambiente silvestre. La alpaca es la domesticación de la vicuña realizada por las antiguas culturas del sur del Perú (Wheeler, 2006), entonces que sentido tendría tratar de domesticar nuevamente la vicuña en cercos.

Otro caso que soporta esta hipótesis es el caso del "Suri" *Rhea pennata*, cuyo manejo en cautiverio por parte del Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT), lo ha llevado al proceso de domesticación, en el centro de rescate de esta ave, aún se consiguen tasas de natalidad positivas, pero mediante una fuerte intervención humana (protección de nidos, incubación artificial, cuidado de crías, etc), sin embargo los primeros intentos de repoblar su hábitat natural con dichos individuos han fracasado. La viabilidad que aún presenta esta población aislada (metapoblación), se explica sobre todo por el suplemento de alimento y protección brindado por el hombre, es decir la capacidad de carga para esta especie se ha incrementado de forma artificial por la adición de alimento externo a su hábitat (Arpasi, 2011). Sin embargo esto no ocurre en los cercos permanentes con vicuñas.

Entonces la modalidad de manejo en cercos permanentes para poblaciones pequeñas de vicuñas, que se encuentran en aumento en forma natural, no es necesariamente la modalidad ideal para la recuperación de estas poblaciones. Se sabe que con una adecuada vigilancia las poblaciones de vicuñas en silvestría, éstas tienen la capacidad de aumentar su población sin un manejo tan intrusivo como el de su confinamiento (caso de Pampa Galeras). Es necesario enfatizar que la evaluación de diferentes modalidades de manejo se tiene que realizar mediante la investigación científica para poder demostrar conclusiones firmes.

Por ello para la vicuña, proponemos como requisito ineludible para iniciar el manejo de esta especie silvestre, el diseño y la puesta a prueba de un

plan de manejo, donde queden explicitados la información de base, las acciones a desarrollar y sus plazos, los reglamentos del aprovechamiento y el sistema de monitoreo. Componentes imprescindibles de la información de base son el tamaño, estructura y dinámica de la población, los patrones comportamentales, los requisitos de hábitat, la interacción con otras especies convivientes, las variables ambientales condicionantes, y los factores limitantes económicos y operativos, aspectos que ya habían señalados con anterioridad, pero no implementados hasta ahora (Hofmann et al, 1983).

Los resultados de nuestro estudio indican que el mantenimiento de las vicuñas en cercos permanentes, puede bajar significativamente los índices de natalidad de la vicuña en comparación a poblaciones silvestres. Por lo tanto, la modalidad de manejo para poblaciones en recuperación podría ser el mantenimiento en estado silvestre con vigilancia adecuada. Para cada comunidad se debería hacer un estudio costo-beneficio que tome en cuenta parámetros biológicos y económicos antes de implementar el sistema de cercos. En cuanto a la conservación de la vicuña es sumamente importante asegurar la existencia de poblaciones silvestres viables a largo plazo. Para los animales que se encuentran en los cercos, es necesario plantear lineamientos para su cuidado, específicamente en el aspecto nutricional y sanitario, incluyendo el bienestar del animal como aspecto importante.

CONCLUSIONES

1. En el cerco de Ancomarca la natalidad es 0,201 y Aurincota 0,204 crías/hembra, menores a las observadas en poblaciones silvestres; la tasa finita de crecimiento poblacional para Ancomarca es -0,0063726 y Aurincota -0,0062138 indicando peligro de viabilidad de ambas poblaciones de vicuñas. La estructura poblacional proyectada a veinte años es para Ancomarca el 78,5% adultos, 5% juveniles y 16,2% crías; para el cerco de Aurincota el 78,8% de adultos, 4,9% juveniles y 16,2% crías, considerándose poblaciones envejecidas.
2. La producción de vellón fue similar para ambos cercos y los cinco años analizados ($P > 0,05$); según el sexo es de 172,7 gr para hembras y 175,3 para machos con diferencia estadística entre sí, según la edad de las vicuñas, para los adultos es 188 gr y juveniles 154,1 gr, siendo superior en la clase adulta ($P < 0,05$). Se evidenció una menor producción de vellón comparada con vicuñas en silvestría.
3. El modelo de simulación denso dependiente generado, mostró buen ajuste con datos reales de la dinámica poblacional de la vicuña, el modelo estimó para el cerco de Ancomarca una capacidad de carga de

149 vicuñas y la máxima cosecha sostenible 75 vicuñas; para el cerco de Auríncota una capacidad de carga de 275 vicuñas y una cosecha sostenible de 137. El análisis de sensibilidad muestra que el modelo se comporta estable al variar los parámetros ambientales y poblacionales.

