

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“INVENTARIO Y ESTRATEGIAS DE MEJORA DE LOS
PASTIZALES DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ALPACAS EN LA SIERRA CENTRAL”**

Presentada por:

MELODY ROCIO ZARRIA SAMANAMUD

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

Lima - Perú

2015

Dedicatoria

Con todo mi cariño para las personas que hacen todo en la vida para que pueda cumplir todas mis metas, quienes me comprenden, me motivan y me apoyan; mis padres José y Gladys

A mis hermanos Carlos y Percy por ser un ejemplo a seguir y por haberme motivado a seguir creciendo profesionalmente

Agradecimientos

A Dios por mostrarnos día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible y por haberme permitido llegar hasta este punto y lograr mis objetivos.

Al Proyecto VLIR-UNALM en el marco del Proyecto 1 y Sub-proyecto de investigación "Mejorando los Sistemas de Producción de Alpacas en Pastizales de la Sierra Central del Perú" por haber financiado la presente investigación

Al Ph.D. Enrique Flores, por su guía, apoyo y asesoramiento en la realización de esta investigación

A los ingenieros José Ruíz, Bill Yalli, y Raúl Tácuna por su apoyo y dedicación en la realización de las evaluaciones de campo

A los administradores y productores de las Comunidades Campesinas Racco, Yurajhuanca, Vicco, Huayllay, Sanjo y Cachipampa por su colaboración y apoyo en la realización de esta investigación

Un agradecimiento especial a mis profesores Enrique Flores, Lucrecia Aguirre, y Javier Ñaupari por sus valiosas enseñanzas y por motivarme a seguir desarrollándome profesionalmente

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2. 1 Inventario ecológico de pastizales	3
2.1.1 Sitios ecológicos.....	3
2.1.2 Mapeo de pastizales	9
2.1.3 Sistemas de información espacial en el mapeo de pastizales.....	14
2.2 Estrategias de mejora de pastizales.....	22
2.2.1. Estrategias extensivas.....	23
2.2.2 Estrategias intensivas	28
2.3 Optimización de estrategias de mejora de pastizales.....	36
2.3.1 Planes de manejo sostenible.....	36
2.3.2 Uso de modelos en el manejo de pastizales	40
2.3.3 Sistema de soporte de decisiones	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1 Área de estudio	50
3.2 Inventario de recursos de las unidades de producción	52
3.2.1 Evaluación de la vegetación.....	52
3.2.2 Determinación de la capacidad de uso mayor de las tierras.....	56
3.2.3 Análisis del agua	57
3.3 Optimización de estrategias de mejoramiento de pastizales.....	57
3.4 Percepciones de los productores	59
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4. 1 Inventario de la vegetación y suelo.....	61
4.1.1 Características de la vegetación	61
4.1.2 Calidad de las tierras	65
4.1.3 Calidad del agua.....	73
4.2 Estatus ecológico de los campos de pastoreo	77
4.2.1 Condición de los pastizales	77
4.2.2 Tendencia ecológica.....	81
4.3. Receptividad de los campos.....	87
4.3.1 Capacidad de carga.....	87

4.3.2 Balance forrajero	91
4.4 Optimización de estrategias de mejoramiento	94
a. Control de especies indeseables.....	96
b. Introducción de especies exóticas.....	96
c. Áreas de fertilización	97
d. Entre siembra de tréboles.....	97
e. Sistema de pastoreo descanso rotativo.....	98
f. Sistema de pastoreo rotativo diferido	98
g. Manejo de aguadas.....	99
4.5. Percepciones de los productores	102
4.5.1 Dificultades en el manejo.....	102
4.5.2 Prioridades de mejora de pastizales	108
V. CONCLUSIONES	113
VI. RECOMENDACIONES	115
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
VIII. ANEXOS	128

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Ficha descriptiva de sitios	8
Cuadro 2: Descripciones y funciones de SIG y SR de software libres y de propiedad.....	19
Cuadro 3: Rendimientos promedios de 3 años, valor de productos, costos y beneficios netos (BN) para diferentes sistemas de pastoreo	24
Cuadro 4: Efectos promedio de los tratamientos sobre la producción de biomasa aérea (kg/ha), y digestibilidad in vitro	27
Cuadro 5: Especies deseables y poco deseables (%) y condición de los pastizales de los tratamientos	28
Cuadro 6: Factores bióticos y abióticos que influyen en el re-establecimiento de pastos en ecosistemas degradados	29
Cuadro 7: Condición ecológica por tratamiento	30
Cuadro 8: Peso vivo final, ganancia de peso y rendimiento de carcasa en alpacas alimentadas con pastos naturales y pastos cultivados.....	31
Cuadro 9: Resultados vigor y rendimiento de la planta clave.....	34
Cuadro 10: Ganancia de peso promedio diario de los tratamientos de 30 y 40 ovinos por hectárea/año con y sin fertilización nitrogenada	35
Cuadro 11: Descripción, fortalezas, y limitaciones para algunos modelos usados en el manejo de pastizales	42
Cuadro 12: Carga recomendada (U. Al/ha/año) para pastizales de diferente condición ecológica	55
Cuadro 13: Distribución y extensión de los tipos de vegetación	62
Cuadro 14: Distribución promedio de las tierras según su capacidad de uso mayor	68
Cuadro 15: Características físicas y químicas de los suelos según tipo de vegetación ...	70
Cuadro 16: Fuentes de agua y parámetros de calidad de agua de los sistemas de producción	74
Cuadro 17: Atributos (%) y condición promedio de los pastizales.....	78

Cuadro 18: Indicadores de tendencia y tendencia promedio (%) según sistema de producción	83
Cuadro 19: Capacidad de carga promedio (U.Al/ha/año) de los pastizales y balance forrajero por sistema de producción.	90
Cuadro 20: Estrategias de mejoramiento para los sitios de pastizales de los Sistemas de Producción	95
Cuadro 21: Estrategias de mejoramiento para los potreros de los Sistemas de Producción.....	101
Cuadro 22: Principales dificultades en el manejo de pastizales.....	103
Cuadro 23: Prioridades de mejora de pastizales	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Estrategia de colección de información para los sitios ecológicos.....	6
Figura 2: Vegetación de sitios ecológicos en función a las características de los suelos y posición topográfica.....	12
Figura 3: Inventario de recursos naturales utilizando Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.....	15
Figura 4: Productividad de forraje bajo prácticas de manejo de pastizales	23
Figura 5: Diagrama de manejo adaptativo	39
Figura 6: Componentes del modelo de producción de forraje	45
Figura 7: Toma de decisiones adaptativas para el manejo de los pastizales	47
Figura 8: Mapa de ubicación de los sistemas de producción	50
Figura 9: Distribución promedio (%) de las familias botánicas según tipo de vegetación	64
Figura 10: Capacidad de uso mayor de las tierras según sistema de producción.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Formato de censos de vegetación	129
Anexo 2: Criterios para la estimación de la tendencia del pastizal	130
Anexo 3: Capacidad de uso mayor de las tierras	131
Anexo 4: Matriz de restricciones de estrategias de mejoramiento	132
Anexo 5: Composición florística de los pastizales (número de registros de especies por sistema de producción)	133
Anexo 6: Tipos de vegetación de los sistemas de producción	136
Anexo 7: Características generales de la vegetación de los sistemas de producción	137
Anexo 8: Capacidad de uso mayor de las tierras de los sistemas de producción	140
Anexo 9: Características físicas y químicas de los suelos de los sistemas de producción	141
Anexo 10: Parámetros de calidad de agua de los sistemas de producción	144
Anexo 11: Atributos (%) y condición promedio de los pastizales	147
Anexo 12: Indicadores de tendencia de los pastizales de los sistemas de producción	150
Anexo 13: Población animal de los sistemas de producción	153
Anexo 14: Capacidad de carga promedio (U.Al/ha/año) y balance forrajero de los pastizales de los sistemas de producción	156
Anexo 15: Estrategias de mejoramiento de pastizales según sitios	157
Anexo 16: Estrategias de mejoramiento de pastizales por potreros	160
Anexo 17: Principales dificultades en el manejo de pastizales	163
Anexo 18: Prioridades de mejora de pastizales	164
Anexo 19: Mapas de los sistemas de producción	165

RESUMEN

Se diseñó un estudio para evaluar el estado del manejo y la condición de los pastizales de tres sistemas típicos de producción de alpacas de la región de Pasco: Cooperativas Comunales (CC), Granjas Comunales (GC) y Asociaciones de Productores (AP). El estudio comprendió la realización de inventarios de pastizales, el análisis de las percepciones de los productores sobre el estado y requerimientos de manejo y mejora de pastizales, y una propuesta de optimización espacial de estrategias de mejora utilizando Sistemas de Información Geográfica. Los resultados indican que las AP y GC presentaron tierras de menor calidad agrológica que las CC, pues se asientan sobre topografías accidentadas y de alta pedregosidad, diferencias que afectan el nivel y tiempo de respuesta de los pastizales a la aplicación de estrategias de mejoramiento. Las CC presentaron pastizales de condición buena (63 puntos) con tendencia positiva, respecto a las GC y AP, cuyos pastizales presentaron condición regular (49.34 y 43.01 puntos) con tendencia negativa a neutra. Las CC presentaron una capacidad de carga de 1.8 U.Al/ha/año y balance forrajero positivo (0.3 U.Al/ha/año) comparado con las GC y AP, cuya capacidad de carga fue de 1.0 y 0.9 U.Al/ha/año y balance forrajero negativo (-0.3 y -1.5 U.Al/ha/año, respectivamente), valores que revelan que los niveles de organización, gestión y economía de escala juegan un rol importante en la producción de alpacas y que se deben efectuar ajustes en el manejo de los pastizales. Las principales dificultades que en orden de importancia afectaron de manera transversal los sistemas de producción fueron la falta de agua e infraestructura de riego, el sobrepastoreo y poca extensión de tierras; mientras que las prioridades de mejora de pastizales fueron el cercado de campos, establecimiento de sistemas de riego y capacitación. Las estrategias de mejoramiento de pastizales comunes entre los sistemas de producción y que se adecúan a las características de la vegetación, tierras y fisiografía, fueron el sistema de pastoreo rotativo diferido y el manejo de aguadas; sin embargo, la aplicación de estas y otras estrategias como entre siembra de tréboles, control de especies indeseables, fertilización, requiere de la elaboración de planes de manejo sostenible que contemplen análisis de factibilidad económica e incluyan programas de capacitación.

Palabras clave: camélidos, pastos naturales, manejo, carga, diagnóstico, condición

ABSTRACT

A research study was conducted to assess the management status and rangeland condition of three typical alpaca production systems in Pasco region: Communal Cooperatives (CC), Communal Farms (CF) and Livestock Associations (LA). The study used rangeland inventories, an analysis of producers' perceptions about status, management and improvements needs of rangelands, in addition a proposal for spatial optimization of rangeland improvement strategies with Geographic Information Systems. Results showed that LA and CF had lands of lower quality than CC since they are located in hilly topography areas with high stoniness. These qualities affected reaction level and time of response to the application of improvement strategies. CC had rangelands of good condition (63 points) with positive trend, CF and LA had rangelands of regular condition (49.34 and 43.01 points) with negative to neutral trend. CC had a carrying capacity of 1.8 Al.U/ha/yr and positive forage balance (0.3 Al.U/ha/yr), while CF and LA had carrying capacity of 1.0 and 0.9 Al.U/ha/yr and negative forage balance (-0.3 and -1.5 Al.U/ha/yr, respectively), which revealed that organization and management levels, and economies of scale play a key role in alpaca production. Results suggest the necessity to adjust current rangeland management practices. Lack of water and irrigation infrastructure, rangeland overgrazing, and small grazeable land areas were the main difficulties that affect alpaca production. Meanwhile priorities of rangeland improvements were fencing of fields, establishment of irrigation systems, and technical training. Rangeland improvement strategies common to production systems and appropriate to characteristic of vegetation, lands and physiography were deferred rotation grazing system and management of water sources. However, the application of these strategies and others such as seeding of clover, fertilization, control of undesirable plants, cultivated pastures, need the development of sustainable rangeland management plans that include economic feasibility analysis and technical training programs.

Key Words: camelids, rangelands, management, carrying capacity, diagnosis

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los camélidos sudamericanos constituyen el único medio de utilización productiva de las extensas áreas de pastos naturales de las zonas alto andinas donde no es posible la agricultura ni la crianza económica de otras especies de animales domésticos (FAO, 2005). Más de 150 mil familias pertenecientes mayormente a comunidades campesinas de regiones consideradas en situación de pobreza y extrema pobreza dependen de la crianza de camélidos. Para estas familias, la crianza de camélidos representa del 70 al 80 por ciento del ingreso familiar anual (Ministerio de Agricultura y Riego, 2013).

En la sierra central del Perú la crianza de camélidos domésticos se encuentra en manos de las comunidades campesinas, las cuales desarrollan sus actividades bajo diferentes sistemas de explotación ganadera y uso de tierra (Flores et al., 2007). En estos sistemas de producción se utilizan los pastizales como principal recurso alimenticio; sin embargo, solo el 9.5 por ciento de los pastizales presentan condición buena y al menos el 60 por ciento presentan condición pobre (Flores, 1996).

El deterioro que se observa en los pastizales de las comunidades campesinas tiene su origen en un conjunto de causas secundarias como son el escaso conocimiento de los principios en los que se sustenta el manejo sostenible de los recursos naturales como el sobrepastoreo y la falta de prácticas de conservación, el escaso valor que la sociedad en su conjunto asigna a la biodiversidad y servicios ambientales que brindan los pastos naturales, la deficiente gestión de los mismos, y la escasa infraestructura para el buen manejo y aprovechamiento del potencial de sus recursos (Flores, 1992).

Frente a esta realidad, existe la necesidad de proporcionar información a los administradores y productores de los sistemas de producción sobre el estatus ecológico de los pastizales y su soportabilidad, el balance forrajero de los pastizales y las prácticas de manejo y mejoramiento que les permitirán realizar un manejo sostenible de los pastizales. Por tal razón, el objetivo de la presente investigación fue realizar el

inventario de pastizales y diseñar una propuesta de optimización de estrategias de mejoramiento de pastizales.

Con la información obtenida del inventario de los pastizales y considerando las principales dificultades de manejo y prioridades de mejora de pastizales de los administradores de los sistemas de producción de alpacas; así como las restricciones de aplicación de estrategias de mejoramiento de pastizales, se realizó la optimización ecológica - espacial de estrategias de mejoramiento de pastizales; tales como la implementación de sistemas de pastoreo, manejo de aguadas, entre siembra de tréboles; estrategias que permitirán prevenir la degradación del ecosistema, elevar la condición de los pastizales, incrementando su productividad y capacidad de carga (Flores, 1993).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 INVENTARIO ECOLÓGICO DE PASTIZALES

Todo programa de manejo y conservación de pastizales debe partir de un inventario de suelos, vegetación y capital ganadero (Flores, 2000). El inventario puede ser descrito como una medida de un recurso en un determinado punto de tiempo a fin de determinar su ubicación, extensión, y condición. Los inventarios incluyen estructuras físicas, características de la vegetación, fuentes de agua, suelos, y recursos animales y otras variables pertinentes para el proceso de planificación y elaboración de un programa de manejo y conservación de recursos (Elzinga et al., 1998; Caudle et al., 2013). El inventario de recursos permite obtener un diagnóstico sólido y preciso a fin de detectar problemas y elaborar propuestas de mejoramiento (Elzinga et al., 1998; Rodríguez y Jacobo, 2012).

2.1.1 Sitios ecológicos

Un sitio ecológico es un área de pastizal que tiene cierto potencial para producir una determinada comunidad de plantas. Los tipos y cantidad de vegetación que crecen dentro de las comunidades de plantas están determinados por la topografía, clima, exposición, nivel de la capa freática, textura, estructura y salinidad del suelo; características que la hacen diferente de áreas adyacentes. Si bien estos factores tienen el potencial de influir en la vegetación de un sitio, las precipitaciones probablemente sean el factor más influyente (Flórez, 2005; Lacey y Taylor, 2003). Los sitios ecológicos además de diferir en el tipo y cantidad de vegetación que pueden producir, difieren en su respuesta al manejo (Flores, 2000).

Los sitios ecológicos pueden ser diferenciados en función a la disponibilidad de humedad del suelo en: sitios normales, sitios húmedos, y sitios de escorrentía. La vegetación de sitios normales responde de forma normal al clima y no se ve afectada por la humedad del suelo. Mientras que los sitios ubicados en tierras bajas o sitios húmedos tienen mayor disponibilidad de humedad en el suelo y pueden producir más vegetación. Por el contrario, los sitios de escorrentía presentan características

topográficas que limitan la disponibilidad de humedad del suelo y el crecimiento de la vegetación (Lacey y Taylor, 2003).

En el pasado se utilizaba el término sitio de pastizal para referirse a lo que actualmente se denomina sitio ecológico. El sitio de pastizal fue un concepto derivado de la ecología *Clementsiana*. Las comunidades de plantas, sus poblaciones y procesos ecológicos al interior de los sitios eran la base para evaluar la condición de los pastizales y determinar el estado de los mismos. Con el cambio de las bases teóricas para describir las dinámicas temporales de la vegetación de un enfoque clímax a uno basado en la dinámica de no equilibrio; el concepto de sitio de pastizal fue modificado al concepto de sitio ecológico, pero los atributos y la dinámica de la comunidad de plantas son conceptos que aún se utilizan para su delimitación y descripción (Brown et al., 2002).

Los sitios ecológicos se construyen a partir de las relaciones e interacciones de varios atributos que interactúan y que producen colectivamente entornos similares para las comunidades de plantas, similar dinámica ecológica y respuesta similar a las perturbaciones (Bestelmeyer y Shaver, 2012; Moseley et al., 2010). Es así que los sitios proporcionan una base ecológica para el manejo de pastizales al reunir varios conceptos ecológicos, incluyendo interacciones planta-suelo, sucesión y clímax, la estructura dinámica de la comunidad, los gradientes ecológicos y la heterogeneidad espacial (Moseley et al., 2010).

El propósito de la delimitación de un sitio ecológico es desarrollar una base para la recolección e interpretación de información que permita la posterior extrapolación de información a otras áreas así como la predicción de los resultados de las prácticas de manejo que en él se apliquen (Flores, 2000). La información de los sitios ecológicos permite determinar el tipo de muestreo y la cantidad de muestras a coleccionar para un posterior monitoreo de la vegetación, desarrollar indicadores estándar de los atributos del ecosistema, proporcionar un contexto para apoyar el uso de técnicas de percepción remota, y desarrollar un marco dinámico de manejo de pastizales en el contexto del cambio climático (Jason y Herrick, 2010).

La delimitación de sitios ecológicos involucra la recopilación de información topográfica, geológica, capacidad de uso mayor de las tierras y de estudios previos para la delimitación de pre-sitios ecológicos. Una vez delimitados los pre-sitios se debe

identificar sus condiciones referenciales y diseñar un esquema de muestreo. La información del muestreo permitirá realizar el refinamiento o modificaciones de los pre-sitios ecológicos para obtener los sitios ecológicos definidos y descritos. La vegetación no debe ser el criterio principal para diferenciar un pre-sitio ecológico, ya que este atributo puede ser fácilmente manipulado por perturbaciones naturales y antrópicas y por lo tanto es muy variable (Moseley et al., 2010).

Por tal razón, el concepto del pre-sitio ecológico debe desarrollarse utilizando características topográficas, geológicas y edáficas que permitan la identificación del sitio ecológico incluso sin vegetación en el sitio. No obstante, algunas especies pueden ser usadas para ayudar en la definición e identificación, ya que proporcionan información sobre el suelo y las condiciones climáticas (Bestelmeyer y Shaver, 2012). Adicionalmente, se debe realizar la revisión de documentación histórica a fin de obtener información de las condiciones referentes y disturbaciones pasadas de los pastizales (Flores, 2000; Moseley et al., 2010).

Una vez identificados, delimitados y descritos los pre-sitios ecológicos, es necesario localizar los puntos de muestreo. Debido a que cada sitio es diferente y dentro de este pueden existir áreas muy homogéneas a extremadamente heterogéneas así como parches de vegetación, es importante determinar la estrategia de recolección de datos que capture las variaciones a través del paisaje, la cual estará en función a los objetivos de evaluación (Figura 1). El protocolo específico o combinación de protocolos utilizados deberán permitir reconocer horizontes de diagnóstico del suelo y sus propiedades como textura del suelo, modificadores texturales, profundidad del suelo, características topográficas (pendiente y orientación), variaciones en cobertura vegetal y propiedades de la superficie del suelo como fragmentos rocosos (Moseley et al., 2010).



Figura 1: Estrategia de colección de información para los sitios ecológicos (Moseley et al., 2010)

La recolección de muestras de los sitios ecológicos puede realizarse mediante muestreo aleatorio o mediante la selección de un área determinada. El muestreo estratificado aleatorio basado en la recolección de muestras repetidas requiere de capas de sistemas de información geográfica como Modelo Digital de Elevación (DEM), suelos, imágenes satelitales; información que permitirá estimar aleatoriamente los puntos de muestreo de cada sitio. Mientras que el muestreo en base a la selección deliberada de áreas específicas como áreas de referencia, áreas degradadas, áreas que poseen información histórica de estrategias de manejo se basa en la relevancia de la información que estas áreas poseen (Bestelmeyer y Shaver, 2012). Estos muestreos requieren de repeticiones suficientes que permitan construir modelos estadísticos. Para ambos tipos de muestreo las muestras podrían ser agrupadas (transección o grupos) o estratificadas según paisajes. (Bestelmeyer y Shaver, 2012).

Una vez delimitados los pre-sitios ecológicos se procederá a estimar las condiciones referenciales de la vegetación en base a sus características de clima, topografía, suelos e hidrología e identificar los procesos ecológicos que conducen a la persistencia de estas condiciones. La geología y características de los suelos de los sitios determinan los recursos potencialmente disponibles para las plantas; mientras que el régimen de perturbaciones naturales (incendios, inundaciones y sequías) determinan sus efectos

sobre las plantas y suelos (Bestelmeyer et al., 2009). Además, se deberá identificar los cambios en la vegetación y suelo que pueden ocurrir en relación con estas condiciones, indicando el origen de estos procesos (natural o antrópico) a fin de definir las propiedades ecológicas de los sitios, incluyendo la comunidad y dinámica de plantas y plantear prácticas de manejo que se adecúen a estas (Moseley et al., 2010).

Una vez recolectadas las muestras y realizado el inventario, la base de datos deberá ser examinada a fin de realizar un refinamiento o modificaciones necesarias de los sitios previamente delimitados. Puede darse el caso que las muestras recolectadas apoyen la delimitación inicial o puede ser necesario seleccionar nuevas zonas para la recolección de muestras. Una vez que los sitios ecológicos tengan soporte de información adecuada, se procederá a realizar la descripción de los sitios, la cual incluye información específica sobre clima, topografía, suelo, y vegetación que distinguen al sitio de otros, para lo cual se deberá utilizar el concepto de Modelos de Estados y Transición (MET) (Bestelmeyer et al., 2009).

Los MET son indicadores específicos de los límites de resistencia ecológica e identifican patrones y mecanismos de respuesta de los ecosistemas a factores naturales y humanos. Los MET permiten identificar el umbral en el cual ocurren transiciones a estados alternativos, las cuales en muchos casos son difíciles de revertir así como estudiar su comportamiento. La aplicación del concepto MET en la descripción de los sitios ecológicos es relevante pues los pastizales abarcan parches de vegetación que ofrecen grandes diferencias en los estados de referencia y en la resiliencia del ecosistema; es así que los sitios ecológicos reflejan información representada en varios MET que pertenecen a un determinado paisaje (Bestelmeyer et al., 2009).

El desarrollo de los MET involucra: (1) la descripción de las propiedades de la comunidad vegetal como composición florística, cobertura vegetal y la producción de los estados referenciales elegidos que reflejan el suelo y clima potencial del sitio, (2) la designación de las propiedades estructurales y funcionales del sitio que imparten resiliencia al estado de referencia para luego contrastarlos con estados alternativos, y (3) descripción de los factores desencadenantes, controladores y mecanismos de transición entre estados como por ejemplo el sobrepastoreo, quema, o factores climáticos (Bestelmeyer et al., 2009). Un modelo de ficha descriptiva que podría aplicarse a pastizales peruanos para la descripción de un sitio ecológico se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Ficha descriptiva de sitios

Características Fisiográficas				
-Relieve:				
-Elevación (m.s.n.m.) :	Mín	Máx		
-Pendiente (%):	Mín	Máx		
-Escorrentía:	Baja	Media	Alta	
-Aspecto:	Norte	Sur	Este	Oeste
Características Climáticas				
-Periodos libres de heladas (días):	Mín	Máx		
-Precipitación promedio anual (mm)	Mín	Máx		
-Precipitación y temperatura mensual (°C):	Ene	Feb	Mar Dic
Precip. Mín				
Precip Máx				
Temp. Mín				
Temp Máx				
Características influyentes de los cuerpos de agua				
-Descripción de los cuerpos de agua				
-Temporalidad de los cuerpos de agua				
Características de los suelos				
-Serie de suelos				
-Materiales parentales predominantes				
-Textura				
-Cantidad de fragmentos rocosos en el sub suelo(%)				
-Clase de drenaje: Bien drenado o drenaje excesivo				
-Clase Permeabilidad: Moderadamente lenta a moderadamente rápida				
-Profundidad del suelo				
-Conductividad Eléctrica				
-Carbonato de Calcio				
-pH				
-Agua disponible				
Comunidad de Plantas				
-Descripción y características de las comunidades :				
Tipos de plantas				
▪ Gramíneas				
▪ Hierbas				
▪ Arbustos				
▪ Especies invasoras				
Producción anual por tipo de plantas (Kg MS/ha)				
Cobertura vegetal según tipo de planta				
Estructura de la canopia según tipos de planta				
-Descripción de las comunidades utilizando los Modelos de Estados Transicionales				

Fuente: Adaptado de Caudle et al., 2013

2.1.2. Mapeo de pastizales

El mapeo consiste en trasladar sistemáticamente la información proveniente de los inventarios de pastizales a un mapa, como información de la composición florística, cobertura vegetal, características topográficas, edáficas, climáticas, recursos y patrones hídricos. La principal razón para mapear pastizales es estratificarlos en tipos similares para facilitar la colección de datos y hacer posible la interpretación de la información obtenida (Flores, 2000).

