

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA ESTIMAR LA  
CAPACIDAD DE CARGA EN VICUÑAS”**

Presentada por:

**JUAN CARLOS MACURÍ ORELLANA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima – Perú

2017

A mis padres, Héctor y Gladys, por su motivación en mi gusto por las literaturas.

A mi hermano Rafael para que esta obra literaria le sirva de inspiración en su futura profesión.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ph. D. Enrique Flores Mariazza, patrocinador de mi tesis por su constante apoyo, humildad, orientación y consejos para la realización de la presente tesis.

Al Ing. (c) Bill Yalli Huamani por su colaboración valiosa en los trabajos de campo y gabinete.

Al Mg. Sc. Percy Avalos Ortiz por su colaboración valiosa en los trabajos de campo y gabinete.

Al Ing. (c) Raúl Tacuna Céspedes por su colaboración valiosa en los trabajos de gabinete.

Al Bs. (c) Cynthia Cabrejos Sánchez por su colaboración valiosa en los trabajos de campo y gabinete.

A la SAIS Pachacutec SAC por su apoyo y las facilidades brindadas en las labores de campo e información sobre manejo de vicuñas en la Unidad de Producción Conocancha.

A la Comunidad San Antonio de Rancas, escenario de una célebre novela del escritor Manuel Scorza, por su incondicional apoyo en la recolección de datos en campo.

## INDICE GENERAL

	Pg.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1 La Vicuña	3
2.1.1 Situación en el Perú	3
2.1.2 Distribución a Nivel Nacional	3
2.1.3 Estructura Poblacional	4
2.1.4 Características del Pastoreo de Vicuñas	4
2.1.5 Comportamiento Alimenticio	5
2.1.6 Requerimientos Nutricionales	6
2.1.7 Competencia con el Ganado	7
2.1.8 Fortalezas del Sistema de Manejo de Vicuñas	7
2.2 Ecosistema de Pastizal	7
2.2.1 Definición	7
2.2.2 Atributos Climatológicos	8
2.2.3 Clasificación de Comunidades Vegetales	8
2.2.4 Problemática	9
2.2.5 Sitios de Pastizal	10
2.3 Capacidad de Carga del Pastizal	10
2.3.1 Definición e Importancia	10
2.3.2 Problemática	11
2.3.3 Estimaciones Referenciales	12
2.4 Métodos para estimar la capacidad de carga	12
2.4.1 Unidades Vicuña y sus Limitaciones	13
2.4.2 Método del Factor de Uso	14
2.4.3 Método Basado en la Condición del Pastizal	16
2.4.4 Método Nutricional	20
2.4.5 Comparación entre Métodos	23
2.5 Factores que afectan la Capacidad de Carga	24
2.5.1 Factores Medioambientales	24
2.5.2 Especie Animal	24
2.5.3 Cambio Climático	25

2.6	Relación económica con la capacidad de carga	25
2.6.1	Valoración Económica del Pastizal	25
2.6.2	Dinámica Económica de la Capacidad de Carga	26
2.6.3	Capacidad de Carga Económica y Ecológica	27
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	29
3.1	Áreas de estudio	29
3.1.1	Encierro de Vicuñas de la Cooperativa Comunal San Antonio de Rancas	29
3.1.2	SAIS Pachacutec Unidad Productiva Conocancha	32
3.2	Metodología Experimental	34
3.2.1	Método del Factor de Uso	34
3.2.2	Método Basado en la Condición del Pastizal	36
3.2.3	Método Nutricional	37
3.3	Evaluación de los Métodos	39
3.4	Diseño Experimental	39
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	40
4.1	Método del Factor de Uso	40
4.1.1	Disponibilidad Forrajera	40
4.1.2	Capacidad de Carga	45
4.2	Método Basado en la Condición del Pastizal	47
4.2.1	Condición del Pastizal	47
4.2.2	Capacidad de Carga	52
4.3	Método Nutricional	54
4.3.1	Perfil Nutricional	54
4.3.2	Capacidad de Carga	57
4.4	Comparación entre Métodos	60
4.4.1	Variabilidad	62
4.4.2	Precisión	63
4.4.3	Relación Costo-eficiencia	64
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	66
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	67
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	68
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b>	73

## INDICE DE CUADROS

		Pg.
Cuadro 1	Relación entre condición del pastizal y capacidad de carga.	18
Cuadro 2	Disponibilidad de forraje por grupos funcionales (Kg MS/ha).	43
Cuadro 3	Capacidad de carga en función al factor de uso.	45
Cuadro 4	Componentes de condición del pastizal y capacidad de carga para Conocancha.	50
Cuadro 5	Componentes de condición del pastizal y capacidad de carga para Rancas.	51
Cuadro 6	Perfil nutricional de las muestras de dieta de vicuñas.	55
Cuadro 7	Capacidad de carga (UV/ha/año) en función a la energía metabolizable y a la proteína cruda.	58
Cuadro 8	Capacidad de carga (UV/ha/año) por sitio de pastizal y área de estudio por los tres métodos.	61
Cuadro 9	Eficiencia presupuestaria por cada mil soles invertidos según la metodología aplicada.	65

## INDICE DE FIGURAS

		Pg.
Figura 1	Características de los grupos funcionales en pastizales.	9
Figura 2	Relación entre capacidad de carga económica y capacidad de carga ecológica	28
Figura 3	Mapa topográfico y de sitios de la unidad productiva Conocancha	31
Figura 4	Mapa topográfico y de sitios de la unidad productiva Conocancha	33
Figura 5	Disponibilidad promedio de biomasa vegetal por grupos funcionales en Conocancha.	44
Figura 6	Disponibilidad promedio de biomasa vegetal por grupos funcionales en Rancas.	44
Figura 7	Capacidad de carga estimada según el método del factor de uso.	46
Figura 8	Capacidad de carga estimada según el método de condición de pastizal.	52
Figura 9	Presencia de cercado metálico deteriorado presuntamente por vicuñas.	59
Figura 10	Capacidad de carga en función a la proteína cruda según el método nutricional.	59
Figura 11	Comparación de los resultados de capacidad de carga entre los tres métodos propuestos.	62
Figura 12	Variabilidad de los métodos en función al coeficiente de variación.	63
Figura 13	Precisión de los métodos en función a la desviación estándar.	64

## INDICE DE ANEXOS

	Pg.	
Anexo 1	Biomasa aérea del pastizal	73
Anexo 2	Proporción de material verde (factor verdor)	74
Anexo 3	Índice forrajero	75
Anexo 4	Relación de especies botánicas censadas en Conocancha	76
Anexo 5	Relación de especies botánicas censadas en Rancas	78
Anexo 6	Descripción de sitios de pastizal en Conocancha	80
Anexo 7	Descripción de sitios de pastizal en Rancas	81
Anexo 8	Perfil adicional del análisis nutricional de las dietas de vicuñas	82
Anexo 9	Presupuesto asignado para el método del factor de uso	83
Anexo 10	Presupuesto asignado para el método de condición del pastizal.	83
Anexo 11	Presupuesto asignado para el método nutricional.	84
Anexo 12	Censo y estructura poblacional de vicuñas en Conocancha y Rancas en el año 2012.	85
Anexo 13	Transformación de datos para las observaciones de capacidad de carga en Conocancha.	86
Anexo 14	Análisis estadístico para el método de estimación en Conocancha.	87
Anexo 15	Análisis estadístico para el método de estimación en Rancas.	87
Anexo 16	Análisis estadístico para el área de estudio con el método de condición de pastizal.	88
Anexo 17	Análisis estadístico para el área de estudio con el método del factor de uso.	88
Anexo 18	Análisis estadístico para el área de estudio con el método nutricional.	89

## RESUMEN

En vista de la existencia de varios métodos para estimar la capacidad de carga en vicuñas se requiere evaluarlos para determinar bajo qué condiciones utilizarlos y estimar que método presentaría mayor alcance y bajo costo para fines de conservación de la vicuña en comunidades rurales de escasos recursos pues éstas manejan el 75.5% de la población nacional de vicuñas. Por ello, se hizo un estudio en la unidad productiva Conocancha perteneciente a la SAIS Pachacútec en Junín y en el encierro comunal San Antonio de Rancas en Pasco con la finalidad de evaluar tres métodos para estimar la capacidad de carga para vicuñas. El método de condición del pastizal fue considerado tratamiento referencial y el método del factor de uso con el método nutricional como tratamientos experimentales. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para la evaluación del experimento. Se concluyó que el método de condición de pastizal siguió siendo la mejor opción en vista de que presentó menor costo (472.24 hectáreas por cada mil soles invertidos) y mayor alcance (3.09 sitios de pastizal por cada mil soles invertidos) Asimismo, presentó una menor variabilidad promedio (C.V. = 31.48%) con respecto a los demás métodos y presentó menores restricciones en cuanto a la disponibilidad de materiales y equipos. El método del factor de uso presentó alta variabilidad (C.V. = 54.26%) y menor precisión (D.E. = 0.87 UV/ha/año) por lo que se desestimó su uso. Los resultados obtenidos con el método nutricional fueron significativamente distintos de los demás ( $p < 0.05$ ) en ambas áreas de estudio presentando una mayor precisión en los datos (D.E. = 0.39 UV/ha/año). No obstante, su costo-eficiencia fue menor en relación a los demás métodos.

**Palabras clave:** *vicuña, capacidad de carga, condición de pastizal, biomasa, nutrición,*

## ABSTRACT

Due to the existence of several methods to estimate the carrying capacity in vicuñas, the indicators to discern under which conditions to use them. In addition, the method is known to have the greatest reach and low cost with vicuña conservation goals in the rural scarce resources communities because they handle 75.5% of the vicuña national population. Therefore, a study was carried out in the Conocancha Production Unit - SAIS Pachacútec in Junín and in the San Antonio de Rancas communal enclosure in Pasco, in order to evaluate three methods to estimate the carrying capacity of vicuñas. The range condition method was treated as a reference while the utilization ratio method and the nutritional method as experimental treatments. A completely randomized design (CRD) was used for the experiment assessment. It was concluded that the range condition method remained the best option because of the lower cost of 472.24 ha for each of the inverted 1000 soles) and greater extension (3.09 pasture sites for each of the inverted 1000 soles) (C.V. = 31.48%) with respect to the other methods and the lower restrictions on the availability of materials and equipment. The utilization ratio method had high variability (C.V. = 54.26%) and lower precision (D.E. = 0.87 UV / ha / year), which discarded its use. The results obtained from the nutritional method were significantly different from the others ( $p < 0.05$ ) in both areas of study with higher accuracy in the data (D.E. = 0.39 UV / ha / year). However, its cost-efficiency was lower relatively.

**Keywords:** *vicugna, carrying capacity, rangeland condition, biomass, nutrition*

## I. INTRODUCCIÓN

La importancia de la vicuña (*Vicugna vicugna*) en el Perú radica en el comercio de su fibra de alto valor económico, del apoyo a las comunidades campesinas para salir de la extrema pobreza y de los servicios turísticos que brinda su hábitat. Brack (2003) sostuvo que el desarrollo sostenible de la vicuña se basa en cuatro componentes: ambiental, social, científico-tecnológico y económico. En la década del ochenta y a principios de los noventa, la población de vicuñas se redujo a 50000 unidades aproximadamente, debido esto, a la prevalencia de la caza furtiva (Lichtenstein *et al.*, 2002). Para contrarrestar esta situación, el Estado Peruano inició un programa nacional de repoblamiento mediante la implementación de módulos de uso sustentable (MUS) en 1995. Éstas se distribuyeron bajo custodia tanto a comunidades campesinas como a las empresas. Además, el Estado Peruano implantó severas penas para la caza furtiva con el fin de garantizar la preservación de esta especie. Afortunadamente, ahora se ha incrementado su población hasta 208899 unidades según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012 lo cual representa un incremento en 76 por ciento con respecto al censo anterior del año 2000 (MINAGRI-DGFFS, 2014).

Los módulos de uso sustentable (MUS) como estrategia para maximizar los beneficios de la fibra mediante la esquila concentrada de vicuñas aparecen como un sistema alternativo de manejo el cual adopta criterios técnico-rationales, como la capacidad de carga, para el rendimiento sostenible del comercio de la fibra. Este criterio se define como el número de animales que puede soportar un sistema de manejo durante un periodo determinado (Stoddart *et al.*, 1975, citado por Borgnia, 2009). Es una herramienta clave para el manejo sostenible de las vicuñas como recurso natural. Diversos estudios sobre capacidad de carga, en sistemas de manejo de pastizales, indican que la soportabilidad de un campo depende de la disponibilidad de forraje, de su calidad nutricional, la composición botánica del pastizal y del hábito alimenticio de los herbívoros (Esqueda *et al.*, 2011 y Hurd *et al.*, 2007). Para discernir, se clasifica la capacidad de carga en económica y ecológica (Wilson y Macleod, 1991; Hanselka *et al.*, s.f. y Scoones, 1989) en función al objetivo de manejo.

Existen diversos métodos para determinar la capacidad de carga para herbívoros en la literatura. No obstante, algunos presentan limitaciones en su aplicación a grandes extensiones en cuanto al costo, a la labor y a las características del ecosistema de pastizal (McCall *et al.*, 1997). Los principales métodos utilizados en pastizales del Perú son: el método de factor de uso (materia seca), el método de condición de pastizal y el método nutricional (Hobbs *et al.*, 1982; Hoffman *et al.*, 1983; Pillaca, 2008, Castellaro, 2007; Terrel, 2012;). El primer método se fundamenta en la disponibilidad de forraje como principal factor limitante de alimento para herbívoros. El segundo método es el más utilizado y se fundamenta en la teoría de sucesión ecológica de pastizales y en base a experiencias pasadas con ensayos de carga (Florez y Malpartida, 1987). El tercer método, al cual se le denomina método nutricional toma en cuenta la relación pastizal-vida silvestre en base a la oferta de nutrientes para el herbívoro. Este método se fundamenta en el balance de la disponibilidad de energía metabolizable y nitrógeno como factores nutricionales limitantes con el requerimiento nutricional por parte de las vicuñas (Wallmo *et al.*, 1977 y Hobbs *et al.*, 1982)

Actualmente, se necesita compararlos en base a costo-eficiencia, precisión y variabilidad debido a las limitaciones que presentan los métodos actuales en los sistemas de manejo de vicuñas en extensas áreas de pastizales con recursos limitados. Así, se evaluó la capacidad de carga con los tres métodos ya descritos, en dos áreas estudio: el encierro de vicuñas San Antonio de Rancas en la región Pasco y la Unidad Productiva Conocancha de la SAIS Pachacutec en la región Junín con vicuñas en silvestría. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento de los métodos en base a los resultados. Los objetivos específicos del estudio fueron: (a) determinar el método que presenta menor variabilidad (b) determinar el método más preciso en los resultados y (c) determinar el método más eficiente por cada mil soles invertidos.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 La Vicuña**

#### **2.1.1 Situación en el Perú**

La vicuña (*Vicugna vicugna*) es el camélido sudamericano endémico de América del Sur que habita las praderas altoandinas distribuyéndose entre 3200 y 4600 m.s.n.m. (Lichtenstein *et al.*, 2002). Según la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (DGFFS) (2012), se registraron 208899 individuos a nivel nacional para el año 2012 siendo Junín la región que ocupa el cuarto lugar en tamaño de población de vicuñas con 21325 cabezas (10.21%) mientras que la región Pasco ocupa el decimotercer lugar con 1133 cabezas (0.54%). Este reporte indica también que la población ha estado incrementándose desde 1994, año en que se llevó a cabo el Programa Nacional de Repoblamiento de Vicuñas por parte del gobierno peruano. En adición, el Gobierno Regional de Pasco (2012) señala que hubo 1105 vicuñas censadas en el mismo año de publicación de su reporte para el encierro de vicuñas en San Antonio de Rancas. Por otro lado, el Gobierno Regional de Junín (2012) reportó un tamaño de población de 416 vicuñas en la Unidad Productiva Conocancha de la SAIS Pachacútec para el mismo año.

#### **2.1.2 Distribución a Nivel Nacional**

La DGFFS (2012) expone en su informe de censo poblacional del año 2012 que la distribución de vicuñas se da de la siguiente manera: 14.15% pertenece a 58 diversas asociaciones, 75.54% a 635 comunidades campesinas, 6.8% a 17 empresas y 3.4% a 63 agrupaciones diversas. En la zona altoandina del Perú existen alrededor de 18 millones de hectáreas de pastos naturales aptos para el pastoreo los cuales tienen potencial para albergar a un millón de vicuñas para producción de fibra principalmente (Brack, 2005, citado por Pillaca, 2008), se observa que las comunidades campesinas de nuestro país son el grupo social que tiene una mayor oportunidad para capitalizar la crianza de vicuña

### **2.1.3 Estructura Poblacional**

Se observan tres categorías de individuos en las poblaciones de vicuñas: grupos familiares (un macho líder y seis hembras con sus respectivas crías en promedio) tropillas de machos (50 juveniles en promedio) y machos solitarios (generalmente jóvenes o expulsados) (Hoffman *et al.*, 1983, Terrel, 2012 y Galaz & Gonzales, 2005). Los grupos familiares presentan un territorio demarcado entre ocho y cuarenta hectáreas de extensión aproximadamente (Koford, 1957, citado por Pillaca, 2008), mientras que las tropillas de machos ocupan zonas marginales bajo constante migración (Lichtenstein *et al.*, 2002). Mientras los grupos familiares (67% del total) aseguran la perpetuación de la especie, las tropillas de machos (28% del total) aseguran el vigor de la población. Por último, los machos solitarios son individuos en transición entre tropillas y grupos familiares (Hoffman *et al.*, 1983). Las crías de vicuñas nacen entre febrero y marzo lo cual coincide frecuentemente con la época de lluvias (Brack, 2003). La gestación de los individuos hembra dura 11 meses en promedio (Galaz & Gonzales, 2005).

### **2.1.4 Características de Pastoreo de Vicuñas**

Las vicuñas presentan algunas ventajas comparativas con respecto a las demás especies animales domésticas: Primero, pueden aprovechar satisfactoriamente las zonas marginales del pastizal, en comparación con las especies domésticas debido al mejor aprovechamiento de las especies menos palatables para el ganado bajo un régimen de pastoreo mixto (Lichtenstein *et al.*, 2002 y Hoffman *et al.*, 1983). Segundo, las vicuñas representan un banco genético para su propio mejoramiento el cual representaría una ventaja comparativa para el país debido a su mayor población con respecto a otros países andinos. Tercero, el impacto en la vegetación será menor con respecto a las demás especies debido a sus pezuñas almohadilladas, al corte de la biomasa por medio de dientes incisivos los cuales no arrancan la totalidad del matojo. Por último, al ser una especie endémica presenta mayor resistencia a las enfermedades por lo cual el manejo veterinario tendrá una menor participación en la estructura de costos.

## 2.1.5 Comportamiento Alimenticio

Las vicuñas prefieren zonas con abundante biomasa, cercanas a fuentes hídricas y asociaciones dominadas por gramíneas perennes tales como las del género *Calamagrostis* y *Festuca* (CONACS, 2005, citado por Pillaca, 2008). Dentro de la dieta de vicuñas se incluyen gramíneas de porte bajo, algunas especies herbáceas y algunas plantas almohadilladas, seleccionando las partes más suculentas lo que los caracteriza como animales selectivos en relación a sus congéneres (Hoffman *et al.*, 1983).

La digestibilidad de los pastizales en vicuñas puede llegar a ser un 20 por ciento mayor al que se presenta el ovino lo cual evidencia una mayor eficiencia por un mayor nivel de producción por hectárea hasta en 30% (Brack, 2003). Flores y Malpartida (1980) dan cuenta de la importancia del consumo voluntario de pastizales por los animales el cual es influenciado por el estado fisiológico del animal, la temperatura medioambiental, la humedad medioambiental, la palatabilidad del forraje y la proporción de pared celular en el forraje dietario.

El consumo voluntario de la vicuña es la cantidad de pasto disponible ingerido y es una función multivariable. Entre ellas se presentan la capacidad digestiva, la tasa de pasaje del alimento, la demanda energética-proteica de su organismo, palatabilidad del pastizal entre otros. Aparentemente, una mayor demanda de energía puede relacionarse con una mayor tasa de ingesta. No obstante, Amman *et al.*, (1973) citados por Wallmo *et al.*, (1977), indican que el incremento de la ingesta se limita luego de que el rumen se llene a una capacidad límite que en el caso de dietas, con alta proporción de fibra, se alcanza en menor tiempo.

La vicuña ingiere 1050 gramos de materia seca al día (g MS/día) en promedio (en base a una dieta de 60% de digestibilidad y 8% de proteína) (Hoffman *et al.* 1983). Flores (1991) plantea un modelo matemático para estimar dicho consumo:  $51.5 \text{ g/Kg } W^{0.75}$  lo que implicaría considerar la estructura de la población en estudio para mayor precisión. Galaz & Gonzales (2005), indican que el consumo promedio de una unidad vicuña (UV) se aproxima a 800 g MS/día para una vicuña promedio de 40 kg.

Se aplica generalmente un *factor equivalente* entre dos especies mediante la relación entre sus respectivas tasas de consumo de materia seca en el caso que las dietas fuesen las mismas para ambos (solapamiento total de dietas) (Borgnia, 2009). Hoffman *et al.*, (1983) indica que una unidad animal (1 UA) que consume 12 Kg MS/día equivale a ocho unidades vicuña. De ser así, una unidad vicuña consumiría 1.5 Kg MS/día. No obstante, Borgnia (2009) niega que exista un solapamiento dietario nulo, por lo que propone un *factor equivalente ajustado* de 7.11. Por lo tanto, el consumo diario de la vicuña bordearía 1.69 KgMS/día.

### **2.1.6 Requerimientos Nutricionales**

Diversos estudios reportados por Wallmo *et al.* (1977) sugieren que la cuantificación del requerimiento nutricional de herbívoros se modele bajo los conceptos de *tasa metabólica basal* (TMB) y *tasa metabólica en actividad* (TMA) en base a la estructura de la población. Además, Moen (1973) citado por Wallmo *et al.*, (1977) estiman que la proporción entre TMB y TMA, para venados de cola blanca, se encuentre entre 1.23 y 1.98 en función a las actividades que realice cada categoría de la población durante el pastoreo y llegaría hasta 2.3 para hembras en lactación. De manera similar, Hobbs *et al.* (1982) propone un método factorial en base a los costos energéticos de diferentes tipos de actividades diarias.

Los requerimientos nutricionales para vicuñas en cuanto a energía metabolizable y proteína cruda se estiman en base a un análisis factorial (Galaz & Gonzales, 2005). Este autor indica que una vicuña hembra con 40 kg de peso vivo en promedio demanda  $0.31 \text{ MJ/W}^{0.75}$  ( $74.04 \text{ Kcal/W}^{0.75}$ ) por día para mantenimiento corporal más un 40 por ciento adicional bajo condiciones de puna según San Martín (1991). De manera similar, Sinclair *et al.*, (2006) propone una tasa metabólica basal de  $70 \text{ Kcal/W}^{0.75}$  para diferentes grupos de mamíferos. Galaz & Gonzales (2005) añaden que la hembra en su último tercio de gestación demandaría adicionalmente 505.30 MJ durante 122 días y 624.70 MJ durante 274 días en el periodo de lactación lo que implica una demanda anual total de 3649.6 MJ/año (871.7 Mcal/año). En el caso del macho, con el mismo peso promedio, demandaría 10% más que la hembra. La cría de vicuña, consideradas entre seis meses y un año de edad, demandarían 984 MJ/año bajo un periodo de crecimiento de 183 días. En el caso de la vicuña juvenil cuya edad fluctúa entre uno y tres años de edad, demanda 2264.7 MJ/año en un periodo de crecimiento de dos años. En cuanto al requerimiento de proteína cruda, los mismos autores advierten que no hay estudios precisos, pero estiman que para una vicuña de 40 kg en promedio que no gesta ni

lacta, demanda aproximadamente 61.4 gramos por día en pastizales que contengan 7.7% de proteína cruda en promedio. Además, para crecimiento se demandaría 160 gramos por kilo de incremento de peso, para lactación se demandan 37.05 gramos por kilo de leche producida y para gestación se adiciona un 67% al requerimiento basal de la vicuña.