RECOMENDACIONES

Realizar evaluaciones del impacto biológico y socioeconómico antes de instalar nuevos cercos permanentes o ampliar otros existentes, y durante su funcionamiento, para minimizar su impacto biológico y maximizar su impacto socioeconómico.

Promover el desarrollo de mecanismos legales que provean incentivo a las comunidades locales para la conservación de la vicuña en silvestría en su hábitat natural.

Implementar una sostenida campaña de educación ambiental de la población en general y en la local en particular, para garantizar que la gestión sostenible de la vicuña sea eficaz.

Mejorar el modelo de simulación inicial generado en el presente estudio y utilizarlo como herramienta para la planificación en la creación de nuevos cercos o ampliación de otros.

BIBLIOGRAFÍA

- ARACIL, J y GORDILLO, F. 1997. Dinámica de sistemas. Alianza Universidad de Textos. España. 198 pp.
- ARPASI, Y. 2011. Estudio comparativo de la dinámica poblacional del "suri" *Rhea pennata* (aves: Rheiformes) en dos centros de rescate (Tupala y Llusta). Tesis Facultad de Ciencias Biológicas, UNA-Puno. 92 pp.
- ARZAMENDIA, Y y VILA, B. 2006. Estudios etoecológicos de vicuñas en el marco de un plan de manejo sustentable: Cieneguillas, Jujuy. In Investigación, conservación y Manejo de vicuñas. MACS, Argentina.
- BENITEZ, V; BORGNIA, M y CASSINI, M, 2006. Ecología nutricional de la vicuña (*Vicugna vicugna*). In Investigación, conservación y Manejo de vicuñas. MACS, Argentina.
- BOLKOVIC, M. L. Y D. RAMADORI (eds.). 2006. Manejo de Fauna Silvestre en la Argentina. Programas de uso sustentable. Dirección de Fauna Silvestre, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires. 168 págs.
- BONACIC, C. 2010. Criterios de bienestar animal para el manejo de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Grupo especialista en camélidos sudamericanos, Argentina.
- BONACIC, C. 2000. Dinámica poblacional de la vicuña (*Vicugna vicugna*) y determinación de la capacidad de carga en la provincia de Parinacota-Chile. En Manejo sustentable de la vicuña y el guanaco, Santiago, Chile.
- BRACK A. 2003. Los camélidos Sudamericanos Res. 26 pp. Lima, Perú.

- BRACK, A.; MÉNDIOLA, C, 2000. Ecología del Perú. Editorial Bruño, Lima Perú.
- BRAVO, M. 1977. Peso vivo, peso vellón, longitud de mecha, porcentaje de kemps y sus interrelaciones en vicuñas de Cala Cala. Tesis UNA-Puno.
- CALISAYA, J. 2011. Efecto del sistema de manejo (cautiverio y silvestría) sobre el peso vellón, peso vivo y mortalidad de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en Capazo-Región Puno. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- CANEDI, A Y VIRGILI, R. 2000. Censo de vicuñas, informe final. Buenos Aires Argentina. Consejo Federal de Inversiones, Provincia de Catamarca.
- CASTELLARO, G. 2005. Manejo nutritivo de la vicuña en condiciones de pastoreo. Capítulo 7. pp. 221 – 246. En: Galaz, J. L. y G. González (Eds.). Técnicas de Manejo Productivo de la Vicuña (*Vicugna vicugna* Molina, 1782) en Chile. Corporación Nacional Forestal - Fundación para la Innovación Agraria (CONAF - FIA). Santiago, Chile. 280 p.
- CISTERNAS, G. 2001. Técnicas para el manejo productivo de la vicuña en Chile.
- CITE. 1996. Convención Internacional de Tráfico de Especies amenazadas.
- Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos, 2000. Informe anual, departamento de Puno, Perú.
- Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos, 2005. Plan de manejo y conservación de vicuñas, Puno, Perú.
- Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos, 1997. Censo Nacional de Vicuñas. Ministerio de Agricultura, Perú.
- CONAF, 2003. Informe XXII Reunión ordinaria convenio de la vicuña, Arica Chile, Corporación Nacional Forestal.
- CONDORI, E, 2000 Evaluación y Soportabilidad de los bofedales de la cuenca de Uchusuma Ancamarca Zona alto andina. 1era ed. Editorial Perú.