En la actualidad existen varios sistemas ecológicos de clasificación y mapeo de pastizales, la mayoría buscan comprender el potencial biológico y físico inherente de la tierra en términos de su capacidad de producir bienes y servicios, así como en su respuesta a prácticas de manejo o regímenes de perturbación. Muchos de los sistemas de clasificación son parte de una jerarquía anidada que aborda las relaciones del ecosistema en múltiples escalas espaciales, proporcionando información importante para entender los procesos del ecosistema y sus influencias sobre los patrones de crecimiento de la vegetación (Caudle et al., 2013).

El mapeo de pastizales podría ser realizado en base a dos enfoques; el primero basado en sitios ecológicos, los cuales representan una división conceptual del paisaje en base a características específicas de suelo, relieve, geología y clima, determinantes en su capacidad para producir diferentes tipos de vegetación de diferentes productividades y en su capacidad para responder de manera similar a prácticas de manejo y perturbaciones naturales (Caudle et al., 2013). El segundo enfoque de mapeo se basa en potreros, los cuales constituyen la unidad básica para el manejo de pastizales y animales, y son las unidades en las cuales se lleva a cabo la aplicación de estrategias de manejo y mejora de pastizales.

a. Enfoque de sitios (Natural Resources Conservation Service)

El concepto de sitio como una entidad ecológica o de manejo basado en comunidades de plantas clímax fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Inicialmente, el concepto de sitio se aplicaba a tierras forestales; sin embargo, durante los años 1930 y 1940 este concepto fue adaptado a pastizales. Esta transposición de concepto se dio pues los pioneros en investigación y manejo de pastizales provenían de las escuelas forestales (Shiflet, 1975).

Los sitios de pastizal constituyen un área o unidades para la investigación y manejo. La mayoría de las organizaciones de los Estados Unidos que trabajaban con pastizales de propiedad privada y pública utilizaban el concepto de sitios como base para inventariar el potencial de los pastizales (Shiflet, 1975). Inicialmente sus objetivos eran estudiar la sucesión vegetal como base para la evaluación de la dinámica de la vegetación con respecto a los factores que afectan la disponibilidad de forraje para el ganado y estimar la capacidad de carga a largo plazo (Bestelmeyer, 2012).

En la actualidad el enfoque de mapeo de pastizales del Natural Resources Conservation Service basado en sitios ecológicos proporciona una referencia estándar para el manejo, evaluación y monitoreo de los pastizales pues los sitios ecológicos constituyen un nivel de jerarquía de división del paisaje en unidades de estudio para su evaluación y manejo (Herrick et al., 2006 citado por Jason y Herrick, 2010).

El mapeo de pastizales en base a sitios ecológicos permite estratificar el paisaje de acuerdo con la variación del potencial ecológico con el fin de identificar los objetivos de manejo y restauración, evaluar el riesgo de degradación y tomar medidas proactivas para evitarlo, especificar las limitaciones y oportunidades de los sitios para el cambio hacia una condición deseada basado en el conocimiento de los procesos ecológicos que en el ocurren, e identificar estrategias específicas de intervención que pueden promover condiciones deseadas (Bestelmeyer, 2012).

El mapeo de pastizales en sitios ecológicos brinda información sobre el potencial ecológico en términos de composición florística y usos de la vegetación. De este modo, los sitios ecológicos son el núcleo para organizar, sintetizar y aplicar conocimiento de los ecosistemas de pastizales pues se basan en el potencial ecológico a largo plazo útil para el manejo de pastizales en el tiempo (Herrick et al., 2006 citado por Jason y Herrick, 2010).

El mapeo de pastizales debe proveer la clasificación de los sitios en una base relativamente permanente que permita la interpretación de la información recolectada del inventario así como la elaboración de planes de manejo y monitoreo. Sin embargo, existen dos formas en el que el mapeo de los sitios puede cambiar. Una forma es reclasificando los sitios basados en nueva información recopilada o en base a la necesidad de realizar un manejo más intensivo; esto involucra combinar los sitios o

dividir un sitio en varios para reflejar diferencias no reconocidas previamente. Otra forma de reclasificación son las condiciones de deterioro de los sitios debido a una fuerte erosión del suelo, sobrepastoreo, inundación; cambios que representan la alteración irreversibles del potencial de los sitios (Flores, 2000).

Existe una relación entre las fases de series de suelos y los sitios ecológicos. Un sitio ecológico se considera una unidad espacial asociada con distintos tipos de suelos y posiciones topográficas dentro de un paisaje. Los límites de los sitios ecológicos en general se pueden determinar directamente desde el mapa de suelos. (Figura 2) (Caudle et al., 2013). Por definición, cada tipo de suelo soporta un solo sitio ecológico, pero a menudo se presentan dos o más clases de suelo, los cuales frecuentemente son asignadas en una sola unidad de mapa como una asociación. En estos casos, un único mapa de unidad de suelo puede contener múltiples sitios ecológicos pues las localizaciones exactas de los sitios se producen a una escala más fina que la de escala del mapa de suelos (Janson y Herrick, 2010).

La escala u orden de mapeo de suelo influencia en el número de sitios que estos pueden incluir. Conforme se incrementa el nivel de detalle de los suelos se pueden diferenciar e incluir un mayor número de sitios ecológicos. Levantamientos cartográficos de suelos de menor escala implican que los componentes taxonómicos de suelos similares sean agrupados mientras que el mapeo de suelos a mayores escalas como series de suelo o familias de suelo pueden incluir más de un sitio ecológico (Caudle et al., 2013).

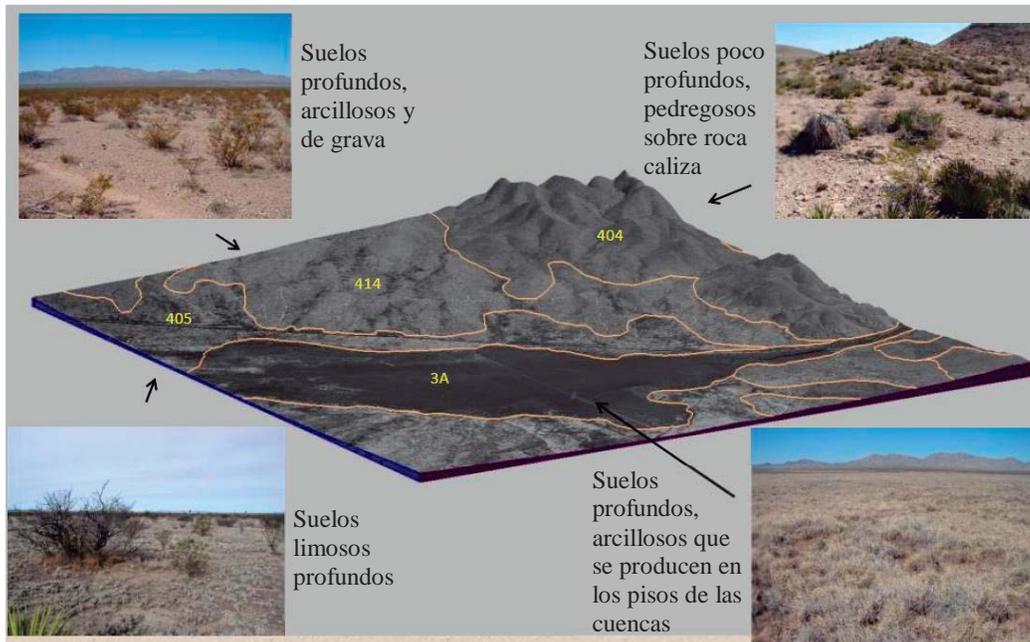


Figura 2: Vegetación de sitios ecológicos en función a las características de los suelos y posición topográfica. (Margo, 2015)

b. Enfoque de potreros (Bureau Land Management)

El mapeo de pastizales según el Bureau Land Management basado en potreros tiene su origen en la Ley de Pastoreo Taylor de 1934 (Estados Unidos), cuyo objetivo era detener la degradación de las tierras públicas de pastizales impidiendo el sobrepastoreo y el deterioro del suelo para proveer su uso apropiado, mejoramiento y desarrollo a fin de estabilizar la industria ganadera, la cual dependía de los pastizales de propiedad pública pues en ese país el manejo de esas tierras se basaba en adjudicaciones bajo la supervisión de agencias reguladoras. Esta ley impuso restricciones legales para la adjudicación de las tierras, lo cual influyó en la flexibilidad de los productores para manejarlas; es así que plantea que los administradores de las tierras públicas de pastizales deben desarrollar un plan de manejo de pastizales basado en potreros que asegure su sostenibilidad económica y ecológica (Bureau of Land Management, 2014; Ruyle et al., 1995).

Si bien la información de sitios puede facilitar el entendimiento de los procesos de los ecosistemas de pastizal y puede ser usada para crear una base de datos del potencial de los sitios, el número apropiado de unidades espaciales que un productor necesita varía según la intensidad de uso y de sus objetivos de manejo (Brown et al., 2002). Por tal

razón, el mapeo de pastizales debe realizarse utilizando como enfoque los potreros pues estos representan la unidad de manejo de pastizales, ya que ofrecen información sobre la condición y momentos de uso y capacidad de carga (Bureau of Land Management, 2014 b). El enfoque de mapeo basado en potreros se desarrolla en función a las necesidades de manejo de los mismos, pues los potreros constituyen la unidad básica para el manejo de pastizales y animales y son las unidades en las cuales se llevará a cabo la aplicación de estrategias de manejo y mejora de pastizales (Brown et al., 2002).

Si bien los criterios de mapeo y clasificación de un sitio ecológico son conceptualmente sencillos, en la práctica la división de un paisaje en sitios ecológicos resulta difícil de aplicar pues si cada combinación de suelo, microclima, pendiente, orientación, y altitud fueran considerados, varios cientos de sitios ecológicos únicos, podrían ser reconocidos dentro de un paisaje. Los manejadores de pastizales requieren realizar generalizaciones sobre estos factores, pues la delimitación de los sitios producto de todas las combinaciones de estas clases resulta inmanejable y porque intentar explicar la variación en todas las escalas de espacio está más allá de la capacidad o necesidad de manejo (Creque et al., 1999).

El mapeo por potreros permite evaluar los pastizales e identificar los potreros que necesiten la aplicación de determinadas estrategias de mejora de pastizales y aquellos que necesiten cambios en el manejo del pastoreo a través de la elaboración de un nuevo plan de manejo de pastizales por potreros (Sharp, 2014). El proceso de mapeo y evaluación por potreros permite identificar áreas en las que no se están cumpliendo los objetivos de manejo e incorporar los cambios en el manejo y avanzar hacia el cumplimiento de dichos objetivos como ajustar o mantener la carga animal, identificar prácticas de mejora que podrían beneficiar el manejo y mejorar la condición de los pastizales como el establecimiento de cercos y desarrollo de infraestructura de riego. La evaluación a nivel de potreros sirve como herramienta para resumir periódicamente todos los datos obtenidos del monitoreo de los atributos del ecosistema (Sharp, 2014).

Al igual que la evaluación de los sitios ecológicos, los cambios en la vegetación en los potreros son ocasionados para la interacción compleja de factores ambientales y de manejo, como las fluctuaciones naturales climáticas, los ciclos de crecimiento y desarrollo de las poblaciones de plantas, y el efecto de los animales al pastoreo, entre otros. Por esta razón, al igual que el mapeo por sitios ecológicos, el primer paso para

realizar el mapeo de pastizales basado en potreros debe ser la ubicación de áreas clave, lo que permitirá estimar la condición de los pastizales en el potrero, detectar problemas de sobrepastoreo y realizar cambios en el manejo, pues en muchos potreros el problema no es tanto el número de animales sino el tiempo y la distribución del pastoreo (Ruyle et al., 1995).

Un paso crítico en el desarrollo del mapeo de pastizales basado en potreros es estimar la capacidad de carga para luego establecer la carga animal, integrando los objetivos de obtener un buen rendimiento animal con un manejo adecuado de la vegetación (Brown et al., 2002).

El enfoque de mapeo por potreros es una forma de delinear los sitios ecológicos en base a su potencial. Los límites de los potreros se intersectan con el mapa de sitios ecológicos, permitiendo la delimitación de las diferentes comunidades de vegetación y la obtención de información sobre la producción de forraje por potrero y así obtener un mapa de forraje disponible (Angerer, 2014). En el caso de que varios sitios ecológicos coincidan en un solo potrero, la forma de manejar los recursos pastizales de cada uno será ponderando la condición y la productividad de cada sitio de pastizal en función al área que cubren. Además, se debe realizar el ajuste del forraje disponible en función a la pendiente y a la distancia a fuentes de agua pues mayores pendientes dificultan la accesibilidad del ganado a las diferentes fuentes de forraje y la distancia a fuentes de agua afecta el movimiento de animales. Una vez corregidos o ajustados estos factores se puede tener un estimado de la cantidad de forraje disponible por potrero para posteriormente calcular la capacidad de carga y la carga animal (Angerer, 2014).

2.1.3 Sistemas de información espacial en el mapeo de pastizales

En la actualidad, existen nuevas tecnologías para desarrollar el inventario y mapeo de recursos como son el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección (Figura 3). Un SIG puede ser usado como una herramienta eficiente para evaluar y proponer estrategias alternativas para el uso de los recursos de pastizales. La ventaja de un SIG es la capacidad que tiene para manejar abundante información espacial y no espacial, y su flexibilidad para cambiar y actualizar varias condiciones y parámetros (Rasmussen et al., 1999). Del mismo modo, la teledetección es una herramienta útil para el inventario y mapeo de recursos naturales pues permite recopilar información espacial con respecto a la ubicación de los recursos naturales, establecer

tipos de cobertura vegetal y estimar la biomasa en un área determinada a través del Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI), el cual puede ser calculado directamente a partir de valores de reflectancia de imágenes satelitales. Además la teledetección es una herramienta útil para realizar el monitoreo de recursos (Aijun Liu, 2009).

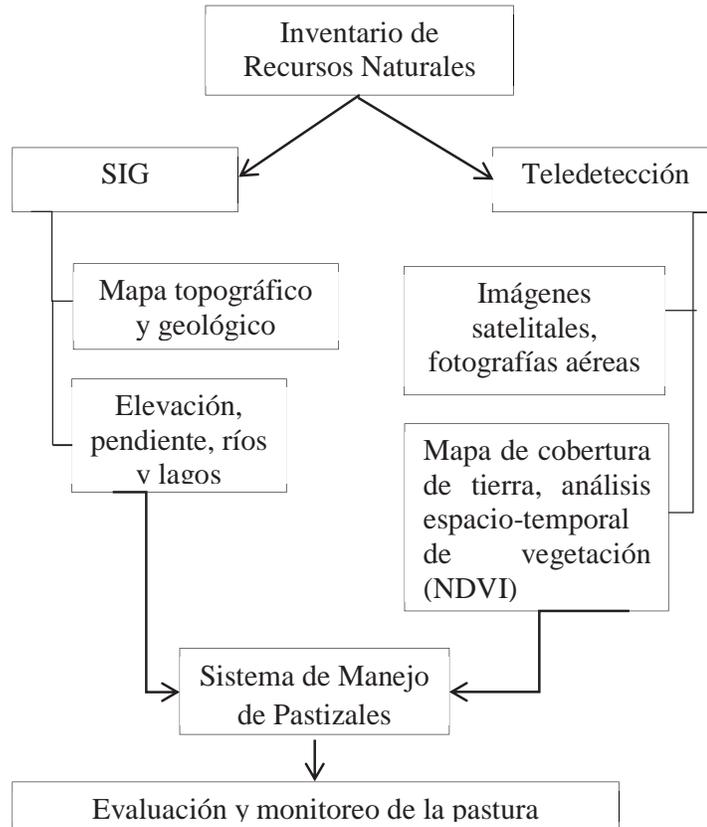


Figura 3: Inventario de recursos naturales utilizando Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Fuente: Adaptado de Rasmussen et al. (1999) y Aijun Liu (2009)

Sistemas de información geográficos y teledetección

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) son sistemas de información basados en computadores diseñados para facilitar la integración y análisis de datos espaciales y no espaciales. Los datos espaciales tipo vector pueden presentarse en tres formas: puntos, líneas y polígonos. Las características de un paisaje de pastizal pueden ser reducidas a una de estas categorías (Mallawaarachchi et al., 1996; Tueller, 1989). Los SIG son herramientas poderosas que integran y analizan los datos derivados de la

interpretación de imágenes de sensores remotos, estudios de suelos, mapas de vegetación, recursos hídricos, geología, y otros que se pueden representar espacialmente (Tueller, 1989).

Los SIG poseen la capacidad de almacenar, evaluar, combinar y condicionalmente extraer información de los mapas y datos de atributos (Mallawaarachchi et al., 1996). De esta forma los SIG proporcionan un marco útil para introducir información de mapas temáticos y atributos geográficamente referenciados en una base de datos de máxima flexibilidad, permitiendo de esta manera la superposición de información facilitando el mapeo de sitios ecológicos, tipos de hábitat y tipos de comunidades de plantas. Además, permiten asignar los sitios como elementos dentro de un contexto espacial más grande, obteniendo clases de cobertura en las cuales posteriormente podría realizarse la colección de muestras para un inventario que lleve a identificar una determinada categoría (Crequeet al., 1999).

La teledetección se basa en la aplicación de lógica de la inferencia; es decir, ciertas características pueden ser estudiadas directamente y otras sólo indirectamente por deducción o asociación. La vegetación de los pastizales puede ser mapeada desde el espacio con niveles razonablemente altos de precisión utilizando información de sistemas multispectrales, del procesamiento de imágenes y utilizando índices de vegetación (Tueller, 1989).

La respuesta espectral de cualquier área de la tierra incluyendo los pastizales depende de numerosas variables que deben ser evaluadas solas o en combinaciones. Para entender estas variables existe una necesidad reconocida de examinar cuidadosamente las características espectrales de varios pastizales escenas y componentes de esas escenas. El índice de vegetación ideal sería aquel que tenga la capacidad de clasificar la influencia de la sombra, las reflectancias de las hojas de diferentes estratos y especies, así como la vegetación senescente y hojarasca (Tueller, 1989).

Es importante desarrollar una comprensión de las relaciones entre vegetación, relieve y suelos, como base para la interpretación de imágenes. Por ello, los científicos de los pastizales deberían ser considerados como un parte esencial del proceso de análisis de información obtenida mediante percepción remota, pues ellos aportan su conocimiento especializado sobre manejo de pastizales, ecología, suelos, y experiencia de campo, que

permitirán una mejor interpretación de la información obtenida de las imágenes (Tueller, 1989).

La disponibilidad repetitiva, la gran resolución espectral y formato digitalizado de las imágenes *Landsat* las convierten en un interés potencial para los manejadores de pastizales (Booth y Tueller, 2003 citado por Pasho et al., 2011). Sin embargo, las limitaciones de resolución espacial de estas imágenes combinada con la complejidad de los recursos de pastizales, dificultan el mapeo detallado de la cobertura de pastizales (Pasho et al., 2011). Por tal razón, el uso de imágenes de resolución fina o de alta resolución juega un papel importante en las evaluaciones de pastizales para la clasificación de los patrones espaciales de los parches de vegetación y del suelo en múltiples escalas espaciales (Bestelmeyer et al., 2006 citado por Laliberte et al., 2011).

Los patrones a escala fina permiten identificar importantes indicadores de riesgo de erosión, calidad del hábitat de la fauna y degradación de los pastizales, los cuales no pueden ser detectados con imágenes satelitales de menor resolución, por ello el uso de información de imágenes de alta resolución deberían ser considerados en las evaluaciones de salud de los pastizales y de modelos de ecosistemas (Laliberte et al., 2011).

La información obtenida del procesamiento de imágenes satelitales requiere de gran cantidad de datos de validación, los cuales son difíciles y costosos de obtener especialmente en grandes áreas pues los ecosistemas muestran dinámicas internas fuertes que afectan los patrones de las comunidades de plantas (Hunt, 2003; Ostendorf, 2011). Las precisiones de clasificación de vegetación obtenidas con sensores remotos dependen del nivel de detalle, número de clases, tamaño del área y los objetivos específicos de mapeo (Laliberte et al., 2011). Por ello las evaluaciones en campo deben ser realizadas con múltiples objetivos de modo que mediante percepción remota se puedan estudiar varias interacciones sinérgicas entre los diferentes conjuntos de datos que permitan entender las dinámicas temporales y patrones de escala espacial (Hunt, 2003, Ostendorf, 2011).

Debido a la extensa la naturaleza de los pastizales y la reconocida necesidad de gestionarlos a un bajo costo, la integración de sistemas de información geográfica y teledetección puede ser utilizada para realizar el inventario, la evaluación y el monitoreo

de los pastizales (Tueller, 1989). El análisis de información espacial utilizando información de sistemas de información geográfica como mapas de suelo, modelos digitales de elevación y modelos hidrológicos son herramientas importantes para el inventario y monitoreo de pastizales (Maynard et al., 2007).

En la actualidad existen *software* SIG y de procesamiento de imágenes satelitales que pueden ser utilizados para el inventario, evaluación y monitoreo de recursos. La principal diferencia en la selección de estos *software* es su funcionalidad y accesibilidad. Los *software* de SIG y percepción remota más utilizados pueden ser clasificados como *software libres* y *de propiedad*, clasificación que indica la relación con las libertades de uso, modificación y distribución que se otorgan al usuario. Los *software* libre no necesariamente implican que sean libres de costos pues algunos de ellos pueden tener un precio mínimo, el término *libre* indica que los usuarios tienen licencia para usar el programa ya sea con un propósito educativo o empresarial, adaptar el *software* según sus necesidades, mejorar el programa y compartir estas mejoras con el público. Mientras que los *software de propiedad* no permiten estos usos debido al tipo de licencia que le asignan a los usuarios (Steiniger y Hay, 2009).

Existe una fuerte tendencia hacia el uso de *software de propiedad* en lugar de los *software libre* esto debido a la relativa juventud de los *software libre* que ocasiona que estos tengan menos funcionalidad que los *software de propiedad* y porque poseen limitada integración de herramientas estadísticas. La ventaja de los *software libre* es que proporcionan las funciones básicas de los SIG permitiendo desarrollar funciones especializadas. Si bien muchos de los *software libres* ofrecen más funcionalidad y proporcionan fuertes herramientas para un proceso determinado, como la edición de vectores o el análisis de imágenes satelitales *raster* y no ambas funciones a la vez, los usuarios pueden utilizar un determinado *software libre* para realizar una actividad y utilizar otro para continuar con el procesamiento de información (Cuadro 2) (Steiniger y Hay, 2009).

Cuadro 2: Descripciones y funciones de SIG y SR de software libres y de propiedad

Software	Descripción y funciones
GRASS 1982	Ofrece funciones de análisis para datos en formato vector y ráster. Posee funciones de modelamiento hidrológico, erosión. Sistemas operativos:1,2 y 3
Quantum GIS 2002	Proporciona herramientas útiles en el análisis espacial, geoprocasamiento, geometría y tareas de manejo de datos. Posee funciones de modelamiento hidrológico, erosión. Sistemas operativos:1,2 y 3
ILWIS 1984	Procesa y analiza datos de formato ráster y vector. Posee funciones para creación de modelos digitales de elevación, pendiente, georeferenciación, clasificaciones. Sistemas operativos:1 y 2
uDig 2004	Ofrece funciones de análisis para datos en formato vector y ráster, ofrece varias funciones como cartografía temática con simbología avanzada. Sistemas operativos:1 y 2
OpenJUMP 2002	Ofrece funciones de análisis para datos en formato vector y ráster. Permite realizar consultas, crear y editar datos geográficos. Sistemas operativos:1,2 y 3
GvSIG 2003	Posee funciones de edición de datos vectoriales y ráster, los usuarios pueden digitalizar fácilmente utiliza formatos de datos vector y ráster. Sistemas operativos:1,2 y 3
ArcGis*	Crea, consulta y analiza datos vector y ráster; aplica funciones matemáticas, permite la realización de análisis geoestadístico. Sistema operativo: 1
Mapinfo*	Sus funciones incluyen procesamiento de diversas bases de datos, capacidad de solapar imágenes ráster para dar más perspectiva al mapa, capas de mapas continuas que le permitirán manejar varias capas como si fueran una sola, herramientas de dibujo y edición. Sistema operativo: 1
ENVI*	Procesa y analiza imágenes geoespaciales. Estadísticas geoespaciales como autocorrelación y semi-varianza. Clasifica imágenes usando métodos supervisados y no supervisados e identifica firmas espectrales usando librerías espectrales completas. Sistema operativo: 1

..continuación

Erdas*	Software destinado al procesamiento de imágenes de satélite o fotografías aéreas. Posee diversas herramientas para realizar contrastes, selección de colores, y análisis de componentes principales, operaciones diversas para realizar modelos y funciones algebraicas, rectificación: geo-referenciación de imágenes usando mapas u otras imágenes, mediante la localización interactiva de puntos de control. Sistema operativo: 1
--------	---

Fuente: Adaptado de Steiniger y Hay (2009), Ming-Hsiang Tsou y Smith (2011)

**Son software de propiedad*

Sistema operativo: 1(MS-Windows), 2 (Linux), y 3(MacOSX)

a. Avances en el mapeo de recursos naturales

En la actualidad, son varias las instituciones que han realizado estudios de inventario y mapeo de recursos naturales (recursos hídricos, forestales, pastizales, fauna silvestre) empleando SIG e información de sensores remotos; dentro de ellas destacan el Ministerio del Ambiente, la Autoridad Nacional del Agua, universidades, y gobiernos regionales. Si bien existe una Infraestructura de Datos Espaciales del Perú (IDEP) desde el año 2011, la cual consiste de una estructura virtual en red integrada por datos georeferenciados y servicios de información geográfica, la IDEP aún continúa en desarrollo y mucha de la información espacial recién está siendo recopilada (Portal de Información de Datos Espaciales del Perú, 2014). Además, es necesario indicar que mucha de la información de metodología y alcances de estudios de inventario y mapeo de recursos desarrollados por estas instituciones aún no están disponibles.