### **2.1.7 Competencia con el Ganado**

La vicuña como especie *generalista* en relación a las especies domésticas de crianza, las cuales son *especialistas*, se adapta mejor a las zonas sub-óptimas de pastoreo debido a una mayor adaptabilidad fisiológica. Además, tanto la vicuña como el ganado están espacialmente segregados siendo la primera a la que se le restringe el acceso al agua por el pastoreo del ganado en bofedales y cuerpos de agua. Asimismo, se presenta solapamiento dietario entre especies competidoras lo que requiere de ajustes para determinar la soportabilidad de un pastizal (Borgnia, 2009).

### **2.1.8 Fortalezas del Sistema de Manejo de Vicuñas**

La rentabilidad de la oferta de fibra de vicuña será viable en encierros o unidades productivas con una extensión superior a 1000 hectáreas y se alcanzaría su potencial si no se presentase pastoreo junto a especies domésticas (Brack, 2003). Según este autor, el intercambio genético se alteraría bajo extensiones de terreno menores a la indicada debido a la consanguinidad.

## **2.2 Ecosistema de Pastizal**

### **2.2.1 Definición**

El ecosistema de pastizal es el tipo de hábitat actual de la vicuña en el Perú. Galaz & Gonzales (2005) definen los pastizales como formaciones vegetales donde predominan los elementos provenientes del sistema natural. El sistema *puna seca-vicuña* se puede caracterizar como un sistema discontinuo (Hoffman *et al.*, 1983). Lichtenstein *et al.*, (2002) añaden que están dominadas por gramíneas de los géneros: Festuca, Stipa, Calamagrostis, Poa, etc. Tuppia (1991) afirman que estas especies botánicas se caracterizan por no poder

ser cultivadas debido a restricciones edáficas, topográficas y climáticas que son fuente de alimento para productores secundarios silvestres por medio del pastoreo.

### **2.2.2 Atributos climatológicos**

Existen ecosistemas de pastizal de dos tipos según su estabilidad: *relativamente estables* en productividad, estacionalidad, precipitación (en equilibrio) y *relativamente inestables* (Dikman, 1998). Para el caso peruano, las praderas naturales en puna húmeda presentan un rango de temperatura variable que fluctúa entre -10°C y 25°C según la estacionalidad, la humedad relativa promedio no supera el 50% (Galaz & Gonzales, 2005). Además, la precipitación promedio anual varía drásticamente por estaciones entre 100mm a 800mm según Flores y Malpartida (1980) y entre 250mm y 420mm según Hoffman *et al.* (1983). Estas características muy variables hacen inestables al ecosistema puna.

### **2.2.3 Clasificación de Comunidades Vegetales**

En las praderas naturales hay cuatro tipos o grupos funcionales principales de comunidades vegetales (ver Figura 1): gramíneas, gramínoideas (ciperáceas y juncáceas), hierbas y arbustos (Holechek *et al.*, 2001, citados por Galaz & Gonzales, 2005). Tupia (1991) pondera a las gramíneas con un 34.3%, a las rosáceas con 5.3% y a las leguminosas con 4.7% en Pampa Galeras. De otra manera, Flores (1997), identifica cinco tipos de pastizales en función al color, a la altura y a la composición florística de la vegetación: pajonales, césped de puna, bofedales, tolares y canllares. Pillaca (2008) demuestra que son los pajonales los de mayor aporte a la biomasa vegetal del pastizal, aunque son los bofedales los que presentan mayor preferencia relativa (palatabilidad) para camélidos sudamericanos.

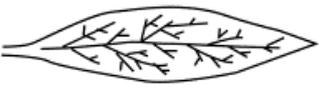
	Gramíneas	Pseudogramíneas		Hierbas	Arbustos
		Cyperáceas	Juncáceas		
TALLOS	 articulado vacío o hueco	 sólido no articulado	 sólido no articulado	 sólido	 anillos de crecimiento
Hojas	 venación paralela			 venación a manera de una red	
	 hojas de los 2 lados de la caña o tallo	 hojas en los tres lados del tallo	 hojas en los dos lados del tallo		
FLORES	 flósculo o flor	 masculino femenino		 generalmente de colores vivos	

Figura 1. Características de los principales grupos de plantas de las praderas (Fuente: adaptación de Galaz & Gonzales, 2005)

## 2.2.4 Problemática

La degradación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad son tendencias globales en los ecosistemas de pastizal. Brack (2002) advierte que la sobrepoblación de vicuñas presenta un serio problema cuando llega a sobrepasar la capacidad de carga de pastos altoandinos. Es peor cuando comparten los recursos forrajeros con el ganado. Flores (1998), citados por Lichtenstein *et al.* (2002), afirma que la desertificación de los suelos es el mayor problema en la puna debido al sobrepastoreo y al mal manejo de praderas.

### **2.2.5 Sitios de Pastizal**

La gestión de extensas áreas de pastizales necesita ser fragmentado idealmente debido a la heterogeneidad del ecosistema. Flores y Malpartida (1980) señalan que el ecosistema de pastizal es equivalente a sitio ecológico el cual representa una unidad de manejo en la terminología del manejador de pastizales y difiere del concepto de ecosistema natural debido a su finalidad productiva y económica. Un sitio, ceñido a los fundamentos ecológicos, es el área que se caracteriza por una combinación de factores edáficos, climáticos, topográficos y bióticos que son significativamente diferentes de las áreas colindantes e implican diferentes tipos de manejo para su uso racional (Hoffman *et al.*, 1983). El empleo de mapas cartográficos de sitios permitirá estratificar el manejo para prácticas de mejora en los pastizales (Shippey, 1965, citado por Florez y Malpartida, 1987).

## **2.3 Capacidad de Carga del Pastizal**

### **2.3.1 Definición e Importancia**

La capacidad de carga como un indicador del equilibrio ecológico el cual establece cuántos individuos pueden pastorear como máximo en una determinada área año tras año sin inducir retrogresión en la condición del pastizal (Hoffman *et al.*, 1983 y Lichtenstein *et al.*, 2002). Se suele confundir este concepto, como principio ecológico, con la capacidad de pastoreo puesto que el manejo técnico con la intervención del hombre bajo un propósito económico no es un fenómeno “natural” (Hoffman *et al.*, 1983). Asimismo, se diferencia de la carga animal ya que éste es un concepto que alude al número de animales que pastorean en un sistema durante un periodo determinado (Macagno *et al.*, 2005, citado por Borgia 2009) y determina que parte del forraje disponible será consumido (Hanselka *et al.*, s.f.). Hurd *et al.*, (2007) ponderan a la carga animal como el principal factor que determinará el nivel de producción del ganado, por consiguiente, de la rentabilidad económica. Giles (1978), citado por Dikman (1998) define a la capacidad de carga, con mayor precisión, como la biomasa de calidad, especificada por el usuario, de especies particulares, bajo influencia de restricciones sociales, en el cual un área particular con objetivos especificados por el usuario, suplirá los requerimientos energéticos y fisiológicos en un periodo determinado. Esta definición ha encontrado aplicación en el manejo de áreas áridas y semi-áridas del mundo a

principios del siglo pasado en Estados Unidos por los administradores de pastizales (Dikman, 1998).

Su importancia radica en constituir una herramienta de planificación y manejo la cual constituye la base de varias intervenciones de propuestas de desarrollo diseñadas para asegurar la producción sostenible de ecosistemas de pastizal mediante planes de manejo que consideren simultáneamente la especie y su hábitat (Lichtenstein *et al.*, 2002). Borgnia (2009), afirma que realizar estimaciones de capacidad de carga será indispensable para la conservación y el manejo dentro de áreas protegidas, y en particular en los ecosistemas altiplánicos cuyo principal problema es la desertificación. Desde el punto de vista económico, Kreuter y Workman (1994), citados por Dikman (1998) manifiestan que como parte de evaluaciones económicas *ex-ante*, se realiza para implementar ranchos comerciales los cuales aplican el concepto de capacidad de carga para definir el número de animales permitidos en áreas no habitadas. Por ejemplo, el gobierno de Zimbabwe implementó un programa de disminución de carga animal en ranchos comerciales mediante la redistribución de ganado y comunidades hacia el cuerno del continente africano debido a inundaciones frecuentes en base al cálculo de capacidad de carga como soporte científico (Scoones, 1992 y Unruh, 1993, citados por Dikman, 1998). No obstante, estos autores señalan que no se tomó en cuenta la dimensión social del programa debido a la ponderación errónea del sobrepastoreo como principal agente de deterioro de los pastos en un ecosistema inestable (no-equilibrio) lo cual resultó incongruente. Bell (1985), citado por Dikman (1998), sostiene que es insensato discutir el problema del sobrepastoreo sin conocer el contexto del sistema de manejo en una base socioeconómica determinada.

### **2.3.2 Problemática**

El concepto de capacidad de carga fundamentada en la sucesión ecológica no es extrapolable totalmente a todos los pastizales debido a que en ecosistemas muy variables (no-equilibrio), el sobrepastoreo no sería la principal variable del deterioro en la condición y la productividad del pastizal (Dikman, 1998). El concepto de capacidad de carga estable para cérvidos en valles de altura estadounidenses no sería realista cuando solo se tiene en cuenta la productividad del pastizal (Wallmo *et al.*, 1977). Por ello, Hobbs *et al.*, (1982), advierten que la capacidad de carga deberá ser un fenómeno dinámico en lugar de ser uno estático. Asimismo, la capacidad de carga deberá ser concebida como parte de una herramienta

flexible de manejo de praderas en lugar de ser una constante que se mantenga a largo plazo si se desea mejorar la eficacia de los pronósticos climatológicos (Hurd *et al.*, 2007)

### **2.3.3 Estimaciones Referenciales**

La determinación de la capacidad de carga no suele ser precisa para el caso de animales silvestres por lo que su aplicación en forma adecuada resultará muy valiosa (Hofmann *et al.*, 1983). Sin embargo, a modo de referencia, se tiene estudios que reportan capacidades de carga para vicuñas en puna. Braun Wilke & Guzman (2003), citados por Borgnia (2009) plantean una capacidad de carga de 0.8 UV/ha/año como óptima en la puna argentina. Hoffman *et al.*, (1983) proponen que en pastizales bajo condición pobre no se exceda a 1 vicuña/3-5ha/año. Sotelo (1980), citado por Terrel (2012) encontró un valor promedio de 0.33 vicuñas/ha/año. Florez y Malpartida (1987) determinaron una carga óptima de 0.54 unidades vicuñas por hectárea en sitios de condición pobre y muy pobre en Pampa Galeras, mientras que, Tuppia (1991) registran para los años 1984, 1985 y 1986 capacidades de carga de 0.80, 0.66 y 0.83 respectivamente para el mismo lugar. Por su parte, Lichtenstein *et al.*, (2002) estimaron la capacidad de carga entre 0.33 y 0.4 vicuña/ha/año. Castellaro (2000), citado por Galaz & Gonzales (2005), señala un rango entre 0.49 y 1,28 UV/ha/año para bofedales méxicos y 1.5 UV/ha/año para bofedales hídricos en Chile. Borgnia (2009), en base a un método basado en una regresión precipitación-biomasa, establece un promedio de 0.165 UV/ha/año bajo alta precipitación pluvial en un régimen de sobrepastoreo también en Chile. Por otra parte, Rabinovich *et al.*, (1991), citados por Borgnia (2009), indican un valor de 0.079 UV/ha/año en el mismo lugar en años anteriores.

### **2.4 Métodos para Estimar la Capacidad de Carga**

Existen diversidad de metodologías y procedimientos para estimar la capacidad de carga para especies silvestres como medida de conservación. Cada uno presenta fundamentos y enfoques diferentes los cuales pretenden ser representativos y reproducibles en el campo (Hoffman *et al.*, 1983). Existen varios métodos de evaluación de biomasa y nutrientes del pastizal, pero algunos no han sido aplicados aún en la evaluación de pastizales a gran escala (Wallmo *et al.*, 1977).

### **2.4.1 Unidades Vicuña y sus Limitaciones**

La capacidad de carga suele expresarse en unidades animales por hectárea en un periodo de tiempo (Hoffman *et al.*, 1983). La capacidad de carga es una variable que fluctúa en función del tiempo. La unidad animal es la representación abstracta de un vacuno hembra de 454 kilogramos en fase de lactación cuyo consumo alcanza 12 kilogramos de materia seca por día. Tupia (1991). Hoffman *et al.*, (1983) y Borgnia (2009) señalan que pueden realizarse conversiones a unidades vicuña ya que una unidad animal equivale aproximadamente a ocho unidades vicuña. La unidad vicuña equivale a 38.5 kilogramos de peso vivo como promedio de la estructura de su población (Hoffman *et al.*, 1983). Por otro lado, Borgnia (2009) y Galaz & Gonzales (2005), establecen que una vicuña adulta pesa aproximadamente 40 kilogramos. Bedell y Cox (1994) y Borgnia (2008) señala que la convertibilidad de unidades entre especies no es directa al considerar que dos herbívoros en comparación podrían presentar distinta preferencia por ciertos tipos de forraje o presentar solapamiento dietario.

Existen tres razones por las cuales el cálculo de la capacidad de carga podría llevar a estimaciones imprecisas (Dikman, 1998). Primero, su determinación por consumo de materia seca no considera a la densidad de la comunidad vegetal ni a las variaciones del peso vivo del animal. Segundo, la medida o estimación de la biomasa forrajera en época de lluvias subestimaría la influencia del pastoreo en proceso. Por último, el factor de uso podría duplicar o reducir a la mitad el estimado de la capacidad de carga. En base a esto, es común observar que la capacidad de carga sea excedida y que a la vez permita una producción sostenible por varios años paradójicamente (Scoones, 1989, citado por Dikman, 1998). Sería necesario indicar que la dificultad para estimar la capacidad de carga implica que deba evaluarse los componentes del ecosistema de pastizal para una mayor precisión.

## 2.4.2 Método del Factor de Uso

La producción forrajera presenta elevada variabilidad puesto que depende de factores abióticos intrínsecos al ecosistema pastizal. Esta producción está sujeta al régimen de precipitación pluvial en una zona determinada (Florez y Malpartida, 1987). La mayor producción se observa durante el periodo de lluvias en comparación a la correspondiente del periodo seco (Amanzo, 2005; citado por Pillaca, 2008). Asimismo, el mismo autor señala que a una mayor pendiente del terreno le corresponderá una menor productividad puesto que generará pérdida de suelo por erosión y pérdida de agua por escorrentía superficial. Es decir, la pendiente del suelo se correlacionaría con la productividad puesto que son magnitudes proporcionalmente inversas. Por otra parte, según Hoffman *et al.*, (1983), el pastizal disponible determinará la tasa reproductiva de los grandes herbívoros. Por lo tanto, este método asume que la materia seca del forraje disponible será el parámetro fundamental para estimar la capacidad de carga por ser un factor limitante en el crecimiento de la población de la vicuña como la disponibilidad de agua (Flores y Malpartida, 1987 y Hoffman *et al.*, 1983). Heady y Heady (1982) citados por Tuppia (1991), indican que la relación entre disponibilidad de pasto y demanda del animal se le denomina *presión de pastoreo*. Esta relación puede resultar arbitraria puesto que es difícil diferenciar la disponibilidad de pasto con el consumo efectivo del animal (Hoffman *et al.*, 1983). Galaz & Gonzales (2005) reportan que no están disponibles mediciones de producción anual de materia seca de las praderas en Chile. Por ello, Borgnia (2009), recomienda medir la disponibilidad forrajera del pastizal con el fin de profundizar las investigaciones.

Para distinguir ciertos conceptos, la productividad del pastizal es el indicador de la biomasa vegetal que mide la cantidad de producción anual del pastizal y se expresa en KgMS/ha/año (Pillaca, 2008 y Terrel, 2012). La *productividad primaria aérea neta* (PPAN) es un indicador que estima la cantidad de la fracción de biomasa vegetal que aparece sobre el suelo y que está disponible para los herbívoros. Por último, la *disponibilidad forrajera* es la fracción de la PPAN que es consumida por una determinada especie herbívora.

Flores *et al.*, (2005) citado por Pillaca (2008) estimaron la disponibilidad de forraje en 2763.60 KgMS/ha/año como promedio para pastizales con asociación predominante de Festuca - Calamagrostis durante el periodo de sequía. Terrel (2012) pudo estimar una producción primaria aérea neta de 2914.30 KgMS/ha/año como promedio en la unidad

productiva Conocancha de la SAIS Pachacútec. Por su parte, Pillaca (2008) indica que dicho indicador promedio resultó 6610.40 KgMS/ha/año en un encierro de vicuñas perteneciente a la comunidad de San Antonio de Rancas del cual 3564.90 KgMS/ha, 1340.30 KgMS/ha y 1340.60 KgMS/ha correspondieron a pajonales, césped de puna y bofedales respectivamente. Chancayauri (1989), por su parte, estimó una producción de 540 KgMS/ha para la U.P. Conocancha.

La disponibilidad de pasto como elemento disponible para su asimilación por los productores secundarios presenta ciertas restricciones por las cuales el herbívoro no podrá consumirla en su totalidad (Hoffman *et. al.*, 1983). Tales restricciones, según este autor, tienen que ver tanto con la conservación de la biomasa forrajera como con los hábitos etológicos del herbívoro. Entre las principales se presentan: el *factor verdor*, el *factor forrajero* (relacionado con la disponibilidad forrajera), el *factor de uso* y el consumo voluntario de las vicuñas. Si se descuenta a la PPAN estos factores, se podrá estimar el forraje utilizable que el herbívoro consume. Si bien la biomasa vegetal está compuesta de diferentes especies vegetales, la eficiencia de su utilización dependerá de los factores climáticos en respuesta a su crecimiento (Terrel, 2012).

El factor verdor o material verde es la proporción de biomasa vegetal que corresponde a la producción del total de la biomasa forrajera que corresponde al año en evaluación. Pillaca (2008) distribuye este factor en tres tipos de hábitat: pajonal, césped de puna y bofedal. Los valores que encontró fueron 65.4%, 73.7% y 70% respectivamente en San Antonio de Rancas. Asimismo, el factor verdor promedio, solo para el encierro de Rancas, fue 69.70%. Terrel (2012) indica un factor verdor de 63.25% como promedio para toda la unidad productiva Conocancha.

El factor o índice forrajero es el porcentaje de la biomasa vegetal descontada del factor verdor constituida por especies deseables y poco deseables (Flores y Malpartida, 1980). Es decir, la proporción de la producción efectiva del año en evaluación que es incluida en la dieta de vicuñas. Generalmente, se debería obtener como parte del censo de vegetación para determinar la condición del pastizal. Terrel (2012) estima un promedio de 69.90% para el caso de Conocancha. Pillaca (2008) encontró valores mayores para pajonales, césped de puna y bofedales con 71.3%, 76.5% y 89.3% respectivamente. Además, la misma autora

encontró un índice forrajero promedio de 87.30% para el caso del encierro de San Antonio de Rancas.

El factor de uso es un indicador de la presión de pastoreo el cual se concibe con el fin de asegurar una cobertura vegetal mínima del suelo para su posterior recuperación (Hanselka *et al.*, s.f.). Su valor deberá mantenerse entre 50 y 60 por ciento de la producción forrajera anual para el caso de puna seca (Hoffman *et al.*, 1983). Paralelamente, Florez y Malpartida (1987) señalan que en la puna seca se podrá utilizar de 50% a 80% de la producción anual de forraje, aunque en general, no se debe sobrepasar una utilización del 70% en puna seca. Sin diferir, Hanselka *et al.*, (s.f.) propone una utilización del 50% de la producción anual la cual representaría una carga animal moderada en el caso de ganado asumiendo una eficiencia de cosecha del 25% de dicha producción. Hurd *et al.*, (2007) propone un valor de 40% para pajonales. Si bien se dispone de valores referenciales, se sugiere comparar en campo la porción del forraje que fue utilizado efectivamente y el remanente destinado a la cadena del detrito (Hoffman *et al.*, 1983).

### **2.4.3 Método Basado en la Condición del Pastizal**

Este método toma como fundamento la teoría de la sucesión ecológica y los ensayos de carga. Con respecto a la sucesión ecológica, Flores y Malpartida (1987) explican que esta teoría afirma que cada ecosistema atraviesa una sucesión vegetal durante su formación. Una sucesión vegetal es el proceso unidireccional por el cual una asociación particular de especies sustituye a otra. Ésta puede ser primaria o secundaria siendo ésta última la que puede ser modificada mediante manejo puesto que no está condicionada por la naturaleza (Florez y Malpartida, 1987 y Pillaca, 2008).

De acuerdo a Flores (1997), la condición de un pastizal es el estado de salud del campo en un punto en el tiempo. Terrel (2012) argumenta que la estimación de la condición de un pastizal tiene fundamentos ecológicos porque compara la producción primaria en un instante con su potencial. Es decir, la condición ecológica de un sitio sería la comparación entre el estado del sitio ecológico en un instante y el estado en el cual el sitio alcance su máximo desarrollo o *clímax*. Bedell y Cox (1994) y Florez y Malpartida (1987) enfatizan el discernimiento entre los conceptos de condición ecológica y condición del pastizal en base a que el *clímax* ecológico de un sitio no necesariamente admitirá especies palatables para

una especie animal, es decir, el clímax ecológico no será necesariamente el objetivo de manejo de un pastizal. En suma, la condición de pastizal es la productividad de tejido vegetal útil en un momento determinado en relación a la productividad potencial del sitio (Stoddart y Smith, 1955 citados por Terrel, 2012).

La USDA Forest Service (2009), citado por Ruyle y Dress (2010), define el inventario de pastizales como la toma de datos de un área para determinar la condición, valor y propósitos específicos sea para planificación, evaluación o administración. Bedell y Cox (1994) sugieren que los administradores de tierras públicas en usufructo deben cooperar en un programa de monitoreo en base a los recursos botánicos que se presenten. Para ello, estos autores afirman que se debe contar con un inventario sobre información de recursos presentes y potenciales para establecer líneas de base y objetivos de manejo.

Dyksterhuis (1949), citado por Flores y Malpartida (1980), popularizó la clasificación tradicional de especies vegetales en tres categorías: plantas deseables o decrecientes, plantas poco deseables o acrecentantes y plantas indeseables o invasoras. La proporción entre estas categorías en un sitio dependerá de la especie animal en estudio, de la época del año y de la intensidad de pastoreo por lo que la respuesta de cada sitio ante estos factores será diferente (Flores y Malpartida, 1980).

Con respecto a los ensayos de carga, la evaluación de la condición del pastizal toma como referencia las experiencias en campo para estimar la capacidad de carga inicial de un sistema (Florez y Malpartida, 1987 y Flores, 1997). Los resultados de estos ensayos (ver Cuadro 1) fueron producto de largos años de experiencias en las praderas altoandinas de Chuquibambilla (Terrel, 2012). La capacidad de carga óptima será aquel punto en que la curva de producción animal individual cruce a la curva de producción por hectárea (Terrel, 2012). Este método permitiría evaluaciones ecológicas de áreas extensas en un periodo relativamente corto (Florez y Malpartida, 1987).

### **Cuadro 1: Relación entre condición del pastizal y capacidad de carga.**

<b>Condición</b>	<b>Puntaje (%)</b>	<b>Capacidad de carga (UV/ha/año)</b>
Excelente	100-81	4.44
Bueno	61-80	3.33
Regular	41-60	1.65
Pobre	21-40	0.55
Muy pobre	0-20	0.28

FUENTE: Florez y Malpartida, 1987

Se debería discriminar áreas con diferente composición florística y productiva en: estepas gramíneas (sic), estepas arbustivas, etc (Borgnia, 2009). De esta manera, se incrementaría la precisión de la metodología ya que estos tipos de hábitat determinarían capacidades de carga diferentes.