- COONAN, T; SCHWEMM, C y GARCELON, D. 2010. Decline and Recovery of the Island Fox. A Case Study for Population Recovery. Cambridge University Press. USA.
- DEZA, A. 1988. Algunos parámetros del vellón de vicuñas de las S.A.I.S. Picotani Ltda, N°4-Puno. Tesis UNA-Puno.
- GOTELLI, N. 2008. A Primer of Ecology. 4th edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA. USA.
- HOFMANN R., K., OTTE, K., PONCE, C.F. 1983. El Manejo de la Vicuña silvestre. Tomo II UNAM Lima, Perú 705 pp.
- INRENA, 1994. Informe de evaluación poblacional de vicuñas a nivel nacional, Lima Perú, Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007. Resultados del censo de población y vivienda. Lima, Perú.
- JAHUIRA. A. 1982. Longitud de mecha. Diámetro de fibra y rendimiento del vellón de vicuñas de Kala Kala-1981. Tesis UNA-Puno.
- KOFORD, C. 1957. The vicuña and the puna. Ecological monographs, 27:153:219.
- KREBS, C. 1985. Ecología, estudio de la distribución y la abundancia. Segunda Edición. Harper y Row Latinoamericana, México. 690 p.
- LICHTENSTEIN D. 2003. Vicuña use by Andean communities: and overview. Mountain Research and Development 23-198-202, Argentina.
- LICHTENSTEIN, G. 2010. Manejo de vicuñas en cautiverio: El modelo de criaderos del CEA INTA (Argentina). Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. CONICET. Proyecto MACS. Argentina.
- LOPEZ, M. 2008. Manual de Ecología Cuantitativa. Puno, Perú. 212 pp.
- MALACALZA, L. 2002. Ecología general. Buenos Aires, Argentina, 170 pp.
- MATLAB 6.5, 2002. The language of technical computing. Mathworks Inc. USA.

- Ministerio de Agricultura de Chile, 2010. Producción y Comercialización de Fibra de Vicuñas, ficha de Valorización de Resultados, boletín N° 28. Chile.
- MOLINA J. 1782. Saggio Sulle Storia Naturale del Chile. 2da ed. Bologna.
- MUÑOZ, A. 2005. El hábitat de la vicuña (*Vicugna vicugna* Molina, 1872) y su capacidad sustentadora en el altiplano de Parinacota (I Región de Tarapacá, Chile). Chile.
- MUSPRATT, J Y VAYSSÉ D, 1996. Informe definitivo del censo de vicuñas en la reserva Laguna Diamante y Sierra Calalaste, Argentina, Gobierno de Catamarca, Servicio de ganadería y fauna.
- NALVARTE, J. 1999. Peso vivo, peso vellón, diámetro de fibra y porcentaje de pelos en vicuñas adultas de Pampa Galeras y Cala Cala. Tesis UNA-Puno.
- ODUM, E.P. 1981. Ecología. C.E.C.S.A., México.
- ONER-CORPUNO. 1984. Inventario, Evaluación e Integración de los recursos naturales de la Micro Región Puno. Lima-Perú. 238 pp.
- ORLOVÉ, B. 1977. Alpacas, sheep and men, Academic Press, London & New York. USA.
- ORÉLLANA T. y R. SAUAD, J. 2008. Análisis financiero del aprovechamiento de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en la puna salto jujeña. Universidad Nacional de Salta Argentina.
- PELT. 2009. Informe anual de actividades del Centro de Rescate del Suri. Puno. Perú.
- PEREZ R. W. 1994. La Saga de la Vicuña. Composición de Textos, Diagramación por Computación en Impresión OFFSET. Dialogo S.A Lima, Perú. 408 pp.