El Ministerio de Ambiente (MINAM) ha desarrollado un geo-servidor, el cual constituye un mecanismo de difusión e intercambio de información geoespacial para que a través del *internet* se pueda acceder a información geográfica espacial sobre la situación territorial y ambiental del país de manera actualizada; incluye información sobre áreas naturales protegidas, áreas de conservación, concesiones mineras, agro-biodiversidad, humedales, entre otros. Así como información de la zonificación ecológica económica de algunas regiones del país (MINAM, 2014). Asimismo, esta institución ha desarrollado un protocolo de análisis y clasificación de imágenes satelitales para el monitoreo de cobertura de bosque, deforestación y degradación forestal.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó el inventario de la superficie de glaciares y lagunas, aplicando tecnologías geoespaciales de percepción remota e inspecciones de campo integrando la información cartográfica a un SIG. Para lo cual se determinaron y evaluaron las coberturas de glaciares y de lagunas en las cordilleras nevadas, las cuales fueron complementadas con mediciones espectrales en campo y por un análisis multitemporal. Los resultados del inventario de 19 cordilleras nevadas muestran un total de 2,679 glaciares con una superficie de 1298,59 km², siendo las cordilleras de mayor extensión; la Cordillera Blanca (Andes del Norte), Vilcanota y Vilcabamba (Andes del Centro); las cuales en los últimos 40 años han registrado una pérdida en superficie de 42,64 %, con respecto al año 1970. Los resultados obtenidos del inventario de lagunas de origen glaciar suman un total de 8355 lagunas, las cuales cubren una superficie de 916,64 km² (ANA, 2014).

El Laboratorio de Ecología y Utilización (LEUP) perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina ha realizado numerosos estudios de inventarios y de optimización de estrategias de mejoramiento de pastizales, los cuales inicialmente fueron realizados mediante la superposición manual de láminas de información, pero a partir del año 1999 han sido realizados empleando herramientas de SIG y procesamiento de imágenes satelitales. La optimización espacial de estrategias de mejora de pastizales se realiza mediante la superposición de capas temáticas de pendiente, geología, condición de vegetación, altitud, fuentes de agua, capacidad de uso de las tierras; obteniendo como producto áreas que reúnen los requerimientos para la aplicación de determinadas estrategias de mejora (Zegarra, 1999; Huerta, 2000).

Flores y Ñaupari (2011) elaboraron una metodología para la delimitación y distribución de ecosistemas de la Cuenca del Río Santa en base a la productividad, estatus ecológico y función hidrológica, la cual consistió en identificar unidades fisionómicas naturales como pajonales, arbustales, bosques, cultivos, roquedales y glaciares, mediante técnicas de clasificación de imágenes satelitales Landsat-5TM basadas en información espectral e información de campo, sobreponer capas de información de bioclima y elevación sobre estas unidades, obteniendo como resultado cuarenta y un ecosistemas terrestres en la zona media y alta de la cuenca del Río Santa, estimar el estatus ecológico a partir de valores normalizados de índices de vegetación (productividad), pendiente y elevación, y modelar la función hidrológica.

Los resultados de la delimitación permitieron determinar que los ecosistemas más extensos de la cuenca son los pajonales (64.0%) seguidos de bosques (19.0%), arbustales (15.5%) y bofedales (1.6%). La condición ecológica de estos ecosistemas varió entre pobre a regular con una productividad media a baja. El análisis de la función hidrológica reveló que caudales más altos durante los meses secos se obtienen en sub-cuencas con mayor cobertura vegetal (Flores y Ñaupari, 2011).

2.2 ESTRATEGIAS DE MEJORA DE PASTIZALES

Las estrategias de manejo y mejora de los pastizales involucran elevar su condición, su productividad y capacidad de carga. Las buenas prácticas de manejo de pastizales son aquellas que incrementan la cantidad de forraje utilizable, reemplazan a las plantas indeseables por las deseables, conservan el agua y el suelo, y promueven el incremento de la vida silvestre (Flores, 1993).

Las prácticas de mejoramiento de los pastizales pueden clasificarse como extensivas e intensivas. Las estrategias extensivas son aquellas que no requieren ingreso extra de energía al sistema y no involucran altos riesgos ni costos, estas son la quema de pastizales, los sistemas de pastoreo y el manejo de aguadas. Las estrategias intensivas son aquellas prácticas que requieren de un ingreso extra de energía al sistema como control de plantas indeseables, resiembra de pastizales, y fertilización (Flores, 2010 a).

Esta clasificación es de particular relevancia para los sistemas de producción de camélidos pues estos se encuentran ligados a sistemas comunales de tenencia de tierra o constituyen pequeñas propiedades privadas con limitada capacidad para generar, financiar y supervisar estrategias de mejoras intensivas. Las mejores estrategias de mejoramiento de pastizales son aquellas que trabajan en el contexto de la sucesión vegetal como la quema, manejo de aguadas y los sistemas de pastoreo (Flores, 1991).

Herbel (1983), determinó un incremento de 200 por ciento en la productividad del pastizal cuando se emplean sistemas de pastoreo, un incremento de 300 por ciento para el manejo de aguadas, y un incremento de hasta 800 por ciento para la resiembra de pastizales (Figura 4).

Estrategías de Manejo	
Extensivas	Intensivas
Menor riesgo Menor costo Menor producción Menor beneficio Menor manejo	Mayor riesgo Mayor costo Mayor producción Mayor beneficio Mayor manejo
Prácticas de Manejo	
Sistema de Pastoreo Quema Manejo de aguadas	Control integrado de plantas indeseables Revegetación
Fertilización	
Productividad Potencial (%incremento)	
0	200
400	600
800	1000

Figura 4: Productividad de forraje bajo prácticas de manejo de pastizales (Herbel 1983)

2.2.1. Estrategias extensivas

a. Sistemas de pastoreo

La implementación adecuada de prácticas de pastoreo es esencial para prevenir la degradación del ecosistema y mejorar la producción de forraje. Cuando los sistemas de pastoreo se aplican apropiadamente constituyen una herramienta de gran utilidad para mejorar la producción de forraje a través del mantenimiento de la función y de la estructura del ecosistema de pastizal. La clave para mejorar la productividad de los pastizales mediante la utilización de sistemas de pastoreo radica en buscar una combinación de tratamientos de descanso y diferimiento que evite el pastoreo de un campo todos los años, en la misma época y con la misma especie animal (Flores, 1993).

El pastoreo diferido consiste en retrasar o diferir el pastoreo para lograr un objetivo específico de manejo como por ejemplo: lograr el establecimiento de las plántulas, permitir el desarrollo radicular, asegurar la producción de semillas o recuperar el vigor de las plantas luego del pastoreo (Society for Range Management, 2004). Este sistema de pastoreo requiere de por lo menos dos divisiones o campos; de modo que el diferimiento del pastoreo se aplique a cada campo de manera rotativa. Para aplicarlo se requiere conocer la fenología de las plantas y las patrones climáticos (Bailey et al., 2010; Flores, 2010 a). La creación de reservas de forraje a través del pastoreo diferido o

uso del forraje acumulado durante la estación de crecimiento tiene aplicación potencial en el mejoramiento de pastizales de condición pobre (Flores, 1991).

El pastoreo complementario permite optimizar el aprovechamiento de los pastizales al incluir más de una especie animal de diferentes hábitos alimenticios, por ejemplo el estrato alto de los pastizales podría ser consumido por vacunos y llamas mientras que el estrato bajo podría ser consumido por ovinos y/o alpacas (Alegría, 2010; Novoa y Flórez, 1991). Si el objetivo de producción son las alpacas, se pueden usar los vacunos y llamas en la rotación de campos, para que estos últimos reduzcan la vegetación del estrato alto a un nivel deseado. Además, ambas especies pueden pastorear simultáneamente un campo, siempre que se respete la soportabilidad del mismo según condición ecológica. El pastoreo complementario es recomendable cuando la condición de los pastizales varía de bueno a excelente (Novoa y Flórez, 1991). El pastoreo complementario es una estrategia rentable que permite obtener mejores beneficios netos que otras estrategias de pastoreo, resultados que se pueden aplicar a alpacas, guardando las equivalencias respectivas con ovinos (Cuadro 3).

Cuadro 3: Rendimientos promedios de 3 años, valor de productos, costos y beneficios netos (BN) para diferentes sistemas de pastoreo

Sistema	Producción Kg/Ha/Año			\$/Ha/Año (1984)		
	Carne Vacuno	Lana	Corderos	Ingresos	Costos	Beneficios Netos
Pastoreo Continuo	-	10.50	43.19	39.52	5.40	34.12
Pastoreo Rotativo	-	10.00	41.28	37.80	5.40	34.40
Complementario	60.00	9.35	35.86	75.20	16.00	59.20
Complementario Fertilizado	130.00	15.00	98.20	172.04	72.00	100.00
Control SAIS	-	7.50	26.92	-	-	-

Fuente: Jaramillo, 1985 (citado por Novoa y Flórez, 1991)

El descanso de un campo involucra no pastorear un potrero durante un año permitiendo el desarrollo radicular de las plantas y asegurando una adecuada reserva de carbono que permitirá que las plantas sean vigorosas el año siguiente. Este sistema está diseñado sobre la base de los requerimientos de las plantas y no de las necesidades nutricionales del ganado. Es por ello que el descanso de campos es el mejor sistema para zonas ribereñas y para pastizales de condición pobre (Flores, 2010 a).

Los pastizales altoandinos correspondientes a los tipos de vegetación pajonal y césped de puna responden al descanso a través de incremento de su producción hasta en un 170% dependiendo del potencial del suelo y de la composición florística inicial (Flórez y Malpartida, 1987 citado por Flores, 1991). Respuestas limitadas de menos del 40% corresponden a suelos pobres en donde hubo una reducción intensa del vigor y de la cobertura de las especies clímax en el tiempo (Flores, 1991).

b. Manejo del agua

El apropiado funcionamiento de los sistemas hidrológicos es vital para la salud de las cuencas y para proveer recursos forrajeros y hábitat para el ganado y la vida silvestre. La disponibilidad de forraje, la ubicación de las fuentes de agua, interactúan para determinar los patrones de uso y la capacidad de carga de los pastizales (Flores, 1991). En áreas cercanas a los ojos de agua los animales tienden a concentrarse, originando el sobrepastoreo de estas áreas y el sub-pastoreo de las áreas lejanas. Por ello, es necesario introducir mejoras en la disponibilidad y la distribución de fuentes de agua para asegurar una utilización uniforme y una mejor distribución del ganado (Flores, 1993 y 1997 a).

Los lugares de abrevaje ya sean naturales o artificiales requieren de espaciamientos diferentes según se trate de zonas planas o montañosas. En general, se recomienda la presencia de dos o más fuentes de agua por campo (Flores, 1993 y 1997 a). Un factor importante a considerar para determinar el número de fuentes de agua y el distanciamiento entre estas es la diferencia en requerimientos de agua a nivel de especies, pues las alpacas son más tolerantes a la escasez de agua respecto a los ovinos, las alpacas consumen en promedio 4 – 6 litros por día y pueden permanecer sin abrevar hasta por tres días consecutivos. Además en zonas de alta pendiente las alpacas no deberían caminar más de 2.4 km para conseguir agua (Flores, 1993 y 1997 a).

La construcción de bebederos haciendo excavaciones en las mismas quebradas o en terrenos con hondonadas podría resolver los problemas derivados de la escasez de agua pues permite el almacenamiento del agua de pequeñas lagunas, riachuelos para su posterior aprovechamiento mediante canales de riego (Flores, 1993 y 1997 a, Flórez, 2005). El riego y manejo en pastos naturales ha generado un aumento en la productividad de los pastizales y, por consiguiente, un aumento en la producción ganadera. Estudios reportan que la irrigación de pastizales produce un incremento de hasta 74.0% en el porcentaje de especies forrajeras palatables para las alpacas y un incremento de 55.0% en el rendimiento de biomasa. Además, los pastizales de condición pobre sometidos a riego por un período de dos años pueden mejorar su condición a buena, de modo que la carga animal puede incrementarse de 0.5 a 1.5 U.Al/ha/año (Flórez, 2005).

c. Quema de pastizales

La quema de pastizales es una práctica común en la región alto andina, la cual generalmente se realiza en la época seca (junio-octubre). El objetivo de esta práctica es eliminar la vegetación del estrato alto y obtener un rebrote en la siguiente estación de crecimiento que coincide con la época de lluvias. Esta práctica se realiza para beneficiar el crecimiento, vigorosidad y dominancia de plantas del estrato bajo a fin de que puedan ser consumidas por animales como alpacas y ovinos, cuya preferencia alimenticia son plantas del estrato bajo. Estudios reportan que no hay diferencias significativas entre realizar la quema en la época seca o al inicio de lluvias; sin embargo, esta última tiene un ligero efecto benéfico sobre la germinación de la semilla botánica (Novoa y Flórez, 1991).

Frecuentemente las quemas no son realizadas apropiadamente, pues la aplican en zonas de ladera y a altas intensidades y frecuencias; dejando periodos cortos para la recuperación de la vegetación y dejando la pradera desprovista de vegetación de modo que el suelo quede expuesto a factores erosivos hídricos y eólicos, estos últimos son mayores en los meses de agosto y setiembre. Si la quema es realizada anualmente ocasiona la retrogresión de la vegetación ya que el rebrote de las plantas obtenido inicialmente, tiende a desaparecer por efecto del fuego subsiguiente, proceso que afecta con más intensidad a determinadas especies como *Festuca dolichophylla* y

Muhlebergia ligularis. Sin embargo, si las quemas se realizan en intervalos de dos a tres años producen menores efectos negativos en el pastizal (Novoa y Flórez, 1991).

Los efectos de la quema sobre la productividad, valor nutritivo del forraje y condición del pastizal fueron estudiados con la finalidad de establecer si el pastoreo con vacunos puede sustituir a la quema como herramienta de manejo para mejorar la condición de pastizales que han acumulado abundante mantillo y plantas viejas (Aguirre y Argote, 2003). Los resultados indican que la quema no mejoró la producción de forraje pero elevó la proporción de material verde contribuyendo así a mejorar la calidad de pasto disponible, obteniendo mayores valores de digestibilidad in vitro de la materia seca en el tratamiento quema que en los tratamientos control (exclusión de pastoreo) y pastoreo con vacunos (Cuadro 4). La quema focal de matas viejas favoreció el incremento de las especies deseables y poco deseables tanto para ovinos como para vacunos contribuyendo de este modo a mejorar la condición del pastizal para ambas especies (Cuadro 5).

Cuadro 4: Efectos promedio de los tratamientos sobre la producción de biomasa aérea (kg/ha), y digestibilidad in vitro

	Control	Pastoreo	Quema
Biomasa verde	941.9 a	1037.2 a	823.7 a
Biomasa senescente	2992.1 a	2147.4 b	1731. b
Digestibilidad in vitro	56.3 b	57.4 ab	60.0 a

Fuente: Adaptado de Aguirre y Argote (2003)

Letras iguales en la fila no representan diferencias, DLS ($P \leq 0.05$)

Cuadro 5: Especies deseables y poco deseables (%) y condición de los pastizales de los tratamientos

	Control		Pastoreo		Quema	
	O	V	O	V	O	V
Especies deseables (%)	51.6	31.8	51.7	31.7	61.8	38.1
Especies poco deseables (%)	14.7	33.7	15.9	34.2	9.9	32.4
Puntaje y Condición	65.9 B	55.8 B	66.3 B	56.0 R	71.3 B	59.2 R

Fuente: Adaptado de Aguirre y Argote (2003)
 B y R (condición buena y regular, respectivamente)
 O y V (ovinos y vacunos)

2.2.2 Estrategias intensivas

a. Revegetación

Cuando la vegetación ha sido severamente degradada debido a pastoreos excesivos y factores climáticos su recuperación natural puede tomar muchos años. Bajo estas circunstancias, la revegetación sería la única alternativa para restablecer las plantas deseables. Esta revegetación se puede realizar mediante siembra (revegetación natural) o mediante transplante de plántulas (revegetación artificial) (Herbel, 1983; Society for Range Management, 2004). La revegetación además de incrementar el número de plantas deseables ayuda a evitar la degradación del suelo pues la cobertura vegetal se encarga de proteger al suelo de la erosión. El éxito de la revegetación depende de la selección de especies nativas adaptadas a las condiciones climáticas de la zona y a las propiedades físicas y químicas del suelo y de la selección de las estrategias de siembra que aseguren el establecimiento de las plántulas (Cuadro 6).

Cuadro 6: Factores bióticos y abióticos que influyen en el re-establecimiento de pastos en ecosistemas degradados

Suelo y Clima	Manejo	Ganado	Vegetación
Topografía	Sobrepastoreo	Capacidad de carga	Tipo
Compactación	Control de malezas	Selectividad	Diversidad
Salinización	Fertilización	Efecto del pisoteo	Disponibilidad
Disponibilidad de agua	Sistemas de drenaje		Resiliencia
Riesgos de inundación y sequía	Fuego		Adaptación
	Cosecha		

Fuente: Blanco y Lal (2008)

Experimentos de rehabilitación de praderas en condición pobre a través de la revegetación con esquejes de especies nativas de *Calamagrostis macrophylla* y *Festuca humilior* revelaron que mediante esta estrategia es posible mejorar la condición ecológica y la función hidrológica del pastizal en el corto plazo (Cuadro 7). Además, revela que la revegetación es influenciada por el nivel de adición de materia orgánica, cuando se adicionaron heces y orina haciendo dormir al ganado en forma rotativa empleando una alta densidad animal se mejoró significativamente el vigor y la sobrevivencia de los esquejes, así como la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (Tácuna et al., 2012 b). Los esquejes establecidos con el transcurso del tiempo favorecerán el ciclaje de nutrientes y el flujo de energía en la dinámica del ecosistema de pastizal, ocasionando la mejora de su condición (Ratliff, 1993 citado por Tácuna et al., 2012 b)

Cuadro 7: Condición ecológica por tratamiento

Condición Ecológica	Usufructo (Control)	Revegetación con <i>Festuca humilior</i>	Revegetación con <i>Calamagrotis macrophylla</i>
Deseables (%)	13.00	30.00	32.00
Índice forrajero	49.00	77.00	74.00
Invasoras (%)	1.00	1.00	4.00
Suelo desnudo (%)	37.00	9.00	11.00
Vigor (%)	27.30	33.60	27.60
Mantillo (%)	9.00	13.00	11.00
Puntaje	31.63	51.96	51.36
Condición (Ovinos)	Pobre	Regular	Regular

Fuente: Tácuna et al., 2012 b

b. Siembra de pastos cultivados

Los pastos cultivados deben ser utilizados como fuente de forraje para periodos de escasez, en la forma de heno o ensilaje, para el plantel de reproductores y para reforzar la alimentación de la majada durante periodos críticos como parición y crecimiento.

La introducción de pastos cultivados como *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, y *Phalaris arundinacea* han demostrado buena adaptabilidad hasta 4 200 m.s.n.m (Flores, 1991). Estas especies pueden sembrarse con pastos nativos en suelos de buen potencial que reúnan condiciones de humedad, pH y fertilidad que permitan el establecimiento de las plántulas como los suelos de bofedales de *Distichia muscoides* y suelo de pajonales de *Festuca dolichophylla* y *Stipa obtusa*. (Flores, 2010 b). La siembra de estas especies forrajeras anuales se hace generalmente en noviembre y diciembre, con el inicio de la estación de lluvia; la cosecha se realiza a partir de abril, procediendo a henificar el forraje para utilizarlo en la estación seca.

La alimentación de alpacas con pastos cultivados permite incrementar los valores promedio de peso vivo final, ganancia de peso y rendimiento de carcasa de alpacas ($P < 0.01$) respecto a los pastos naturales (Cuadro 8). Los pastos cultivados poseen mayor valor nutritivo que cubre los requerimientos de mantenimiento y ganancia. Además cuando los animales ingresan a campos de pastos cultivados invierten menos tiempo en la selección de alimento, lo que se traduce en menos gastos energéticos (Turín, 1999).

Cuadro 8: Peso vivo final, ganancia de peso y rendimiento de carcasa en alpacas alimentadas con pastos naturales y pastos cultivados

Edad	n	Pastos Naturales*		Pastos Cultivados**	
		Peso de Carcasa (Kg)	Rendimiento de carcasa (%)	Peso de Carcasa (Kg)	Rendimiento de carcasa (%)
9 meses	8	19.09	53.01	22.35 b	56.17 a
21 meses	10	25.45	52.74	30.48 a	56.65 a
Promedio por tipo de alimentación	18	22.62 b	52.86 b	26.87 a	56.44 a

Fuente: Adaptado de Turín (1999)

** : Asociación *Lolium perenne* – *Trifolium pratense*

* : Pastizal domiando por *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis vicunnarum*, de condición regular

Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos ($P < 0.05$)

El manejo de una pradera mejorada, será diferente si se encuentra bajo régimen de riego o bajo régimen de lluvias. En caso de estar bajo riego, el manejo será durante todo el año, por cuanto el crecimiento de las especies podrá ser continuo excepto en los meses de junio, julio, y agosto, donde se observará una marcada reducción en el crecimiento de las especies, por la baja temperatura. En cambio, en las praderas mejoradas bajo el régimen de lluvias, el uso de estas tendrá que ser estacional, es decir, operando solamente en esta época, o bien permitiendo el crecimiento en la época de lluvias para guardar el forraje y recién pastorearlo en la época seca. La experiencia demuestra que estas pasturas son rentables si se usan como recurso estratégico para el engorde de ovinos, alpacas y vacunos, tercio final de preñez, empadre al año de edad de ovinos y alpacas (Jaramillo et al., 1985)

La instalación de pasturas cultivadas en secano constituyen una alternativa para incrementar la producción animal y mejorar la economía de las explotaciones ganaderas extensivas de la sierra central (Flores et al., 2006). Las praderas cultivadas en secano deberán usarse durante el periodo lluvioso, diciembre a mayo y descansarse de junio a noviembre para asegurar su persistencia

c. Entre-siembra de tréboles

El contenido de nitrógeno en gramíneas nativas, no solo es bajo sino que cae rápidamente por debajo de los niveles críticos para la nutrición animal durante las épocas secas es por ello que la entre-siembra de tréboles representa una alternativa para incrementar el valor nutritivo de los pastizales (Lima, 2014). La mejora de los pastos naturales mediante la introducción del trébol blanco (*Trifolium repens*) permite incrementar el contenido de nitrógeno en las plantas y en el suelo, y en consecuencia mejorar el valor nutritivo de la dieta de los animales pero para una correcta nodulación y fijación de nitrógeno es necesaria suplementación con fosforo (Lima, 2014).

La entre-siembra de tréboles permite realizar el destete precoz en crías de alpacas manteniendo el peso vivo en el 80% de las crías, mientras que el 20% restante de las crías puede incrementar su peso en 1 Kg durante 30 días (Argote, 2015). Además, la entre-siembra al involucrar una especie no nativa requiere de prácticas de manejo que aseguren su establecimiento y mantenimiento, por ello es necesario que los pastizales entre-sembrados con tréboles sean regados cada 7 días, tanto en época seca como en época de lluvia para que se logre el incremento de plantas de tréboles y el posterior mejoramiento de pastizales degradados (Argote, 2015).

La entre-siembra de una especie exótica requiere conocer la ecología de estas plantas y sus relaciones con las otras especies del pastizal. Cucho (2003) encontró que el trébol blanco presenta asociaciones positivas con otras especies de pastos naturales como *Alchemilla pinnata*, *Astragalus garbancillo*, *Calamagrostis vicunarum*, *Hypochoeris sp*, y *Luzula peruviana*. Además, encontró que la densidad de siembra de 4 kg/ha permite obtener el doble de plantas que una dosis de 2 kg/ha ($P < 0.01$) y que el método de siembra por golpes genera un mayor establecimiento de las plántulas que el método al voleo; sin embargo, el porcentaje de establecimiento a lo largo del experimento fue bajo, lo que indica que los tréboles tenderían a desaparecer en el tiempo excepto en los hoyos en los que hayan logrado establecerse bien.

d. Control de plantas invasoras

Una planta invasora es una planta que se disemina naturalmente alterando la composición, estructura y procesos del ecosistema. La invasión de malezas afecta la productividad de las praderas debido a que reducen el rendimiento, la calidad de los pastos, y pueden causar intoxicación de animales (DiTomaso, 2010; Frost y Launchbaugh, 2003).

El manejo y control de plantas invasoras debe formar de un plan integral cuyo objetivo sea el restablecimiento de la comunidad vegetal. Los componentes claves para el control integrado de plantas invasoras son la prevención, detección y control. La detección temprana seguida por la pronta aplicación de medidas de control eficaces es esencial para eliminar las plantas invasoras (Doll et., al 1989; DiTomaso, 2010). Para controlar las plantas invasoras se pueden emplear métodos mecánicos, culturales, biológicos, químicos, e integrales. Las ventajas de cada método, las interacciones complementarias o sinérgicas cuando son aplicados secuencialmente o en combinaciones deben ser consideradas al desarrollar programas de manejo integrado (DiTomaso, 2010).

Las prácticas de control cultural que pueden ser aplicadas son el descanso de potreros por el periodo de un año, el pastoreo después de que las plantas clave hayan diseminado sus semillas y el diseño de planes de rotación de canchas que eviten el pastoreo todos los años en la misma época con la misma especie animal a fin de evitar la degradación del sitio y la consecuente aparición de plantas invasoras (Zegarra, 1995). Estas prácticas de control cultural pueden ir acompañadas de prácticas de control manual y mecánico (desyerbo manual, rodillo, guadaña) cuya eficacia depende de su realización oportuna.