Este método fue concebido como “un método para medir la tendencia en la condición de un pastizal presente para bosques de Estados Unidos” (Parker, 1951 citado por Ruyle & Dyess, 2010). Es una de las metodologías más utilizadas para la determinación de la capacidad de carga. Según Bailey (1984); citado por Pillaca (2008), se requiere conocer los requerimientos de hábitat de los animales silvestres para identificar, juzgar y mejorar los factores limitantes del hábitat como estrategia del manejo. Asimismo, este autor explica que los animales silvestres suelen concentrarse en áreas en las cuales los tipos de vegetación son más numerosos y dispersos. Este modelo asume que todos los sitios pueden alcanzar la condición de excelente (Flores y Malpartida, 1980). Sin embargo, estos autores contraponen que esto es irreal en la práctica, bajo cualquier sistema de explotación, por lo que sería adecuado precisar que la condición pueda mejorar, pero no alcanzar su potencial necesariamente.

Se presentan cuatro índices utilizados en la evaluación de la condición de un pastizal: especies decrecientes, índice forrajero, conjunto suelo desnudo-roca-pavimento de erosión y el índice de vigor mediante la determinación de la composición florística Florez y Malpartida (1987). La composición florística es el inventario del hábitat que se lleva a cabo en las praderas la cual se basa en la clasificación. Proporciona un perfil de los fenómenos

ecológicos que se presentan mediante diversos métodos pero que deberán ser tomados al comienzo del análisis de la vegetación (Hoffman *et al.*, 1983).

Para estimar el índice de vigor, se utilizan especies clave en estado clímax como patrón de comparación (Ruyle y Dyess, 2010). Una especie clave son aquellas especies vegetales características de un sitio que permiten reconocer e identificar las comunidades en una pradera pero que podrían perder su valor de diagnóstico fuera de su sitio original (Hoffman *et al.*, 1983). En el caso de vicuñas se toma como especies clave a *Calamagrostis vicunarum* y *Alchemilla pinnata*, *Festuca rigescens* y *Nazella brachyphylapor* por su alta deseabilidad y disponibilidad (Terrel, 2012 y Vallejos 1975). Generalmente, el vigor de la planta está asociado con la intensidad de pastoreo (Florez y Malpartida, 1987).

Existen cinco categorías de clasificación del pastizal: (1) Excelente, (2) Bueno, (3) Regular, (4) Pobre y (5) Muy pobre (Flores, 1997). Un pastizal de condición excelente tiene un índice forrajero de 100 a 76%, un pastizal de condición buena tiene entre 75 a 51%, un pastizal de condición regular tiene entre 50 y 26% y un pastizal de condición pobre tiene menos de 25%. En base a ello, se toma como referencia una carga inicial o de referencia en base a los ensayos de carga comentados anteriormente. Este mismo autor señala que la presión por obtener mayores recursos del pastizal conduce a sobrepasar la capacidad de carga en regiones cuyas condiciones socioeconómicas son de extrema pobreza en el Perú.

Se han obtenido valores reportados de condición de pastizal para praderas de un encierro de vicuñas en Pasco y la SAIS Pachacutec en Junín. Flores y Malpartida (1987) indican que se encontró que la mayoría de sitios en la U.P. Conocancha eran de condición buena para alpacas de 33 sitios en total. Según el reporte de la DGFFS (2012), la región Pasco dispone de 28.6% de pastizales en condición buena para vicuñas y 71.4% en condición regular. Por otro lado, según el mismo reporte, la región Junín cuenta 44.3% de pastos en condición buena, 48.9% en condición regular y 6.8% en condición pobre. Pillaca (2008) evaluó que la condición de los sitios dentro de un encierro de vicuñas en San Antonio de Rancas fue considerada buena para tres tipos de hábitat.

#### 2.4.4 Método Nutricional

Se debe conocer los requerimientos nutricionales del herbívoro en estudio ya que permitirá una evaluación del hábitat más realista que las metodologías basadas en la disponibilidad de forraje (Wallmo *et al.*, 1977). La evaluación del hábitat se basa en la cuantificación de la disponibilidad de nutrientes (energía y proteína principalmente) y su disponibilidad ofrece una alternativa más lógica para la evaluación de pastizales en comparación con los métodos tradicionales basados en especies clave (Hobbs *et al.*, 1982 y Wallmo *et al.*, 1977). Florez y Malpartida (1987) sugieren que deba evaluarse el nutriente más limitante en el forraje para la producción animal para poder establecer mejoras en el manejo. McCall *et al.*, (1997) y Castellaro (2007) indican que los análisis químicos son necesarios para el procedimiento.

Se establece un estimado de demanda energética en base a categorías de la población y estadios fisiológicos (Galaz y Gonzales, 2005), Los requerimientos nutricionales del ganado no son fijos, sino que cambian de acuerdo a la edad, el estado fisiológico y la capacidad productiva del animal (Florez y Malpartida, 1987). San Martín (1991) indica que la estimación de energía requerida para alpacas es de 1540 Kcal EM/KgMS, (6.447 MJ EM/KgMS) en general. Para alpacas gestantes asciende a 1853.20 Kcal EM/KgMS. Desde otra perspectiva, Castellaro (2007) indica que para vicuñas el requerimiento diario es de 2386.07 Kcal/día. De manera más detallada, Galaz & Gonzales (2005) establece que vicuñas hembra en lactación y gestación demandan 2386,07 Kcal/día, vicuñas machos demandan 1812.84 Kcal EM/día, vicuñas cría demandan 643.69 Kcal/día y vicuñas juveniles demandan 1480.84 Kcal EM/día.

La energía que circula por los diferentes niveles tróficos de un pastizal no sería la que limita la abundancia de sus herbívoros sino la cantidad de nitrógeno en el caso especial de hembras gestantes y/o lactantes (Hoffman *et al.*, 1983). Asimismo, exponen que un tipo de adaptación para consumir mayor cantidad de proteína, en áreas marginales, es la ingesta preferencial de brotes frescos y las puntas tiernas de las plantas. Por ello, Hobbs *et al.*, (1982) establecen un porcentaje mínimo de proteína cruda de 3.5% para especies vegetales que consumen los cérvidos, puesto que así, se evita un desbalance mayor en la estimación de proteína disponible de praderas en Norteamérica. San Martín (1991) indica que el requerimiento estimado para alpacas en puna es 7.9% del peso seco del forraje según el método factorial mientras que según el método de balance de nitrógeno lo restringe a un 6.3%. De esta

manera, la relación entre capacidad de carga y calidad nutricional del forraje será mayor puesto que la calidad de dieta estaría más relacionada al contenido de nutrientes del alimento individual que al de la disponibilidad general de nutrientes (Hobbs *et al.*, 1982).

Las principales variables a estimar comprenden: contenido de energía, contenido de nitrógeno (proteína cruda), digestibilidad in vitro, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida en relación a la estación del año, la carga herbívora presente, la condición del pastizal, etc. (Hoffman *et al.*, 1983). Flores y Malpartida (1980) sugieren la determinación del análisis de constituyentes de pared celular (FDA y FDN) mediante la técnica de Van Soest, el análisis proximal de Weende para determinar el contenido de nitrógeno y la determinación de la digestibilidad in vitro mediante la metodología de Tilley y Terry. El contenido crítico de proteína de las dietas no deberá ser menor al 7% de la ración según Flores y Malpartida (1980). En pastos maduros de praderas altoandinas se observó que la digestibilidad de materia seca rondaba 57.60% para *Calamagrostis trichophylla* a *Muhlenbergia ligularis*.

Existe la necesidad de observar el comportamiento de las vicuñas en el campo y determinar el valor nutritivo en la época de emergencia de los pastizales andinos correspondiente al mes de octubre según Florez y Malpartida (1987). Un criterio a tomar en cuenta es que la composición química de la planta está en función a una estructura determinada (hoja, tallo, macollo) lo que le genera una relación estrecha con su nivel de digestibilidad, palatabilidad y nutrientes esenciales. Por ello, el análisis químico en dietas de herbívoros proporciona información limitada bajo una estructura anatómica solamente o si no prima el gusto del animal en la definición de la dieta (Hoffman *et al.*, 1983). Por otro lado, el grado de aprovechamiento de los nutrientes es más complejo de predecir que un análisis químico (Florez y Malpartida, 1987).

El consumo voluntario tiene una mayor correlación con raciones con más de 60% de contenido de pared celular, por ello, será mejor estimar el consumo voluntario en condiciones normales con aquellas raciones que no presenten más de 60 por ciento de contenido de pared celular (Florez y Malpartida, 1987). Por su parte, Wallmo *et al.*, (1977) encontraron un rango del contenido de celulosa de 37 a 47 por ciento en pajonales vs. 19-32 por ciento en arbustivas y la lignina oscilaba de 18 a 25 por ciento vs. 5-6 por ciento respectivamente. Además, encontró una digestibilidad *in vivo* de materia seca promedio de 42 por ciento para los pajonales en febrero. Los pastos fibrosos presentan un valor energético

promedio de 4500 kcal/kg (Cook, 1971; Mautz *et al.*, 1974; Swift, 1957; citados por Wallmo *et al.*, 1977). El estudio de Alzérreca *et al.* (2001), indica un rango en proteína cruda de 7.4 a 21% y un rango de 1777 a 2384 Kcal/KgMS para especies vegetales que constituyen a los bofedales. Chancayauri (1999) encontró que durante la época de lluvias un nivel de energía metabolizable del pasto de 1879.71 Kcal/KgMS, un nivel de proteína cruda de 8.7% y un nivel de digestibilidad de materia seca (DIVMS) de 49.2% en pastos de la U.P. Conocancha.

Los resultados de la estimación de capacidad de carga mediante la oferta nutricional de los pastizales deben ser revisados como una orientación y una primera aproximación (Castellaro, 2007). Esto se debe a que los datos empíricos para estimar la producción de la biomasa forrajera del pastizal y los requerimientos energéticos de las vicuñas no son lo suficientemente precisos por el momento. A modo de cautela, Hoffman *et al.*, (1983) afirma que el valor nutritivo no es un dato absoluto e infalible que se obtiene de un análisis de laboratorio. Asimismo, Florez y Malpartida (1987) advierten que inclusive es usual que no se tome en cuenta el costo de tales análisis, por lo cual, será importante saber cuándo realizarlas definiendo *a priori* el sistema de producción de utilización del forraje más los factores nutricionales limitantes para la producción, el conocimiento previo del forraje y las inferencias que puedan hacerse con los resultados.

Se calculó un estimado de la capacidad de carga para dos tipos de hábitat: pajonales y bofedales con esta metodología (Castellaro, 2007). Los resultados oscilaban entre 0.02 y 0.013 UV/ha/año para el primer tipo de hábitat, mientras que en bofedales oscilaba entre 1.21 y 1.64 UV/ha/año. Alzérreca *et al.* (2001), por su parte, encontró para tres tipos de bofedales una fluctuación entre 1.99 y 5.31 UV/ha/año lo cual es considerado por el autor como relativamente alto. Sin embargo, no se encontró un reporte para el caso de pajonales. Además, señalan Hobbs *et al.*, (1982) que la estimación de capacidad de carga en base al nitrógeno presentó mayor variación anual que en base a la energía disponible.

#### 2.4.5 Comparación entre métodos

Una comparación entre metodologías será importante puesto que se presentan recursos limitantes. Por ello, Bedell y Cox (1994) sugieren que un plan de manejo de pastizales que abarca varias unidades de área (acres), implica que el monitoreo sea realizado con precisión, exactitud y de amplio alcance para ser balanceado con el presupuesto disponible y el personal. Asimismo, Dysterhuis (1958), citado por Florez y Malpartida (1987), sugiere que el trabajo más eficiente de un administrador de recursos naturales está en función de la evaluación del ecosistema en conjunto antes que considerar solamente los animales y la vegetación que ellos consumen.

La condición del suelo y de la vegetación están altamente ligados al crecimiento de las plantas (Pillaca, 2008). Además, existe una relación estrecha entre la pérdida directa del suelo por erosión y la disponibilidad de forraje (Hellin, 2004, citado por Pillaca, 2008). No obstante, Frost y Smith (1991), citados por Pillaca (2008), en un estudio realizado al sur de Arizona, afirman que no hubo alguna relación entre la condición del pastizal y la productividad debido a que la evaluación de la condición de pastos, basado en la teoría de sucesión ecológica, no modificaría la disponibilidad de forraje necesariamente. Por ello, la condición no debería ser confundida con la disponibilidad de forraje puesto que ésta puede ser un reflejo de una condición climática puntual y no ser relativa (Stoddart y Smith, 1955, citados por Terrel, 2012). Por otra parte, McCall *et al.*, (1997) han establecido una comparación entre métodos para estimar la capacidad de carga comparando costos y similitud entre la estimación de la oferta nutricional versus la materia seca del pastizal. De este modo, se determinó que no hay diferencia entre ambas técnicas para ese estudio siendo mejor emplear la de menor costo (en base a la materia seca del forraje disponible).

## **2.5 Factores que afectan la Capacidad de Carga**

### **2.5.1 Medio Ambiente**

La capacidad de carga depende de factores ambientales relacionados con el tipo de suelo, topografía, condiciones climáticas (temperatura, vientos, precipitaciones) y composición de la vegetación (Rabinovich *et al.*, 1991, citados por Borgnia 2009). Asimismo, indican que la productividad del pastizal es estacional y dependerá de la variación climática (precipitación pluvial, temperatura, radiación y humedad relativa). Por ello, la cantidad y calidad del forraje variarán con el tiempo modificando la capacidad de carga de un potrero (Esqueda *et al.*, 2011). Sostienen Hurd *et al.*, (2007) que los diferentes tipos de sitios ecológicos difieren en su nivel de resiliencia o capacidad para recuperarse de los impactos del pastoreo por lo que factores como la composición florística, el clima, el tipo de suelo, la pendiente del suelo, el aspecto y la presión de la fauna determinan dicho nivel y la utilización potencial de las plantas deseables. Por su parte, Flores (1991) menciona que la respuesta de la vegetación a la presión de pastoreo en un sitio ecológico expresado por la proporción de plantas decrecientes, acrecentantes e invasoras influirá en el ajuste de la carga animal lo que influirá en la soportabilidad del pastizal.

### **2.5.2 Especie Animal**

Los herbívoros presentan distintos hábitos alimenticios y su selectividad sobre ciertos grupos funcionales jugará un rol influyente en la estimación de la capacidad de carga porque determinan que porcentaje de forraje disponible será consumido (Esqueda *et al.*, 2011). Este autor también incluye el consumo voluntario de pasto y el tipo de animal pues influyen a través de la intensidad de pastoreo puesto que una carga pesada disminuirá la disponibilidad de especies palatables y la caracterización nutricional del pasto para cada individuo lo cual incrementará el tiempo de pastoreo y disminuirá la productividad del pastizal. El sistema de manejo de la población animal también puede influir en la capacidad de carga porque puede modificar la eficiencia con la cual los animales transformen el forraje y la uniformidad de uso del espacio. (Alberta Sustainable Resource Development, 2004). Por ello, Esqueda *et al.*, (2011) sugieren que se instalen módulos de manejo autosustentable para animales silvestres para así descontar el efecto del solapamiento dietario con el ganado.

### **2.5.3 Cambio climático**

Asimismo, es importante resaltar que el mismo autor indica que el cambio climático también afecta a la capacidad de carga de un pastizal debido a una mayor variabilidad en la distribución de las precipitaciones y dificultades para la toma de decisiones en relación al manejo ante una mayor incertidumbre climatológica. Tal como afirman Dikman (1988) y Scoones (1989), el ecosistema de pastizal al presentarse como sistema en desequilibrio pierde causalidad con el sobrepastoreo como el principal factor de degradación de praderas y como línea de base para su posterior recuperación. El cambio climático presenta impactos sobre el cambio en la biomasa y la composición florística, el decrecimiento del factor de uso y de la materia orgánica por menor precipitación y humedad relativa y el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos tales como heladas, impactos que convergen en impactos negativos sobre la producción pecuaria (Pillaca, 2008).

## **2.6 Relación económica con la capacidad de carga**

### **2.6.1 Valoración económica del pastizal**

La valoración económica de los pastos naturales se enfoca en la productividad por hectárea y no en la productividad por animal por el mayor rendimiento económico del primero que se presenta (Calle, 1982 y Scoones, 1989). Asimismo, Calle (1982) mide cuantitativamente esta proposición al comparar, en condiciones similares, una carga pesada y una carga ligera de alpacas y sus respuestas productivas respectivas en términos de lana y carne. Si bien una carga animal ligera tiene un efecto depresivo en la productividad individual no sucede así en la productividad por hectárea puesto que ésta se incrementa según el estudio que indica. Se deduce que, si se valora la productividad por animal por hectárea, se considera la relación pastizal-herbívoro en términos de eficiencia. Florez y Malpartida (1987) también indican que la evaluación del sistema de pastoreo tiene que hacerse en términos del producto animal por hectárea. Calle (1982) apunta acertadamente que esta valoración es compatible con países como el nuestro que presentan déficit de áreas agrícolas aprovechables lo cual vuelve imperativo su aprovechamiento máximo. No obstante, Esqueda *et al.*, (2011) advierten que el sacrificio de la productividad individual a favor de la productividad por hectárea no será económicamente viable por un periodo más largo.

## 2.6.2 Dinámica económica de la capacidad de carga

La presión de pastoreo es la principal variable que influye sobre la performance animal, la productividad por animal y la productividad por unidad de área (Wilson y Macleod, 1991). La presión de pastoreo es la relación entre la demanda de forraje por parte del ganado con la oferta del forraje (Hanselka, *et al.*, s.f.). Ahora, si la carga animal se incrementa a corto plazo, aumentará la productividad animal por hectárea hasta llegar a un óptimo biológico para luego descender, debido a una menor disponibilidad de forraje por individuo a causa de un decreciente factor de uso a largo plazo (Wilson and Macleod, 1991 y Scoones, 1989). Calle (1982) sostiene que, en una primera fase, el incremento de la productividad por hectárea se incrementa con la carga animal por una mayor recolección bucal de los pastos con alto valor nutritivo. Paralelamente, él indica que bajo cargas muy ligeras se subutiliza nutricionalmente los pastos debido a la sobremaduración de éstos. Por otro extremo, el mismo autor explica que el declive de la productividad por hectárea luego de alcanzado el tope, se debe a la subutilización de los pastos cosechados por un excesivo número de bocas en competencia traducido en ineficiencia de la cosecha. De esta manera, si se sobrepasa el límite de una carga animal adecuada para la pradera, no será conveniente seguir incrementándola.

Se presenta un dilema en el manejo extensivo de animales al incrementar el factor de uso y la productividad animal de manera simultánea lo cual no es posible debido a restricciones ecológicas que quizá no se tomen en cuenta Briske y Heitschmidt (1991). Surge entonces la necesidad de determinar la capacidad máxima de carga que mantenga ambas respuestas en equilibrio. Calle (1982) advierte que esto no es nada fácil puesto que los factores que gobiernan la producción animal son múltiples (infraestructura, climatología, fitocaracterización, manejo, sanidad, genotipo del ganado, etc.) En vista a ello, se debe discernir entre dos tipos de capacidad de carga. Una, desde el punto de vista ecológico y la otra desde el punto de vista económico.

### 2.6.3 Capacidad de carga ecológica y económica

La capacidad de carga ecológica se define como el límite máximo de individuos que puede soportar un hábitat por encima del cual la tasa de mortalidad de una población es mayor que su respectiva tasa de natalidad (Dikman, 1998). Además, este enfoque asume un punto de equilibrio que se alcanza sin la intervención humana (Hoffman *et al.*, 1983). Por otro lado, Wilson y Macleod (1991) definen a la capacidad de carga económica como el punto en el que se maximiza la diferencia entre ingresos totales y costos totales por unidad de área, además Hoffman *et al.*, (1983), añaden que se caracteriza por una biomasa animal relativamente menor que su respectiva biomasa vegetal. Hanselka *et al.*, (s.f.) y Hurd *et al.*, (2007) recomiendan que una carga animal por debajo de la capacidad de carga traería beneficios tales como un mejor status nutricional del animal y una menor mortalidad. Se debe asegurar un margen de seguridad de modo que la carga animal sea menor a la capacidad de carga límite (Calle, 1982). Hurd *et al.*, (2007) denominan *pastoreo de conservación* a la estrategia que armoniza la carga animal con los métodos de evaluación apropiadas del pastoreo. En algunos casos, la dicotomía presente por ambos conceptos puede conllevar a políticas medioambientales extremas que no estén empalmadas con los objetivos económicos de las comunidades pastoriles como el caso Zimbabwe (Scoones, 1989) o en pastizales del altiplano peruano (Hoffman *et al.*, 1983).

El óptimo biológico de carga animal no coincide necesariamente con la maximización del retorno económico por área (ver Figura 2). Se plantea que, al aumentarse la carga animal, los costos de producción aumentan a una tasa más alta que la tasa del retorno neto. En consecuencia, al sobrepasar una carga moderada u económicamente óptima, los niveles de rentabilidad decrecen (Wilson and Macleod, 1991). Esto se debe a que el sobrepastoreo disminuiría la productividad forrajera limitando la retribución económica eventualmente (Hanselka *et al.*, sf).

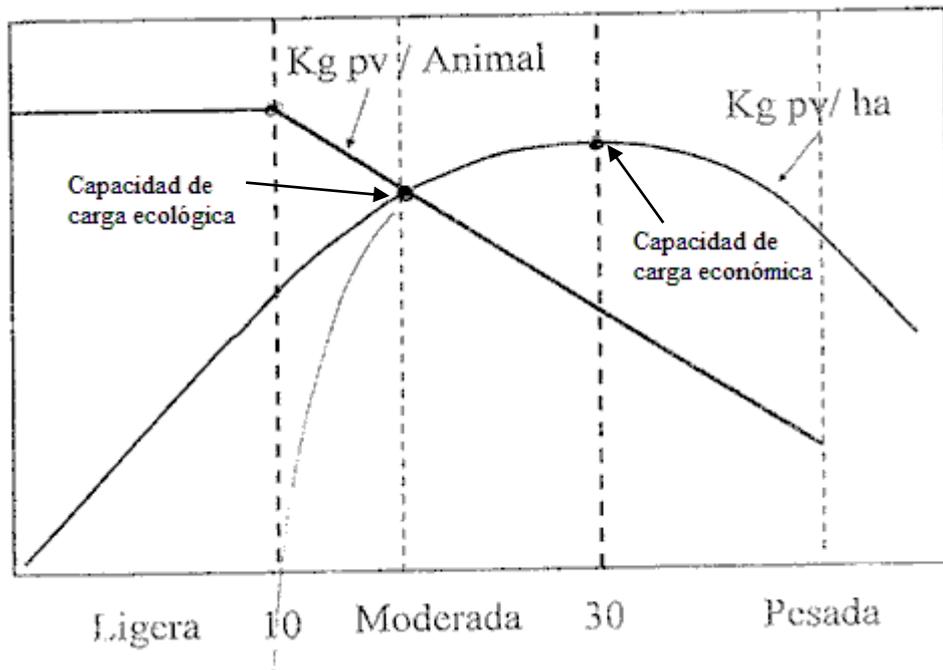


Figura 2: Relación entre capacidad de carga económica y capacidad de carga ecológica  
(Fuente: Flores, 1991).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Áreas de estudio**

La fase experimental del presente trabajo se llevó a cabo en dos áreas de estudio: La Unidad Productiva Conocancha perteneciente a la SAIS Pachacútec S.A.C. y el encierro de vicuñas de la Cooperativa Comunal San Antonio de Rancas entre marzo y abril del 2014 durante la época de lluvias. Los análisis de laboratorio fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos - Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal - Facultad de Medicina Veterinaria - Universidad Nacional Mayor de San Marcos. A continuación, se detallan las características de ambas áreas de estudio.

##### **3.1.1 Encierro de Vicuñas de la Cooperativa Comunal San Antonio de Rancas**

El encierro de vicuñas de San Antonio de Rancas se encuentra ubicado en el distrito de Simón Bolívar, provincia de Cerro de Pasco de la región Pasco. Además, se localiza en la región alto andina subtropical con clima templado entre 3900m.s.n.m. y 4500m.s.n.m de altura (ONERN, 1976, citado por Pillaca, 2008). La temperatura oscila entre 10°C, incluso sobrepasando 20°C durante el día, y debajo 0°C durante la noche. La precipitación promedio mensual es 99.3mm, aunque en algunos meses puede alcanzar 1191.8mm. Se reporta una humedad relativa promedio de 70.9% por mes mientras que en época de lluvias asciende a 75.5% (Flores *et al.*, 2005, citados por Pillaca 2008).