- PUIG, S y VIDELA, F. 2000. Dinámica poblacional y uso del hábitat por el guanaco. En Manejo sustentable de la vicuña y el guanaco, Santiago, Chile.
- R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- RABINOVICH, J. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografías O.E.A. Washington, DC. 122 pp.
- RABINOVICH, J., HERNÁNDEZ, M. AND CAJAL, J. 1985. A simulation model for the management of vicuña populations. Ecol. Modelling, 30: 275-295.
- RÉNANDEAU, N y G. LICHTENSTEIN, 2009. Impacto del manejo de la vicuña en Bolivia y Argentina sobre la conservación de la vicuña y los pobladores locales, Sitio argentino de producción animal. Argentina.
- RODRIGUEZ, L. 1986. Informe a la VI Reunión de la comisión Técnico Administradora del Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña. DOC N° S/85- Corporación Nacional Forestal-I Región Tarapacá – La Paz-Bolivia.47-57 pp.
- SARMIENTO, F. 2000. Diccionario de ecología. Athens. 514 pp. España.
- SAUL FERNÁNDEZ. B. 1991. Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 429 pp.
- SOLIS, H.R.1997. Producción de Camélidos Sudamericanos Imprenta Rios. S.A. 474-512 pp. Perú.
- STEVENS, M. 2009. A Primer of Ecology with R. Use R! Series. Springer. U.S.A.
- VALCARCEL, A. 1998. Aspectos bioecológicos de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en cautiverio, en tres comunidades campesinas del departamento de Puno. Tesis Facultad de Ciencias Biológicas. UNA-Puno.

- VILA B. 2001. Importancia de la Etología en la Conservación y Manejo de las vicuñas Res. 293-300 pp. Argentina.
- VILA, B; A. WAWRZYK y Y. ARZAMENDIA. 2009. El manejo de vicuñas silvestres (*Vicugna vicugna*) en Jujuy (Argentina): un análisis de la experiencia del proyecto MACS en Cieneguillas. Revista Latinoamericana de Conservación, ISSN 2027-3851. Argentina.
- WHEELER, J, 2006. Historia natural de la vicuña. In Investigación, conservación y Manejo de vicuñas. MACS, Argentina.
- YACOBACCIO, H. 2006. Variables morfométricas de vicuñas (*Vicugna vicugna*) en Cieneguillas, Jujuy. In Investigación, conservación y Manejo de vicuñas. MACS, Argentina.
- ZEA, W. 1995. Estadística y diseños experimentales. Primera edición. Facultad de Ciencias Agrarias – UNA-Puno. Perú.
- ZUÑIGA M. 1998. La Vicuña Boletín Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos. Lima 1998, 23 pp. Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico de la estructura poblacional y sex ratio en los cercos de Ancomarca y Aurincota.

CUADRO 12. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL PORCENTAJE DE MACHOS (CRÍA, JUVENIL, ADULTO) EN DOS CERCOS EN ESTUDIO.

Ancomarca (O)	Aurincota (E)	O-E	O-E ² /E
49,33	61,78	-12,45	2,50
24,67	13,9	10,77	8,34
26	24,32	1,68	0,11
		χ_c^2	10,96
		$\chi_{t(0.05)}^2$	5,99

CUADRO 13. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL PORCENTAJE DE HEMBRAS (CRÍA, JUVENIL, ADULTO) EN DOS CERCOS EN ESTUDIO.

Ancomarca (O)	Aurincota (E)	O-E	O-E ² /E
59,71	74,75	-15,04	3,02
23,59	10,86	12,73	14,92
16,7	14,39	2,31	0,37
		χ_c^2	18,31
		$\chi_{t(0.05)}^2$	5,99

CUADRO 14. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL SEX RATIO EN EL CERCO DE ANCOMARCA.

Sexo	O	E	O-E	O-E ² /E
Machos (61)	32,45	50	-17,55	6,16
Hembras (127)	67,55	50	17,55	6,16
188	100		χ_c^2	12,32
			$\chi_{t(0.05)}^2$	3,84

CUADRO 15. PRUEBA DE CHI-CUADRADO, COMPARANDO EL SEX RATIO EN EL CERCO DE AURINCOTA.

Sexo	O	E	O-E	O-E ² /E
Machos (46)	33,82	50	-16,17	5,23
Hembras (90)	66,18	50	16,17	5,23
136	100		χ_c^2	10,46
			$\chi_{t(0.05)}^2$	3,84