Sin embargo, cuando los pastizales se encuentran altamente invadidos de malezas lo más aconsejable para su control es la integración de métodos químicos y la siembra posterior de pastos adaptados a la zona, capaces de establecerse de forma rápida para prevenir la re-infestación (Doll et al., 1989).

e. Fertilización

Los suelos de las praderas alto andinas son suelos ácidos, con bajas concentraciones de fósforo y potasio, con contenidos variables de materia orgánica, con baja cantidad de cationes intercambiables y con problemas de fertilidad (Alegría, 2010). Es por ello, que requieren ser fertilizados. Factores que deben ser considerados para realizar la

fertilización son el agua del suelo pues la respuesta de la fertilización está directamente relacionada con la disponibilidad de agua en el suelo, ecología de plantas, momento de fertilización, toxicidad para lo cual se deben administrar dosis en base a los requerimientos del cultivo y análisis químico del suelo. Un factor importante a considerar es el económico pues solo si los beneficios exceden el costo de aplicar fertilizantes, esta práctica será rentable. Es necesario considerar que la fertilización afecta cada especie de planta de manera diferente, inclusive a nivel de plantas de una misma especie. La fertilización es económica solo si hay adecuada humedad y si las plantas responden a los nutrientes adicionados (Herbel, 1983).

Experiencias de fertilización en campos de pastizales entre-sembrados con tréboles revela que la fertilización fosforada mejora el grado de nodulación y el nivel de nitrógeno en el suelo, contribuyendo a una mejora en la productividad, vigor de las especies claves como es la *Festuca dolichopylla* y mejora la tasa de establecimiento del trébol debido a la menor mortalidad al establecimiento y la mayor cobertura de tréboles (Cuadro 9) (Lima, 2014).

Cuadro 9: Resultados vigor y rendimiento de la planta clave

Parámetros	Kg/ ha de fosforo		Significancia
	0	80	
Cabezas florales	51.00	56.70	n.s
Altura (cm)	41.00	46.80	*
Volumen (dm ³)	137.17	230.60	*
Vegetación natural (Kg MS/ha)	1140.85	2314.15	*
Trébol (Kg MS/ha)	40.50	124.10	*
Planta clave (Kg MS/ha)	1181.35	2438.32	*

Fuente: Lima 2014

Por otro lado, la adición de materia orgánica en la forma de estiércol y orina de ovinos mejoró la altura y volumen de los esquejes en praderas revegetadas con *Festuca humilior* y *Calamagrostis Macrophylla*, favoreciendo el mejor establecimiento de los esquejes (Tácuna et al., 2012 a). La materia orgánica una vez mineralizada aporta nutrientes de forma disponible para las plantas (Blanco y Lal, 2008).

Investigaciones realizadas en pastizales de la SAIS Ramón Castilla-Junín en el que se evaluaron el efecto de carga animal y fertilización nitrogenada en pastizales sobre ganancia diaria de peso (g) bajo los tratamientos de 30 y 40 ovinos/ha/año, ambas cargas con y sin fertilización nitrogenada, encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 30 ovinos con y sin nitrógeno, sobre el tratamiento de 40 ovinos/ha/año sin nitrógeno; sin embargo, entre este último tratamiento y su similar de 40 ovinos/ha/año con nitrógeno no se encontraron diferencias significativas, llegando a la conclusión que la carga de 40 ovinos/ha/año es adecuada y que los análisis económicos serán determinantes para realizar o no la fertilización nitrogenada (Cuadro 10) (Novoa y Flórez, 1991).

Cuadro 10: Ganancia de peso promedio diario de los tratamientos de 30 y 40 ovinos por hectárea/año con y sin fertilización nitrogenada

N° periodos de engorde	Tratamientos	Ganancia Promedio Diaria (g)
11	30 ov/ha/año sin N	204 a*
11	30 ov/ha/año con N	207 a
11	40 ov/ha/año sin N	194 b
11	40 ov/ha/año con N	197 a b

Fuente: Novoa y Flórez 1991

*Significación con la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (P>10%)

2.3 OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEJORA DE PASTIZALES

Los productores de ganado en pastizales se enfrentan al reto de gestionar en el presente y planificar para el futuro en una producción que se encuentra en constante cambio de condiciones climáticas, comerciales y financieras (Carande et al., 1995). Por esta razón, se debe desarrollar un plan de manejo sostenible de los pastizales que incluya los objetivos del productor y considere la sostenibilidad ecológica de los pastizales. La elaboración del plan de manejo sostenible debe contemplar el uso de modelos de simulación que incorporen información ecológica, espacial y económica para evaluar las diferentes opciones de manejo en escenarios realísticos futuros (Ostendorf, 2011; Starfield y Bleloch, 1991).

A pesar de la complejidad de muchos problemas en el manejo de recursos naturales y a la limitada información disponible, los administradores deben tomar decisiones, por ello es necesario incorporar sistemas de soporte de decisiones que permitan organizar información a fin de analizar las estrategias de manejo en el propio y único ambiente de decisiones de cada productor y de esta manera realizar la optimización de las mismas (Starfield y Bleloch, 1991; Stuth y Stafford- Smith, 1993).

2.3.1 Planes de manejo sostenible

El manejo sostenible de pastizales involucra la aplicación del concepto de desarrollo sostenible que consiste en mejorar el bienestar individual y de la comunidad siguiendo un camino de desarrollo económico que proteja el bienestar de las generaciones futuras, que proporcione la equidad intra e inter generacional y que mantenga los procesos ecológicos que permitan conservar la biodiversidad. El manejo sostenible de los pastizales implica entender y trabajar con las incertidumbres climáticas, aplicar estrategias de manejo para proteger los procesos ecológicos manteniendo la resiliencia del ecosistema a fin de asegurar el aprovisionamiento de bienes y servicios ambientales y que estos ecosistemas sean capaces de adaptarse a los cambios de corto y largo plazo como condiciones estacionales y el cambio climático (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, 2010).

Se debe tener en cuenta que no todos los ecosistemas responden de igual forma a los cambios y presiones en el medio ambiente es por ello que las prácticas de manejo deben ser flexibles a fin de que puedan adaptarse a los cambios en la estructura del ecosistema,

a las condiciones estacionales y climáticas a largo plazo. El manejo sostenible de los pastizales requiere de un alto nivel de participación de la comunidad pues estas manejan los recursos naturales y dependen de ellos. Sin embargo, se debe considerar que los diferentes regímenes de tenencia de tierra afectan la capacidad, los derechos y las responsabilidades de los propietarios de tierras para manejar los recursos naturales (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, 2010).

El manejo sostenible de pastizales debería basarse en criterios interactivos de gestión participativa, creando una atmósfera en la que los actores activos en la gestión de los pastizales (pastores, extensionistas, investigadores y funcionarios administrativos) comparten sus ideas, beneficios y responsabilidades (Hosseininia et al., 2013).

El desarrollo de un plan de manejo sostenible involucra el establecimiento de objetivos del sistema de producción, el diagnóstico de los recursos del sistema, la elaboración del plan de manejo, y el monitoreo de los indicadores financieros y de recursos naturales.

El establecimiento de objetivos del sistema de producción es importante pues los objetivos ayudan a los productores a mantenerse enfocados y proactivos y proporcionan una base para evaluar las decisiones y acciones (Sustainable Agriculture Network, 2007). Los recursos naturales son a menudo mal administrados, no por falta de información, sino porque los objetivos de la empresa o productor no han sido establecidos claramente (Teague, 1996). Una meta fundamental para lograr el uso sostenible de pastizales sería la maximización de las ganancias con una composición florística estable, diversa y productiva (Savory, 1986 citado por Teague, 1996). Sin embargo, se debe considerar que cada productor posee diferentes objetivos, lo cual es crucial para determinar las estrategias de manejo óptimas, evitar inversiones contraproducentes y mejorar la sostenibilidad de las políticas de uso de recursos (Jakoby et al., 2014).

Una vez establecidos los objetivos, el siguiente paso consiste en evaluar los recursos de la empresa como recursos naturales (suelos, vegetación, cuerpos de agua, vida silvestre), ganado, equipo, y finanzas, el cual puede ser realizado a partir del diagnóstico estático de los recursos (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, 2010). El diagnóstico además de ayudar a establecer puntos de referencia o condiciones financieras y ecológicas iniciales, ayuda a entender cómo la administración influye en la

estructura y función del sistema y determinar los ajustes de manejo necesarios para lograr los resultados deseados (Teague, 1996).

Un buen plan de manejo que incluya un componente de seguimiento financiero, junto con un programa de monitoreo de recursos naturales práctico y fácil de usar podrá ayudar a mejorar y mantener la empresa, lo que a su vez, ayudará a conducir a la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Un plan de negocios proporcionará un marco para evaluar el componente comercial de la producción; este plan es de suma importancia para la identificación de oportunidades para mejorar los ingresos y/ o reducir los gastos (Mitchell, 2010).

El monitoreo de los indicadores financieros y de recursos naturales ayudará identificar los cambios ocasionados por factores ambientales de aquellos que resultan de acciones de manejo, incluyendo actividades de restauración. Además, permite evaluar la eficacia del plan de manejo, medir el progreso hacia las metas e identificar y aplicar los cambios necesarios en el programa de manejo para alcanzar los objetivos establecidos (Mitchell, 2010).

La elaboración de un plan de manejo sostenible no garantiza que las prácticas o estrategias aplicadas sean sostenibles en el tiempo. Por ello, es necesario considerar el manejo adaptativo como una forma de asegurar el manejo sostenible de los recursos. El manejo adaptativo es una estrategia que permite a los administradores llevar a cabo el manejo de recursos y al mismo tiempo evaluar diferentes estrategias de manejo a fin de determinar las más adecuada (Reever et al., 2006).

El manejo adaptativo no tiene que esperar hasta que los administradores hayan investigado exhaustivamente todas las alternativas de manejo, sino que se desarrolla utilizando la mejor información disponible (Reever et al., 2006). El manejo adaptativo involucra el monitoreo continuo del funcionamiento del ecosistema para tener información sobre el impacto de las actividades de intervención y así poder ajustarlas y adecuarlas para mejorar la probabilidad de éxito a largo plazo (Monaco et al., 2012). El resultado es una estrategia de gestión dinámica basada en el conocimiento de estrategias que trabajan y las que no (Reever et al., 2006). Un factor importante a considerar antes de desarrollar un plan de manejo adaptativo es la inclusión de administradores. Los investigadores pueden aportar su experiencia en el diseño experimental y la estadística,

mientras que los gerentes ofrecen una gran comprensión de sus sistemas, sus intereses, capacidades y limitaciones de gestión (Reever et al., 2006).

El ciclo del manejo adaptativo se ilustra en la Figura 4. Los objetivos son desarrollados a fin de alcanzar una condición deseada, se diseñan nuevas estrategias de manejo o se trabajan con las estrategias existentes, la respuesta de los recursos es monitoreada para determinar si están logrando los objetivos, en caso sea necesario se procederá a adaptar o cambiar estas estrategias (Elzinga et al., 1998).

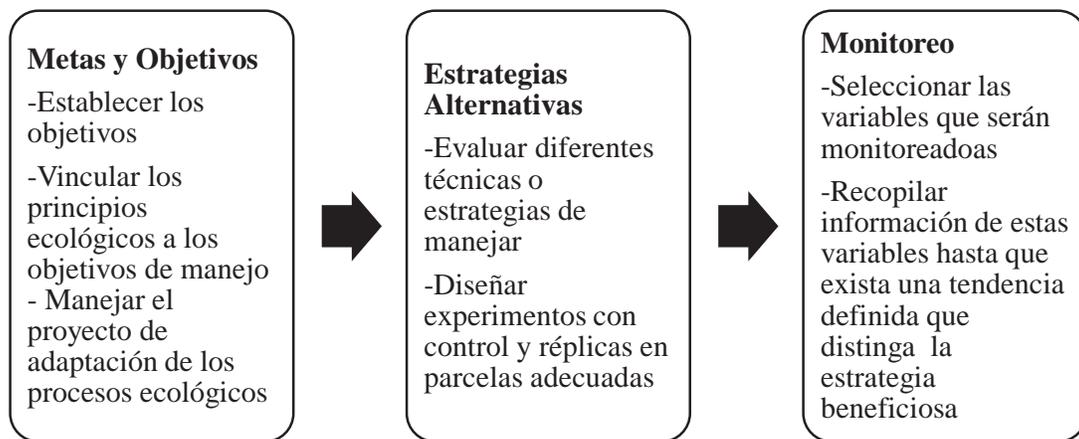


Figura 5: Diagrama de manejo adaptativo (Adaptado de Leffler y Sheley, 2012)

Los planes de manejo adaptativo pueden correr el riesgo de tratar de hacer demasiadas cosas al inicio, esto incluye diseños que tratan de responder a muchas preguntas sobre el efecto de una determinada práctica de manejo, muchos tratamientos, o incorporar diseños demasiados complejos de monitorear por lo que si los administradores no están capacitados en el manejo adaptativo pueden ver estos planes como complicados pues demandarían una gran cantidad de trabajo extra sin beneficio evidente. Por ello es necesario que inicialmente los planes de manejo adaptativo sean simples a fin de hacer más evidentes su proceso y sus beneficios, pudiendo proporcionar éxitos rápidos (Reever et al. 2006). Estos planes deberían dirigirse a un área pequeña, buscar resolver preguntas básicas, y actuar como un estudio piloto por lo que una vez obtenidos los primeros resultados es posible incrementar la complejidad del plan (Taylor et al., 1997 citado por Reever et al., 2006).

2.3.2 Uso de modelos en el manejo de pastizales

La selección de estrategias óptimas de manejo de pastizales puede realizarse mediante el uso de modelos de simulación. Una manera de seleccionar la mejor estrategia es descomponiendo el problema o la situación que se desea estudiar en componentes más simples que sean bien definidos y entendidos, proceso denominado modelamiento (Druzdzel y Flynn 2002). Un modelo es un conjunto coordinado de ideas, las cuales facilitan la comunicación y el entendimiento a través de la representación abstracta de realidades complejas. De esta forma, los modelos ayudan a definir problemas, organizar ideas, entender y evaluar datos, y hacer predicciones (Mallawaarachchi et al., 1996; Starfield y Bleloch, 1991).

El conocimiento sobre un sistema puede ser representado por variables lógicas, algebraicas o estadísticas; mientras que las interacciones entre esas variables pueden ser expresadas por ecuaciones o relaciones lógicas (Druzdzel y Flynn, 2002). Una forma de optimización para encontrar la solución óptima a un problema es la programación matemática. Las técnicas de programación matemática poseen un alto grado de poder manipulador y permiten representar las características de un sistema, sus límites en el tiempo y espacio, y sus funciones umbral (Mallawaarachchi et al., 1996).

La técnica de optimización matemática comúnmente utilizada es la programación lineal. En esta técnica la función objetivo incorpora una única variable asociada con variables de una o varias de decisiones, las cuales impulsan la función objetivo. Los límites de estas alternativas se definen por un vector de atributos de recursos conocidos como restricciones. El modelo resultante, codificado como un conjunto de desigualdades lineales, busca encontrar una combinación de atributos que optimice (maximice o minimice) la función objetivo, dentro de los conjuntos factibles de las alternativas definidas por las restricciones (Mallawaarachchi et al., 1996).

La evaluación de escenarios alternativos de prácticas de mejora de pastizales involucra considerar las interacciones dinámicas que ocurren en los diferentes componentes y procesos que forman parte del sistema pastizal como son; suelo, agua, aire, plantas y animales, flujo de energía, ciclo de nutrientes, entre otros (Hanson, 1999; Carande, 1995). Por tal razón, la optimización de estrategias de manejo será mayor si se trabaja con modelos dinámicos (Ostendorf, 2011; Carande, 1995). Los sistemas dinámicos como los ecosistemas de pastizal son influenciados por una mezcla de procesos

estocásticos y determinísticos como; la precipitación y su relación en la producción (procesos estocásticos) y el consumo de forraje en la producción animal (procesos determinísticos) (Higgins et al., 2006).

Higgins et al. (2006) desarrollaron un modelo dinámico para analizar un sistema de pastizales bajo condiciones ambientales determinísticas y estocásticas. El objetivo del modelo fue definir estrategias que optimicen la sostenibilidad considerando factores económicos, ecológicos y de producción, para lo cual crearon un modelo ecológico y un modelo económico. Para las simulaciones deterministas utilizaron las precipitaciones medias mensuales, para las simulaciones estocásticas utilizaron la precipitación media mensual y la varianza. Los resultados del análisis de la simulación muestran que bajo ambos escenarios, los pastizales deben ser manejados de modo que se asegure la dominancia de pastos, pues así se asegura una mayor producción de forraje y se evita el deterioro de la condición de los pastizales. Bajo condiciones determinísticas es posible comprar animales cuando las condiciones ambientales sean muy favorables, pero bajo condiciones estocásticas el incremento de carga animal será mínimo, debido a que las variaciones estacionales de la producción de biomasa son producto de la variabilidad de la precipitación. Si bien bajo ambos escenarios es necesario realizar el control de especies invasoras mediante la quema controlada, esta estrategia es rentable para condiciones determinísticas pues se realiza cuando existen altas densidades de especies invasoras; mientras que bajo condiciones estocásticas esta estrategia sería aplicada inclusive cuando hay bajas densidades de especies invasoras.

Muchos de los modelos de simulación han sido desarrollados como herramienta de apoyo en el manejo de pastizales. Estos modelos además de aumentar el conocimiento y la comprensión de la dinámica, funciones, procesos y estructura de los ecosistemas de pastizal; permiten comparar estrategias alternativas de manejo, desarrollar pronósticos, y facilitar el inventario y monitoreo de recursos. Sin embargo, muchos de estos modelos presentan limitaciones como carecer de la capacidad para manejar el movimiento de ganado, requieren grandes cantidades de datos de entrada, carecen de una interfaz fácil de usar para la entrada de datos y para la visualización de resultados, y tienen limitaciones espaciales, específicamente sobre el efecto de la distribución de la vegetación y suelos; y sobre el comportamiento y movimiento de animales al pastoreo (Cuadro 11) (Derner et al., 2012)

Cuadro 11: Descripción, fortalezas, y limitaciones para algunos modelos usados en el manejo de pastizales

Modelo	Descripción del modelo	Fortalezas	Limitaciones
GrazPlan	Serie de modelos de simulación de la producción de ganado, forraje, en base a condiciones climáticas probables	Utiliza evaluaciones diarias de las condiciones climáticas para ayudar en la toma de decisiones en momentos críticos de ciclo de producción; evalúa el riesgo de la diferentes combinaciones de pastos y animales para las condiciones climáticas y de suelo	Altas exigencias de parametrización, requiere entrenamiento para su uso e interpretación, y carece de interfaz de usuario en la web.
Simulating Production and Utilization of Rangeland (SPUR)	Modelo de simulación de la producción y uso de pastizales y ganancia de peso	Validado para las condiciones de EEUU, simula las relaciones entre la cantidad y calidad de forraje, estimando la tasa de consumo	No simula el movimiento de ganado entre los diferentes tipos de pasturas, altos requerimientos de parametrización.
SAVANNA	Modelo de simulación de las relaciones entre plantas y herbívoros en relación a los suelos, la topografía y los patrones climáticos en los ecosistemas de pastizales y sabanas	Representación espacial de todos los componentes y procesos clave del ecosistema que controlan la estructura y función del ecosistema de pastizal; simula múltiples bienes y servicios de los ecosistemas, como ganado, herbívoros silvestres, escorrentía y la erosión del suelo, el stock de carbono, en frecuencias semanales y en escalas espaciales seleccionadas por el usuario	Altas exigencias de parametrización; requiere de expertos para el ajuste del modelo, para la incorporación de los conocimientos locales, y para el diseño de las pruebas de hipótesis de trabajo.

..continuación

Ecological Site Descriptions (ESDs) and associated State and Transition Models (STMs)	Modelos basados en los estados del ecosistema. Estima la producción de forraje basado en el suelo, manejo y eventos históricos de perturbación	Los modelos de estados transicionales pueden ser fácilmente modificados para incorporar conocimiento local. Presenta una interfaz de usuario en la web	No simula o predice la distribución del ganado ni la ganancia de peso de los animales; requiere el inventario de campo detallado de los estados de vegetación existentes
DECUMA	Modela basado en agentes. Modela los hogares o familias como agentes que toman decisiones en función a la disponibilidad de bienes y servicios del ecosistema pastizal así como factores ambientales y económicos	Los agentes son caracterizados en función al tamaño de la familia, el tipo de ganado que producen, ingresos salariales, información de mercado y oportunidades de diversificación.	Para que sea utilizada en el manejo de pastizales debe ser acoplado a un modelo de ecosistema, de modo que requiere de mayor conocimiento para el ajuste y parametrización de estos modelos.

Fuente: Adaptado de Derner et al., 2012

La utilidad y precisión de los modelos dependen de las adecuadas escalas espacio-temporales en las cuales la información es recolectada pues ayudan a identificar brechas de información y mejorar la capacidad predictiva de los modelos predictivos. Entender las dinámicas temporales y patrones de escala espacial puede apoyar al manejo mediante la estratificación del área de estudio en área de respuesta similar (Ostendorf, 2011).

Bajo este contexto, los sistemas de información geográficos y sensores remotos constituyen una herramienta y fuente de fácil acceso a esta información. La integración de estas herramientas con la programación matemática y otras técnicas como el análisis multivariado facilitan el desarrollo de sistemas de modelización eficientes, confiables y de gran alcance para la representación de problemas de planificación y manejo de recursos (Cocklin, 1989 citado por Mallawaarachchi, 1996; Ostendorf, 2011). Además, proporcionan mejores herramientas de toma de decisiones para la evaluación y el seguimiento espacio-temporal de estrategias de mejoramiento de pastizales, y permiten

incrementar el realismo de los modelos rápidamente pues proporcionan información sobre muchos de los parámetros y variables requeridas por los modelos de simulación de los pastizales como son; el suelo, la hidrología, y la vegetación (Derner et al., 2012).

La naturaleza flexible de los sistemas de modelado basados en sistemas de información geográfica ofrece nuevas perspectivas y una mayor capacidad para aprovechar los efectos sinérgicos en el análisis de estrategias y políticas de manejo de recursos (Mallawaarachchi et al. 1996). La inclusión en los modelos de información proveniente de series de tiempo de imágenes satelitales permite proveer información relevante sobre la variabilidad espacio-temporal, así como la incorporación de información histórica como sistemas de pastoreo, especies que pastorearon en años pasados, presencia de sequías o eventos climáticos extremos, quemas fortuitas entre otras, logrando incrementar la capacidad predictiva del modelo (Derner et al., 2012; Ostendorf, 2011).

Un ejemplo de las diferentes capas de información que pueden ser incorporadas en un modelo geo-espacial se ilustra en la Figura 6. Amiri et al., (2013) desarrollo un modelo con el objetivo de identificar áreas adecuadas para la ganadería extensiva en pastizales semiáridos. El modelo geoespacial contempló el desarrollo de modelos de erosión, recursos hídricos, producción de forraje y un modelo de capacidad de carga. Los resultados mostraron que los factores más importantes en la reducción de la aptitud de las tierras de pastoreo son el uso de la tierra y la cobertura vegetal, las cuales se relacionan con el riesgo de erosión de las tierras, la cantidad de forraje disponible , y la presencia de plantas poco palatables y de bajo valor nutritivo.

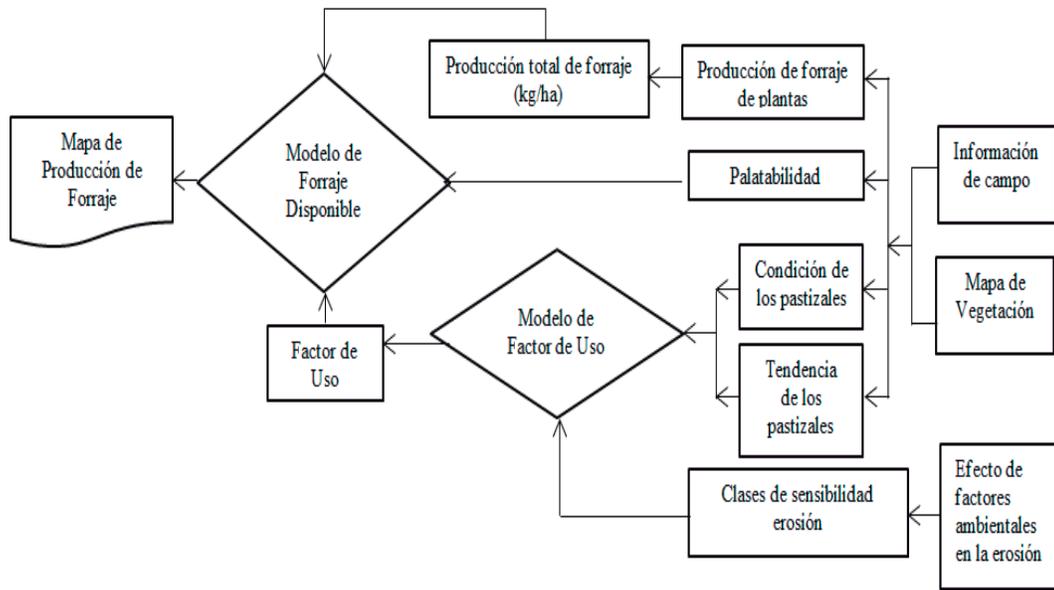


Figura 6: Componentes del modelo de producción de forraje (Adaptado de Amiri et al. 2013)

Una de las capas más importantes que debe ser incorporada en la evaluación de opciones de manejo de pastizales es la viabilidad económica, pues la adopción de una alternativa de manejo por parte de los productores dependerá de la continua habilidad de esta para generar ganancias (Ostendorf, 2011). Bajo este contexto, el uso de modelos bioeconómicos es un método que puede ser utilizado para evaluar las opciones de manejo cuando se encuentran involucrados sistemas biológicos complejos como los pastizales, ya que estos modelos pueden combinar la dinámica biológica con el comportamiento económico para así seleccionar la mejor estrategia de manejo (Stillings et al., 2003).

Por otro lado, la incorporación de modelos basados en *agentes* permite complementar los métodos de modelamiento analíticos tradicionales. En estos modelos, un sistema es modelado como una colección de entidades autónomas de toma de decisión llamadas *agentes*, donde cada *agente* evalúa su situación y toma decisiones sobre la base de un conjunto de reglas de decisión (Cardoso et al., 2011). El uso de modelos basados en *agentes* en el manejo de pastizales permite comprender que la toma de decisiones forma parte de un proceso complejo que implica incertidumbres y cambios producidos por las interacciones del sistema hombre – ambiente.