La instalación del cerco del encierro data del año 1997 en el que se censaron 395 vicuñas con una tasa de crecimiento promedio en 23.65% (Noriega 2006, citado por Pillaca 2008). El encierro abarca una extensión de 545.40 Ha (Pillaca, 2008). La vegetación de estos encierros es típica de ecosistemas de praderas de alta montaña, dominadas en orden de importancia fitogeográfica por pajonales, césped de puna y bofedales (Flores *et al.*, 2005,

citados por Pillaca 2008). Asimismo, Pillaca (2008) reporta que los pastizales del encierro están dominados por géneros de gramíneas tales como: Festuca, Poa, Luzula, Stipa y Calamagrostis.

La topografía del lugar presenta una pendiente variable ya sea convexa, cima o meseta. Su paisaje es tanto circulante ondulado (lomado), colinado o montañoso. Además, es una combinación de valles glaciales, colinas y montañas.

El encierro fue inventariado y georreferenciado en diez sitios. No obstante, la data se encontró desactualizada. Por ello, se relevó una nueva georreferenciación del área con equipos electrónicos para elaborar un mapa actualizado el cual sirvió de apoyo en la orientación durante las evaluaciones respectivas (ver Figura 3). La evaluación en campo en esta área de estudio se llevó a cabo durante cuatro días.

El régimen de manejo en esta localidad es el cautiverio de vicuñas mediante cercos perimétricos. Cabe informar que se encontró deterioro de cercos. No se encontraron especies animales competidoras en el área del encierro a excepción de algunos individuos como alpacas. Los abrevaderos correspondieron a riachuelos y canales hídricos.

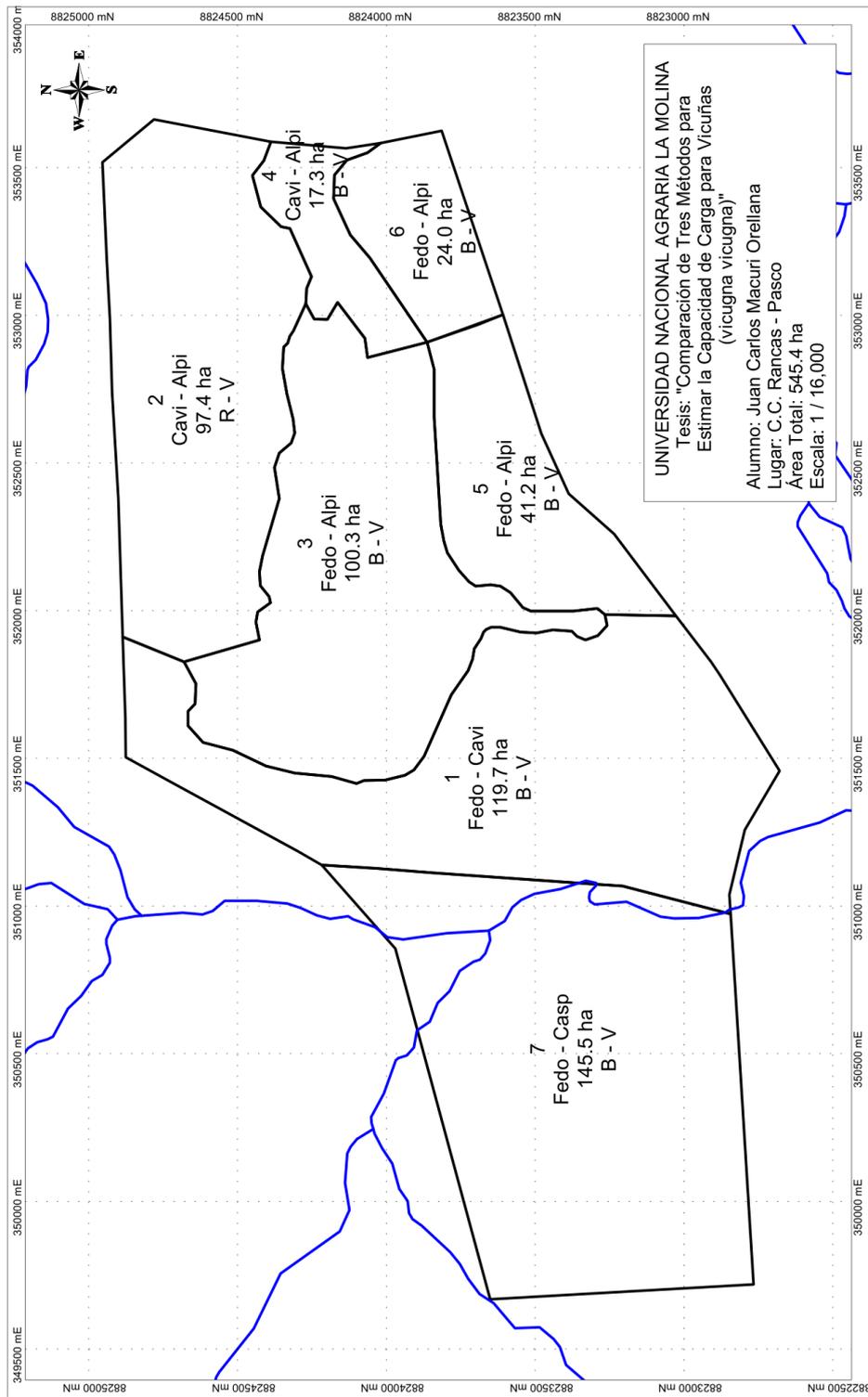


Figura 3: Mapa de condición y sitios del encierro de vicuñas San Antonio de Rancas

### **3.1.2 SAIS Pachacútec: Unidad Productiva Conocancha**

Se localiza en el distrito de Carhuacayán, provincia de Yauli, región de Junín, a una altitud promedio de 4150 m.s.n.m. Se registró un clima con un rango de temperatura entre 1.5°C y 7.5°C en el que las mayores temperaturas se registran de manera constante durante todo el año mientras que las menores temperaturas, entre junio y agosto (Terrel, 2012). El autor explica que las oscilaciones de temperatura son respuesta a la altitud y a la topografía más que a las estaciones del año. Además, el mismo autor indica un régimen de precipitación pluvial entre 650 a 900 mm en el cual la mayor intensidad de lluvias ocurre entre febrero y marzo y desciende bruscamente a partir de abril.

El área registrada que comprende la unidad de producción abarca 2201.30 hectáreas de terreno designado y cercado por la SAIS Pachacútec (Terrel, 2012). Los pajonales son el tipo de vegetación que se presentan en mayor proporción, seguido por el césped de puna y los bofedales. En este caso, no será necesaria una georreferenciación puesto que se tomó como referencia un mapa elaborado por Terrel (2012). Este mapa comprende 11 sitios ecológicos (ver Figura 4). En vista a la extensión del área de estudio y al mayor número de sitios ecológicos, el periodo experimental duró una semana.

Cabe recalcar que esta unidad productiva se presentaba bajo un régimen de manejo de vicuñas en semisilvestría. Al ser una unidad de producción comercial, la SAIS Pachacútec cuenta con ganado en el pastizal que pastorea junto a la vicuña. No obstante, no se presentó pastoreo mixto entre dos especies animales domésticas (p. ej. ovino-vacuno) para un mismo sitio. La interacción entre especies se daba entre la vicuña con alguna de las demás especies animales en algunos sitios.

Las fuentes de agua se localizan en las zonas aledañas al área de pastoreo de especies domésticas tales como ríos. No obstante, en las áreas marginales en las cuales pastorean las vicuñas de modo segregado, no se observaron recursos hídricos.

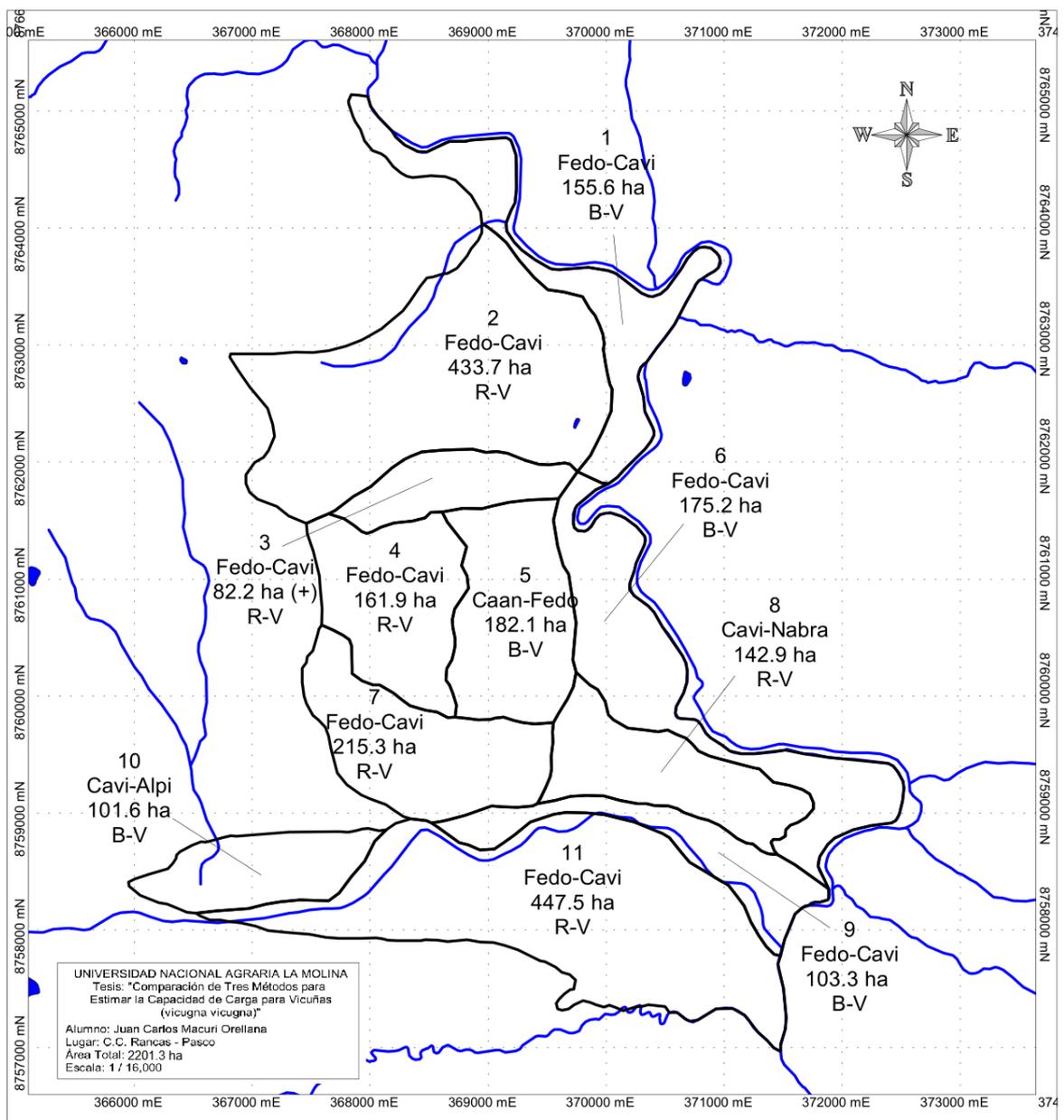


Figura 4: Mapa de condición y sitios de la unidad productiva Conocancha

## **3.2 Metodología experimental**

En cada uno de los tres métodos se empleó equipos GPS para orientarse en las áreas de estudio y se contrató el servicio de un chofer asignado para desplazarse a través de las extensas áreas de Rancas y Conocancha. En aquellos sitios ecológicos que presentaron una extensión superior a 200 hectáreas, se les evaluó en dos puntos diferentes para una mayor precisión en la recolección de datos.

Se detallaron todos los materiales empleados para elaborar la estructura de costos por cada metodología con el fin de evaluar el índice costo-eficiencia. Si bien los tres métodos se aplicaron simultáneamente durante la fase experimental del estudio, se elaboró el presupuesto de cada método por separado. Es decir, como si cada metodología se hubiese ejecutado de manera aislada. No obstante, al haber dependencia entre algunos métodos se considerará el costo de ciertos materiales o equipos comunes para tales métodos.

En base a lo anterior, se necesita resaltar que algunos métodos necesitaron variables obtenidas por otros métodos. Ello manifiesta cierta dependencia entre algunas metodologías. Por ejemplo, el factor forrajero para grupos funcionales (véase Método de factor de uso) en un sitio se obtuvo mediante su respectivo censo de composición botánica. Por otro lado, para determinar la capacidad de carga mediante el método nutricional fue necesaria la estimación de la producción forrajera anual por sitio ecológico obtenida de las muestras de pasto para estimarla. Así, se tuvo la base para estimar la oferta de un componente nutricional (energía metabolizable o proteína cruda) para un determinado sitio ecológico.

### **3.2.1 Método del Factor de Uso**

La productividad primaria aérea neta del pastizal es el indicador principal de la producción forrajera anual, la cual, a su vez, es la variable que determina la capacidad de carga según esta metodología (Hoffman *et al.*, 1983). Para ello, se necesitó recolectar muestras de biomasa forrajera clasificadas en cuatro grupos funcionales: gramíneas, graminoides, herbáceas y arbustivas. De esta manera, la evaluación prestó una mayor precisión y esfuerzo para las estimaciones correspondientes.

Para proceder, se trabajó en base a la metodología propuesta por Flores (1992), citado por Terrel (2012). Se cuantificó la productividad del pastizal según *el método de corte y separación manual de plantas*. Primero, se localizó el centroide de cada sitio ecológico para determinar los puntos representativos en los que lleven a cabo una transección al paso. El

sitio 2 y el sitio 11 presentaron una extensión muy superior a 200 hectáreas, por lo que, se evaluaron dos puntos representativos por sitio. Luego, una vez localizado el punto referencial, se procedió con la transección al paso bajo la orientación del lugar por parte de un guía.

Por cada transecta al paso, se colocó un cuadrante rectangular de metal soldado de 0.5 m<sup>2</sup> sobre el pasto en cinco puntos a 25, 50, 100, 150 y 175 pasos del punto inicial de cada transecta de manera aleatoria. De este modo, se tuvo un aproximado de 20 muestras (cinco puntos de transecta por cuatro grupos funcionales) por sitio para una mayor confiabilidad tal como recomienda Esqueda *et al.*, (2011). Luego, por cada punto, se arrancó la cobertura vegetal al ras del suelo con lapiacos. Se recolectaron tantas muestras como grupos funcionales presentes hubo en la superficie delimitada por el cuadrante rectangular. Se tomó el peso de cada bolsa de papel para descontar la tara al peso de cada muestra con un dinamómetro portátil. Las muestras fueron dispuestas en bolsas de papel. Se etiquetó cada muestra registrando con plumón indeleble en iniciales: lugar, sitio, número de transecta, grupo funcional y peso (gramos).

En el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP), se abrieron las bolsas de papel para un oreado adecuado. Luego, se prepararon alícuotas representativas para reducir el número de muestras. De esta manera, se obtuvo una alícuota por cada grupo funcional por sitio ecológico por determinada área de estudio. Se desecaron tales alícuotas en una estufa a 60°C por 48 horas en una estufa eléctrica para determinar el contenido de materia seca con una balanza digital. Luego, se aplicó la macroscopía de punto con un marco puntual de 1m<sup>2</sup>, con la ayuda de una lupa, para la determinación de la proporción de plantas verdes (factor verdor) y plantas senescentes de cada alícuota.

Para estimar la producción forrajera anual de cada grupo funcional por sitio por área de estudio (expresada en KgMS/ha), se multiplicó por un factor de conversión (20) al promedio de los pesos de sus cinco submuestras iniciales tomadas directamente en campo (expresadas en g/0.5m<sup>2</sup>). A cada valor de producción forrajera anual, se le multiplico por el porcentaje de materia seca determinada a través de la desecación de sus alícuotas correspondientes en el laboratorio.

Finalmente, para calcular la capacidad de carga se tomaron en cuenta los factores de ajuste (restricciones) con el fin de determinar la oferta de forraje utilizable total (FUt) a partir del forraje disponible por cada grupo funcional (Fgf). El factor verdor (FV) corresponde al

porcentaje de plantas verdes según los censos botánicos realizados. El índice forrajero toma en cuentas las especies deseables y poco deseables por grupo funcional. El factor de uso considerado para cada grupo funcional, de manera aproximada, fue: 50% para gramíneas, 35% para herbáceas, 40% para gramínoideas (ciperáceas y juncáceas) y 40% para arbustivas. Se asumirá que cada unidad vicuña requiere como mínimo 1050 gramos de materia seca.

$$FUt(KgMS/ha) = \sum Fgf \left( \frac{KgMS}{ha} \right) \times FV (\%) \times \% IF(\%) \times \% FU(\%)$$

Por último, se utilizará el presente algoritmo modificado del propuesto por Hoffman *et al.* (1983) para estimar la capacidad de carga (UV/ha/año):

$$CC (UV/ha/año) = \frac{FUt}{R \times 365 (\text{días})}$$

“FUt” representa el forraje utilizable total (KgMS/ha/año) y “R” representa el requerimiento alimenticio diario para una unidad vicuña (1050 gMS/UV)

### 3.2.2 Método Basado en la Condición del Pastizal

Se realizó la metodología de la *transección al paso* propuesta por Flores y Malpartida (1980). Se definió una zona representativa del sitio a evaluar con la coordinación del técnico especialista en el censo botánico. Así, se proyectó una línea imaginaria por el que pasaría la transecta. Se ubicó un punto inicial y empezó la lectura de las cien observaciones. Un anillo censador, de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro, se colocó siempre a un mismo lado de la montura lateral y delantera de la bota de jebe del censador para circundar las observaciones cada dos pasos. Es decir, la longitud de la transecta correspondió a 200 pasos. Las anotaciones de las lecturas por cada transecta se registraron en un formato para su posterior sistematización. Dichas lecturas correspondieron a especie vegetal, mantillo, musgo, suelo desnudo, roca y/o pavimento de erosión.

Además, por cada diez lecturas se procedió a medir la altura (en centímetros) de las especies clave altamente palatables para la vicuña como: *Alchemilla pinnata*, *Festuca rigescens*, *Nazella brachyphyla* y *Calamagrostis vicunarum*. Se consideró que sus alturas respectivas bajo condiciones clímax son: 10cm, 20cm, 30cm y 30cm. De esta manera, se calcularon los índices de vigor de especies clave para cada sitio en base a los criterios propuestos por la literatura correspondiente.

Los trabajos en el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales permitieron sistematizar los datos para su posterior análisis y determinación de la condición ecológica para la vicuña. Para ello, Flores (1991) plantea el siguiente modelo matemático para determinar la condición de un sitio ecológico:

$$\text{Puntaje (\%)} = 0.5 (\% \text{ D}) + 0.2 (\% \text{ IF}) + 0.2 (\% \text{ COB}) + 0.1 (\% \text{ IV})$$

D: especies deseables o decrecientes; IF: índice forrajero; COB: cobertura de la vegetación; IV: índice de vigor de la especie clave.

Los resultados para los sitios ecológicos que presentan más de 200 hectáreas fueron promediados para determinar su condición y capacidad de carga. Por lo demás, una vez obtenidas los puntajes, se los relacionó con su correspondiente capacidad de carga sugerida en base al ensayo de cargas (ver Cuadro 1). Adicionalmente, se realizó una caracterización descriptiva de los sitios de pastizal para cada área de estudio.

### **3.2.3 Método Nutricional**

Se observó vicuñas a una distancia de 200 metros aproximadamente ramoneando el pasto con el uso de binoculares, de aumento 10, en las áreas de estudio. Se recolectaron las especies vegetales del sector en el que las vicuñas habían ramoneado el forraje en bolsas de papel. Estas especies vegetales seleccionadas de dicho sector fueron clasificadas por su palatabilidad en deseables y en poco deseables. Cada muestra fue rotulada indicando el lugar, el sitio y la palatabilidad correspondiente en el campo.

En el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, se procedió a mezclar las muestras de cada área de estudio según su palatabilidad bajo previo oreo. Se reconoce que hubiese constituido una ventaja conservar cada muestra por sitio ecológico para una mayor precisión. No obstante, por restricción financiera el presente estudio se limitó a juntar las muestras para trabajar con alícuotas. Se desecaron tales alícuotas en una estufa eléctrica a 60°C por 48 horas para evitar la alteración de los resultados (Terrel, 2012). Luego, una vez desecados, se colocaron las cuatro alícuotas en bolsas de papel con su respectiva identificación.

Una vez preparadas las muestras, se determinaron en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional

Mayor de San Marcos: la proteína cruda, la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS), la digestibilidad in vitro de materia orgánica (DIVMO) y los componentes de la pared celular (FDN, FDA). El contenido de proteína cruda se determinó mediante el método semi-micro Kjeldhal (AOAC, 1980). Las pruebas de digestibilidad se realizaron en base a lo propuesto por el método de Tilley y Terry (1963). Para ello, a éstas pruebas de digestibilidad se aplicó al contenido ruminal de alpacas fistuladas. Por último, la determinación de la FDN y la FDA, en base al método descrito por Van Soest y Robertson (1985).

El cálculo de la energía metabolizable (EM), se determinó en base al modelo predictivo propuesto por MAFF (1975) y McDonald *et al.* (2002):

$$EM \text{ (MJ/Kg MS)} = 0.016 \times \text{DIVMO}$$

*DIVMO* representa la digestibilidad de la materia orgánica expresado en gramos de materia orgánica digestible por kilogramo de materia seca. Galaz & Gonzales (2005) proponen requerimientos de energía metabolizable y proteína cruda por día, por estadio fisiológico y por categoría de vicuña. Cabe indicar que la limitación del presente estudio no permitió establecer con exactitud un censo actualizado de vicuñas. De este modo, se estructuraron los requerimientos mediante el método factorial en base al censo anual del año 2012 ejecutado en San Antonio de Rancas y en la U.P. Conocancha por sus respectivos gobiernos regionales. Para ello, se asumió que la población actual de vicuñas ha sido por lo menos la misma que en dicho año debido a la tasa de crecimiento positiva que ha presentado desde años previos al 2012 (Terrel, 2012)

Wallmo *et al.* (1977), proponen un modelo matemático para estimar la capacidad de carga con el método nutricional

$$C. C. = \frac{\sum FC \times CT}{(TMDP * 365 \text{ días})}$$

donde “FC” representa el forraje consumible (KgMS/ha); “CT” representa el contenido de PC (%) o Kcal/KgMS y “TMDP” representa el requerimiento de energía que presenta una unidad vicuña (Kcal/día/UV) o la demanda de proteína cruda (g/día/UV).

### 3.3 Evaluación de los métodos

Los indicadores a utilizarse para comparar las tres metodologías incluirán: (1) la precisión de los datos en función a la desviación estándar respectiva (2) la variabilidad de los datos determinados por el coeficiente de variabilidad entre sitios ecológicos. Por último, se integró estas evaluaciones en el cálculo de la relación costo-eficiencia que establecerá qué método presentará el mayor alcance de evaluación por cada mil soles invertidos.

### 3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para cada área de estudio bajo tres tratamientos correspondientes (métodos). Al método de condición ecológica se le consideró como tratamiento testigo o referencial ( $T_0$ ) y al método del factor de uso ( $T_1$ ) y al método nutricional ( $T_2$ ) como tratamientos experimentales. No se consideró las áreas de estudio como parte del diseño experimental debido al bajo número de grados de libertad, así como también a la similitud geográfica entre ellas. Por lo tanto, el modelo aditivo lineal del diseño experimental que fue empleado es el siguiente:

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + e_{(ij)}$$

*j=1, 2,3 tratamientos*

En donde:

- $Y_{(ij)}$  : Capacidad de carga que se determinó en el i-ésimo transecto bajo el j-ésimo método
- $\mu$  : Efecto de la capacidad media de carga del pastizal
- $t_i$  : Efecto del j-ésimo método
- $e_{(ij)}$  : Efecto del error experimental

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Método Del Factor De Uso

#### 4.1.1. Disponibilidad de Pasto

La proporción de material verde en Conocancha para gramíneas y graminoides osciló entre 34.50 % y 82.50 % con un promedio de 64.11 %. En herbáceas, se consideró todo el material recolectado como fresco por lo que su proporción respectiva fue 100%. Las especies arbustivas encontradas en el sitio 8 y en el sitio 11 no fueron consideradas como parte de la producción anual (ver Anexo 1). Galaz & Gonzales (2001) indican que las plantas de porte herbáceo y arbustivo no son perennes sino anuales. Es decir, las especies arbustivas correspondieron a la producción de biomasa vegetal de años anteriores al momento del estudio. En el anexo 2, se indica que el sitio 8 y el sitio 9 de Conocancha presentaron proporciones muy bajas en material verde promedio con 34.50% y 35.50% respectivamente en gramíneas y graminoides. Mares (1972) afirma que la predominancia de especies altas, poco palatable para vicuñas, se traduce en una acumulación de gran cantidad de vegetación senescente (sitio 8 y sitio 9) siendo mayor esta acumulación en casos con carga liviana. Las vicuñas al consumir el excedente poco palatable, con alto valor de fibra, tienden a disminuir su consumo (Hoffman *et al.*, 1984 y Meissner, 1995). De esta manera, la biomasa remanente se acumula como material senescente para los siguientes años.

La proporción de material verde en Rancas para gramíneas fluctuó entre 44% y 87% con un promedio de 73.21%. En graminoides, el intervalo abarcaba de un 43.93% a 83.50% con un promedio de 71.85%. En herbáceas, el total de especies estuvieron frescas. No hubo presencia de especies arbustivas en las muestras recolectadas de Rancas (ver Anexo 2 y Anexo 5). Solamente en el sitio 2 se encontró una proporción de material verde muy baja con 44% para gramíneas y 43.93% para graminoides. Ese sitio correspondía a un sitio empinado por lo que el agua de lluvia se perdería por escorrentía (Florez y Malpartida, 1987).

El factor forrajero por grupos funcionales (ver Anexo 3) se realizó en base a los censos botánicos que se relevaron en campo. Por ello, los resultados representan una proporción de especies forrajeras del total de cada grupo funcional según los censos botánicos (ver Anexo 4 y Anexo 5). En ambas áreas de estudio, el total de gramíneas y graminoides censadas fueron especies forrajeras (deseables y/o poco deseables) para las vicuñas. Con respecto a las herbáceas, éstas presentaron un factor forrajero que osciló entre 13.33% a 90.91% con un promedio de 70.18% en Conocancha. Mientras, el intervalo para herbáceas de Rancas fluctuó de 66.67 % a 100 % con un promedio de 85.36 %. En ambas áreas de estudio no se caracterizó a alguna especie arbustiva encontrada como palatable para la vicuña según los reportes de caracterización botánica (Pillaca, 2008 & Terrel, 2012).

En la Cuadro 2, se observa que la disponibilidad de pasto por sitios fluctuó entre 288.97 Kg M.S./ha y 3244.56 Kg M.S./ha en los once sitios con un promedio de 1577.40 Kg M.S./ha y un coeficiente de variación de 45.19% en Conocancha. El resultado fue similar al promedio de producción anual en 1775.40 Kg MS/ha estimada en el mismo lugar por Terrel (2012). Se encontró un valor extremo en el sitio 3 de la U.P. Conocancha en la que se calculó una disponibilidad de 288.97 Kg M.S./ha. Chancayauri (1989) determinó un valor promedio de 540 Kg MS/ha para toda la U.P. Conocancha en época de lluvias lo que manifiesta la alta variabilidad de la disponibilidad forrajera. Asimismo, se observó que la población ovina en Conocancha fue mayor en relación a otras especies domésticas de crianza (alpacas, equinos y vacunos). La población ovina es muy selectiva a favor de especies vegetales de porte bajo y ramonea el matojo a una altura muy cercana al suelo (Esqueda *et al.*, 2011). Por lo tanto, las gramíneas de porte alto aportarían una mayor disponibilidad de materia seca por hectárea en función a su mayor peso y su mayor proporción.

En Rancas, la disponibilidad de pasto por sitios osciló entre 680.84 Kg M.S./ha y 1995.12 Kg M.S./ha en los siete sitios con un promedio de 1257.02 Kg M.S./ha y un coeficiente de variación de 39.78%. Pillaca (2008) encontró un promedio de 2081.9 Kg M.S./ha de producción anual en Rancas el cual se encuentra por encima del promedio calculado. Cabe mencionar que tanto Pillaca (2008) como Terrel (2012), no descontaron la producción anual de las especies no palatables para obtener la biomasa disponible. Castellaro (2007) encontró un intervalo de disponibilidad forrajera entre 657 KgMS/ha y 1054 KgMS/ha en la puna seca de Argentina lo cual se acerca a la coyuntura de la puna central del Perú. El sitio 4 del encierro de Rancas presentó un valor extremo de 680.84 Kg M.S./ha. Se observaron especies de menor porte debido a una mayor presión de pastoreo. Las vicuñas al constituirse como

únicas hospederas del pastizal ejercerían una presión de pastoreo distinta. La situación podría ser similar a la cuestión ovina en Conocancha. No obstante, en un encierro de vicuñas como Rancas, una sobrepoblación ocurre debido al flujo cerrado del sistema de manejo (Galaz & Gonzales, 2001). De esta manera, la sobrepoblación en Rancas sería el principal factor que incrementaría la presión del pastoreo en lugar de la selectividad del forraje por parte de las vicuñas.

En el análisis de la disponibilidad de forraje por grupos funcionales se encontró una gran diferencia de las gramíneas con respecto a los demás grupos funcionales. En Conocancha (ver Figura 5), la proporción de las gramíneas representó un 84.65%, las graminoides un 7.39% y las herbáceas un 7.96% en promedio para el área. La biomasa disponible promedio fue de 1335.30 Kg M.S./ha, 116.50 Kg M.S./ha, y 125.61 Kg M.S./ha respectivamente. La mayor proporción de gramíneas con respecto a los demás grupos funcionales en ambas áreas de estudio responde a dos razones. Se observó que las especies que constituían este grupo funcional fueron de porte alto las cuales correspondían a los géneros: *Festuca*, *Calamagrostis* y *Nazella* por lo que los sitios evaluados pertenecían al tipo de vegetación pajonal (Flores, 1997). También consistiría en la selectividad de ovinos y vicuñas por especies vegetales de porte bajo, especialmente herbáceas, lo que alteraría la composición botánica (Flores, 1991 y Terrel, 2012). La presencia de arbustivas en la biomasa total sería un indicador de retrogresión de la condición del pastizal por ser organismos invasores en ecosistemas críticos (Flores, 1991).

En Rancas (ver Figura 6), la proporción relativa para gramíneas, graminoides y herbáceas fue de 79.18%, 13.96%, 6.87% respectivamente. Los valores respectivos de disponibilidad de pasto fueron de 995.26 Kg M.S./ha, 175.42 Kg M.S./ha y 86.34 Kg M.S./ha (ver Cuadro 2). El pastizal del encierro de vicuñas también resultó ser pajonales. No se encontró alguna especie arbustiva como forrajera debido posiblemente a una relación pastizal-herbívoro más compatible con el ecosistema de puna en el encierro de vicuñas (Hoffman *et al.*, 1984).

**Cuadro 2: Disponibilidad de pasto por grupos funcionales (KgMS/ha).**

a. ConocanCHA				
Sitio	Gramíneas	Graminoides	Herbáceas	Subtotal
1	2283.09	97.52	194.90	2575.51
2	1857.67	120.84	132.67	2111.19
3	193.30	11.74	83.94	288.97
4	1519.44	291.11	52.59	1863.14
5	1929.51	6.60	116.50	2052.60
6	2708.90	235.08	300.58	3244.56
7	1649.12	59.12	116.94	1825.18
8	261.52	86.58	3.35	351.45
9	576.65	66.16	169.27	812.08
10	834.40	210.08	87.89	1132.37
11	874.66	96.66	123.07	1094.38
Promedio	1335.30	116.50	125.61	1577.40
b. Rancas				
Sitio	Gramíneas	Graminoides	Herbáceas	Subtotal
1	1281.37	177.69	14.96	1474.02
2	1747.21	101.65	146.27	1995.12
3	707.57	290.29	44.00	1041.86
4	299.52	170.21	211.11	680.84
5	688.41	376.34	41.58	1106.33
6	1242.27	57.10	86.00	1385.36
7	1000.49	54.66	60.47	1115.62
Promedio	995.26	175.42	86.34	1257.02

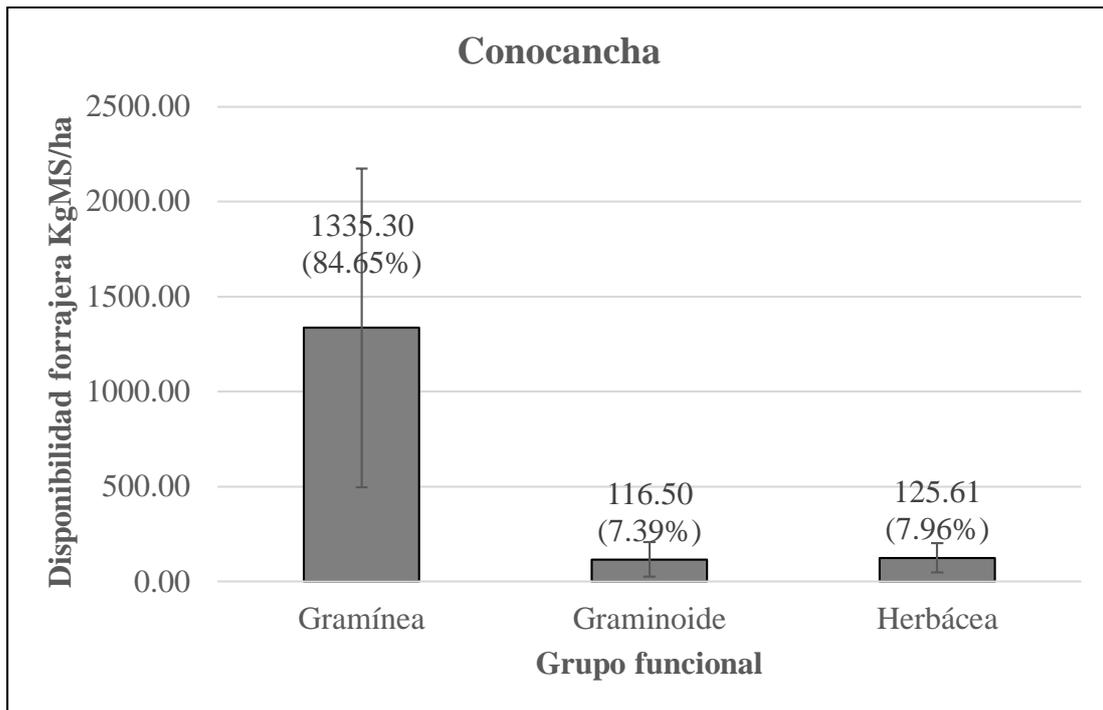


Figura 5: Disponibilidad forrajera promedio por grupos funcionales en ConocanCHA.

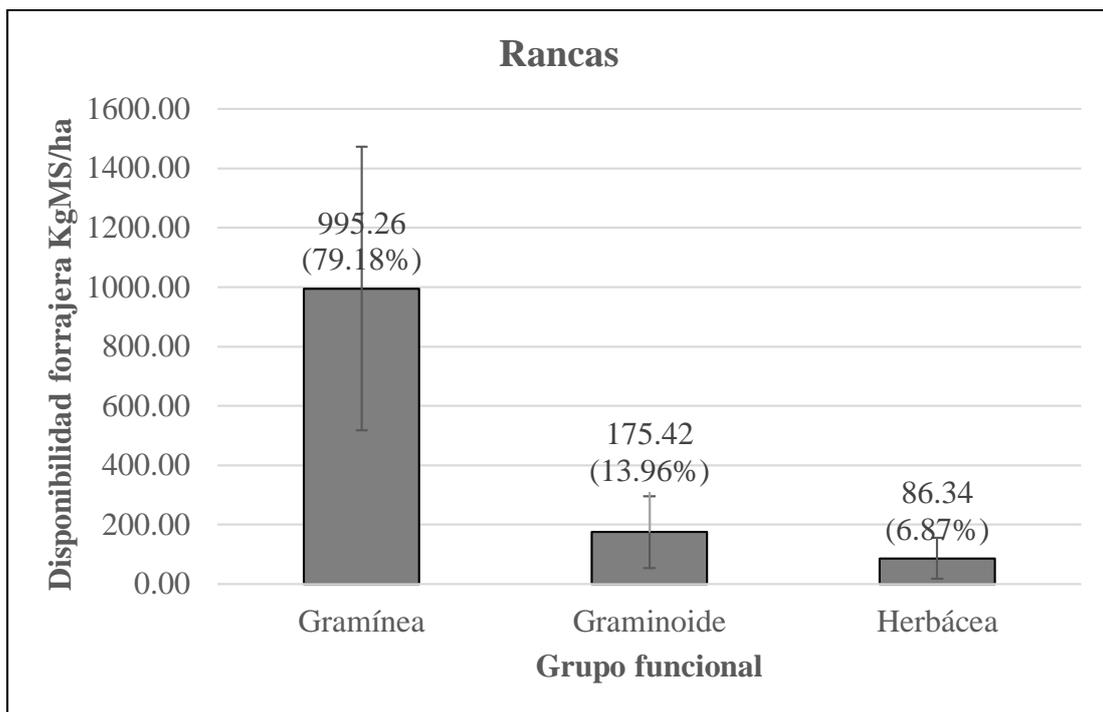


Figura 6: Disponibilidad forrajera promedio por grupos funcionales en Rancas.

#### 4.1.2. Capacidad de Carga

En la Cuadro 3, se observa que la capacidad de carga calculada para Conocancha osciló entre 0.34 UV/ha/año y 4.05 UV/ha/año con un promedio de 1.98 UV/ha/año, desviación estándar de 1.18 UV/ha/año y un coeficiente de variabilidad fue de 59.60%. En Rancas, el cálculo varió entre 0.56 UV/ha/año y 2.52 UV/ha/año con un promedio de 1.56 UV/ha/año, desviación estándar de 0.56 UV/ha/año y un coeficiente de variación de 35.63%. El coeficiente de variabilidad general utilizando este método para estimar la capacidad de carga fue de 54.26%.

**Cuadro 3: Capacidad de carga en función al factor de uso.**

<b>a. Conocancha</b>		
<b>Sitio</b>	<b>Biomasa consumible total (KgMS/ha)</b>	<b>Capacidad de carga (UV/ha/año)</b>
1	1248.77	3.26
2	1023.61	2.67
3	130.72	0.34
4	894.57	2.33
5	1008.17	2.63
6	1553.68	4.05
7	889.14	2.32
8	166.57	0.43
9	374.03	0.98
10	531.99	1.39
11	519.07	1.35
Promedio	758.21	1.98
Desviación estándar	451.87	1.18
Coeficiente de variación	59.60%	59.60%
<b>b. Rancas</b>		
<b>Sitio</b>	<b>Biomasa consumible total (KgMS/ha)</b>	<b>Capacidad de carga (UV/ha/año)</b>
1	717.00	1.87
2	965.46	2.52
3	485.30	1.27
4	291.73	0.76
5	509.29	1.33
6	674.07	1.76
7	543.27	1.42
Promedio	598.02	1.56
Desviación estándar	213.05	0.56
Coeficiente de variación	35.63%	35.63%

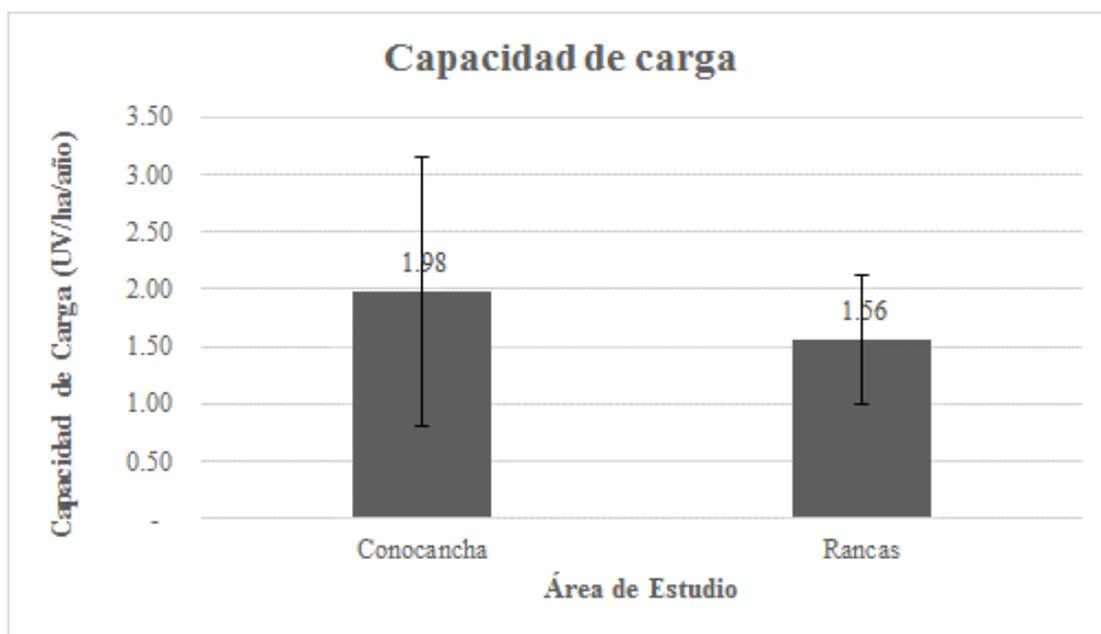


Figura 7: Capacidad de carga estimada según el método del factor de uso.

Como se observa en la figura 7, la capacidad de carga en Conocancho presenta mayor variabilidad que su contraparte en Rancas. Como se discutió anteriormente, la disponibilidad de forraje fue más variable en Conocancho por lo que es de esperarse que esto se refleje en la variabilidad de la capacidad de carga en los sitios. Además, el número de sitios de pastizal demarcados en Conocancho fue mayor que en Rancas.

Asimismo, se encontró una aparente mayor capacidad de carga promedio para la U.P. Conocancho debido a que presentó mayor forraje utilizable total (ver Cuadro 2). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para los promedios entre áreas de estudio ( $p > 0.05$ ). El rango en que fluctuó la capacidad de carga según los sitios es similar a lo reportado por la literatura, aunque algunos sitios presentan un valor por encima del promedio como el sitio 6 de la U. P. Conocancho (4.05 UV/ha/año). La soportabilidad o número de unidades vicuña que puede soportar Conocancho es de 4358.95 UV y en el encierro de Rancas es de 851.03 UV

Según censos llevados a cabo en el año 2012, el número de unidades vicuña presentes sería de 304.99 UV en Conocancho y de 866.56 UV en el encierro de Rancas. Asumiendo que la población sigue presentando una tasa de crecimiento positiva en Rancas, habría un caso de sobrepastoreo. Por otra parte, en la U.P. Conocancho la carga animal de vicuñas no sobrepasa a la capacidad de carga aparentemente. La verdadera carga animal aumentaría en Conocancho si se considera al ganado en pastoreo tal como lo considera Borgia (2009).

Se registró un aproximado de 1200 cabezas de ganado ovino y 800 cabezas de ganado vacuno aproximadamente. De esta manera, la disponibilidad exclusiva de forraje para vicuñas se reduciría, y con ello, la soportabilidad general del sistema. Se asumió factores equivalentes ajustados de 7.11 y 1.73 para vacunos y ovinos respectivamente para convertirlos a unidades vicuña y determinar la verdadera carga animal (Borgnia, 2009). De esta manera, se obtuvo una soportabilidad ajustada de 8051.17 UV para toda el área de estudio. Esta carga supera abismalmente la soportabilidad que presenta toda la U.P. Conocancha, como observa Flores (1991), ocasionando sobrepastoreo y despoblamiento de las vicuñas. Esto explicaría que la probabilidad de observar vicuñas en Conocancha fue menor que en Rancas.

## **4.2 Método Basado en la Condición Del Pastizal**

### **4.2.1 Condición del Pastizal**

En la Cuadro 4, puede observarse el análisis de la condición de pastizal por sitios en Conocancha. La cobertura vegetal para los sitios en la U.P. Conocancha varió entre 85% y 100% con un promedio de 95.27% la cual es de esperarse en el periodo de lluvias. El porcentaje de especies deseables para vicuñas censadas en el área varió desde 24% hasta 51% con un promedio 38.77%. El porcentaje de especies poco deseables varió de 26% a 55% con un promedio de 40.91%. Por ello, el índice forrajero varió de 54% a 90% con un promedio de 79.68%. El porcentaje de malezas o especies indeseables, para el presente propósito osciló entre 3% y 28% con un promedio de 8.18%. El índice de vigor fluctuó entre 30.17% y 55.17% con un promedio de 41.97%. Las especies clave de cada sitio para vicuñas variaron en base al censo de vegetación respectivo. Sin embargo, en la mayoría de los sitios se trabajó con las especies *Calamagrostis vicunarum*, *Nassella brachyphylla* y *Alchemilla pinnata*. Los puntajes de condición, asimismo, variaron entre 47.48% y 67.40% con promedio de 58.57%. La condición del pastizal para vicuñas varió entre regular y buena de la cual cinco sitios (1, 5, 6, 9, 10) presentaron condición buena (45.45%) y los restantes sitios (2, 3, 4, 7, 11), condición regular (54.55%). Terrel (2012) indica promedios para todos los componentes mencionados similares a los de la presente investigación a excepción de las especies indeseables en que el autor encontró una menor proporción. No obstante, la condición promedio de regular se mantuvo a pesar de que el autor encontró sitios de condición pobre.

Los once sitios de Conocancha pertenecieron solo a dos tipos de hábitat: pajonal y césped de puna. Todos aquellos sitios que presentaron condición buena pertenecían a pajonales mientras que los de condición regular se repartían entre pajonales y césped de puna. Todos los sitios que fueron calificados como césped de puna (sitio 3, sitio 4 y sitio 8) en Conocancha presentaron condición regular. Este tipo de sitios presentan especies de porte bajo en su mayor parte lo cual es bien recibido por parte de ovinos y rumiantes menores. Al presentarse pastoreo ovino en este tipo de sitios, la cobertura vegetal descendió inclusive hasta 85% como es el caso del sitio 3. Se presume que el manejo de la unidad productiva no tomó en cuenta la importancia del efecto benéfico del forraje residual que debe mantenerse.

El sitio 8 y el sitio 11 de Conocancha presentaron la mayor proporción de especies vegetales indeseables lo cual explica la presencia de especies arbustivas en el cálculo de la productividad primaria. Terrel (2012) encontró una alta proporción de especies invasoras en el sitio 11. Al ser el sitio de pastizal más cercano a la oficina de administración de la unidad productiva, se encontró pastoreado por alpacas, ovinos y algunos equinos de manera permanente. Es de notar que no se encontraron bofedales en los sitios de ambas áreas de estudio. Los bofedales ejercen un papel benefactor sobre todo en la época de sequía (Flores, 1991).