Boone et al., (2011) desarrollaron un modelo basado en *agentes* en combinación con un modelo de ecosistema (SAVANNA) que permite la obtención de mapas digitalizados con información de datos meteorológicos, temperatura, grupos funcionales de plantas, y animales. El modelo agente DECUMA es un modelo de decisiones bajo condiciones de incertidumbre (DECUMA) que simula la toma de decisiones de los productores que se relaciona en base a medidas que reflejan el bienestar familiar como el número de ganado y flujos de dinero. La integración de estos dos modelos permitió que durante el proceso de toma de decisiones se consideren las condiciones ambientales fluctuantes, la escala espacial, la disponibilidad de forraje, y factores económicos.

2.3.3 Sistema de soporte de decisiones

La selección de prácticas de manejo y mejora de pastizales debe considerar que la sostenibilidad del sistema productivo depende de su capacidad para adaptarse a los parámetros cambiantes de los sistemas ecológicos y sociales en los que están inmersos (Figura 7). Además, debe considerar que las decisiones de manejo están determinadas por los valores sociales, capacidad de manejo y resultados de retroalimentación de las prácticas de manejo anteriormente aplicadas (Lubell et al., 2013). Bajo este contexto, los Sistemas de Soporte de Decisiones (SSD) constituyen una herramienta apropiada de apoyo en la toma de decisiones de manejo de los pastizales pues constituyen un mecanismo para organizar información en una manera que permita analizar las estrategias de manejo en el propio y único ambiente de decisiones de cada usuario o productor para de esa forma evaluar la sostenibilidad y rentabilidad de una determinada estrategia (Stuth y Stafford- Smith, 1993).

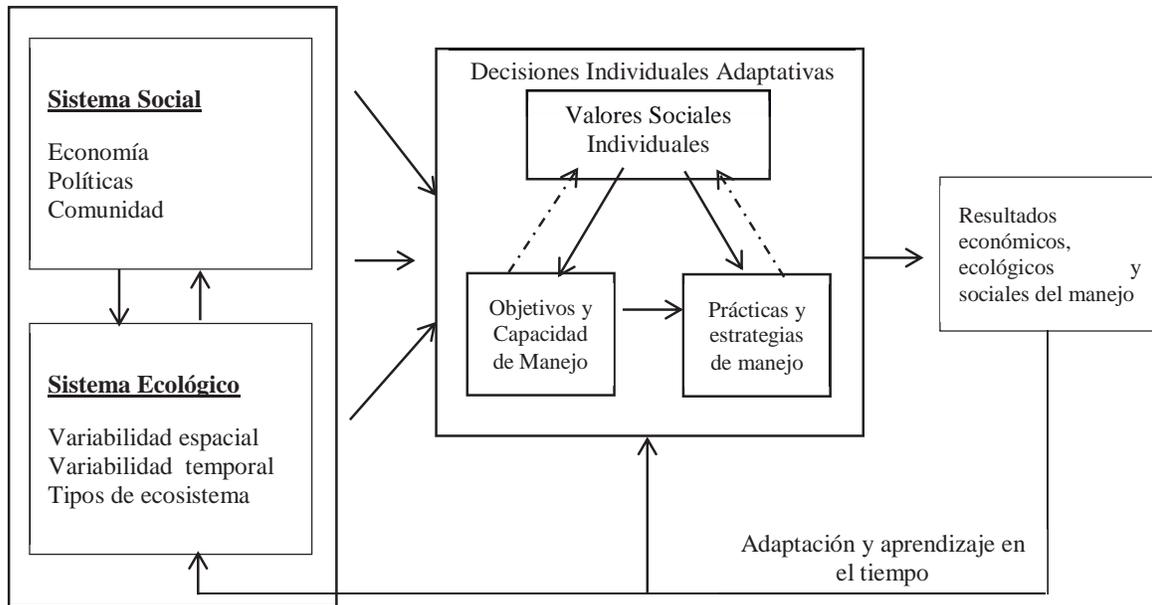


Figura 7: Toma de decisiones adaptativas para el manejo de los pastizales (Lubell et al. 2013)

Los SSD no necesariamente buscan modelar los sistemas biológicos, económicos, si no modelan los ingresos, salidas y parámetros que probablemente puedan afectar la alternativa a implementar. Revertir los problemas de los pastizales como su baja productividad e invasión de plantas indeseables causados por el mal manejo, requiere de una mejor habilidad para seleccionar las estrategias de manejo adecuadas. La selección de estrategias deberá permitir realizar el manejo sostenible de los recursos, lo cual significa optimizar la productividad evitando la degradación de los recursos (Stuth y Stafford- Smith, 1993).

Los componentes básicos de un SSD según Druzdzel y Flynn (2002) son un sistema de manejo de datos que sirve como un banco de datos, un sistema de manejo basado en modelos cuya función es transformar la información del banco de datos en información útil para la toma de decisiones, e interfaces de fácil uso a fin de mejorar la habilidad del usuario para utilizar y beneficiarse del SSD

Mientras que la calidad y confiabilidad de las herramientas de modelamiento y la arquitectura interna de un SSD son importantes, el aspecto más crucial, son las interfaces de usuarios pues una apropiada interface ayuda a los usuarios a aprender a dominar y entender el modelo. La agudeza de un SSD puede ser incrementada

grandemente a través de la representación de un diagrama y la interacción entre sus componentes (Druzdzel y Flynn, 2002). Debido a la incertidumbre, no hay garantía de que el resultado de la estrategia seleccionada sea la deseada; sin embargo, el proceso de toma de decisiones de un SSD descansa sobre la asunción de que una buena decisión es aquella que proviene de un buen proceso de toma de decisiones que considera todos los factores importantes (Druzdzel y Flynn, 2002).

Los principales tipos de decisiones que podrían realizar los manejadores de pastizales empleando un SSD según Conner (1993) son: la elección de la carga animal, la cual es significativa en determinar la rentabilidad del sistema y porque influencia la productividad y la tendencia de los pastizales en el largo plazo, la elección de especies y clases de animales al pastoreo, las diferencias en cuanto al hábito de consumo de plantas (gramíneas altas y bajas, y hierbas) entre especies provee información sobre la asignación de los tipos de forraje disponibles en el sistema, la selección de prácticas de mejora de pastizales deberá considerar los cambios ecológicos en los pastizales así como la cantidad de inversión que requieren para su implementación y que en muchos casos se necesitarán de varios años para su recuperación como el establecimiento de pastos cultivados.

El diseño de SSD espaciales para el manejo de pastizales que integren modelos de hidrología, vegetación y manejo de ganado con un sistema de información geográfica (SIG), puede ayudar a los administradores en el planeamiento del manejo de recursos y en la selección del tipo y la localización estrategias de manejo (Miller et al., 2003).

Miller et al. (2003) desarrollaron un SSD basado en *internet* con el objetivo de planificar y manejar los pastizales localizados en cuencas hidrográficas y proveer información para evaluar prácticas de manejo que se puedan implementar para mitigar los impactos perjudiciales del pastoreo. El SSD desarrollado constó de dos modelos: El primero, un modelo hidrológico, el cual estima la respuesta hidrológica frente a un cambio de la cobertura del suelo mediante la incorporación de información de capas de datos de suelo y cobertura de suelos provenientes de un sistema de información geográfico. El segundo, un modelo para el manejo de la vegetación basado en estados transicionales de los sitios ecológicos, utilizando información de cobertura vegetal, cobertura basal, fragmentos rocosos, entre otros. El SSD desarrollado permitió que los usuarios creen escenarios de la aplicación de diferentes prácticas como cambios en la

localización de las fuentes de agua, cambios en los límites de los potreros, en la cobertura vegetal, de modo que los usuarios pueden definir el área en la que se aplicará una estrategia de mejora y conocer los efectos de estas prácticas sobre las tasas de escorrentía y producción de sedimentos. Además, este SSD provee información sobre la condición promedio de la vegetación, modela la dinámica de la vegetación en base a la de precipitación, y modela el grado de utilización de los pastizales. De esta forma, este SSD basado en *internet* puede realizar un análisis de las prácticas de manejo mostrando sus efectos hidrológicos, ecológicos y económicos de los diferentes escenarios (Miller et al., 2003).

Por otra parte, Barreca et al. (2004) desarrollaron un SSD basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el manejo sostenible en áreas de protección dentro de las cuales se encuentran tierras donde tradicionalmente se ha realizado actividad pastoril. Generalmente, los pastizales de las áreas de protección no son manejadas apropiadamente debido a la aplicación de métodos imprácticos no sostenibles ocasionando la degradación de los recursos. Este SSD comprende un modelo para la evaluación de tierras aptas para el pastoreo, el cual asigna diferentes pesos y prioridades mediante una evaluación multicriterio a factores como accesibilidad de tierras, disponibilidad de agua, pendiente, elevación; obtenidos mediante un SIG e incluye información del comportamiento al pastoreo de diferentes especies. El producto final de este SSD basado en SIG son mapas de aptitud de las tierras al pastoreo en base a la especie animal, los cuales servirán para la elaboración de planes de manejo de pastizales de estas tierras de protección.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en seis unidades de producción de alpacas, localizadas en la región Pasco, en las provincias Daniel Alcides Carrión y Pasco (Figura 8). El área de estudio abarca una extensión de 11 252.9 has y comprende altitudes que varían desde los 4 151 a 4 776 m.s.n.m.

El área de estudio se encuentra en las zonas de vida; Páramo pluvial-subalpino tropical (pp-Sat) y Páramo muy húmedo-subalpino tropical (pmh-Sat), las cuales se caracterizan por presentar una biotemperatura media anual máxima de 7.2°C y la media anual mínima de 3 °C. El rango promedio máximo de precipitación total por año oscila entre 1 000 mm a 1 819 mm y el rango promedio mínimo oscila entre 500 a 828.7 mm. Estas zonas presentan topografía variada, desde suave y colinada hasta quebrada. El cuadro edáfico está conformado por suelos medianamente profundos, de textura media, con un horizonte superficial, con influencia volcánica (páramo andosoles) (Flórez y Malpartida, 1987).

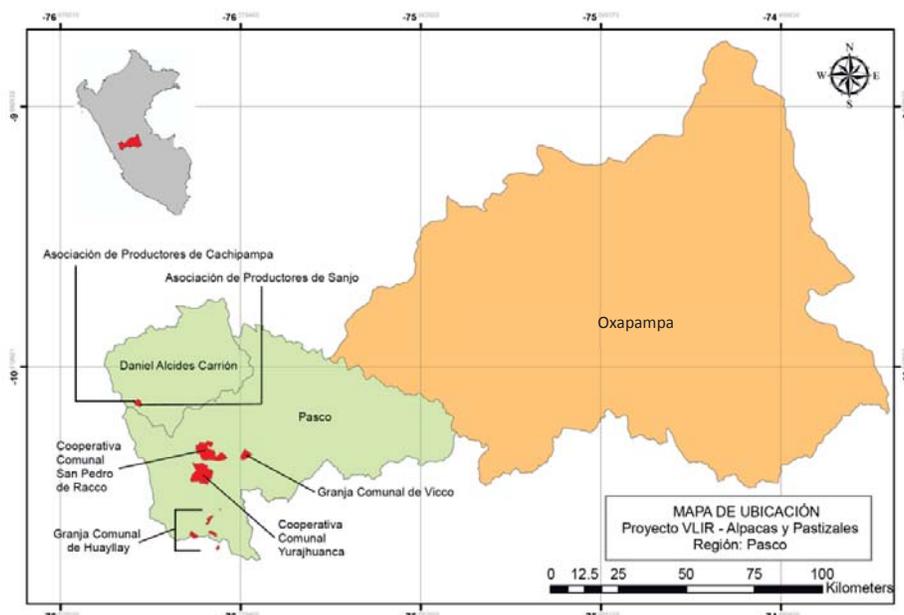


Figura 8: Mapa de ubicación de los sistemas de producción

La evaluación se realizó en dos unidades productivas representativas de cada sistema típico de producción de alpacas: Cooperativas Comunales Racco y Yurajhuanca, Granjas Comunales Huayllay y Vicco, y Asociaciones de Productores Sanjo y Cachipampa. La selección de estos sistemas de producción se basó en que estos son los más comunes y representativos de la sierra central. Barrantes (2012) encontró que de 29 organizaciones campesinas dedicadas a la crianza de alpacas el 58.6 por ciento corresponden a granjas comunales, el 34.5 a cooperativas comunales, y el 6.9 por ciento a asociaciones de productores.

Las Cooperativas Comunales son organizaciones creadas por las comunidades campesinas, como una manera empresarial para la utilización de sus pastizales. Este sistema de producción fue creado en el marco del proceso de la reforma agraria en la década del sesenta del siglo pasado. Mientras que las Granjas Comunales son creadas por las comunidades campesinas con la finalidad de constituir una fuente de ingresos comunales y usufructuar sus pastos. Por otro lado, las Asociaciones de Productores son organizaciones que se constituyen al interior de las comunidades campesinas, con fines de organizar empresarialmente la producción animal que en este caso tiene como objetivo la crianza de alpacas, este tipo de organización tiene un origen generalmente familiar (Barrantes, 2012).

Las unidades productivas de cada sistema de producción fueron seleccionadas debido al vínculo existente entre ellas y el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP), a través del Centro de Investigación y Capacitación Campesina (CICCA); lo cual permitió contar con información disponible proveniente de estudios previos y tener las facilidades logísticas para el desarrollo del presente estudio.

3.2 INVENTARIO DE RECURSOS DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

3.2.1 Evaluación de la vegetación

a. Delimitación de sitios y estimación del estatus ecológico

La delimitación de los sitios de pastizal se realizó a partir de la recopilación de información geográfica de estudios previos e información actualizada de potreros y linderos de cada unidad productiva, los cuales fueron geo-referenciados con la ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Esta información permitió delinear los linderos de cada unidad productiva en las Cartas Nacionales y Cartas Geológicas a fin de elaborar el mapa de pendientes y el mapa geológico. La información cartográfica de estos mapas fue superpuesta empleando el *software* ArcGis v.10 bajo una escala de trabajo de 1/10 000 obteniendo el mapa de pre-sitios de pastizales de cada unidad (Lau, 2010).

Posteriormente, en cada pre-sitio se identificaron áreas de referencia a fin de realizar en ellas la evaluación ecológica de los pastizales. Un área de referencia es una unidad de tierra relativamente homogénea en sus características ecológicas que permite identificar, delimitar y clasificar las diferentes áreas de terreno (Zegarra, 1999). Los resultados obtenidos de los censos de vegetación permitieron definir los sitios de pastizales.

La estimación del estatus ecológico y tendencia de los pastizales de cada unidad productiva fue obtenida a partir de los resultados del inventario de los pastizales. Para la estimación del estatus ecológico se empleó información proveniente de los censos de vegetación. Estos censos fueron realizados empleando la metodología de Doble Transección Lineal al Paso (Holocheck, 1989), la cual consiste en establecer transectas de 200 pasos, realizando una lectura cada dos pasos, obteniendo en total un registro de 100 lecturas. En cada doble paso se identificó y registró si se trataba de una especie de planta, mantillo, musgo, suelo desnudo, roca o pavimento de erosión (ANEXO 1). Para los casos en los que no se logró identificar la especie de planta, esta fue recolectada para que posteriormente sea identificada taxonómicamente en el Laboratorio de Botánica de la UNALM. El vigor de las plantas clave (*Calamagrostis sp.*, *Festuca dolychophylla* y *Alchemilla pinnata*) fue determinado cada 10 registros. La evaluación del vigor consistió en medir la altura de las plantas clave y comparar los valores obtenidos con aquellos reportados bajo las mejores condiciones de manejo.

La información proveniente de los censos de vegetación fue procesada a fin de obtener el índice de especies deseables, índice forrajero, cobertura vegetal y el vigor de las plantas claves. La condición ecológica de los sitios de pastizal se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje (0-100\%)} = 0.5 (\%D) + 0.2 (\%IF) + 0.2 (\%CV) + 0.1 (\%V)$$

Donde:

D = Especies deseables

IF = Especies deseables + especies poco deseables

CV = Suelo cubierto por vegetación y/o hojarasca

V = Vigor o altura de la planta clave

Fuente: (Flórez y Malpartida, 1987)

En la lectura 50 se realizó la evaluación de las características fisiográficas y de la vegetación de los sitios ecológicos como topografía, paisaje circundante, pendiente, exposición, fuentes de agua, nivel de uso, pedregosidad superficial, afloramiento lítico mediante la metodología del Relevamiento Rápido (Flores, 2010 b).

La estimación de la tendencia tuvo como criterios la presencia de plántulas jóvenes, plantas en pedestal, malezas, plantas perennes, grado de erosión, entre otros (Flores, 2010 b) (ANEXO 2).

b. Clasificación de las plantas y tipos de vegetación

Las especies de plantas presentes en los pastizales de las unidades de producción fueron clasificadas según su taxonomía y funcionalidad. La clasificación taxonómica consistió en la identificación de las especies botánicas para lo cual se recolectaron, seleccionaron, y preservaron muestras en una prensa de madera (40 cm. x 60 cm.), para que posteriormente sean identificadas en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

La clasificación funcional de las plantas se realizó en base a la palatabilidad o deseabilidad de las plantas para las especies animales: alpacas, ovinos, vacunos y llamas; clasificándolas según su grado de deseabilidad en plantas deseables, poco deseables e indeseables; para lo cual se emplearon tablas de deseabilidad elaboradas por el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la UNALM.

- Plantas deseables: Especies palatables que son consumidas durante todo el año y producen abundante forraje. Son plantas perennes con sistema radicular profundo. Se encuentran en campos bien manejados. A esta categoría pertenecen especies claves de gramíneas, hierbas y arbustos que requieren un manejo cuidadoso.
- Plantas poco deseables: Especies de importancia secundaria en campos de buena condición y reemplazan a las deseables cuando la condición del campo desmejora y a las indeseables cuando la condición mejora por ello son consumidas estacionalmente. Estas plantas son menos palatables que las anteriores pero más resistentes al pastoreo.
- Plantas indeseables: Especies más pobres que abundan en campos sobrepastoreados y consisten de plantas invasoras tóxicas, duras y espinosas (Flores, 1997).

La determinación de los tipos de vegetación de los sitios de pastizales se realizó visualmente conforme se realizaba el reconocimiento de los pre-sitios de pastizales y con la información proveniente de los censos de vegetación, integrando en unidades mayores a los sitios que presentaban el mismo tipo de vegetación. Las características y atributos que definen los diferentes tipos de vegetación se muestran a continuación:

- Pajonales: Tipo de vegetación predominante en los pastizales alto andinos. Para su identificación se tomó en cuenta la presencia de gramíneas altas, de hojas duras entre las que destacan; *Festuca dolichophylla*, *Festuca ortophylla*, *Stipa ichu*, *Calamagrostis anatonizada* y *Calamagrostis rigida*, acompañados por vegetación herbácea de tallo simple o ligeramente ramificado (Flores, 1991).
- Césped de puna: Se caracteriza por la presencia de plantas de porte almohadillado y arrosetado. Entre las plantas que se encuentran en este tipo de vegetación se encuentran; *Aciachne pulvinata*, *Liabum ovatum*, *Werneria nubigena*, *Pycnophyllum molle*, y *Notrotiche sp* (Flores, 1991).
- Bofedales: Áreas que presentan humedad subterránea de carácter temporal o permanente y que se desarrollan normalmente en áreas planas y en los alrededores de pequeñas lagunas. Su diversidad botánica varía según su localización, altitud, topografía, humedad, exposición (Flórez, 2005). En su composición florística dominan especies de porte almohadillado como

Calamagrostis ovata, *Calamagrostis eminens*, *Distichia muscoides*, *Werneria pigmea*, y *Alchemilla diplophylla* (Flores, 2010 a).

c. Capacidad de carga y balance forrajero de los pastizales

La capacidad de carga (CC) es el número de animales que pueden pastorear un campo sin inducir su degradación. La determinación de la CC se realizó utilizando cargas recomendadas (U.Al/ha/año) según el estatus ecológico de los pastizales multiplicadas por la superficie de cada sitio (Cuadro 12).

Cuadro 12: Carga recomendada (U. Al/ha/año) para pastizales de diferente condición ecológica

Condición	Puntaje	Carga			
		Ovinos	Alpacas	Llamas	Vacunos
Excelente	81-100	4.0	2.7	1.8	1.0
Bueno	61-80	3.0	2.0	1.3	0.75
Regular	41-60	1.5	1.0	0.7	0.38
Pobre	21-40	0.5	0.33	0.2	0.13
Muy Pobre	01-20	0.25	0.17	0.1	0.07

Fuente: Flores (1993)

La determinación del balance forrajero se realizó por diferencia, sustrayendo los valores estimados de la oferta y la demanda de forraje de los sitios de pastizales de cada unidad de producción.

La oferta forrajera fue estimada en función a las cargas recomendadas según la condición ecológica de los pastizales de cada sitio y se expresó en unidades alpaca por hectárea por año (U.Al/ha/año) pues es la especie de interés. Seguidamente, estos valores fueron multiplicados por la superficie en hectáreas de cada sitio. La demanda forrajera se estimó en función a la población animal actual de cada unidad productiva, para lo cual se obtuvo información sobre las especies animales que se crían en cada unidad de producción, las diferentes categorías de los hatos, y el número de animales según categoría, información que se obtuvo a través de revisiones de planillas y libros de registros de la población animal de cada unidad de producción. Posteriormente, el

número de animales por categoría fue expresado en unidades alpaca (U.Al/ha/año) con el fin de uniformizar los valores de la población ganadera (Zegarra, 1999).

3.2.2 Determinación de la capacidad de uso mayor de las tierras

La Capacidad de Uso Mayor de las Tierras se define como la aptitud natural de la tierra para producir en forma constante, bajo tratamientos continuos y usos específicos. Es un sistema técnico-interpretativo cuyo objetivo es asignar a cada unidad de suelo su uso y manejo sostenible. Este sistema está conformado por tres categorías de uso: Grupo (cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos naturales, forestales, y tierras de protección), Clase (calidad agrológica alta, media, o baja) y Subclase (limitaciones por suelo, clima, topografía) (ANEXO 3).

La clasificación de las tierras según este sistema fue establecida teniendo como criterio la similitud de características que afectan el uso, manejo y tratamiento de los suelos, como son atributos de la vegetación (mantillo, cobertura vegetal, condición, tendencia e intensidad de uso del pastizal, entre otros), atributos físicos del suelo y fisiografía (posición topográfica, pendiente, profundidad, pedregosidad, grado de erosión, entre otros); y características químicas del suelo proveniente del análisis de muestras del suelo. Para lo cual se recolectaron muestras compuestas de suelo (1kg) según tipo de vegetación, obtenidas a una profundidad de 30 cm en áreas representativas de los sitios de pastizal. Las características químicas analizadas fueron pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, concentración de fósforo, aluminio y potasio, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases y contenido de carbonatos.

La evaluación de las características fisiográficas de los sitios de pastizal necesarios para realizar la determinación de la Capacidad de Uso Mayor de las Tierras fue realizada en el registro 50 durante el desarrollo de los censos de vegetación. En este mismo punto y conforme se realizaba la evaluación fisiográfica se realizó la selección del área para la recolección de la muestra de suelo.

3.2.3 Análisis del agua

El análisis de las fuentes agua involucró identificar las fuentes de agua de los sitios de pastizal, determinando su temporalidad para posteriormente realizar el análisis de calidad de las mismas.

La identificación de la ubicación de fuentes de agua se realizó durante el relevamiento rápido, conforme se realizaba el reconocimiento de los pre-sitios de pastizales. Una vez definidos los pre-sitios y conforme se realizaba el censo de vegetación, las fuentes de agua existentes dentro de cada sitio de pastizal fueron geo-referenciadas y seguidamente clasificadas en tipos (ojo de agua, manantial, río, riachuelo, laguna, canal de riego) y en base a su grado de permanencia o temporalidad durante del año.

El análisis de calidad de agua se realizó para las principales fuentes de agua permanentes de los sistemas de producción, para lo cual se recolectaron muestras (50 ml) a fin de evaluar los parámetros de calidad de agua como pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y salinidad, mediante el equipo multiparámetro especializado “*Sension 156 portable HACH*”.

3.3 OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DE PASTIZALES

La optimización de estrategias de mejoramiento de pastizales se realizó en dos etapas. La primera contempló la optimización ecológica de las estrategias para lo cual se compararon atributos de vegetación y fisiografía de los sitios como: altitud, pendiente, distancia de las fuentes de agua, capacidad de uso mayor de las tierras, profundidad del suelo, erosión del suelo, tipo de vegetación, condición de los pastizales, porcentaje de especies indeseables, biomasa aérea, cobertura vegetal. Esta información fue comparada con la matriz de restricciones de estrategias de mejoramiento de pastizales (ANEXO 4) (Alegría, 2010; Huerta, 2001 y Lau, 2010).

Los datos de altitud se obtuvieron a partir de imágenes satelitales *SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)*, las cuales proveen información de elevación del terreno a una escala espacial de 30 m, información que sirvió para la generación de un Modelo Digital de Elevación (DEM), en el cual posteriormente se establecieron rangos de altitud según la matriz de restricciones. La distancia de fuentes de agua como ríos y lagunas se obtuvo

a partir de *shapefiles* provenientes de la Carta Nacional del área de estudio. Un *shapefile* es un formato sencillo y no topológico que almacena la ubicación geométrica e información de atributos (ArcGIS Resource Center, 2015). La obtención de información de altitud y distancia a fuentes de agua se obtuvo empleando el *software* ArcGis.

Una vez generada la matriz de atributos, las estrategias de mejoramiento fueron seleccionadas condicionalmente a partir de los rangos establecidos por la matriz de restricciones de cada estrategia de mejoramiento, para lo cual se empleó el *software* Microsoft 2010 Excel.

La segunda etapa de la optimización de estrategias contempló el análisis espacial de las mismas para lo cual se trabajaron con información espacial de sitios ecológicos y potreros. Si bien el concepto de sitios ecológicos facilita el entendimiento de los procesos de los ecosistemas y puede ser usado para conocer su potencial, los potreros representan la unidad de manejo de los pastizales pues ofrecen información sobre condición, momentos de uso y capacidad de carga (Brown et al., 2002 y Bureau of Land Management, 2014 b).

El análisis espacial de las estrategias de mejoramiento para cada potrero contempló la superposición de las capas temáticas sitios y potreros. Primero se determinó el número de sitios que pertenecían a cada potrero. Posteriormente, se estimó el área ocupada por cada sitio y se calculó la condición ponderada para cada potrero, información que sirvió para verificar si la estrategia de mejoramiento seleccionada según los sitios de pastizales se ajusta a la condición de cada potrero. Finalmente, la asignación de las estrategias de mejoramiento para cada potrero se realizó en función a la superficie de los sitios que integraban los potreros, estableciéndose que el sitio que ocupase más superficie del potrero sería el que determinase la estrategia de mejoramiento a aplicar.

3.4 PERCEPCIONES DE LOS PRODUCTORES

La identificación de las dificultades de manejo y necesidades de mejora de pastizales se realizó a través de la técnica de grupos focales. Los grupos focales se llevan a cabo en el marco de protocolos de investigación e incluyen una temática específica, preguntas de investigación planteadas, objetivos claros, justificación y lineamientos. La técnica de grupos focales es un espacio de opinión para captar el sentir, pensar y vivir de los individuos, provocando auto explicaciones (Hamui y Varela, 2013).

El diseño de la entrevista fue realizado por un comité de expertos para lo cual se elaboró un cuestionario empleando información proveniente de un estudio previo realizado por Barrantes (2012) sobre caracterización de planteles en los sistemas de producción de alpacas. De modo que, se contó con un cuestionario validado, cuyas preguntas eran claras, concisas y de fácil respuesta. El cuestionario constó de ocho secciones:

- Información general de la comunidad matriz
- Organización productiva y gestión de la organización productiva comunal (OPC)
- Animales de la organización productiva
- Crianza de alpacas
- Utilización de los pastizales
- Comercialización
- Infraestructura productiva
- Capacitación

Para la identificación de las dificultades de manejo y necesidades de mejora de pastizales se trabajó con la información proveniente de la sección “Utilización de los pastizales”. Dicha sección contenía las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las principales dificultades en el manejo de pastos? y ¿Cómo mejoraría su sistema de manejo de pastos? Las preguntas del cuestionario fueron estructuradas a fin de centrar el tema de la encuesta. Cada pregunta tuvo un número determinado de alternativas a fin de que los entrevistados establezcan un ranking según la importancia de cada una de ellas.

Los grupos focales seleccionados fueron directivos comunales, socios, administradores y personal técnico de cada unidad productiva. Estos grupos fueron seleccionados con el propósito de que los participantes elaboren grupalmente sus respuestas según su

realidad y experiencia en la producción de alpacas y manejo de pastizales. La aplicación de la entrevista se realizó durante una visita a cada unidad productiva, el tiempo promedio de duración fue de dos horas. La entrevista fue realizada por un moderador, quien se encargaba de dirigir el diálogo basado en el cuestionario desarrollado, permitir y estimular la participación equitativa de los participantes. Para el caso de las preguntas que hacían referencia a las dificultades de manejo y necesidades de mejora de pastizales, los entrevistados debieron establecer un ranking de alternativas según la importancia de cada una de ellas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INVENTARIO DE LA VEGETACIÓN Y SUELO

4.1.1 Características de la vegetación

El tipo de vegetación predominante para las Cooperativas Comunales y Granjas Comunales fue el pajonal, mientras que para las Asociaciones de Productores fue el césped de puna. Los bofedales en las Asociaciones de Productores ocuparon solo el 4.3 % de su superficie mientras que en las Granjas y Cooperativas Comunales este tipo de vegetación se presentó solo como inclusiones (Cuadro 13) (ANEXO 6).

Los resultados obtenidos coinciden con Flores (1996), quien indica que en el ecosistema de altoandinos predominan en orden de importancia los pajonales, céspedes de puna, y bofedales. Los pajonales son un tipo de vegetación característico de los ecosistemas de puna, su presencia se asocia a densas agrupaciones de gramíneas altas y de hojas duras, en tanto que los céspedes de puna son un tipo de vegetación que se ubica en las zonas de mayor altitud y de suelos pobres, se caracteriza por la presencia de plantas de porte almohadillado y arrosetado (Flores, 1991).

Los bofedales son un tipo de vegetación que se localiza en áreas que presentan humedad subterránea de carácter temporal o permanente; su diversidad botánica varía según su localización, altitud, topografía, humedad y exposición, predominando en su composición florística especies de porte almohadillado. La importancia de los bofedales radica en que constituyen fuentes de forraje de buen valor nutritivo para ser utilizados estratégicamente durante épocas de escasa precipitación en ciertas clases o categorías de animales (Flórez, 2005).

En relación a la presencia de pastos cultivados estos abarcaron una mínima superficie de terreno de las Granjas y Cooperativas, de 0.6 y 1.2%, respectivamente; mientras que en las tierras de las Asociaciones de Productores no se encontraron pastos cultivados. La poca extensión de pastos cultivados en los sistemas de producción se debe principalmente a la baja calidad de los suelos, a las limitaciones climáticas, a la poca

disponibilidad de agua; y porque su establecimiento y manejo requiere de inversión en infraestructura de riego, cercos y mayores niveles de manejo que los pastos naturales (Bryant et al., 1987).

Cuadro 13: Distribución y extensión de los tipos de vegetación

Tipo de vegetación	Asociaciones de Productores		Granjas Comunales		Cooperativas Comunales	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Pajonal	18.65	7.21	588.55	53.41	3009.72	71.94
Césped de Puna	147.75	57.09	400.20	36.31	1110.55	26.55
Bofedal	11.10	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasto cultivado	0.00	0.00	13.20	1.20	24.90	0.60
Tierras de Protección	81.30	31.41	100.10	9.08	38.35	0.92
Superficie total	258.80	100.00	1102.05	100.00	4183.52	100.00

En relación a la composición botánica de los tipos de vegetación se encontró que las familias predominantes en los pajonales y céspedes de puna de los diferentes sistemas de producción fueron la Poaceae, seguido de la Cyperaceae y Rosaceae; mientras que las familias predominantes para los bofedales fueron la Apiaceae seguida de la Poaceae (Figura 9).

La predominancia de la familia Poaceae en los tipos de vegetación se debe a que esta es característica de las zonas de vida: Páramo pluvial-subalpino tropical (pp-Sat) y Páramo muy húmedo-subalpino tropical (pmh-Sat), debidos a sus patrones de precipitación, temperatura, y a la elevación a la que encuentran. La composición florística de los pastizales de los sistemas de producción constó de 104 especies botánicas, las cuales se muestran en el ANEXO 5.

Los pajonales presentaron como familias dominantes a la Poaceae, Cyperaceae, y Rosaceae. Las especies dominantes, subdominantes y sub-subdominantes, respectivamente de la familia Poaceae fueron; *Festuca inarticulata*, *Calamagrostis vicunnarum*, y *Calamagrostis brevifolia*. Las especies en orden de dominancia para la familia Cyperaceae fueron; *Carex sp.*, *Carex ecuadorica*, y *Scirpus rigidus*; mientras que la familia Rosaceae se encontró dominada principalmente por *Alchemilla pinnata*.

Los céspedes de puna tuvieron como familias dominantes a las familias Poaceae, Rosaceae, y Asteraceae. Las especies dominantes, subdominantes y sub-subdominantes, para la familia Poaceae fueron; *Calamagrostis brevifolia*, *Aciachne pulvinata*, y *Calamagrostis vicunarium*; la familia Rosaceae se encontró dominada principalmente por *Alchemilla pinnata*, mientras que las especies dominantes de la familia Asteraceae fueron; *Werneria nubigena* y *Hypochoeris taraxacoides*.

En los bofedales las familias dominantes fueron Apiaceae, Poaceae, y Juncaceae. La familia Apiaceae se encontró dominada únicamente por la especie *Azorella crenata*; la familia Poaceae presentó como especies dominante y subdominante a *Calamagrostis rigescens* y *Agrostis breviculmis*, mientras que la familia Juncaceae presentó como especie dominante a *Distichia muscoides*.

Los resultados encontrados en el presente estudio son consistentes con aquellos obtenidos por Zegarra (1999) en los pajonales del fundo “San Lorenzo” en Ancash, en el cual predominó la familia Poaceae (33.7%) y Asteraceae (13.0%); sin embargo, los resultados contrastan con los reportados por Alegría (2010), quien encontró como familia dominante a la Asteraceae (18.52%) en céspedes y pajonales de la Comunidad Campesina Pucayacu en Pasco. La alta presencia de especies de la familia Asteraceae se debería a que el sobrepastoreo de los pastizales de la Comunidad Campesina Pucayacu fue más intenso que el de los sistemas de producción estudiados, por lo que sus campos se encontraron invadidos por las especies; *Werneria caespitosa* y *Azorella crenata*, pertenecientes a la familia Asteraceae.

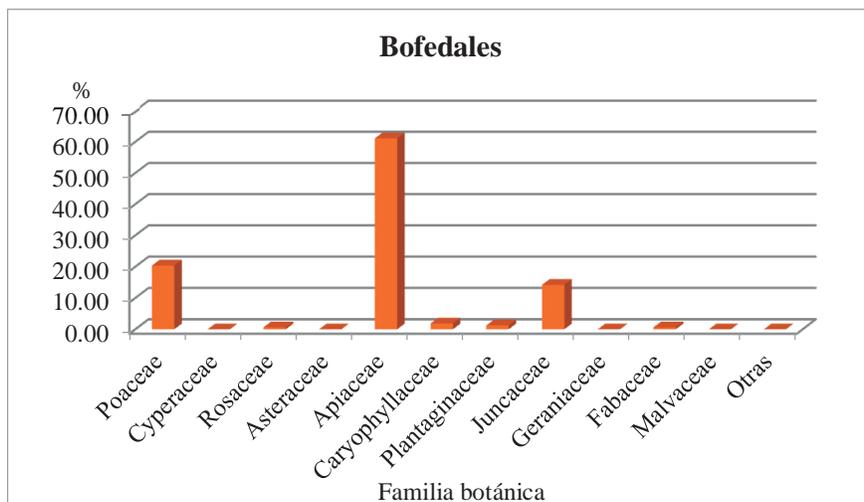
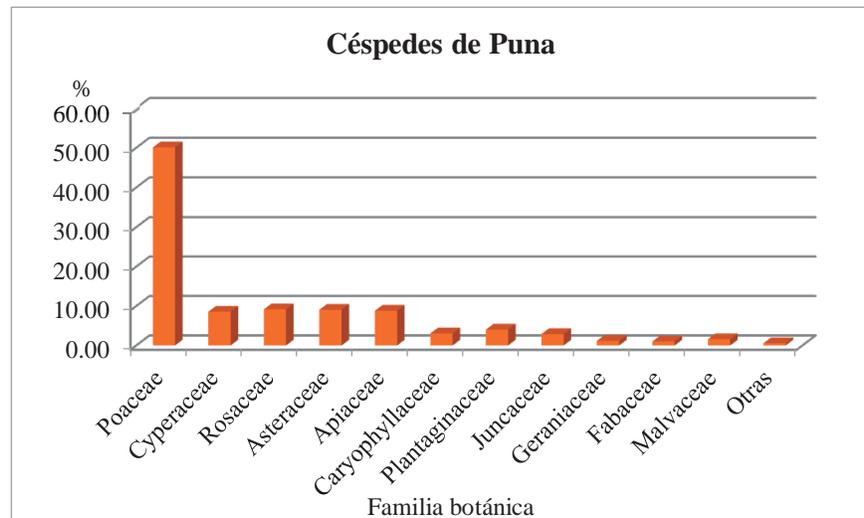
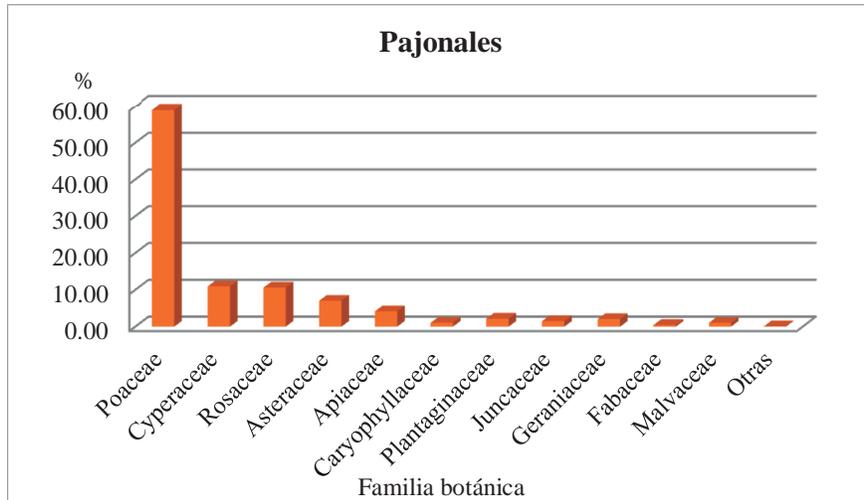


Figura 9: Distribución promedio (%) de las familias botánicas según tipo de vegetación

4.1.2 Calidad de las tierras

Las tierras de los sistemas de producción se caracterizan por tener suelos superficiales y medianamente superficiales; en general la pedregosidad superficial varió entre 15 al 30%; sin embargo, se encontraron sitios con pedregosidad menor a 3% hasta sitios con más del 50%. El afloramiento lítico varió entre 2 al 15% encontrando sitios con afloramiento lítico menor a 2% hasta sitios entre 25 a 50% de afloramiento. La topografía del área se caracterizó por laderas convexas y cóncavas, presentándose en algunos casos planicies; el paisaje circundante de los pastizales varió de ondulado suave, colinado hasta montañoso (ANEXO 7).

Las características descriptivas de las tierras de los sistemas de producción indican que estos poseen tierras aptas para pastizales y tierras de protección (ANEXO 8). En general, las tierras aptas para pastizales de calidad agrológica alta; es decir tierras con menos limitaciones de suelo, clima y riesgo de erosión y por lo tanto con menos necesidades de prácticas intensivas de manejo, cubren el 39.11% de la superficie de tierras de los sistemas.

Las tierras aptas para pastizales de calidad agrológica media cubren el 38.79% de la superficie de los sistemas; mientras que las tierras de calidad agrológica baja, es decir tierras con mayores limitaciones de suelo, clima, y riesgo de erosión y por lo tanto requieren de la aplicación de prácticas de manejo y conservación más intensivas, cubren el 18.34%; mientras que las tierras de protección, las cuales presentan severas limitaciones que impiden su uso sostenible de modo que en ellas no debe realizarse el pastoreo, representan el 3.97% de las tierras de los sistemas de producción (Cuadro 14).

El análisis de la relación entre los sistemas de producción y la calidad de sus tierras revela la existencia de diferentes calidades agrológicas, es así que el 47.2% de las tierras de las Cooperativas Comunales son de calidad agrológica alta (P1), el 48% de las tierras de las Granjas Comunales son de calidad agrológica media (P2) mientras que el 32.4% las tierras de las Asociaciones de Productores son de calidad agrológica baja (P3) (Figura 10 y Cuadro 14).

Estos resultados indican que a diferencia de las Cooperativas Comunales y Granjas Comunales, las tierras de las Asociaciones de Productores requieren de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos a fin de evitar la degradación de las tierras y la pérdida del estatus ecológico de los pastizales.

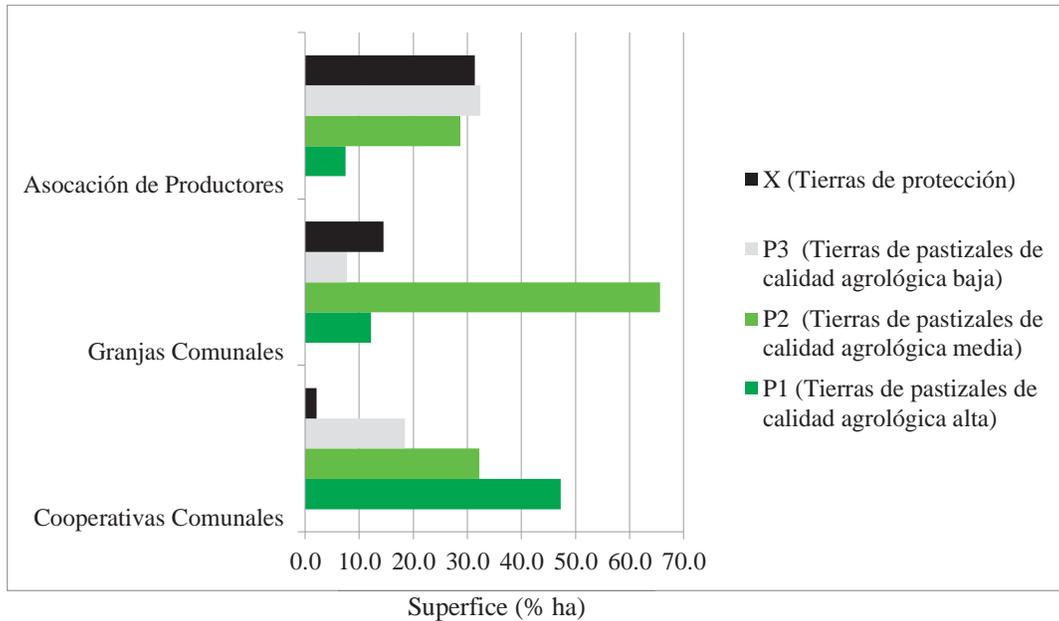


Figura 10: Capacidad de uso mayor de las tierras según sistema de producción

Las diferentes calidades agrológicas de las tierras de los sistemas son resultados de las interacciones en el tiempo entre los procesos de formación de los suelos, el clima local, así como la utilización y manejo que han recibido. El hecho que las tierras de pastoreo de las Cooperativas Comunales sean de mayor calidad agrológica respecto a las Granjas Comunales y Asociaciones de Productores implica que sus pastizales no se encuentran degradados y presentan mejor condición ecológica.

Las tierras de las comunidades campesinas forman parte de las tierras expropiadas a las grandes haciendas durante la Reforma Agraria en 1970. La adjudicación de tierras implicó el establecimiento de formas organizativas como Cooperativas Comunales y Granjas Comunales al interior de las comunidades (Aliaga, 1995). La asignación de las tierras estuvo en función de los objetivos de producción y destinos de los productos, es así que a las Cooperativas Comunales y Granjas Comunales se les asignaron las mejores tierras; zonas más bajas, de topografía más uniforme.

Las Cooperativas Comunales al presentar tierras de calidad agrológica alta poseen tierras con mayor potencial para incrementar su capacidad de carga pues sus tierras responderían en menor plazo a las estrategias de mejora que en ellas se apliquen, en comparación a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales, cuyas tierras al presentar mayores limitaciones de suelo y riesgo de erosión, y ser de menor calidad agrológica, requieren de mayor tiempo para mejorar la condición de sus pastizales y con ello poder incrementar su capacidad de carga.

Los factores limitantes de las tierras variaron entre los sistemas de producción; tal es el caso que el principal factor limitante para las tierras de las Cooperativas Comunales es el clima; debido a que las zonas de vida donde se encuentran se caracterizan por la presencia de eventos climáticos extremos como variaciones en las precipitaciones y la ocurrencia de heladas. Mientras que las tierras de las Granjas Comunales además de presentar estas limitaciones climáticas presentan como factor limitante al suelo, pues sus suelos son superficiales y que debido al sobrepastoreo de sus pastizales exhiben erosión de grado ligero a moderado; en tanto que las tierras de las Asociaciones de Productores además de presentar los factores limitantes climáticos y edáficos presentan limitaciones asociadas al riesgo de erosión, esto se debe a la ubicación de este sistema, el cual se asienta en zonas de topografía accidentada, de suelos superficiales y de alta pendiente.

Los terrenos escarpados generalmente presentan baja fertilidad debido a la pérdida de la capa superior del suelo debido a procesos erosivos pasados, por ello la recuperación de las plantas luego del pastoreo no ocurre rápidamente como en zonas de pendiente suave, las cuales presentan propiedades de suelo más favorables (Ditsch et al., 2006).

Respecto a las tierras de protección, es decir tierras no aptas para el pastoreo; cubren una mayor superficie de las tierras de las Asociaciones Pecuarias respecto a los otros sistemas. Las Asociaciones de Productores presentan 31.42% de tierras de protección respecto a las Granjas Comunales y Cooperativas Comunales, en donde estas tierras representan, el 9.10% y el 0.92% de su superficie. La existencia de tierras de menor potencial así como la mayor superficie de áreas de protección de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales sugiere que estos sistemas de producción deberían desarrollar sistemas integrados de producción basados en la combinación de múltiples actividades como la ganadería, reforestación, turismo, pesca entre otros como parte de una estrategia de manejo sostenible de las tierras de protección.

Cuadro 14: Distribución promedio de las tierras según su capacidad de uso mayor

Capacidad de Uso Mayor		Asociaciones de Productores		Granjas Comunales		Cooperativas Comunales		Sistemas de Producción	
Grupo - Clase	Subclase	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
P1	c	13.65	5.27	57.75	5.29	2012.65	48.11	2164.65	39.11
	ce	5.60	2.16	13.85	1.27	-	-		
	cs	-	-	61.15	5.60	-	-		
	Sub-total	19.25	7.43	132.75	12.16	2012.65	48.11		
P2	c	68.80	26.58	523.95	47.99	1298.57	31.04	2146.47	38.79
	ce	5.50	2.13	183.90	16.84	-	-		
	cs	-	-	9.05	0.83	56.70	1.36		
	Sub-total	74.30	28.71	716.90	65.66	1355.27	32.40		
P3	c	-	-	2.85	0.26	-	-	1003.25	18.13
	ce	-	-	9.45	0.87	24.30	0.58		
	cs	-	-	72.20	6.61	752.95	18.00		
	cse	83.95	32.44	57.55	5.27	-	-		
	Sub-total	83.95	32.44	142.05	13.01	777.25	18.58		
X	cs	56.00	21.64	-	-	-	-	219.80	3.97
	cse	25.30	9.78	100.10	9.17	38.40	0.92		
	Sub-total	81.30	31.42	100.10	9.17	38.40	0.92		
	Total	258.80	100.00	1091.80	100.00	4183.57	100.00	5534.17	100.00

- P: Tierras aptas para pastizales
- X: Tierras de protección
- 1, 2, y 3: Calidad agrológica alta, media y baja, respectivamente.
- c,s,e: Limitación por clima, suelo, y riesgo de erosión, respectivamente

La calidad agrológica de las tierras de los sistemas de producción está en función de las características físico-químicas del suelo, las cuales representan la potencialidad del suelo para la producción de plantas.

Con respecto a las características físicas y químicas de los suelos, los resultados del análisis de los suelos indican que los suelos de los sistemas de producción poseen características propias de suelos de praderas alto andinas; es decir, suelos ácidos, con bajas concentraciones de fósforo y potasio, con contenidos variables de materia orgánica, de texturas medias y gruesas, sin problemas de salinidad, con baja cantidad de cationes intercambiables y con problemas de fertilidad (Alegría, 2010) (Cuadro 15 y ANEXO 9).

Cuadro 15: Características físicas y químicas de los suelos según tipo de vegetación

Sistema de Producción	Tipo de Vegetación	pH 1:1	CE _(1:1) dS/m	CaCO ₃ %	MO %	P ppm	K ppm	Textura	AL ⁺³ me/100	CIC	% Sat. De bases
Asociaciones de Productores	Césped	4.71	0.25	0.00	28.62	21.93	202.29	Afr-Org	1.90	37.51	36.86
	Pajonal	3.67	0.12	0.00	9.99	5.60	26.00	FrA	6.50	25.60	4.00
	Bofedal	2.65	0.02	14.85	47.17	2.47	138.59	Org	0.95	40.64	56.50
Granjas Comunales	Césped	4.93	0.27	0.00	14.35	7.17	149.27	A,FrA,Afr,Org	1.58	28.20	44.00
	Pajonal	4.76	0.19	0.00	10.52	2.82	126.75	Afr-FrA	1.13	23.80	49.58
Cooperativas Comunales	Césped	4.82	0.29	0.00	13.01	3.30	122.60	FrA,Afr,Org	1.72	31.52	26.80
	Pajonal	4.94	0.37	0.00	14.29	7.26	199.71	FrA,Afr,A,Org	1.24	31.77	38.86

Donde:

- CE: Conductividad eléctrica
- MO: Materia orgánica
- CIC: Capacidad de intercambio catiónico
- Textura:
 - Afr: Arena franca
 - Org: Orgánica
 - FrA: Franco arenosa
 - A: Arena

Los suelos de los sistemas de producción presentan problemas de acidez pues el análisis revela que los valores de pH variaron entre 2.65 y 4.94, correspondientes respectivamente a suelos ultra ácidos y muy fuertemente ácidos.

El valor promedio más bajo de pH se encontró en los bofedales, pues las condiciones de anegamiento así como las bajas temperaturas disminuyen las tasas de descomposición de materia orgánica ocasionando la acumulación de compuestos ácidos.

Otro factor que contribuye a la acidez de los suelos de los sistemas es el material parental, el cual es material volcánico y derivado de areniscas, los cuales al presentar carga negativa contribuyen a disminuir los valores de pH. Los bajos valores de pH además de afectar la disponibilidad de nutrientes, afectan la actividad biológica del suelo ya que valores de pH menores a 5.5 inhiben la actividad de organismos nitrificantes (Zavaleta 1992). Además, los pH bajos son producto de la acumulación de compuestos orgánicos en la solución suelo debido a la baja tasa de descomposición de la materia orgánica y no a la presencia de aluminio, pues este mineral no constituye una fracción importante del material parental de los suelos de la zona de estudio.

La presencia de suelos ácidos afecta otras características de los suelos como la conductividad eléctrica y la disponibilidad de nutrientes. El pH ácido ocasiona que los suelos se encuentren libres a muy ligeramente afectados por exceso de sales. Los valores encontrados de conductividad eléctrica variaron entre 0.02 y 0.37 dS/m. Los bofedales presentaron el valor mínimo de conductividad eléctrica, lo cual coincide con los bajos valores de pH que obtuvieron.