En la Cuadro 5, las especies deseables estuvieron en un rango entre 42% y 53.50% con un promedio de 48.07% en el encierro de Rancas. Las especies poco deseables varían entre 33.50% y 52% con un promedio de 42.50% mientras que las especies indeseables ascendieron hasta 10% con un promedio de 4.14%. Según los resultados de Pillaca (2008) para la misma área de estudio, en la presente investigación ha habido un acrecentamiento de especies poco deseables en detrimento de las invasoras. La cobertura aérea osciló entre 98% y 100% con un promedio de 99.29%. El índice de vigor estuvo entre el 24.08% y el 35% con un promedio de 29.77%. Las especies clave a través de todos los sitios los constituyeron: *Calamagrostis vicunarum*, *Alchemilla pinnata* y *Festuca rigescens*. La condición del pastizal fue más favorable para las vicuñas puesto que todos los sitios presentaron condición buena a excepción del sitio 2, el cual pertenece al tipo de hábitat pajonal, presentó condición regular. Solamente se ubicaron pajonales y césped de puna como tipos de hábitat en este pastizal. La condición de los sitios se asemeja a los resultados de Pillaca (2008) en el que hubo una condición buena para vicuñas en promedio (ver Cuadro 5).

La condición promedio del encierro de Rancas fue mejor que la de Conocancha lo que coincide con los resultados de Pillaca (2008) y Terrel (2012). La autora mencionada encontró que la condición fue mejor dentro de los tres encierros diferentes que afuera. Se corrobora nuevamente las expectativas de que una adaptación histórica de la vicuña en la puna genera impactos menores que los que ocasionan las especies domésticas (no endémicas). La razón radica en la morfología funcional de la vicuña, así como el hábito alimenticio de ésta (Galaz & Gonzales. 2001 y Lichtenstein *et al.*, 2002).

**Cuadro 4: Componentes de condición del pastizal y capacidad de carga para Conocancha.**

Parámetro	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7	Sitio 8	Sitio 9	Sitio 10	Sitio 11	Promedio
Tipo de Hábitat	Pajonal		Césped de Puna		Pajonal			Césped de Puna	Pajonal			
Deseables (%)	48.00%	42.50%	30.00%	38.00%	42.00%	51.00%	28.00%	28.00%	44.00%	51.00%	24.00%	38.77%
Poco Deseables (%)	41.00%	33.00%	42.00%	50.00%	41.00%	39.00%	55.00%	26.00%	42.00%	37.00%	44.00%	40.91%
Indeseables (%)	4.00%	6.50%	6.00%	4.00%	4.00%	4.00%	10.00%	28.00%	6.00%	3.00%	14.50%	8.18%
Índice Forrajero (%)	89.00%	75.50%	72.00%	88.00%	83.00%	90.00%	83.00%	54.00%	86.00%	88.00%	68.00%	79.68%
Mantillo (%)	5.00%	8.50%	4.00%	5.00%	8.00%	5.00%	4.00%	13.00%	1.00%	5.00%	5.50%	5.82%
Musgo (%)	1.00%	3.00%	3.00%	2.00%	2.00%	0.00%	3.00%	0.00%	1.00%	1.00%	1.50%	1.59%
Suelo desnudo (%)	1.00%	2.50%	7.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.00%	4.00%	1.00%	4.50%	2.09%
Pavimento de erosión (%)	0.00%	0.50%	2.00%	0.00%	2.00%	0.00%	0.00%	2.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.68%
Rocas (%)	0.00%	3.50%	6.00%	0.00%	1.00%	1.00%	0.00%	1.00%	1.00%	2.00%	6.00%	1.95%
Cobertura Vegetal (%)	99.00%	93.50%	85.00%	99.00%	97.00%	99.00%	100.00%	95.00%	94.00%	97.00%	89.50%	95.27%
Índice de Vigor (%)	36.33%	45.83%	30.17%	33.50%	55.17%	41.00%	51.67%	44.50%	47.67%	36.00%	39.83%	41.97%
Puntaje (%)	65.23%	59.63%	49.42%	59.75%	62.52%	67.40%	55.77%	48.25%	62.77%	66.10%	47.48%	58.57%
Condición	Buena	Regular	Regular	Regular	Buena	Buena	Regular	Regular	Buena	Buena	Regular	Regular
CC (UV/ha/año)	3.33	1.65	1.65	1.65	3.33	3.33	1.65	1.65	3.33	3.33	1.65	1.65
Soportabilidad (UV/sitio/año)	518.15	715.61	135.63	270.44	583.42	716.95	300.47	235.79	343.99	338.33	738.38	3635.45

**Cuadro 5: Componentes de condición del pastizal y capacidad de carga para Rancas.**

<b>Parámetro</b>	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>	<b>Sitio 4</b>	<b>Sitio 5</b>	<b>Sitio 6</b>	<b>Sitio 7</b>	<b>Promedio</b>
Tipo de Hábitat	Pajonal			Césped de Puna	Pajonal		Césped de Puna	
Deseables (%)	43.00%	42.00%	52.00%	49.00%	52.00%	45.00%	53.50%	48.07%
Poco Deseables (%)	51.00%	36.00%	47.00%	34.00%	44.00%	52.00%	33.50%	42.50%
Indeseables (%)	4.00%	4.00%	0.00%	10.00%	2.00%	0.00%	9.00%	4.14%
Índice Forrajero (%)	94.00%	78.00%	99.00%	83.00%	96.00%	97.00%	87.00%	90.57%
Mantillo (%)	0.00%	11.00%	1.00%	3.00%	1.00%	2.00%	1.50%	2.79%
Musgo (%)	1.00%	5.00%	0.00%	3.00%	1.00%	1.00%	1.50%	1.79%
Suelo desnudo (%)	0.00%	0.00%	0.00%	1.00%	0.00%	0.00%	1.00%	0.29%
Roca (%)	0.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%
Pavimento de erosión (%)	1.00%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%
Cobertura Vegetal (%)	99.00%	98.00%	100.00%	99.00%	100.00%	100.00%	99.00%	99.29%
Índice de Vigor (%)	29.50%	25.00%	33.50%	27.30%	34.00%	35.00%	24.08%	29.77%
Puntaje (%)	63.05%	58.70%	69.15%	63.63%	68.60%	65.40%	66.36%	64.98%
Condición	Buena	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
CC (UV/ha/año)	3.33	1.65	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
Soportabilidad (UV/sitio/año)	398.60	160.71	334.00	57.61	137.20	79.92	484.52	1816.18

#### 4.2.2 Capacidad de carga

Cabe indicar que el promedio de capacidad de carga no fue calculado directamente con los valores de capacidad de carga de los sitios de pastizal sino en base al puntaje resultante de los promedios de los componentes de la condición para cada sitio. En Conocancha, la capacidad de carga promedio es de 1.65 UV/ha/año en función a un puntaje que varía de 47.48% a 67.40% con un promedio de 58.57% y desviación estándar de 7.32%. El promedio de capacidad de carga se asemeja al reporte de Terrel (2012) y Vallejos & Quillatupa (1975) con 1.65 UV/ha/año. Mientras en Rancas, la capacidad de carga promedio resultó 3.33 UV/ha/año en función a un puntaje que fluctuó entre 58.70% y 69.15% con un promedio de 64.98% y desviación estándar de 3.60%. El coeficiente de variabilidad general de la capacidad de carga mediante este método resultó de 31.48%. En la figura 8, se observa que la capacidad de carga promedio resultó ser mayor para Rancas que para Conocancha, aunque tampoco hubo diferencia significativa entre áreas ( $p > 0.05$ ).

La condición promedio fue buena para casi todos los sitios del pastizal de Rancas. De esta manera, se coincide con Galaz & Gonzales (2001) en que la productividad del pastizal no está necesariamente relacionada con la condición del pastizal en este caso. Como se trató previamente, el pastoreo exclusivo de la vicuña en la puna es más favorable al ecosistema con respecto al pastoreo de especies domésticas debido a las características anatómicas y fisiológicas de la vicuña cuyo impacto negativo sobre el pastizal sería menor (Hoffman *et al.*, 1984).

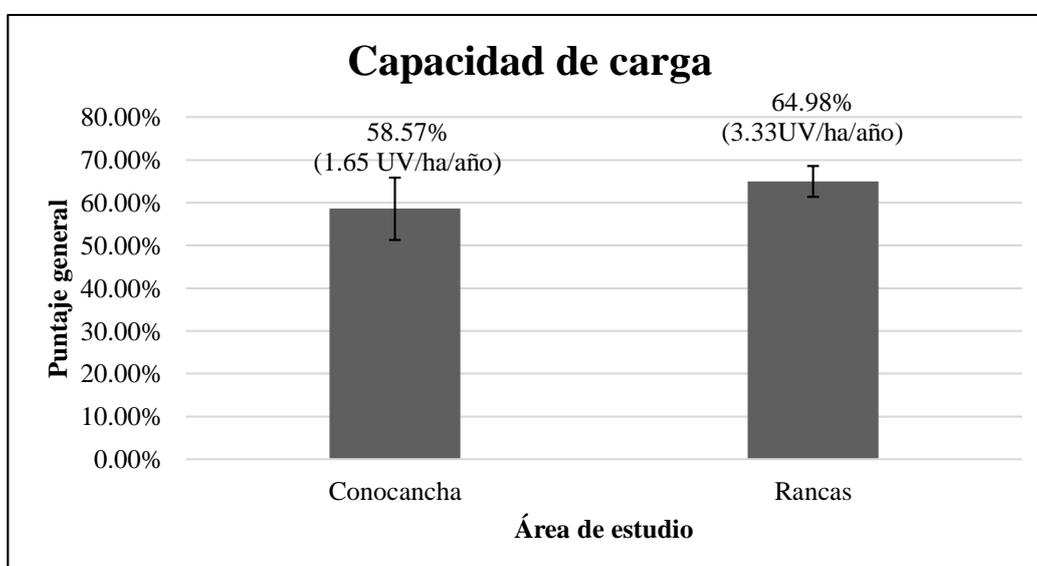


Figura 8: Capacidad de carga estimada según el método de condición de pastizal.

Con respecto a la carga animal en Rancas, las 866.56 UV calculadas según el censo del año 2012 (ver Anexo 12) están por debajo de la soportabilidad de 1816.18 UV. Cuando se toma en cuenta el hábitat de la vicuña más que la productividad el panorama cambió lo que coincidió con la proposición de Lichtenstein *et al.*, (2002). No obstante, la carga animal ajustada en Conocancha con 8051.17 UV se ubica muy por encima de la soportabilidad de 3635.45 UV

La variabilidad de la capacidad de carga en los sitios fue mayor en Conocancha, a diferencia del método anterior, debido al efecto del pastoreo complementario sobre la condición del pastizal distribuido de manera heterogénea (Hoffman *et al.*, 1984 y Flores, 1991). Es decir, en algunos sitios hubo pastoreo complementario con ovinos y vacunos mientras que en otros sitios solo se encontró pastoreo exclusivo con vicuñas.

Este método presentaría ciertas limitaciones a pesar de ser un método menos variable si lo comparamos con el método del factor de uso que se expuso previamente. Las especies clave no aportan todo su material vegetal a la dieta de los herbívoros (Hoffman *et al.*, 1984). Es decir que, el herbívoro solamente seleccionaría algunas secciones tales como las hojas. Asimismo, se presume que podría haberse presentado una sobrestimación en algunos sitios de Rancas ya que presentaban pendientes pronunciadas lo cual deteriora la pradera y disminuyen la producción de biomasa (Hoffman *et al.*, 1984). Los sitios 3, 4 y 5 presentaron una pendiente pronunciada alrededor del 20% (ver Anexo 6) lo que aumenta el riesgo palpable de erosión. No se podría declarar a una población animal como demasiado grande basándose solamente en un cambio en la frecuencia de una especie vegetal indicadora.

### **4.3 Método Nutricional**

#### **4.3.1 Perfil nutricional**

El perfil nutricional determinado en laboratorio para dietas recolectadas en Conocancha y Rancas fue dividido en base a la caracterización botánica elaborada por Terrel (2012) en especies deseables y poco deseables (ver Cuadro 6). En Conocancha, el nivel de proteína fue 8.70% para especies deseables y de 8.47% para especies poco deseables con un promedio de 8.59%. El nivel de fibra detergente neutro (FDN) fue de 90.95% para especies deseables y de 87.81% para especies poco deseables con un promedio de 89.38% mientras que el nivel de fibra detergente ácido (FDA) fue de 36.03% para especies deseables y de 39.80% para poco deseables con un promedio de 37.92%. El nivel de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) para especies deseables resultó en 24.13% y en 26.11% para especies poco deseables siendo el promedio de ambas en 25.12%. Se encontró un nivel muy bajo de digestibilidad *in vitro* de materia orgánica fue de 25.36% para especies deseables y de 28.27% para especies poco deseables con promedio de 26.82%. El 94.97% de la dieta en Conocancha estuvo constituida por materia orgánica de la que el 26.82% fue digestible.

En Rancas, el nivel de proteína para las especies deseables fue de 12.82% y para las poco deseables 12.77% con un promedio de 12.80%. El nivel de FDN para especies poco deseables fue 83.09% y de 86.05% para especies poco deseables con un promedio de 84.57% mientras. El nivel de FDA fue de 31.02% para deseables y 31.60% para poco deseables con un promedio de 31.31%. El nivel de DIVMS fue de 39.49% y de 39.32% para especies deseables y poco deseables respectivamente con un promedio de 39.41%. El nivel de DIVMO fue de 44.97% y de 40.39% para especies deseables y poco deseables con un promedio de 42.68%. El 95.17% de la dieta de Rancas estuvo constituida por materia orgánica de la que el 42.68% fue digestible.

**Cuadro 6: Perfil nutricional de las muestras de dieta de vicuñas.**

<b>Componente</b>	<b>Conocancha</b>			<b>Rancas</b>		
	<b>Deseables</b>	<b>Poco deseables</b>	<b>Promedio</b>	<b>Deseables</b>	<b>Poco deseables</b>	<b>Promedio</b>
Proteína cruda (%)	8.70	8.47	8.59	12.82	12.77	12.80
Fibra detergente neutro (%)	90.95	87.81	89.38	83.09	86.05	84.57
Digestibilidad in vitro de materia seca (%)	24.13	26.11	25.12	39.49	39.32	39.41
Digestibilidad in vitro de materia orgánica (%)	25.36	28.27	26.82	44.97	40.39	42.68
Energía metabolizable (MJ/Kg MS)	4.07			6.50		
Ingesta voluntaria (g MS/día)	969.06			934.63		

A partir de la digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DIVMO), se estimó que el contenido de energía metabolizable fue de 4.07 MJ/KgMS y 6.50 MJ/KgMS para Conocancha y Rancas respectivamente según el modelo matemático propuesto por MAFF (1975). En el anexo 12, se muestra la estructura poblacional de las vicuñas de Conocancha y Rancas según el censo poblacional realizado en el año 2012. En base a ésta base de datos, se estimó la ingesta diaria de una unidad vicuña según las ecuaciones de predicción respectivas (ver Cuadro 6). En general, el perfil nutricional fue más favorable en Rancas que en Conocancha.

El nivel de fibra detergente neutro (FDN) presentó valores muy altos para esta área de estudio. Chancayauri encontró que para la época de lluvias la proteína de muestras de forraje ascendía a 8.70%, la digestibilidad de la materia seca (DIVMS) a 49.20% y la energía metabolizable (EM) a 7.87 MJ/kg MS. Según las investigaciones, las praderas subtropicales tienden a acumular mayor cantidad de pared celular (Meissner, 1995). Es por ello, que se observaría proporciones muy altas de fibra detergente neutro en los resultados. Los porcentajes de material verde para varios sitios de Conocancha resultaron muy bajos en más de un sitio (ver Anexo 2). Así, es posible que la vicuña consuma la biomasa senescente debido a la por competencia con ovinos como por la escasez de material verde. Si bien las muestras recolectadas incluían herbáceas y graminoides frescos, también incluían material senescente. Entonces, es probable que las muestras correspondieron a forrajes de baja calidad en promedio por tener menos del 50% en digestibilidad de materia seca y más del 65% de fibra detergente neutro (Di Marco, 2011).

Con respecto a la palatabilidad, se podría esperar que las especies deseables presenten medidas nutricionales más altas que las especies poco deseables. No obstante, no se observa tal correspondencia en los análisis (ver Cuadro 6). Esto lleva a plantear que existirían factores alternativos, aparte del grado de deseabilidad de las especies forrajeras, que tienen un efecto sobre el valor alimenticio del pastizal (Hoffman *et al.*, 1984).

La demanda de las vicuñas, expresada en megajoules por kilogramos de materia seca, no satisface la cantidad mínima solo en Conocancha de 6.44 MJ/KgMS estimada para alpacas por San Martín (1991). En general, la calidad nutritiva del pasto en Conocancha no podría permitir un crecimiento de la población en su área por una disminución de la ingesta en las madres que son el grupo que demanda más energía. Por ello, se registró que las vicuñas estuvieron migrando hacia zonas aledañas fuera de la unidad. Con respecto a la proteína

cruda, los valores promedio encontrados en las muestras parecían satisfacer la demanda mínima de la vicuña (Galaz & Gonzales, 2005). No obstante, cabe explicar que los niveles satisfactorios de proteína se deberían a que varias especies recolectadas para la muestra fueron organismos juveniles de herbáceas y gramínoideas además de pasto senescente en mayor proporción. Probablemente, la determinación de la digestibilidad hubiera sido más precisa si se hubiese separado los forrajes de diferentes concentraciones de nutrientes en el pastizal. (Hobbs *et al.*, 1982).

Cuando la fibra detergente neutro aumenta, tanto la digestibilidad como la ingesta diaria disminuyen (San Martín, 1991). Por ello, se encontraron valores muy bajos de estos factores nutricionales en ambas áreas de estudio. Las vicuñas que dejan de lado las gramíneas de porte alto que formarán parte de la masa senescente y fibrosa serán el alimento para otros individuos que deban ingerirla por no tener otra alternativa. Posiblemente, el muestreo de las dietas se hizo en ese caso. Asimismo, el descenso en el consumo se debería a que alcanzan en menor tiempo la capacidad límite del rumen por mayor cantidad de fibra en la dieta.

#### **4.3.2 Capacidad de Carga**

La capacidad de carga se calculó en función a la disponibilidad de factores nutricionales limitantes: energía metabolizable y proteína cruda. Con respecto a la energía metabolizable, los resultados fluctuaron entre 0.15 UV/ha/año y 1.74 UV/ha/año con promedio de 0.85 UV/ha/año para Conocancha mientras que se obtuvo entre 0.52 UV/ha/año y 1.72 UV/ha/año con promedio de 1.07 UV/ha/año para Rancas. Con respecto a la proteína cruda, en Conocancha la capacidad de carga varió entre 0.13 UV/ha/año y 1.57 UV/ha/año con promedio de 0.77 UV/ha/año. En Rancas, varió entre 0.44 UV/ha/año y 1.47 UV/ha/año con un promedio de 0.91 UV/ha/año. Los resultados sobrepasan los valores reportados entre 0.013 UV/ha/año y 0.02 UV/ha/año por Castellaro (2007).

En la Cuadro 7, puede verificarse que la proteína cruda es el factor nutricional que generó una menor capacidad de carga en promedio. En consecuencia, los resultados tomados en consideración para la posterior comparación entre métodos fueron los correspondientes a la proteína cruda por generar un menor margen de seguridad para el cálculo de la capacidad de carga.

**Cuadro 7: Capacidad de carga (UV/ha/año) en función a la energía metabolizable y a la proteína cruda.**

Sitio	En base a energía metabolizable		En base a proteína cruda	
	Conocancha	Rancas	Conocancha	Rancas
1	1.39	1.28	1.26	1.09
2	1.14	1.72	1.03	1.47
3	0.15	0.86	0.13	0.74
4	1.00	0.52	0.90	0.44
5	1.13	0.91	1.02	0.77
6	1.74	1.20	1.57	1.02
7	0.99	0.97	0.90	0.82
8	0.19		0.17	
9	0.42		0.38	
10	0.59		0.54	
11	0.58		0.52	
<b>Promedio</b>	0.85	1.07	0.77	0.91

La soportabilidad forrajera para Conocancha fue de 1835.12 UV y para Rancas, de 530.96 UV. Estos resultados están por debajo de los que fueron determinados por otros métodos. La carga animal ajustada obtenida en el censo de vicuñas para ambas áreas de estudio supera la capacidad de carga. Quizá por esta razón, se observaron cercos rotos en el encierro de Rancas (ver Figura 9) y una menor concentración de vicuñas en Conocancha. En consecuencia, se podría afirmar que la eficiencia del alimento obtenido de estos pastizales se revele como menor cuando se evalúa el forraje con respecto a su calidad (Hoffman *et al.*, 1984). En un caso de sobrepastoreo como sucedió en Conocancha, es posible la alteración de la comunidad vegetal hasta reducir la capacidad de carga a niveles de rentabilidad negativa.



Figura 9: Cercado metálico deteriorado presuntamente por vicuñas.

En la Figura 10, se observa una mayor variabilidad para los datos de Conocancha. Esta variabilidad es similar a la que se determinó en el método del factor de uso. La razón se debería a que, para establecer la oferta de forraje en el cálculo, se consideró lo recolectado en el campo para una mayor precisión. Se presume que, si se hubiese tomado valores teóricos, se restaría precisión al método. Si la variabilidad de la disponibilidad de forraje es alta, es de esperarse que la capacidad de carga se comporte de la misma manera entre los sitios.

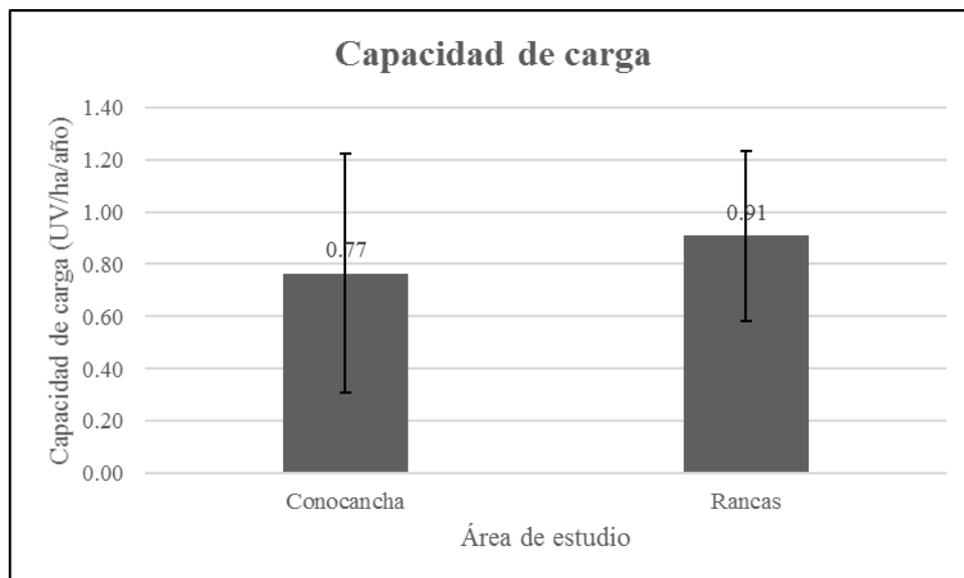


Figura 10: Capacidad de carga en función a la proteína cruda según el método nutricional.

Este método adolece de presentar datos suficientes para cuantificar que proporción de la mezcla de especies botánicas tomadas en campo pueda ser efectivamente consumida por el animal (Hobbs *et al.*, 1982). El principal problema con las medidas directas de nutrientes sería que se adopta el supuesto de que la muestra recolectada será siempre la misma que el animal ingiera (Sinclair *et al.*, 2006).

#### **4.4 Comparación entre métodos**

Se puede observar en la Cuadro 8 que la capacidad de carga obtenida mediante el método de evaluación nutricional ha sido la más baja entre los tres métodos ( $p < 0.05$ ). Esto se podría explicar debido a que este método fue más sistémico y restrictivo en relación a los demás. Este método fue el único que tomó en cuenta los requerimientos nutricionales de las vicuñas. Los otros dos métodos no los integran en el cálculo lo que podría llevar a sobrestimar la capacidad de carga.

Los resultados obtenidos con el método de condición de pastizal difieren ampliamente del método nutricional ( $p < 0.05$ ) pero no con respecto al método del factor de uso. Esto se explicaría por el método nutricional restringe los datos de biomasa forrajera a unas fracciones mientras que los demás métodos toman en cuenta la cobertura vegetal total. Una comparación entre el Anexo 6 y el Anexo 7 indican que la topografía del terreno fue más accidentada en el encierro de Rancas. En terrenos con elevada pendiente la productividad de biomasa vegetal sería menor (Pillaca, 2008). Por ello, la comparación de la capacidad de carga promedio entre ambas áreas no da cuenta de una relación directa entre el método del factor de uso y del método de condición del pastizal (ver Figura 11).