Asimismo, el rango de saturación de bases de los suelos varió entre 4.00 y 56.50%. Este amplio rango indica que la saturación de bases se encuentra influenciada por otras propiedades además del pH del suelo como la mineralogía de las arcillas presentes en el suelo y la cantidad de humus (Zavaleta, 1992).

Con respecto a las concentraciones de nutrientes en la solución suelo; en la mayoría de suelos se encontraron concentraciones bajas y medias de fósforo y potasio disponible. Los valores de fósforo disponible variaron entre 2.82 a 7.26 ppm; en tanto que las concentraciones de potasio variaron entre 26 a 202.29 ppm.

La reacción del suelo al determinar la movilidad de los distintos elementos tiene incidencia sobre la disponibilidad de nutrientes y sobre el riesgo de toxicidad (Porta 2003). Las bajas concentraciones de nutrientes encontradas son explicadas por los bajos valores de pH de los suelos, pues pH ácidos ocasionan que nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio no se encuentren disponibles en la solución suelo, afectando el crecimiento de las plantas (Zavaleta, 1992).

La concentración de aluminio varió entre 0.95 y 6.50 me/100; sin embargo, si se incrementa el pH de los suelos mediante enmiendas no solo se disminuiría la cantidad de aluminio disponible sino además se mejoraría la disponibilidad de nutrientes como el fósforo y potasio para el crecimiento de las plantas.

Las texturas de los suelos de los sistemas variaron entre medias (Franco y Franco Arenoso) a gruesas (Arena y Arena Franca); encontrando también suelos orgánicos. Las diferencias texturales se deben al origen de los suelos, pues los sistemas de producción se asientan sobre diferentes formaciones geológicas como Casapalca y Huayllay y sobre depósitos morrénicos y volcánicos, los cuales se caracterizan por presentar minerales como la arenisca y andesita. Suelos con alto contenido de arena y bajo porcentaje de arcilla, como los presentes en los sistemas de producción, no retienen suficiente cantidad de agua y poseen baja capacidad de almacenamiento de nutrientes y baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) por lo que para ser productivos deben recibir frecuentes adiciones de agua y nutrientes (Porta, 2003; Zavaleta, 1992).

La presencia de altos contenidos de materia orgánica (MO) en céspedes de puna y pajonales de los sistemas de producción, cuyos valores se encontraron entre el 9.9 a 47.17 %; podría ser consecuencia de la acumulación de materia orgánica pues bajas temperaturas ocasionan bajas tasas de descomposición de materia orgánica. La presencia de alta cantidad de materia orgánica no disponible es propia de suelos que encuentran en mayores elevaciones, donde la temperatura ambiental es baja, lo que ocasiona la disminución de las tasa de descomposición de la materia orgánica (Zavaleta 1992). En suelos de pradera la MO es aportada por las raíces dentro de la parte superior del suelo, lo que da origen a un horizonte A rico en MO en un espesor que puede alcanzar varios decímetros (Porta, 2003).

Los bofedales presentaron el mayor contenido de MO (47.17%) debido a las condiciones anaeróbicas en las que se encuentran ya que la MO tiende a acumularse en suelos que están permanente saturados de agua (Porta 2003).

Los valores de capacidad de intercambio catiónico de los suelos (CIC) variaron entre 23.80 y 40.64 meq/100g, obteniendo los valores más altos los suelos orgánicos. La CIC de un suelo varía de horizonte a horizonte y en cada uno de ellos dependerá del contenido y tipo de minerales de arcilla y de componentes orgánicos, para el caso de la materia orgánica la gran disparidad de valores CIC podría deberse a sus distintos grados de descomposición (Porta 2003). Al ser los suelos de los sistemas de producción de textura media y gruesas presentan menores valores de CIC, respecto a si se tratasen de suelos finos.

Las características antes descritas ocasionan que los suelos de los sistemas de producción presenten problemas de acidez y fertilidad, de modo que requieren de prácticas de manejo y mejora del suelo como la aplicación de enmiendas y fertilizaciones a fin de mejorar la calidad agrológica de las tierras y con ello incrementar la productividad de las mismas.

4.1.3 Calidad del agua

La disponibilidad y calidad del agua son extremadamente importantes para la salud y la productividad animal. Limitaciones en la disponibilidad de agua disminuye la producción del ganado, mientras que la calidad del agua puede tener un impacto significativo en la producción y la salud de animal (Olkowski, 2009).

Las principales fuentes permanentes de agua de los sistemas de producción aparecen en el Cuadro 16. Las Asociaciones de Productores presentan como únicos recursos hídricos permanentes a los ojos de agua, mientras que las Granjas Comunes y Cooperativas Comunes presentan diferentes recursos hídricos permanentes como ojos de agua, riachuelos, manantiales, lagunas, y ríos (ANEXO 10). Estos resultados indican que las Asociaciones de Productores presentarían mayores limitaciones de disponibilidad de agua afectando la productividad de los pastizales y el rendimiento de animales, limitaciones que se acentuarían en la época seca o de bajas precipitaciones.

Cuadro 16: Fuentes de agua y parámetros de calidad de agua de los sistemas de producción

Sistema de Producción	Fuente de Agua	pH	Sólidos Disueltos totales (mg/L)	Sales (ppt)	Conductividad Eléctrica (μS/cm)
Asociaciones de Productores	Ojo de Agua	6.74	54.33	0.11	85.1
Granjas Comunales	Ojo de agua, riachuelo, manantial, laguna, río, canal	8.16	174.24	0.19	268.52
Cooperativas Comunales	Ojo de agua, riachuelo, manantial, laguna, río	8.01	95.33	0.12	145.11

El análisis de los parámetros de calidad de agua de las fuentes de agua permanente de los sistemas de producción indica que la calidad del agua de los sistemas se encuentra dentro del rango seguro y son aptas para el consumo animal. Sin embargo, debido a que los parámetros de calidad de agua de las Granjas Comunales son considerablemente superiores a los otros sistemas, podría realizarse un análisis más exhaustivo sobre determinados minerales.

Los valores promedio de pH de las fuentes de agua de los sistemas de producción se encuentran dentro del rango óptimo para el ganado de 6,5 a 8,5 (Department of Primary Industries, 2014). Las Asociaciones de Productores presentan en promedio valores de pH más bajos 6.74 respecto a las Granjas Comunales y Cooperativas Comunales, cuyos valores son 8.16 y 8.01, respectivamente.

Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) son una medida del total de sales inorgánicas disueltas en el agua y se relaciona con la conductividad eléctrica del agua. El rango promedio encontrado de SDT fue superior para las Granjas Comunales de 174.24 mg/L respecto a las Asociaciones de Productores y Cooperativas Comunales, cuyos valores promedios fueron 54.33 y 95.33 mg/L, respectivamente. Los valores de SDT se encuentran dentro del límite seguro (menor a 1000 mg/L); ya que niveles por encima de

2400 mg/L indican que el agua debe ser analizada para determinar las concentraciones de iones específicos que podrían causar toxicidad y afectar la salud de los animales (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, 2000; Olkowski, 2009).

La salinidad es la suma de todas las sales minerales presentes en el agua, incluyendo sodio, calcio, magnesio, cloruro, sulfato y carbonato. Los niveles de salinidad por debajo de 1 ppt son considerados como seguros y no representan problemas en la salud de los animales (Department of Primary Industries, 2014; Mukhtar, 1998). Los valores de salinidad de las fuentes de agua de los sistemas de producción se encuentran dentro del rango seguro.

Por otro lado, la conductividad eléctrica se relaciona con la presencia de sales en el agua. El rango promedio de conductividad eléctrica fue superior para las Granjas Comunales (268.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que para las Asociaciones de Productores y Cooperativas Comunales, cuyos valores promedios fueron 85.1 y 145.11 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Estos rangos se encuentran por debajo de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nivel considerado como perjudicial y causante de problemas de salud en los animales (Department of Primary Industries, 2014).

Las principales causas que afectan negativamente la calidad del agua en sistemas de producción animal al pastoreo son: una carga animal excesiva y la preferencia del ganado por pastorear en zonas cercanas a las fuentes de agua. Estos factores acentúan los efectos negativos del pastoreo como la compactación del suelo que degrada la estructura del suelo, reduce la infiltración, aumenta la escorrentía y erosión del suelo, ocasionando la acumulación de sedimentos en las fuentes de agua (Tate et al., 2014).

Asimismo, estos factores ocasionan la acumulación de heces y orina cerca de las fuentes de agua, los cuales mediante lixiviación y escorrentía pueden ser transportados a las fuentes de agua produciendo su contaminación debido a la incorporación en exceso de nutrientes como fósforo y nitrógeno y agentes patógenos fecales (Hoorman y McCutcheon, 2005; Tate et al., 2014).

Las implementación de prácticas y estrategias de manejo de pastizales que directa e indirectamente mitiguen los efectos de estos factores conducirán a mejoras en la calidad del agua (Tate et al., 2014). Es así que se deben introducir mejoras en la disponibilidad

y la distribución de fuentes de agua, de modo que se asegure una utilización uniforme a través de una mejor distribución del ganado pues los animales tienden a concentrarse en áreas cercanas a los ojos de agua y a sub-pastorear áreas lejanas (Flores, 1993 y 1997 a).

Para mejorar la disponibilidad de agua de los pastizales de los sistemas de producción, se podrían construir bebederos haciendo excavaciones en las mismas quebradas o en terrenos con hondonadas, lo cual permitirá almacenamiento del agua de pequeñas lagunas, riachuelos para su posterior aprovechamiento mediante canales de riego (Flores, 1993 y 1997 a; Flórez, 2005).

Por otro lado, los impactos negativos del pastoreo en las zonas ribereñas se pueden prevenir, reducir al mínimo, o mejorarse mediante el control del pastoreo en estas áreas (Hoorman y McCutcheon, 2005). El pastoreo en zonas cercanas a las fuentes de agua que promueva el uso óptimo de las plantas y garantice una adecuada producción de raíces a lo largo del perfil del suelo, mejorará la aireación del suelo, la incorporación de materia orgánica, y los niveles óptimos de heces y orina en la superficie del suelo. Es así que suelos con estas cualidades serán capaces de maximizar las tasas de infiltración y mejorar su capacidad de retención de agua, previniendo el movimiento del agua en la superficie de los suelos, los cuales además de ocasionar la erosión de las tierras y la pérdida de nutrientes de los suelos mediante la escorrentía llevan agentes patógenos y nutrientes de las heces y orina a las fuentes de agua (Hudson, 2008).

El pastoreo rotativo diferido de baja o moderada intensidad realizado por períodos cortos de tiempo (menos de una semana) evitará el sobrepastoreo y sus efectos negativos como la alta remoción de cobertura vegetal y la compactación de los suelos. Además, es necesario evitar el pastoreo de áreas adyacentes a fuentes de agua ubicadas en zonas empinadas pues estas al presentar suelos menos profundos son aún más susceptibles a los procesos erosivos (Hoorman y McCutcheon, 2005).

Las fuentes de agua que posean poca cobertura vegetal y se encuentren adyacentes a caminos requieren del establecimiento de zonas de vegetación que amorticen los efectos del ganado en el suelo, de modo que estas actúen como un filtro y retengan los sedimentos. El ancho de esta zona dependerá de la pendiente y tipo de suelo (Hudson 2008). Áreas de amortiguamiento de 3.65 a 6 m pueden estabilizar los suelos y filtrar la escorrentía proveniente de tierras altas, para mantener saludable los pastizales de las

zonas ribereñas longitudes mínimas de 0,5 a 2 kilómetros son necesarias (Lyons, 1999 citado por Hoorman y McCutcheon, 2005).

4.2 ESTATUS ECOLÓGICO DE LOS CAMPOS DE PASTOREO

4.2.1 Condición de los pastizales

La condición del pastizal refleja el estado de salud de los pastizales en un punto en el tiempo. La condición se refiere al grado en el cual la integridad de los atributos de la vegetación, suelo, agua; así como los procesos ecológicos del ecosistema pastizal se encuentran en equilibrio (Flores, 1997a y Pyke et al., 2002).

Cuando los pastizales son pastoreados continuamente se afecta la integridad biótica del ecosistema pastizal ya que el pastoreo degrada progresivamente la estructura de la cobertura vegetal, reduce la altura y densidad de plantas, y disminuye la cantidad de mantillo. De otro lado, el sobrepastoreo afecta la función hidrológica del ecosistema pastizal y altera las propiedades físicas del suelo pues la remoción de biomasa y la pérdida del mantillo por el pisoteo; impiden que estos ejerzan un control de primer orden en la dinámica infiltración-escurrimiento.

El sobrepastoreo reduce la infiltración y la capacidad de retención de agua de los suelos debido a que altera la estructura del suelo al reducir la estabilidad de los agregados. El pastoreo afecta el ciclo de nutrientes pues altera el ingreso de nutrientes a través del consumo de forraje y ocasiona pérdidas de nutrientes a través de la volatilización, y lixiviación; cuando no hay pastoreo los nutrientes pueden ser reincorporados al suelo y ser inmediatamente utilizados por las plantas mediante la mineralización (Briske y Heitschmidt, 1991).

Un factor clave en la determinación de la condición es el valor forrajero de las plantas, el cual está relacionado con el valor nutricional, palatabilidad y productividad de toda especie forrajera (Flores, 1997^a; Flórez, 2005).

Los sitios de pastizal de las Cooperativas Comunales y Granjas Comunales presentaron mayor índice forrajero (82.32 y 70.43%) respecto a las Asociaciones de Productores (48.56%). Este resultado sugiere que los pastizales de las Cooperativas Comunales y Granjas Comunales tienen mayor producción forrajera de especies deseables para el

ganado y estarían realizando un mejor manejo de sus campos (Cuadro 17 y ANEXO 11).

Cuadro 17: Atributos (%) y condición promedio de los pastizales

	Asociaciones de Productores	Granjas Comunales	Cooperativas Comunales
Indeseables (I)	32.89	16.20	10.77
Poco Deseables (PD)	25.56	35.80	40.03
Deseables (D)	23.00	34.29	43.10
Índice Forrajero (D+PD)	48.56	70.43	82.32
Mantillo	3.44	4.40	4.65
Musgo	5.00	2.31	1.29
Pavimento de Erosión	1.89	1.66	0.10
Roca	3.33	1.60	0.10
Suelo Desnudo	4.33	3.60	0.52
Cobertura vegetal	89.89	92.63	99.00
Índice de Vigor	22.41	31.95	54.30
Puntaje	43.01	49.34	63.00
Condición.	Regular	Regular	Buena

Mientras que el bajo índice forrajero de los sitios de pastizal de las Asociaciones de Productores, indicaría el manejo no adecuado de sus pastizales, de modo que estos estarían siendo sobrepastoreados; actividad que estaría produciendo cambios en la composición florística y en la estructura de la comunidad vegetal afectando la productividad de los pastizales (Blanco y Lal, 2008). Estos resultados se refuerzan con la alta presencia de especies indeseables en los sitios de pastizal de las Asociaciones de Productores (32.89%) respecto a las Granjas Comunales y Cooperativas Comunales (16.20 y 10.77 %) debido a las mayores presiones de pastoreo a las que estarían siendo sometidos sus pastizales.

Blanco y Lal (2008) mencionan que a consecuencia del sobrepastoreo, las plantas deseables son reemplazadas por especies de menor valor forrajero, debido a que eventos continuos de pastoreo ocasionan que las plantas deseables sean pastoreadas con mayor frecuencia e intensidad, afectando notablemente su capacidad de recuperación.

Otro aspecto importante a considerar en la estimación de la condición de los pastizales es la cobertura vegetal. Los tres sistemas presentaron altos valores de cobertura vegetal y cantidades similares de mantillo, revelando que el sobrepastoreo no habría alcanzado niveles críticos; de modo que los procesos de recuperación del ecosistema pastizal no estarían siendo fuertemente afectados. El alto porcentaje (89.89%) de cobertura vegetal obtenida por las Asociaciones de Productores se explica por la presencia de especies anuales, las cuales son propias de pastizales sobrepastoreados y de ecosistemas degradados.

Con respecto a la presencia de pavimento de erosión, indicador de la degradación del suelo, este fue similar para las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes (1.89 y 1.55%) mientras que en los sitios de las Cooperativas Comunes solo se limitó al 0.1%. Con respecto a la presencia de suelo desnudo en los sitios de pastizales, las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes presentaron mayores valores (4.33 y 3.60%), respecto a las Cooperativas Comunes, en el cual el suelo desnudo cubrió el 0.52% de la superficie de los sitios de pastizal.

Los valores de pavimento de erosión y suelo desnudo en los sitios de pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes indican que sus suelos habrían estado expuestos a mayores presiones de pastoreo y serían más susceptibles a desarrollar procesos de degradación del suelo. Altas presiones de pastoreo intensifican el efecto del pisoteo del ganado sobre el suelo desprotegido, ocasionando la ruptura de los agregados, a través de la separación de las partículas primarias del suelo, generando la pérdida de las partículas del suelo y con ello la erosión (Blanco y Lal, 2008).

En relación a la presencia de material rocoso en la superficie de los suelos de los sitios de pastizales, los mayores porcentajes los presentaron las Asociaciones de Productores (3.33%) respecto a las Granjas Comunes y Cooperativas Comunes (1.66 y 0.1%) se deben a la calidad agrológica de las tierras de las Asociaciones de Productores, debido a la alta presencia de fragmentos rocosos. La presencia de material rocoso en la superficie

del suelo indica que ha ocurrido una erosión excesiva la cual ha formado pavimento erosionado, además la presencia de fragmentos rocosos restringe la superficie que podría ser ocupada por plantas (Anderson, 1993; Simanton, 1984). Sin embargo, suelos con fragmentos rocosos presentan condiciones micro climáticas y temperaturas moderadas, favorables para la actividad biótica respecto a suelos descubiertos. El microambiente creado por el material rocoso intercepta parte del agua de escorrentía superficial, por tal razón la presencia de estos fragmentos es importante para asegurar una adecuada distribución del agua y mantener la humedad del suelo (Itzhak et al., 2008).

Otro indicador importante para la estimación de la condición de los pastizales es el vigor de las plantas clave, el cual está relacionado con su nivel de utilización. En pastizales no pastoreados, las plantas pueden crecer hasta su máxima expresión o clímax, pero cuando son pastoreadas su vigor es afectado según la intensidad y frecuencia de pastoreo (Flórez, 2005). Las Cooperativas Comunes obtuvieron el mayor índice de vigor (54.3 %) respecto a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes (31.54 y 22.41%). Resultados que indican que las plantas de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes estarían siendo sometidas a mayores intensidades de pastoreo pues sus niveles de utilización son mayores a lo recomendado para pastos naturales (50%). La presencia de plantas no vigorosas además de afectar la productividad de los pastizales afecta la función hidrológica del ecosistema al reducir la capacidad de captura de agua proveniente de precipitaciones, afectando de este modo la cantidad de agua que podría ingresar al suelo (Anderson, 1993).

Los sitios de pastizal de las Cooperativas Comunes arrojaron el puntaje de 63.00, el cual indica sus pastizales son de condición buena. La condición de los pastizales de las Cooperativas Comunes indica que el 51-75% de la producción forrajera proviene de especies deseables y poco deseables, que sus suelos están bien cubiertos por material vegetal, las plantas son vigorosas y los signos de erosión son ligeros (Flores, 1997 a). Sin embargo, el puntaje de condición obtenido se ubica en el rango inferior de esta categoría, indicando que el índice forrajero, vigor, cobertura vegetal no son los óptimos siendo necesario la aplicación de estrategias de mejora que permitan incrementar estos índices.

Por otro lado, los pastizales de las Granjas Comunales y Asociaciones de Productores presentaron condición regular, indicando el 26-50% de la producción forrajera proviene principalmente de plantas poco deseables, las plantas deseables no son vigorosas, y se observa la presencia de especies anuales. Si bien los pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales presentaron condición regular, el puntaje obtenido por las Granjas Comunales (49.34) fue mayor respecto a las Asociaciones de Productores (43.01), las cuales obtuvieron el puntaje mínimo para que sus pastizales sean clasificados en esta categoría. En estos sistemas de producción es necesaria la aplicación de estrategias de mejoramiento de pastizales que permitan mejorar la condición de los mismos.

El análisis a nivel de sistemas de producción, sugiere que el principal factor causante de la degradación de los pastizales es el nivel organizacional y la eficiencia de gestión de los recursos. Las Cooperativas Comunales, sistema creado como una forma de utilización empresarial de sus recursos, disponen de más recursos naturales y económicos, se encuentran mejor organizadas y son capaces de incorporar técnicas de manejo de pastizales como el pastoreo rotativo, resiembra, y fertilización. Las Granjas Comunales, al constituir una fuente de ingreso comunal se ven afectadas por intereses comunales, lo cual impide la buena gestión de los recursos ocasionando la sobreutilización de los mismos. Las Asociaciones de Productores al ser organizaciones familiares de subsistencia presentan limitaciones de gestión y económicas que les impide realizar el manejo óptimo de sus recursos (Barrantes, 2012; Flores, 1996).

4.2.2 Tendencia ecológica

La tendencia se refiere al cambio en la condición de un campo a través del tiempo, para su estimación se consideran criterios como la presencia de malezas, grado de erosión, vigor de plantas y otros atributos como la presencia de plántulas jóvenes, y plantas perennes, capacidad reproductiva de las plantas, entre otros (Flores, 1997 a; Flórez, 2005). Debido a que la tendencia en última instancia determina la condición de un campo, es importante conocer si la condición de un campo está mejorando en el tiempo (tendencia positiva), se mantiene en el tiempo (tendencia estable) o si hay retrogresión de la condición (tendencia negativa).

Un indicador importante de la tendencia de los pastizales es la distribución de la edad de las plantas deseables; es así que la predominancia de plantas jóvenes en un campo indica que la condición del pastizal está mejorando en el tiempo (Flores, 1997 a). En todos los sitios de las Cooperativas Comunes se observó la presencia de plántulas o plantas jóvenes, para las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes las plántulas jóvenes se limitaron al 22.22 y 65.71% de los sitios (Cuadro 18 y ANEXO 12).

Las plantas jóvenes contienen una mayor proporción de material verde y proveen forraje de mayor calidad; conforme la edad de las plantas aumenta, la cantidad de componentes celulares solubles disminuye, afectando la cantidad de nutrientes y energía que los animales pueden adquirir del forraje ingerido (Walker et al., 1989; Georgiadis and McNaughton, 1990 citado por Briske et al., 2008).

Cuadro 18: Indicadores de tendencia y tendencia promedio (%) según sistema de producción

	Asociaciones de Productores		Granjas Comunales		Cooperativas Comunales	
	Sí (%)	No (%)	Sí (%)	No (%)	Sí (%)	No (%)
Presencia de plántulas o plantas jóvenes	22.22	77.78	65.71	34.29	100.00	0.00
¿Existe hojarasca o mantillo en el suelo?	22.22	77.78	17.14	82.86	77.42	22.58
Erosión laminar y cárcavas. ¿Existen plantas en pedestal?	77.78	22.22	80.00	20.00	22.58	77.42
Consideraciones de vigor de las plantas	0.00	100.00	14.29	85.71	70.97	29.03
¿Existe una variedad de especies de plantas perennes?	77.78	22.22	74.29	25.71	100.00	0.00
¿Las malezas están por debajo del 20%?	22.22	77.78	48.57	51.43	100.00	0.00
Tendencia (% Sitios)	Negativa		71.43		0.00	
	Positiva		11.43		90.32	
	Estable		17.14		9.68	

Las condiciones desfavorables en la superficie del suelo como la ausencia de mantillo afectan significativamente la tendencia, pues suelos sin cobertura vegetal son más susceptibles al efecto erosivo de la lluvia y a las fluctuaciones de temperatura afectando la tasa de crecimiento y la producción de forraje (Flores, 1997 a). El mantillo cumple un rol importante al constituir una fuente de nutrientes, pues la materia orgánica una vez mineralizada aporta nutrientes de forma disponible para las plantas. Además, el mantillo descompuesto permite unir las partículas del suelo hasta formar agregados, promoviendo de esta manera el desarrollo de la estructura del suelo (Blanco y Lal, 2008).

El 77.42% de los sitios de pastizales de las Cooperativas Comunes se encontraron cubiertos por mantillo respecto a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes (22.22 y 17.14%), lo cual indica que debido al sobrepastoreo en los suelos de estos sistemas se incorpora menor cantidad de materia orgánica de modo que son menos fértiles y más susceptibles a la erosión. El sobrepastoreo además de ocasionar la pérdida de mantillo ocasiona que se incremente la escorrentía superficial y con ella la pérdida de suelo pues el pisoteo de los animales causa el desplazamiento lateral del suelo.

Suelos desprotegidos de material vegetal o rocosos son más susceptibles al impacto de las gotas de lluvia, en ellos se incrementa la separación, salpicadura y transporte de las partículas del suelo, lo que ocasiona que disminuya el espesor de los horizontes O y A generando que las plantas exhiban su corona (Blanco y Lal, 2008). Los resultados revelan que la erosión laminar y exposición de la corona de las plantas es mayor en los sitios de pastizal de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes (77.78 y 80.00%) respecto a las Cooperativas Comunes (22.58%), estos resultados indican que sus suelos presentan problemas de infiltración, menor cantidad de materia orgánica y son menos resistentes a estreses ambientales.

Un indicador importante para estimar la tendencia es el vigor de las plantas clave. La evaluación del vigor indica el nivel de uso de las plantas así como la intensidad de pastoreo a la cual estuvieron sometidas. Las plantas vigorosas son capaces de producir suficientes cantidades de semillas que permiten la permanencia y producción de plantas claves en los pastizales. El 70.97% de las plantas presentes en los sitios de pastizal de las Cooperativas Comunes estaban vigorosas respecto a las Granjas Comunes (14.29%) y las Asociaciones de Productores, en cuyos sitios no se observaron plantas

vigorosas. El bajo vigor de las plantas de los pastizales de las Granjas Comunes y las Asociaciones de Productores indica que sus pastizales estarían atravesando cambios en la composición florística y se estaría incrementando el desarrollo de áreas descubiertas, desarrollando procesos de erosión (NRC, 1994).