Los métodos que consideran energía digestible y proteína digestible suelen diferir de otros métodos (McCall *et al.*, 1997). No obstante, habría que tomar en cuenta que existe una limitante con el método de condición de pastizal, puesto que, los valores obtenidos en base a los ensayos de cargas fijas no están actualizados. Se debe recordar que el ensayo de carga fue elaborado en la reserva Pampa Galeras en el que las condiciones climáticas son relativamente distintas (Florez y Malpartida, 1987 y Tuppia, 1991).

Entre las ventajas que presenta el método nutricional están la integración entre la oferta del forraje y su calidad además de la evaluación entre encierros cuyas condiciones difieran entre sí. (Hobbs *et al.*, 1982). En la presente investigación, la diferencia de los resultados entre

áreas de estudio no fue estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ). Por lo tanto, la ventaja mencionada no sería puesta en relieve para este caso considerando que el método de estimación de la capacidad de carga en base a la evaluación nutricional resulta más costoso (ver Anexo 11). En suma, los autores indican que las asunciones consideradas para cada método de estimación están lejos de poder integrarse. Por ello, la estimación absoluta de la capacidad de carga para un área de conservación o un área productiva es cuestionable por lo que la evaluación sería más acertada por sitios de pastizal (McCall *et al.*, 1997). En la Cuadro 8, se observan los resultados de la estimación de la capacidad de carga por área de estudio y por sitio de pastizal.

**Cuadro 8: Capacidad de carga (UV/ha/año) por sitio de pastizal y área de estudio por los tres métodos.**

Sitio	Conocancha			Rancas		
	Método de condición del pastizal	Método del factor de uso	Método nutricional	Método de condición del pastizal	Método del factor de uso	Método nutricional
1	3.33	3.26	1.26	3.33	1.87	1.09
2	1.65	2.67	1.03	1.65	2.52	1.47
3	1.65	0.34	0.13	3.33	1.27	0.74
4	1.65	2.33	0.90	3.33	0.76	0.44
5	3.33	2.63	1.02	3.33	1.33	0.77
6	3.33	4.05	1.57	3.33	1.76	1.02
7	1.65	2.32	0.90	3.33	1.42	0.82
8	1.65	0.43	0.17			
9	3.33	0.98	0.38			
10	3.33	1.39	0.54			
11	1.65	1.35	0.52			
Promedio	1.65*	1.98	0.77	3.33*	1.56	0.91
Desviación estándar	0.88	1.18	0.46	0.63	0.56	0.32
Coficiente de variación	53.17%	59.60%	59.60%	19.07%	35.63%	35.63%

\*En base al puntaje promedio de condición según el área de estudio.

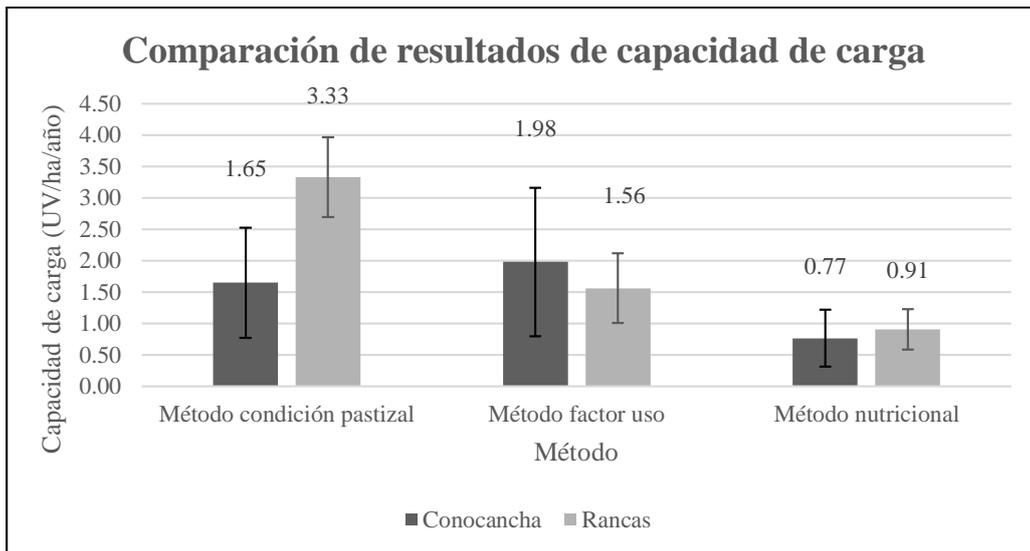


Figura 11: Comparación de los resultados de capacidad de carga entre los tres métodos propuestos.

Como se mencionó anteriormente, no hubo diferencia significativa entre ambas áreas de estudio ( $p > 0.05$ ). Esto se debería a que las condiciones climáticas han sido tan variables en ambos lugares que los datos han mostrado alto coeficiente de variación. Tanto Conocancha como Rancas son lugares abiertos y vulnerables a la variación climática. Se piensa que habría una mayor diferencia por el sistema de manejo de vicuñas si es que las condiciones climáticas, tales como temperatura y humedad, hubiesen sido relativamente estables para el periodo de lluvias en el que se ejecutó el presente experimento.

#### 4.4.1 Variabilidad

Se observa en la Figura 12 que en Conocancha, el coeficiente de variación para el método del factor de uso, método de condición del pastizal y método nutricional fue de 53.17%, 59.60% y 59.60% respectivamente. Para el encierro San Antonio de Rancas, el coeficiente de variabilidad resultó en 19.07%, 35.63% y 35.63% respectivamente. A nivel general, el método de factor de uso presenta 54.26% de variabilidad, el método de condición de pastizal 31.48% y el método nutricional 49.40%. Por lo tanto, el método de condición de pastizal es el método que presenta menor variabilidad.

El método de condición de pastizal toma en cuenta la distribución de los recursos forrajeros en amplias áreas de pastizales con respecto a un potencial clímax ecológico. Los sitios de pastizal para cada área de estudio no estuvieron delimitados por cercos entre sí. Por lo tanto, el efecto del sistema de pastoreo de vicuñas sobre la composición botánica del pastizal se

distribuiría de manera más o menos homogénea entre todos los sitios si se toma en cuenta los amplios márgenes para la categorización de un sitio como excelente, bueno o regular (Scoones, 1989). Como Conocancha presentó mayor cantidad de sitios tendería a presentar mayor variabilidad en los datos.

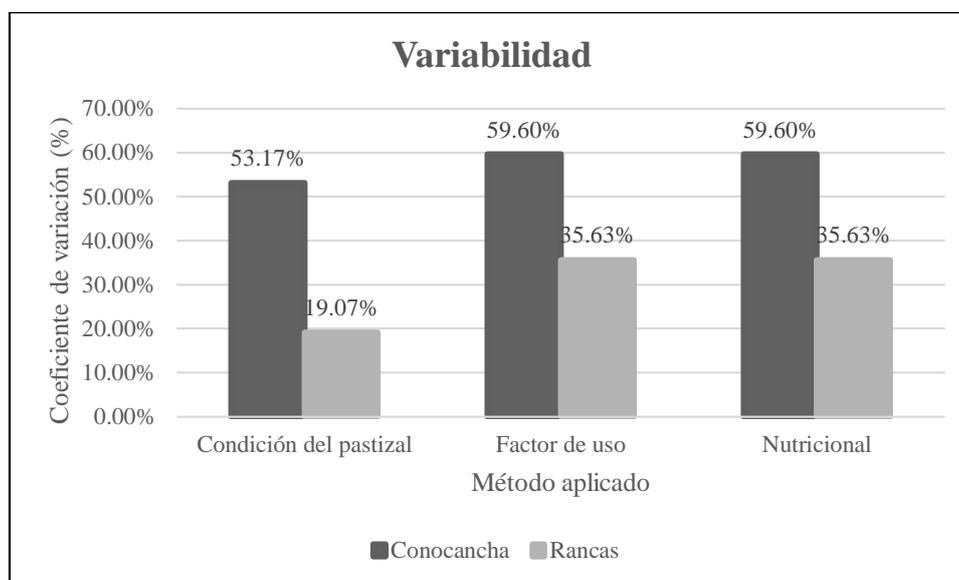


Figura 12: Variabilidad de los métodos en función al coeficiente de variación.

#### 4.4.2 Precisión

En Conocancha, la desviación estándar fue menor para el método nutricional como se puede observar en la figura 13. Esto se debería a que la evaluación nutricional de los pastos no se realizó sitio a sitio lo cual estuvo fuera del alcance de la presente investigación. La calidad nutricional obedece a una muestra tomada al azar para cada área de estudio. En consecuencia, las propiedades nutricionales de cada sitio estarán en función de toda el área. Por ello, se presume que los resultados obtenidos por cada sitio no sean los suficientemente acertados. No obstante, el valor que orientaría futuros modos de manejo de la carga sería el promedio obtenido en 0.77 UV/ha/año y 0.91UV/ha/año para Conocancha y Rancas respectivamente. La precisión obtenida con este método podría enmascarar las limitaciones de la evaluación.

La cantidad de proteína y de fibra dependen fundamentalmente del estado fenológico (Rodríguez, 1984; Flórez y Malpartida, 1987) mientras que la disponibilidad de forraje, de la precipitación pluvial. El cambio climático parece distorsionar el régimen de lluvias a lo largo del año lo que dificulta la estimación de capacidad de carga en sistemas ecológicos en desequilibrio (Scoones, 1989). El método de condición de pastizal es la segunda opción que presenta mayor precisión.

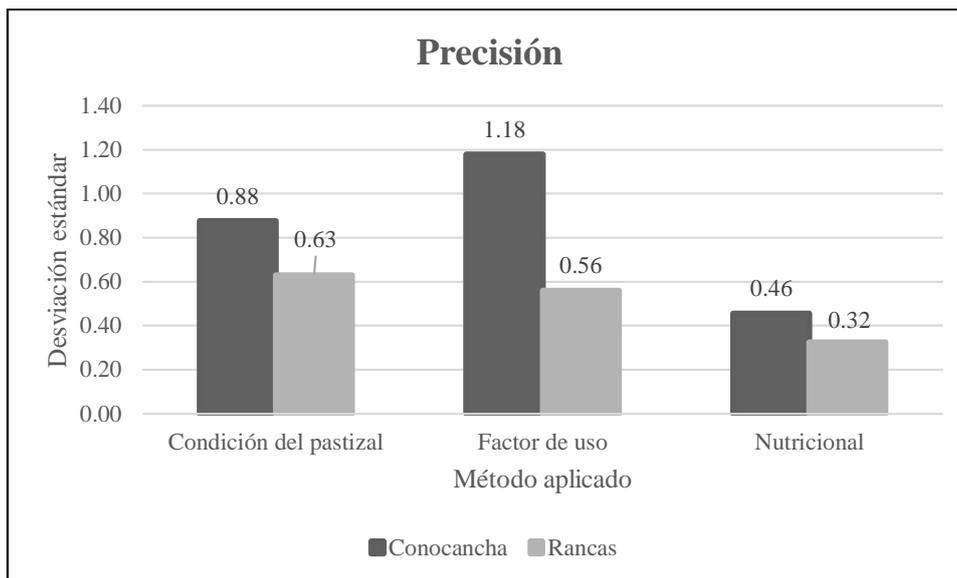


Figura 13: Precisión de los métodos en función a la desviación estándar.

#### 4.4.3 Relación Costo-eficiencia

En base al presupuesto elaborado para la ejecución de cada método (ver Anexos 9, 10 y 11) se calculó la relación costo eficiencia. En la Cuadro 9, se observa que se pudieron evaluar 472.24 hectáreas por cada mil soles invertidos con el método de condición de pastizal. Con el método de factor de uso se pudieron evaluar hasta 445.57 hectáreas y con el método nutricional hasta 396.22. En base a los sitios, se obtuvo que se pueden evaluar 3.09, 2.92 y 2.59 sitios por cada 1000 soles invertidos con el uso del método de condición de pastizal, el método de factor de uso y el método nutricional. Esto evidenciaría que el empleo del método de condición del pastizal permite evaluar más sitios y más hectáreas bajo el mismo presupuesto traduciéndose en una mayor eficiencia. McCall *et al.*, (1997) recomiendan utilizar otros métodos distintos al nutricional en caso de que se desee evaluar la capacidad de carga a gran escala.

**Cuadro 9: Eficiencia presupuestaria por cada mil soles presupuestados según la metodología aplicada.**

	<b>Método condición del pastizal</b>	<b>Método factor de uso</b>	<b>Método nutricional</b>
Número de sitios	18	18	18
Número de hectáreas	2748.70	2748.70	2748.70
Costo total por método	S/. 5820.50	S/. 6169.00	S/. 6937.25
Relación costo eficiencia (ha/1000 soles)	472.24	445.57	396.22
Relación costo eficiencia (sitios de pastizal/1000 soles)	3.09	2.92	2.59

En general, se podría afirmar que el método de condición de pastizal seguiría siendo ventajoso para la evaluación de pastizales extensos mientras su análisis se evalúe por sitios. La evaluación nutricional por sitio demandaría mayor inversión a pesar de ser más precisa. Se cree que esta mayor inversión sería más pertinente en praderas cultivadas en las que la productividad por hectárea del ganado sea el objetivo del manejo. Al presentarse ecosistemas de puna con una mayor variabilidad climática por efecto del cambio climático, los estudios respectivos tienden a comportarse como aproximaciones u orientaciones (Hoffman *et al.*, 1984 y Scoones, 1989).

## V. CONCLUSIONES

1. El método basado en la condición del pastizal presentó la menor variabilidad debido a que la mayoría de sitios de las áreas de estudio fueron condición buena o regular.
2. El método nutricional fue más preciso en los resultados para cada área de estudio puesto que utilizó el requerimiento nutricional de la vicuña y la oferta nutricional de los pastizales para estimar la capacidad de carga.
3. El método de condición de pastizal presentó la mejor relación costo eficiencia, ya que se pudo evaluar la cantidad máxima de 472.24 hectáreas (3.09 sitios) por cada mil soles invertidos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Evaluar los resultados de capacidad de carga de los métodos evaluados con respecto a los resultados que se obtendrían a partir de ensayos de carga de largo aliento en pastizales.
2. Mejorar los resultados del método nutricional incorporando técnicas y equipos avanzados para estimar el valor nutricional de la dieta.
3. Incluir al tipo de sistema de manejo de vicuñas, silvestría, cautiverio o semicautiverio, en futuras investigaciones para evaluar sus posibles efectos en los resultados de los métodos para estimar la capacidad de carga.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ALBERTA SUSTAINABLE RESOURCE DEVELOPMENT (ASRD, US).** 2004. Methodology for calculating carrying and grazing capacity on public rangelands. US.

**ALZÉRRECA, H., PRIETO, G., LAURA, J., LUNA, D. y LAGUNA, S.** 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA). La Paz, BO.

**ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC, USA).** 1980. Official Methods of Analysis (9th. Ed.). Washington, D.C. 832 pp.

**BEDELL, T.E. y COX, K.T.** 1994. Monitoring Rangelands. Bureau of Land Management. Oregon State University Extension Service.

**BORGNA, M.** 2008. Interaction between wild camelids and livestock in an Andean semi-desert. *J. Arid Environments*. 72(2008): 2150-2158.

**BORGNA, M.** 2009. Stock animal y capacidad de carga en Laguna Blanca. Catamarca, AR. Editorial Científica Universitaria – Universidad Nacional de Catamarca.

**BRACK, A.** 2004. Los Camélidos Sudamericanos. (En línea). Consultado 7 oct. 2014. Disponible en: [http://michacraorg.michacraperu.info/pbc/PBC/wvi/Estudio%20de%20Mercado/Alpacas/alpacas/camelidos\\_sudamericanos.pdf](http://michacraorg.michacraperu.info/pbc/PBC/wvi/Estudio%20de%20Mercado/Alpacas/alpacas/camelidos_sudamericanos.pdf)

**BRISKE, D.D. y HEITSCHMIDT, R.K.** 1991. An Ecological Perspective. In *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Oregon, US. Timber Press. p. 19-22.

**CALLE, R.** 1982. Producción y Mejoramiento de la Alpaca. Fondo del Libro. Banco Agrario del Perú. Lima, Perú. 334 p.

**CASTELLARO, G.** 2007. Capacidad de carga de praderas altiplánicas destinadas al manejo de la vicuña (*vicugna vicugna mol.*). Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina.

**CHANCAYAURI, R.** 1999. Dinámica de la producción primaria, composición florística y valor nutritivo de pastizales dominados por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunarum* en respuesta a la quema prescrita frontal. Tesis Mg. Sc. Producción Animal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 82 p.

**CENSO GENERAL DE VICUÑAS. GOBIERNO REGIONAL DE JUNÍN.** 2014. Dirección Regional Agraria. Junín. Perú.

**CENSO GENERAL DE VICUÑAS. GOBIERNO REGIONAL DE PASCO.** 2014. Dirección Regional Agraria. Pasco. Perú

**Di MARCO, O.** 2011. Estimación de la Calidad de Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. INTA. Buenos Aires, AR. 3p.

**DIKMAN, J.** 1998. Carrying capacity: outdated concept or useful livestock management tool? Overseas Development Institute. 8p.

**DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE (DGFFS, PE).** 2014. Censo Poblacional de Vicuñas 2012. Ministerio de Agricultura.

**ESQUEDA, M.; SOSA, E.; CHAVEZ, A.; VILLANUEVA, F.; LARA, M.; ROYO, M., SIERRA, J.; GONZÁLES, A. y BELTRÁN, S.** 2011. 1ra ed. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. D.F., MX. 47p.

**FLORES, E.** 1991. Manejo y utilización de pastizales. En: Publicación FAO. Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Santiago de Chile, CL. p. 191-211.

**FLORES, E.** 1997. Proyectos Tambos Alpaqueros I – Manejo y conservación de praderas naturales. Convenio Laboratorio de Utilización de Pastizales – Pro Defensa de la Naturaleza (PRODNA) Arequipa, PE. 11 p.

**FLÓREZ, A. y MALPARTIDA, E.** 1987. Manejo de pradera nativas y pasturas en la región altoandina del Perú. Banco Agrario. Tomo I.

**GALAZ, J. y GONZÁLEZ, G.** 2005. 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 pp.

**HANSELKA, C.W.; WHITE, L.D. y HOLECHECK, J.L.** s.f. Using Forage Harvest Efficiency to Determine Stocking Rate. Agrilife Communications and Marketing. Texas, US. 2p

**HURD, B.H.; TORELL, L.A. y McDANIEL, K.C.** 2007. Perspectives on Rangeland Management: Stocking Rates, Seasonal Forecasts and the Value of Weather Information to New Mexico Ranchers. New Mexico, US. New Mexico State University.

**HOBBS, N.T.; BAKER, D.L.; ELLIS, J.E.; SWIFT, D.M. y GREEN, R.A.** 1982. Energy and Nitrogen Based Estimates of Elk Winter-Range Carrying Capacity. *J. Wildl. Manage.* 46(1):12-21.

**HOFFMAN, R.K.; OTTE, K.C.; PONCE, C. y RIOS, M.A.** 1983. El Manejo de la Vicuña Silvestre. Eschborn. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. Tomo I: p. 173-217.

**LICHTENSTEIN, G.; ORIBE, F.; GRIEG-GRAN, M. y MAZZUCHELLI, S.** 2002. Manejo Comunitario de Vicuñas en el Perú: Estudio del caso de manejo comunitario de vida silvestre. PIE Series No. 2. International Institute for Environment and Development. Peru. 72p.

**MARES, V.** 1972. Determinación de la capacidad de soporte de algunos pastizales nativos alto andinos mediante el sistema de cargas. Tesis (Ing. Zootecnista). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115p.

**MEISSNER, H.H.; VAN NIEKERK, W.A.; PAULSMEIER, D.V. y HENNING, P.H.** 1995. Ruminant nutrition research in South Africa during the decade 1985-1995. S. Afr. Tydskr. Veek. 25(4)

**MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD (MAFF, UK).** 1975. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Technical Bulletin. UK. No. 33.

**McCALL, T.; BROWN R. y BENDER L.** 1997. Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity for white tailed deer. J. Range Manage. 50(1):33-38.

**McDONALD, P; EDWARDS R.A.; GREENHALGH, J.F. y MORGAN, C.A.** 2002. Nutrición Animal. Reino Unido. Editorial Acribia. p. 261-262.

**PILLACA, S.** 2008. Impacto del Manejo de Vicuñas en Cautiverio sobre la Condición, Tendencia y Producción del pastizal. Tesis Mg. Sc. Producción Animal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 101p.

**RODRÍGUEZ, N.** 1984. Determinación del valor nutritivo de las principales especies de los pastizales naturales de la SAIS Pachacutec en cinco eventos fenológicos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 124p.

**RUYLE, G.; y DYESS, J.** 2010. Rangeland Monitoring and the Parker 3-Step Method: Overview, Perspectives and Current Applications. The University of Arizona Cooperative Extension.

**SAN MARTIN, F.** 1991. Alimentación y nutrición. En: Publicación FAO. Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. Santiago de Chile, CL. p. 213-260.

**SCOONES, I.** 1989. Economic and Ecological Carrying Capacity Implications for Livestock Development in the Dryland Communal Areas of Zimbabwe. Department Of Biological Sciences. University Of London.

**SINCLAIR, A.R.; FRYXELL, J.M. y CAUGHLEY G.** 2006. Wildlife Ecology, Conservation and Management. Blackwell Publishings. p. 47-48.

**TILLEY J., y TERRY R.** 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grasel. Soc. 18: 104-111

**TERREL, W.** 2012. Evaluación ecológica y económica de la crianza en semicautiverio de vicuñas en la U.P. Conocancha. Tesis Mg. Sc. Producción Animal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 123 p.

**TUPPIA, M.** 1991. Evaluación de los índices de vegetación y capacidad de carga de las praderas nativas de pampa galeras. Tesis (Ing. Zootecnista). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 96 p.

**VALLEJOS, M. y QUILLATUPA, O.** 1975. Manejo racional de las pasturas de la SAIS Pachacutec basado en el mapeo agrotoedafológico. Tesis (Ing. Zootecnista). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 251 p.

**VAN SOEST, P. y ROBERTSON, J.** 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell University (NY, EE.UU.). Laboratory Manual for Animal Science N° 613. 165 p.

**WALLMO, O.C.; CARPENTER, L.H.; REGELIN, W.; GILL, R.B. y BAKER, D.L.** 1977. Evaluation of Deer Habitat on a Nutritional Basis. J. Range Manage. 30(2): 122-127.

**WILSON, A.D. y MACLEOD, N.D.** 1991. Overgrazing: Present or absent? J. Range Manage. 44(5): 475-482.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Biomasa aérea del pastizal (KgMS/ha)

<b>a. Conocancha</b>				
<b>Sitio</b>	<b>Biomasa aérea (KgMS/ha)</b>			
	<b>Gramínea</b>	<b>Graminoide</b>	<b>Herbácea</b>	<b>Arbustiva</b>
1	3023.96	129.17	232.02	-
2	3148.60	204.82	197.70	-
3	243.14	14.76	118.91	-
4	2186.24	418.87	61.87	-
5	3508.21	11.99	232.99	-
6	3869.85	335.83	330.63	-
7	2290.45	82.11	162.42	-
8	758.03	250.95	25.14	796.72
9	1624.36	186.37	206.89	-
10	1011.39	254.64	96.68	-
11	1210.61	133.78	185.62	421.52
Promedio	2079.53	183.94	168.26	609.12
<b>b. Rancas</b>				
<b>Sitio</b>	<b>Biomasa aérea (KgMS/ha)</b>			
	<b>Gramínea</b>	<b>Graminoide</b>	<b>Herbácea</b>	<b>Arbustiva</b>
1	1534.58	212.80	20.40	-
2	3970.92	231.40	174.13	-
3	975.95	400.40	44.00	-
4	416.00	236.40	316.67	-
5	791.27	485.60	46.20	-
6	1592.65	73.20	86.00	-
7	1325.15	72.40	72.40	-
Promedio	1515.22	244.60	108.54	-

## Anexo 2: Proporción de material verde (factor verdor)

<b>a. Conocancha</b>				
<b>Sitio</b>	<b>Gramíneas</b>	<b>Graminoides</b>	<b>Herbáceas</b>	<b>Arbustivas</b>
1	75.50%	75.50%	100.00%	-
2	59.00%	59.00%	100.00%	-
3	79.50%	79.50%	100.00%	-
4	69.50%	69.50%	100.00%	-
5	55.00%	55.00%	100.00%	-
6	70.00%	70.00%	100.00%	-
7	72.00%	72.00%	100.00%	-
8	34.50%	34.50%	100.00%	100.00%
9	35.50%	35.50%	100.00%	-
10	82.50%	82.50%	100.00%	-
11	72.25%	72.25%	100.00%	100.00%
Promedio	64.11%	64.11%	100.00%	100.00%
<b>b. Rancas</b>				
<b>Sitio</b>	<b>Gramíneas</b>	<b>Graminoides</b>	<b>Herbáceas</b>	<b>Arbustivas</b>
1	83.50%	83.50%	100.00%	-
2	44.00%	43.93%	100.00%	-
3	72.50%	72.50%	100.00%	-
4	72.00%	72.00%	100.00%	-
5	87.00%	77.50%	100.00%	-
6	78.00%	78.00%	100.00%	-
7	75.50%	75.50%	100.00%	-
Promedio	73.21%	71.85%	100.00%	-

**Anexo 3: Índice forrajero (%)**

<b>a. Conocancha</b>			
<b>Sitio</b>	<b>Gramíneas</b>	<b>Graminoides</b>	<b>Herbáceas</b>
1	100.00%	100.00%	84.00%
2	100.00%	100.00%	67.11%
3	100.00%	100.00%	70.59%
4	100.00%	100.00%	85.00%
5	100.00%	100.00%	50.00%
6	100.00%	100.00%	90.91%
7	100.00%	100.00%	72.00%
8	100.00%	100.00%	13.33%
9	100.00%	100.00%	81.82%
10	100.00%	100.00%	90.91%
11	100.00%	100.00%	66.30%
Promedio	100.00%	100.00%	70.18%
<b>b. Rancas</b>			
<b>Sitio</b>	<b>Gramíneas</b>	<b>Graminoides</b>	<b>Herbáceas</b>
1	100.00%	100.00%	73.33%
2	100.00%	100.00%	84.00%
3	100.00%	100.00%	100.00%
4	100.00%	100.00%	66.67%
5	100.00%	100.00%	90.00%
6	100.00%	100.00%	100.00%
7	100.00%	100.00%	83.52%
Promedio	100.00%	100.00%	85.36%

#### Anexo 4: Relación de especies botánicas censadas en ConocanCHA

Familia	Especie	Clave	Deseabilidad	Grupo Funcional
Poaceae	<i>Festuca peruviana</i>	Fepe	D	Gramínea
Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i>	Agbre	D	Gramínea
Poaceae	<i>Agrostis sp</i>	Agrosp	D	Gramínea
Poaceae	<i>Agrostis toluensis</i>	Agto	D	Gramínea
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i>	Broca	D	Gramínea
Poaceae	<i>Bromus lannatus</i>	Brola	D	Gramínea
Poaceae	<i>Bromus modestus</i>	Bromo	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis brevifolia</i>	Cabre	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	Cahe	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis rigida</i>	Cari	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	D	Gramínea
Poaceae	<i>Dissanthelium calcynum</i>	Dica	D	Gramínea
Poaceae	<i>Dissanthelium macusaniense</i>	Dima	D	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca huamachunensis</i>	Fehua	D	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca rigescens</i>	Feri	D	Gramínea
Poaceae	<i>Hordeum muticum</i>	Homu	D	Gramínea
Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	D	Gramínea
Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Mupe	D	Gramínea
Poaceae	<i>Nazella brachyphylla</i>	Nabra	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Paspalum pygmaeum</i>	Papyg	D	Gramínea
Poaceae	<i>Poa aequigluma</i>	Poae	D	Gramínea
Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	Acpu	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Anatherostipa hans - meyeri</i>	Anahan	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis antoniana</i>	Caan	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Carig	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca humillior</i>	Fehu	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Stipa brachyphylla</i>	Stibra	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Stipa ichu -Jarava ichu</i>	Stiic	PD	Gramínea
Cyperaceae	<i>Scirpus rigidus</i>	Sciri	D	Graminoides
Cyperaceae	<i>Carex ecuadorica</i>	Caec	PD	Graminoides
Cyperaceae	<i>Carex sp.</i>	Casp	PD	Graminoides
Juncaceae	<i>Luzula peruviana</i>	Lupe	D	Graminoides
Juncaceae	<i>Luzula racemosa Desvaux</i>	Lura	D	Graminoides
Apiaceae	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	Oran	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Hyta	D	Herbácea
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Bian	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	Gnado	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Lucilia kunthiana</i>	Luku	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Paranephelius bullatus</i>	Pabu	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Paranephelius ovatus</i>	Paov	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Paranephelius uniflorus</i>	Paun	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Senecio nutans Schultz-Bip</i>	Senu	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Senecio rufescens</i>	Seru	PD	Herbácea

Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Lucilia sp.</i>	Lusp	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Gamachaeta americana</i>	Gaam	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Gamachaeta purpurea</i>	Gapur	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i>	Wenu	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Perezia multiflora</i>	Pemu	I	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Arenaria digyna</i>	Aredi	PD	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Cerastium subspicatum</i>	Cesub	PD	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Cerastium triviale</i>	Cetri	PD	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum convexum</i>	Pyco	I	Herbácea
Fabaceae	<i>Lupinus microphyllus</i>	Lumi	D	Herbácea
Fabaceae	<i>Trifolium amabili</i>	Triam	D	Herbácea
Fabaceae	<i>Astragalus bryogenes</i>	Asbryo	I	Herbácea
Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i>	Gese	D	Herbácea
Geraniaceae	<i>Geranium sp</i>	Gesp	PD	Herbácea
Geraniaceae	<i>Geranium weddelli</i>	Gewe	I	Herbácea
Lamiaceae	<i>Lepechinia meyeri</i>	Leme	PD	Herbácea
Malvaceae	<i>Acaulimalva sp.</i>	Acsp	PD	Herbácea
Malvaceae	<i>Nototriche acaulis</i>	Noac	PD	Herbácea
Oenotheraceae	<i>Oenothera multicaulis</i>	Oemu	PD	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i>	Plaaus	PD	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago lamprophylla</i>	Plalam	PD	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago sp.</i>	Plasp	PD	Herbácea
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	D	Herbácea
Urticaceae	<i>Urtica flabellata</i>	Orfla	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Ephedra americana</i>	Epham	I	Arbustiva
Asteraceae	<i>Baccharis caespitosa</i>	Baca	I	Arbustiva
Asteraceae	<i>Senecio sp.</i>	Sesp	I	Arbustiva

## Anexo 5: Relación de especies botánicas censadas en Rancas

Familia	Especie	Clave	Deseabilidad	Grupo Funcional
Poaceae	<i>Festuca peruviana</i>	Fepe	D	Gramínea
Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i>	Agbre	D	Gramínea
Poaceae	<i>Agrostis toluensis</i>	Agto	D	Gramínea
Poaceae	<i>Bromus lannatus</i>	Brola	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis brevifolia</i>	Cabre	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	Cahe	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis chrysantha</i>	Cachry	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis ovata</i>	Caov	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis rigida</i>	Cari	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	D	Gramínea
Poaceae	<i>Dissanthelium calcynum</i>	Dica	D	Gramínea
Poaceae	<i>Dissanthelium macusaniense</i>	Dima	D	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca huamachunensis</i>	Fehua	D	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca rigescens</i>	Feri	D	Gramínea
Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	D	Gramínea
Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Mupe	D	Gramínea
Poaceae	<i>Nazella brachyphylla</i>	Nabra	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Poa aequigluma</i>	Poae	D	Gramínea
Poaceae	<i>Poa annua</i>	Poan	D	Gramínea
Poaceae	<i>Poa anae</i>	Poana	D	Gramínea
Poaceae	<i>Poa serpaiana</i>	Poser	D	Gramínea
Poaceae	<i>Trisetum spicatum</i>	Trispi	D	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis spiciegiera</i>	Caspi	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	Acpu	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Anatherostipa hans - meyeri</i>	Anahan	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis curvula</i>	Cacu	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis minima Tovar</i>	Cami	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Carig	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Festuca humillior</i>	Fehu	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Poa gymnantha</i>	Pogym	PD	Gramínea
Poaceae	<i>Stipa brachiphylla</i>	Stibra	PD	Gramínea
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Elal	D	Graminoides
Cyperaceae	<i>Scirpus rigidus</i>	Sciri	D	Graminoides
Cyperaceae	<i>Carex bonplandii</i>	Cabon	PD	Graminoides
Cyperaceae	<i>Carex ecuadorica</i>	Caec	PD	Graminoides
Cyperaceae	<i>Carex sp.</i>	Casp	PD	Graminoides
Juncaceae	<i>Luzula peruviana</i>	Lupe	D	Graminoides
Juncaceae	<i>Luzula racemosa Desvaux</i>	Lura	D	Graminoides
Juncaceae	<i>Juncus stipulatus</i>	Justi	PD	Graminoides
Juncaceae	<i>Juncus ebracteatus</i>	Jueb	PD	Graminoides
Apiaceae	<i>Lilaeopsis andina</i>	Lian	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Hypochoeris Sp</i>	Hysp	D	Herbácea
Asteraceae	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Hyta	D	Herbácea

Asteraceae	<i>Werneria Pygmaea</i>	Wepy	D	Herbácea
Asteraceae	<i>Plagiocheilus soliviformis</i>	Plaso	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Oritrophium limnophilum</i>	Orlim	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Bian	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Lucilia kunthiana</i>	Luku	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Paranephelius ovatus</i>	Paov	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Paranephelius uniflorus</i>	Paun	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Werneria caespitosa</i>	Weca	PD	Herbácea
Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i>	Wenu	I	Herbácea
Asteraceae	<i>Perezia multiflora</i>	Pemu	I	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Arenaria digyna</i>	Aredi	PD	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Cerastium subspicatum</i>	Cesub	PD	Herbácea
Caryophyllaceae	<i>Cerastium triviale</i>	Cetri	PD	Herbácea
Fabaceae	<i>Lupinus microphyllus</i>	Lumi	D	Herbácea
Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i>	Gese	D	Herbácea
Orobanchaceae	<i>Castilleja nubigena</i>	Casnu	PD	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	Platu	D	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago sericeae</i>	Plase	PD	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i>	Plari	I	Herbácea
Plantaginaceae	<i>Plantago compacta</i>	Placom	I	Herbácea
Rosaceae	<i>Alchemilla diplophylla</i>	Aldi	D	Herbácea
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	D	Herbácea
Urticaceae	<i>Urtica flabellata</i>	Orfla	I	Herbácea

## Anexo 6: Descripción de Sitios de Pastizal en Conocancha

Sitio	Área (ha)	Asociación dominante	Posición Topográfica	Paisaje circundante	Pendiente	Erosión	Pedregosidad superficial	Afloramiento rocoso	Profundidad
1	155.6	Fedo-Cavi	Terraza	Colinado	Ligeramente inclinada (2 a 5%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Muy superficial < 25 cm
2	433.7	Fedo-Cavi	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	Empinada (30 a 50%)	Moderada	15 a 50%	15 - 50 %	Superficial 25 - 50 cm
3	82.2	Fedo-Cavi	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	Empinada (30 a 50%)	Moderada	3.0 a 15%	2 - 15 %	Muy superficial < 25 cm
4	161.9	Fedo-Cavi	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	Moderadamente empinada (15 a 30%)	Moderada	3.0 a 15%	2 - 15 %	Muy superficial < 25 cm
5	182.1	Caan-Fedo	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	Empinada (30 a 50%)	Moderada	0 a 3%	15 - 50 %	Muy superficial < 25 cm
6	175.2	Fedo-Cavi	Terraza	Colinado	Ligeramente inclinada (2 a 5%)	Moderada	3.0 a 15%	< 2 %	Muy superficial < 25 cm
7	215.3	Fedo-Cavi	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	Empinada (30 a 50%)	Moderada	3.0 a 15%	2 - 15 %	Muy superficial < 25 cm
8	142.9	Cavi-Nabra	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	Moderadamente inclinada (5 a 10%)	Moderada	3.0 a 15%	< 2 %	Muy superficial < 25 cm
9	103.3	Fedo-Cavi	Terraza	Ondulado suave	Moderadamente inclinada (5 a 10%)	Moderada	3.0 a 15%	< 2 %	Muy superficial < 25 cm
10	101.6	Cavi-Alpi	Terraza	Colinado	Moderadamente inclinada (5 a 10%)	Moderada	3.0 a 15%	2 - 15 %	Muy superficial < 25 cm
11	447.5	Fedo-Cavi	Terraza	Ondulado suave	Moderadamente inclinada (5 a 10%)	Moderada	3.0 a 50%	< 2 %	Muy superficial < 25 cm

## Anexo7: Descripción de Sitios de Pastizal en Rancas

Sitio	Área (ha)	Asociación dominante	Posición Topográfica	Paisaje circundante	Pendiente	Erosión	Pedregosidad superficial	Afloramiento rocoso	Profundidad
1	119.7	Fedo - Cavi	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	Fuertemente inclinada (10 a 15%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Superficial 25 - 50 cm
2	97.4	Cavi - Alpi	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	Empinada (30 a 50%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Superficial 25 - 50 cm
3	100.3	Fedo - Alpi	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	Moderadamente empinada (15 a 30%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Medianamente superficial 50 - 75 cm
4	17.3	Cavi - Alpi	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	Moderadamente empinada (15 a 30%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Superficial 25 - 50 cm
5	41.2	Fedo - Alpi	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	Moderadamente empinada (15 a 30%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Medianamente superficial 50 - 75 cm
6	24	Fedo - Alpi	Planicie	Colinado	Moderadamente inclinada (5 a 10%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Profundo > 75 cm
7	145.5	Fedo - Casp	Terraza	Ondulado suave	Fuertemente inclinada (10 a 15%)	Moderada	0 a 3%	< 2 %	Superficial 25 - 50 cm

## Anexo 8: Perfil adicional del análisis nutricional de las dietas de vicuñas

	Conocancha		Rancas	
	Deseables	Poco deseables	Deseables	Poco deseables
Proteína cruda (%) <sup>1</sup>	8.70%	8.47%	12.82%	12.77%
Fibra detergente neutro (%) <sup>1</sup>	90.95%	87.81%	83.09%	86.05%
Fibra detergente ácido (%) <sup>2</sup>	36.03%	39.80%	31.02%	31.60%
Digestibilidad in vitro de materia seca (%) <sup>1</sup>	24.13%	26.11%	39.49%	39.32%
Materia orgánica (%) <sup>1</sup>	95.11%	94.82%	95.19%	95.15%
Digestibilidad in vitro de materia orgánica (%) <sup>1</sup>	25.36%	28.27%	44.97%	40.39%

1: Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal - Facultad de Medicina Veterinaria - Universidad Nacional Mayor de San Marcos

2: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos - Facultad de Zootecnia -Universidad Nacional Agraria La Molina

**Anexo 9: Presupuesto asignado para el método del factor de uso**

<b>Equipo o material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio parcial</b>
Costos directos				
Bolsas de papel (40x60cm)	Paquete de 100 bolsas 40 x 60	S/. 45.00	6	S/. 270.00
Cinta masking tape	unidad	S/. 2.00	1	S/. 2.00
Plumón indeleble	unidad	S/. 1.50	1	S/. 1.50
Dinamómetro (plástico)	unidad	S/. 25.00	1	S/. 25.00
Lapiacos (trooper)	unidad	S/. 40.00	2	S/. 80.00
Anillo censador (unalm)	unidad	S/. 15.00	1	S/. 15.00
Cuadrante 0.5 m2 (unalm)	unidad	S/. 20.00	1	S/. 20.00
Costos indirectos				
Técnico de campo	Jornada diaria	S/. 180.50	11	S/. 1985.50
Transporte (camioneta doble tracción)	Jornada diaria	S/. 300.00	11	S/. 3300.00
Transporte (bus interprovincial)	Recorrido	S/. 35.00	4	S/. 140.00
Alimentación personal	Alimentación/día	S/. 30.00	11	S/. 330.00
<b>Costo Total</b>				<b>S/. 6169.00</b>

**Anexo 10: Presupuesto asignado para el método de condición del pastizal**

<b>Equipo o material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio parcial</b>
Costos directos				
Anillo censador (unalm)	unidad	S/. 60.00	1	S/. 60.00
Wincha 3m	unidad	S/. 5.00	1	S/. 5.00
Costos indirectos				
Técnico de campo	Jornada diaria	S/. 180.50	11	S/. 1985.50
Transporte (camioneta)	Jornada diaria	S/. 300.00	11	S/. 3300.00
Transporte (bus interprovincial)	Recorrido	S/. 35.00	4	S/. 140.00
Alimentación personal	Alimentación/día	S/. 30.00	11	S/. 330.00
<b>Costo Total</b>				<b>S/. 5820.50</b>

### Anexo 11: Presupuesto asignado para el método nutricional

<b>Equipo o material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio parcial</b>
<b>Costos directos</b>				
Binocular 7 15x25	unidad	S/. 308.25	1	S/. 308.25
Cuadrante 0.5 m <sup>2</sup>	unidad	S/. 20.00	1	S/. 20.00
Dinamómetro	unidad	S/. 25.00	1	S/. 25.00
Lapiacos (trooper)	unidad	S/. 40.00	1	S/. 40.00
Bolsas de papel (40x60cm)	Paquete de 100 bolsas 40 x 60	S/. 45.00	1	S/. 45.00
Cinta masking tape	unidad	S/. 2.00	1	S/. 2.00
Plumón indeleble	unidad	S/. 1.50	1	S/. 1.50
Dinamómetro	unidad	S/. 25.00	1	S/. 0.00
Determinación PC	Muestra	S/. 60.00	4	S/. 240.00
Determinación DIVMS	Muestra	S/. 50.00	4	S/. 200.00
Determinación FDN	Muestra	S/. 35.00	4	S/. 140.00
Determinación FDA	Muestra	S/. 40.00	4	S/. 160.00
<b>Costos indirectos</b>				
Técnico de campo	Jornada diaria	S/. 180.50	11	S/. 1985.50
Transporte (camioneta)	Jornada diaria	S/. 300.00	11	S/. 3300.00
Transporte (bus interprovincial)	Recorrido	S/. 35.00	4	S/. 140.00
Alimentación personal	Alimentación/ día	S/. 30.00	11	S/. 330.00
<b>Costo Total</b>				<b>S/. 6937.25</b>

**Anexo 12: Censo y estructura poblacional de vicuñas en Conocanacha y Rancas en el  
año 2012**

a. Conocanacha				
Categoría	Peso promedio (Kg)	Factor equivalencia	Cantidad	Unidades vicuña
Macho	40.00	0.76	52.00	39.47
Hembra	40.00	1.00	154.00	154.00
Cría	19.00	0.27	66.00	17.82
Juvenil	29.00	0.62	113.00	70.17
Macho solitario	40.00	0.76	5.00	3.80
Diferentes*	34.50	0.76	26.00	19.73
Total			416.00	304.99
b. Rancas				
Categoría	Peso promedio (Kg)	Factor equivalencia	Cantidad	Unidades vicuña
Macho	40.00	0.76	124.00	94.12
Hembra	40.00	1.00	449.00	449.00
Cría	19.00	0.27	39.00	10.53
Juvenil	29.00	0.62	444.00	275.72
Macho solitario	40.00	0.76	7.00	5.31
Diferentes*	34.50	0.76	42.00	31.88
Total			1,105.00	866.56

\* Tipo de vicuña sin categoría evidente

### **Anexo 13: Transformación de datos para las observaciones de capacidad de carga en Conocancha**

Obs.	Trat.	cc*	ccT**
1	MCP	3.33	1.82483
2	MCP	1.65	1.28452
3	MCP	1.65	1.28452
4	MCP	1.65	1.28452
5	MCP	3.33	1.82483
6	MCP	3.33	1.82483
7	MCP	1.65	1.28452
8	MCP	1.65	1.28452
9	MCP	3.33	1.82483
10	MCP	3.33	1.82483
11	MCP	1.65	1.28452
12	MPP	3.26	1.80555
13	MPP	2.67	1.63401
14	MPP	0.34	0.58310
15	MPP	2.33	1.52643
16	MPP	2.63	1.62173
17	MPP	4.05	2.01246
18	MPP	2.32	1.52315
19	MPP	0.43	0.65574
20	MPP	0.98	0.98995
21	MPP	1.39	1.17898
22	MPP	1.35	1.16190
23	MNU	1.26	1.12250
24	MNU	1.03	1.01489
25	MNU	0.13	0.36056
26	MNU	0.90	0.94868
27	MNU	1.02	1.00995
28	MNU	1.57	1.25300
29	MNU	0.90	0.94868
30	MNU	0.17	0.41231
31	MNU	0.38	0.61644
32	MNU	0.54	0.73485
33	MNU	0.52	0.72111

\* Capacidad de carga (UV/ha/año)

\*\* Capacidad de carga transformado (UV/ha/año)

## Anexo 14: Análisis estadístico para el método de estimación en ConocanCHA

### Análisis de variancia

Dependent Variable: ccT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2.86319487	1.43159744	11.48	0.0002
Error	30	3.74088650	0.12469622		
Corrected Total	32	6.60408137			

R-Square	Coeff. Var.	Root MSE	ccT Mean
0.433549	28.65469	0.353124	1.232341

### Prueba Duncan para comparación de medias

Duncan's grouping	Mean	N	Trat.
A	1.5301	11	MCP
A			
A	1.3357	11	MPP
B	0.8312	11	MNU

p < 0.05

## Anexo 15: Análisis estadístico para el método de estimación en Rancas

### Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	17.56880000	8.78440000	32.21	<.0001
Error	18	4.90902857	0.27272381		
Corrected Total	20	22.47782857			

R-Square	Coeff. Var.	Root MSE	cc Mean
0.781606	28.18510	0.522230	1.852857

### Prueba Duncan para comparación de medias

Duncan's grouping	Mean	N	TRAT
A	3.0900	7	MCP
B	1.5614	7	MPP
C	0.9071	7	MNU

p < 0.05

## **Anexo 16: Análisis estadístico para el área de estudio con el método de condición de pastizal**

### Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	1.95694545	1.95694545	3.10	0.0976
Error	16	10.11665455	0.63229091		
Corrected Total	17	12.07360000			

R-Square	Coeff. Var.	Root MSE	Mean
0.162085	29.70737	0.795167	2.676667

### Prueba Duncan para comparación de medias

Duncan's grouping	Mean	N	Trat
A	3.0900	7	RANCAS
A	2.4136	11	CONO

p < 0.05

## **Anexo 17: Análisis estadístico para el área de estudio con el método del factor de uso.**

### Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.73974055	0.73974055	0.75	0.3988
Error	16	15.75130390	0.98445649		
Corrected Total	17	16.49104444			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mean
0.044857	54.64982	0.992198	1.815556

### Prueba Duncan para comparación de medias

Duncan's Grouping	Mean	N	Trat.
A	1.9773	11	CONO
A	1.5614	7	RANCAS

p < 0.05

## Anexo 18: Análisis estadístico para el área de estudio con el método nutricional

### Análisis de variancia

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.08587886	0.08587886	0.51	0.4872
Error	16	2.71641558	0.16977597		
Corrected Total	17	2.80229444			

R-Square	Coeff. Var.	Root MSE	Mean
0.030646	50.21461	0.412039	0.820556

### Prueba Duncan para comparación de medias

Duncan's Grouping	Mean	N	Trat.
A	0.9071	7	RANCAS
A	0.7655	11	CONO

p<0.05