La composición florística de las comunidades de plantas así como la distribución de especies puede influenciar de forma positiva o negativa la condición de un sitio debido a que sus patrones de desarrollo radicular, producción de biomasa y mantillo, área basal, y distribución espacial, modifican el flujo de energía, ciclo de nutrientes y ciclo hidrológico (Pellant et al., 2005).

El efecto del pastoreo sobre la composición florística y riqueza de los pastizales depende de la intensidad de pastoreo, intensidades de pastoreo ligeras no producen diferencias significativas en la diversidad de especies respecto a un área descansada (Arévalo et. al, 2011). Los tres sistemas presentaron altos porcentajes de sitios con variedad de especies perennes pero fueron las Cooperativas Comunes, en donde se observó la presencia de varias especies perennes en el 100% de sus sitios de pastizal.

El incremento en el porcentaje de especies de baja deseabilidad es un indicador de que la condición del pastizal se está deteriorando en el tiempo (Flores ,1997 a). La presencia de especies indeseables además de afectar la condición y productividad del pastizal afecta las funciones y procesos del ecosistema. El efecto de las especies indeseables en los pastizales depende de la especie así como de su grado de dominancia (Pellant et al., 2005).

Las especies indeseables se presentaron en alto número en los sitios de pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes (77.78 y 51.43%) respecto a las Cooperativas Comunes (0.00%), lo cual revela que los pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes presentarían una reducida biodiversidad debido a que en sus campos predominarían ciertas especies indeseables anuales como *Aciachne pulvinata* y *Azorella crenata*, degradación del hábitat silvestre, incremento de erosión del suelo, y como consecuencia una menor capacidad ecosistémica para recuperarse después de un evento de perturbación. Además, la alta presencia de especies indeseables estaría afectando la productividad de los pastizales debido a que en pastizales invadidos

por estas especies se reduce el rendimiento de las especies forrajeras deseables y disminuye la calidad de los pastos (DiTomaso, 2010; Frost y Launchbaugh, 2003).

Los altos porcentajes de sitios de pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales (88.89 y 71.43%) que presentaron tendencias negativas indican que la condición de sus pastizales está disminuyendo en el tiempo, debido a la sobreutilización de los mismos; además indica que estos sistemas deberían desarrollar un programa de mejoramiento de pastizales que permita la aplicación de estrategias como la rotación y el descanso de campos, resiembra de especies nativas que permitan la recuperación de la condición del pastizal. La tendencia positiva de los sitios de las Cooperativas Comunales (90.32%), indica que este sistema estaría realizando un mejor manejo de sus pastizales y que la condición de sus pastizales en la mayoría de sus sitios estaría mejorando; sin embargo, en este sistema se deberían aplicar las estrategias de mejora como la rotación y el descanso de campos en los sitios que presentaron tendencia estable.

Por otro lado, el 11.11% de los sitios restantes de las Asociaciones de Productores presentaron tendencia estable, mientras que para las Granjas Comunales esta tendencia se presentó en el 17.14% de los sitios, y solo el 11.43% de sus sitios presentaron tendencia positiva respecto a las Cooperativas Comunales, cuyos sitios de condición estable representaron solo el 9.68%. Los resultados obtenidos indican que el sistema que realiza un mejor manejo de sus pastizales son las Cooperativas Comunales pues los pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales exhibieron signos de degradación, causada principalmente por el mal manejo de sus pastizales.

El deterioro de los pastizales tiene su origen en múltiples factores como son la deficiente gestión de los sistemas productivos, el escaso conocimiento de los principios del manejo sostenible de los recursos naturales que ocasiona que se apliquen prácticas de manejo inadecuadas, ausencia de prácticas de conservación de suelo, la fragilidad inherente del ecosistema alto andino, y la escasa infraestructura que impide el buen manejo y aprovechamiento del potencial de sus recursos (Flores, 1992 y 1996; Lozada 1991; Recharte et al., 2002).

4.3. RECEPTIVIDAD DE LOS CAMPOS

4.3.1 Capacidad de carga

La capacidad de carga es la relación entre el número de animales que pueden pastorear un campo en un determinado periodo en el tiempo y se expresa en Unidades Animal por hectárea por tiempo (U.A/ha/tiempo) (SRM, 2004).

La capacidad de carga puede ser estimada a partir de la condición de los pastizales pues existe una correlación alta y significativa entre la condición del pastizal y la producción de forraje (Flores 1997 a y Flórez 2005). La carga óptima es aquella que permite una producción sostenible de carne y fibra sin inducir al deterioro del pastizal, el suelo, y el agua; su estimación puede realizarse a partir de estimaciones mensuales de producción de biomasa así como de la evaluación de la condición y tendencia durante al menos tres años.

Las Cooperativas Comunales fueron el sistema que obtuvo la mayor capacidad de carga de los pastizales. En este sistema la carga actual podría ser incrementada hasta en 0.3 (U.A/ha/año) respecto a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales, sistemas en los cuales las cargas actuales exceden, respectivamente, en 1.5 y 0.3 (U.A/ha/año), a las cargas recomendadas (Cuadro 19 y ANEXO 14). La carga obtenida por las Cooperativas Comunales indica que sus pastizales estarían siendo utilizados moderadamente, permitiendo el rebrote de las plantas y asegurando la oferta continua de forraje, lo cual permite que este sistema obtenga mejores rendimientos productivos y financieros respecto a los otros sistemas pues la mayor oferta de forraje permite una mejor nutrición de los animales, lo que se traduce en mejores pesos y menor mortalidad (Hanselka et al., 2001).

El exceso de carga animal de los pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales, indican que estos estarían siendo sobrepastoreados. El sobrepastoreo y mal manejo del ganado ha conducido a una marcada reducción en la capacidad de carga de los pastizales, proceso que se ha agravado a lo largo de los años debido a la falta de programas de manejo correctivos (Flores, 1993). El sobrepastoreo además de reducir el potencial de rebrote de las especies forrajeras, altera el equilibrio ecológico de los ecosistemas de pastizales pues mejora la viabilidad de especies indeseables (Hurd et al., 2007).

La capacidad de recuperación de la vegetación luego de eventos de pastoreo además de depender del nivel de utilización del forraje, depende de otros factores como, tipo de vegetación, variabilidad climática, clase de suelo, fisiografía y pendiente del terreno. Es por ello, que para mantener la productividad de los pastizales en el tiempo se requiere de la aplicación de una carga óptima que permita dejar suficiente forraje residual para el rebrote de las plantas (Hurd et al., 2007). Los valores de carga actual obtenidos por los sistemas indican que se deben realizar ajustes de carga y aplicar estrategias de mejora de pastizales (Flórez, 2005).

Las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales para incrementar la capacidad de carga de sus pastizales deberían aplicar estrategias de mejora que permitan incrementar la condición ecológica de sus pastizales como son sistemas de pastoreo rotativo, descanso de campos y resiembra de plantas y estrategias de manipulación de los patrones de pastoreo (Hurd et al., 2007). Sin embargo, el éxito de las estrategias de mejora de pastizales depende del potencial de los suelos y de la calidad agrológica de las tierras de cada sistema pues la calidad agrológica de las tierras de los sistemas de producción está en función de las características físico-químicas del suelo.

El potencial de los suelos de los sistemas se ve afectado por problemas de acidez y fertilidad, pues en general son suelos ácidos, con bajas concentraciones de fósforo y potasio, por ello requieren de prácticas de manejo y mejora del suelo como la aplicación de enmiendas y fertilizaciones a fin de mejorar la calidad agrológica de las tierras y con ello incrementar la productividad de las mismas.

En relación a las posibles restricciones en la aplicación de estrategias de mejora de pastizales y potenciales respuestas a estas, son las tierras de las Asociaciones de Productores las que presentan más limitaciones de suelo y de riesgo de erosión, pues sus tierras se caracterizan por tener mayores pendientes y ser de menor calidad agrológica. Conforme la pendiente del terreno se incrementa, la productividad decrece debido a que los procesos erosivos se incrementan y la capacidad del suelo para proporcionar humedad a las plantas disminuye (Ditsch et al., 2006).

La integración de varias estrategias para la manipulación de los patrones de pastoreo de los animales como la creación de nuevas fuentes de agua, ubicación estratégica de suplementos minerales, establecimiento de cercos siguiendo las líneas de nivel que

permitan promover la utilización uniforme del recurso forrajero parecen tener el mayor potencial para resolver problemas críticos asociados con una pobre distribución del ganado pues tienden a mejorar significativamente la uniformidad del pastoreo y proteger a las áreas de pastizales más sensibles (Bailey, 2004 y Ditsch et al., 2006).

El cercado es un método directo que permite la alteración de patrones de pastoreo. Las áreas más sensibles como fuentes de agua, o zonas de mayores pendientes se pueden separar y gestionar de forma diferente. En pastizales heterogéneos, donde la cantidad y calidad de forraje son más variables, los animales pueden seleccionar los sitios productivos con mayor frecuencia y evitar sitios menos productivos (Bailey, 1995 Citado por Bayley, 2004).

Cabe indicar que las cargas recomendadas obtenidas en este estudio son referenciales pues se utilizaron como referentes datos de estudios provenientes de ensayos de pastoreo realizados en diferentes zonas geográficas, las cuales presentan composición florística, y características edáficas y ambientales específicas. Además, en este estudio no se estimaron los valores de productividad forrajera de los pastizales, un factor clave en la estimación de la capacidad de carga, el cual varía durante el año y de año a año. Asimismo, los valores de carga referenciales tampoco representan el valor de carga óptimo que podría ser aplicado a los sitios de cada sistema, pues los indicadores de respuesta animal, balance forrajero y la economía de los sistemas no fueron incorporados en el análisis.

En consecuencia, las cargas recomendadas presentadas deben ser flexibles pues deben considerar los cambios de producción de biomasa que ocurre en la época seca y época de lluvias. Además, deben considerar las variaciones climáticas como el inicio del periodo de lluvias, duración y presentación de sequía, bajas temperaturas, heladas, etc. (Flores, 1997 a). Asimismo, para estimar los valores de carga óptima se deberían desarrollar ensayos de pastoreo que permitan la estimación de valores de carga óptima para los sitios de pastizal de los sistemas de producción.

Cuadro 19: Capacidad de carga promedio (U.Al/ha/año) de los pastizales y balance forrajero por sistema de producción

Sistema de Producción	Extensión (Ha)	Demanda (U.Al/año)	Oferta (U. Al/año)	Carga Actual (U. Al / ha/año)	Condición	Carga Recomendada (U. Al / ha/año)	Balance Forrajero (U.Al)	Balance Forrajero (U.Al/ha/año)
Asociaciones de Productores	177.5	420.6	149.3	2.4	Regular	0.9	-271.2	-1.5
Granjas Comunales	988.8	1354.6	999.7	1.3	Regular	1.0	-354.9	-0.3
Cooperativas Comunales	4120.3	6121.5	7388.6	1.5	Buena	1.8	1267.1	+0.3

4.3.2 Balance forrajero

El balance forrajero es el equilibrio entre la oferta y la demanda de forraje de un sitio de pastizal determinado. La estimación del balance forrajero permite conocer si existe déficit de forraje cuando la carga animal actual excede a la carga recomendada (balance negativo), si existe sobreoferta de forraje cuando la carga animal actual es menor a la carga recomendada (balance positivo) o si la cantidad de forraje requerido es igual a la que se provee cuando la carga animal actual coincide con la carga recomendada (balance o equilibrio).

Las Cooperativas Comunales fueron el sistema que presentó balance forrajero positivo (0.3 U.Al/ha/año), mientras que los sitios de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales presentaron balances forrajeros negativos, cuyos valores fueron -1.5 y -0.3 U.Al/ha/año, respectivamente (Cuadro 20 y ANEXO 14). El balance forrajero negativo se debe al escaso conocimiento de los principios del manejo sostenible de los pastizales de quienes administran y manejan los pastizales, pues intuyen de manera empírica el número de animales a pastorear sin considerar la soportabilidad de los campos ni los requerimientos nutricionales de cada categoría animal (Alegría, 2010).

El balance forrajero al depender de la oferta de forraje se relaciona con los índices forrajeros y con el vigor de las plantas clave. Las Cooperativas Comunales poseen sitios de pastizales de condición ecológica buena con altos índices forrajeros (82.32%), respecto a las Granjas Comunales y Asociaciones de Productores, las cuales presentan pastizales de condición pobre, cuyos índices forrajeros son 70.43 y 48.56%, respectivamente. Esto indica que los animales de las Granjas Comunales y en especial, los de las Asociaciones de Productores estarían movilizándose más en busca de plantas de mayor palatabilidad y valor nutricional a fin de cubrir sus requerimientos nutricionales pues el valor forrajero de las plantas se relaciona con el valor nutricional, palatabilidad y productividad de toda especie forrajera (Flores, 1997 a; Flórez, 2005).

Por otro lado, el vigor de las plantas clave, el cual se relaciona con su nivel de utilización es afectado por la intensidad y frecuencia de pastoreo; afectando la tasa de crecimiento de las plantas y consecuentemente la cantidad de forraje disponible para los animales (Flórez, 2005).

El mayor índice de vigor lo obtuvieron las Cooperativas Comunes (54.3 %) respecto a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes presentaron (31.54 y 22.41%). Estos resultados sugieren que la capacidad de recuperación de las plantas de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes luego de eventos de pastoreo, están siendo afectadas pues las altas presiones de pastoreo a las que están sometidas no permiten dejar la cantidad necesaria de forraje residual (50%) que asegure el rebrote de las plantas; esta capacidad de recuperación además está siendo afectada por otros factores como, tipo de vegetación, variabilidad climática, clase de suelo, fisiografía del terreno (Hurd et al., 2007).

Si se estimara el balance forrajero considerando las características fisiográficas y topográficas del terreno de los sistemas, el balance sería aún más negativo para las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes pues estos sistemas presentan topografía accidentada y mayores pendientes respecto a las Cooperativas Comunes, cuya topografía es suave y sus pendientes son moderadas.

La mayoría del ganado tiende a pastorear en zonas de pendiente moderada (20-40%) respecto a zonas de mayores pendientes (>40%). Estas diferencias de pastoreo ocasionan que las zonas de mayor pendiente sean subpastoreadas mientras que las zonas de pendientes suaves sean sobrepastoreadas (Ditsch et al., 2006).

Además, el costo energético puede ser incrementado considerablemente cuando los animales deben viajar mayores distancias para acceder a forraje de mejor calidad y agua, y por la accesibilidad del terreno como topografías accidentadas y áreas de mayor pendiente que involucran un mayor gasto energético (Vallentine, 2000). Estos factores mencionados estarían generando diferencias en la cantidad de forraje a la cual los animales pueden acceder en los sitios de pastizal, especialmente, en las Asociaciones de Productores, pues sus tierras presentan mayores restricciones topográficas.

Los balances negativos obtenidos para los sitios de pastizales de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes indican que sus pastizales estarían siendo mal manejados debido al exceso de carga animal, lo cual estaría ocasionando la retrogresión de la condición de los pastizales. Además, el rendimiento productivo de sus animales y el rendimiento financiero de estos sistemas estarían siendo afectados, ya que el balance forrajero negativo indica que los animales de estos sistemas no estarían cubriendo sus

necesidades nutricionales y energéticas, lo que estaría afectando su ganancia de peso, producción de fibra y estaría generando problemas reproductivos; produciendo pérdidas económicas para estos sistemas.

Esto no sería el caso de las Cooperativas Comunes, las cuales presentaron mayores índices productivos, tasas de natalidad y porcentaje de crías logradas respecto a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes (Ruíz et al., 2012). Esto se debería a que las cargas animales moderadas, en largo plazo, producen mejores rendimientos productivos y financieros respecto a cargas animales altas; los beneficios incluyen una mejor nutrición que se traduce en mejores pesos al destete de los animales y una menor mortalidad (Hanselka et al., 2001).

Para reducir el balance forrajero negativo, las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes deberían reducir la carga actual, es decir, deberían disminuir el número de animales y se debería mejorar la condición de sus pastizales de modo que se incremente la soportabilidad de estos. Sin embargo, los productores son reacios a reducir el tamaño de sus hatos debido a factores sociales y económicos pues en nuestro país poseer un mayor número de animales sigue representando un estatus social más alto (Flórez, 2005). De modo que se podría reducir el número de animales mediante el descarte de animales viejos, improductivos, y de menor potencial genético; sin embargo, la saca forzada de animales representa una mínima cantidad de animales que se deberían disminuir.

Los balances forrajeros indican que los sistemas deberían realizar ajustes de carga y aplicar estrategias de mejora de pastizales como son sistemas de pastoreo rotativo, descanso de campos, considerando factores ecológicos y económicos que permitan la producción sostenible a largo plazo (Flórez, 2005 y Hurd et al., 2007).

Los sistemas de pastoreo que podrían ser aplicados son el pastoreo rotativo diferido y el pastoreo complementario, los cuales deben respetar la soportabilidad de los sitios de pastizal acuerdo a su condición pues la cantidad de forraje que consume el ganado respecto al forraje disponible afecta a la salud de las plantas a largo plazo, y la productividad de los animales (Flórez, 2005; Cook, 1966).

El pastoreo diferido consiste en retrasar o diferir el pastoreo para asegurar la producción de semillas o recuperar el vigor de las plantas luego del pastoreo (Society for Range Management, 2004). El pastoreo complementario al incluir más de una especie animal de diferentes hábitos alimenticios, permite optimizar el aprovechamiento de los pastizales (Alegría, 2010).

El balance forrajero en este estudio se basó en la diferencia entre la carga actual y la carga recomendada; sin embargo, el balance debería realizarse a partir de estimaciones mensuales de forraje disponible considerando las diferencias climáticas a lo largo del año a fin de identificar los meses en los cuales las condiciones climáticas no son favorables para el rebrote de las plantas ni para la producción de forraje de mayor valor nutritivo. Asimismo, se deberían considerar los requerimientos nutricionales de los animales para lo cual el balance forrajero se debería estimar en función a Unidades Alpaca Mes (UAIMs) que expresa la cantidad necesaria de forraje que permite cubrir los requerimientos nutricionales y energéticos de una alpaca madre y su cría durante un mes.

Debido a que los sistemas de producción se dedican a la crianza de otras especies como ovinos, vacunos, llamas, y equinos y porque la unidad de manejo de los animales son los potreros o canchas; el balance forrajero debe estimarse para cada especie animal según su categoría o clase y por potrero o cancha. Adicionalmente, cada sistema de producción debería realizar el monitoreo continuo del forraje disponible y residual, a fin de que puedan predecir déficits de forraje y hacer los ajustes de carga necesarios antes de que se afecte el estatus ecológico de los pastizales y/o se produzcan problemas financieros (Hanselka et al., 2001).

4.4 Optimización de estrategias de mejoramiento

La evaluación de las características de la vegetación, suelos, fisiografía, altitud y fuentes de agua de los sitios de pastizales de los sistemas de producción permitió determinar las estrategias de mejoramiento de los pastizales que se adecúan a ellas y que lograrían maximizar la producción de forraje sin producir el deterioro del ecosistema de pastizal. Las estrategias que podrían ser aplicadas a los pastizales de los sistemas de producción son los sistemas de pastoreo rotativo diferido y descanso rotativo, entre siembra de tréboles, fertilización, control de especies indeseables, introducción de especies exóticas, y manejo de aguadas (Cuadro 20) (ANEXO 15).

Debido a la condición ecológica pobre de los pastizales de las Asociaciones de Productores, el 17.31% de sus pastizales y el 9.63% requieren respectivamente de la aplicación de descanso rotativo y del control de plantas indeseables; mientras que en el 73.06% de su superficie se puede aplicar el sistema de pastoreo rotativo diferido. Para el caso de las Granjas Comunes el pastoreo rotativo puede ser realizado en el 93.65% de su superficie; sin embargo, debido a la condición pobre de algunos de los sitios de pastizal se debe realizar el descanso rotativo en 3.13% de su superficie. Las Cooperativas Comunes al presentar pastizales de condición ecológica buena además de aplicar el pastoreo rotativo diferido en el 83.11 % de sus superficie pueden realizar la fertilización y la entre siembra de tréboles en el 3.38 y en el 13.50% de su superficie. El principal factor restrictivo para la introducción de especies exóticas en los pastizales de los sistemas de producción es la elevación debido a que la mayoría de sitios se encuentran por encima de los 4 200 m.s.n.m.

Cuadro 20: Estrategias de mejoramiento para los sitios de pastizales de los Sistemas de Producción

Estrategias	Asociaciones de Productores		Granjas Comunes		Cooperativas Comunes	
	Has	%	Has	%	Has	%
Áreas de control de plantas indeseables	46.80	9.63	-	-	-	-
Introducción especie exóticas	-	-	68.10	3.22		
Áreas de fertilización	-	-	-	-	335.30	3.38
Entre siembra de tréboles	-	-	-	-	1338.80	13.50
Sistema de Pastoreo Descanso Rotativo	84.10	17.31	66.00	3.13	-	-
Sistema de Pastoreo Rotativo Diferido	355.00	73.06	1977.6	93.65	8240.53	83.11
	485.9	100.00	2111.70	100.00	9914.63	100.00

a. Control de especies indeseables

Esta estrategia debería ser aplicada en 46.8 has de pastizales que representan el 9.63% de la superficie promedio de las Asociaciones de Productores. Los pastizales de este sistema presentan condición ecológica pobre y porcentajes de especies indeseables como *Azorella crenata* y *Aciachne pulvinata* por encima del 40%.

El control de especies indeseables deberá formar parte de un programa de manejo integrado (DiTomaso, 2010). Una vez finalizado el control mecánico o químico se deberán realizar prácticas de control cultural como el descanso de potreros por el periodo de un año que asegure la diseminación de semillas de las plantas clave. Además, una vez reducido el porcentaje de especies indeseables se deberán implementar planes de rotación de pastoreo impidiendo el pastoreo todos los años en la misma época con la misma especie animal a fin de evitar la degradación de la vegetación sitio y la consecuente aparición de plantas invasoras (Zegarra, 1995).

El control y prevención de plantas indeseables debería realizarse permanentemente en todos los sitios de pastizal y no esperar que estas plantas invadan los campos para recién controlarlas ya que esta es la única forma para que los pastizales se beneficien de otras prácticas como sistemas de pastoreo, fertilización, o manejo del agua (Herbel, 1983).

b. Introducción de especies exóticas

Esta estrategia puede establecerse solo en las tierras de las Granjas Comunes, se limita a 68.1 has que representan el 3.22% de su superficie. Estos pastizales presentan suelos de más de 25 cm de profundidad, tierras de calidad agrológica alta, se localizan en pendientes menores al 20%, en elevaciones menores a los 4200 m.s.n.m., y presentan fuentes de agua cercanas. La principal limitación de los pastizales de las Asociaciones de Productores y Cooperativas Comunes que impiden la aplicación de esta estrategia de mejoramiento es la elevación en la que se encuentran, pues los pastizales de las Asociaciones de Productores se encuentran por encima de los 4400 msnm mientras que los pastizales de las Cooperativas Comunes se encuentran en elevaciones que varían entre 4200 a más de 4400 msnm.

Las especies exóticas que podrían ser introducidas son *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, y *Phalaris arundinacea*; las cuales han demostrado buena adaptabilidad hasta 4 200 m.s.n.m. (Flores, 1991). No obstante, es necesario indicar que la aplicación de esta estrategia involucra costos de implementación de sistemas de riego, costos de fertilización y mantenimiento que permitirán obtener mejores niveles de rentabilidad (Flórez y Bryant, 1989). Por tal razón, la implementación de esta estrategia será rentable si se usa como un recurso estratégico para el engorde de alpacas, animales en el tercio final de preñez, o para realizar el empadre al año de alpacas (Jaramillo et al., 1985).

c. Áreas de fertilización

Esta estrategia se limitó a 335.3 has de las Cooperativas Comunes que representan el 3.38% de su superficie. Estos pastizales presentan condición ecológica buena con porcentajes de cobertura vegetal por encima del 90%, pendiente menor al 10%, suelos de más de 25 cm de profundidad y tierras de calidad agrológica alta con pedregosidad menor al 20%, y que se encuentran ubicados por debajo de los 4400 m.s.n.m.

Esta práctica será rentable solo si antes de su aplicación son considerados los factores técnicos como la ecología de plantas, nutrientes disponibles del suelo, momento óptimo de aplicación y los factores económicos (Herbel, 1983). Las fuentes de fertilizantes que podrían emplearse son la urea (45% N), fosfato diamónico (18% N, 46% P₂O₅), roca fosfatada (46% P₂O₅) y cloruro de potasio (60% K₂O) (Zegarra 1999). Además, se puede realizar abonamiento en pastos naturales mediante la adición de materia orgánica en la forma de estiércol y orina.

d. Entre siembra de tréboles

Esta estrategia puede establecerse en 1338.8 has de pastizal de las Cooperativas Comunes que representan el 13.50% de su superficie. Estos pastizales presentan condición ecológica buena con porcentajes de cobertura vegetal por encima del 90%, pendiente menor al 30%, suelos de calidad agrológica alta con pedregosidad menor al 5% y se encuentran ubicados por debajo de los 4400 m.s.n.m.

La mejora de los pastos naturales mediante la introducción del trébol blanco (*Trifolium repens*) permite incrementar el contenido de nitrógeno en las plantas y en el suelo, y mejorar el valor nutritivo de la dieta de los animales; sin embargo, para una correcta

nodulación y fijación de nitrógeno es necesaria la suplementación con fósforo diamónico en dosis de 80 Kg/ha (Lima, 2014). Asimismo, la entre siembra de tréboles al involucrar una especie no nativa requiere de prácticas de manejo que aseguren su establecimiento y mantenimiento, por ello es necesario que pastizales entre-sembrados con tréboles sean regados cada 7 días, tanto en época seca como en época de lluvia para que se logre el incremento de plantas de tréboles y el posterior mejoramiento de los pastizales (Argote, 2015). Antes de la implementación de esta estrategia se deberá evaluar su rentabilidad económica y deberá ser utilizada como un recurso forrajero estratégico.

e. Sistema de pastoreo descanso rotativo

Esta estrategia puede establecerse en 84.1 has de pastizal de las Asociaciones de Productores y en 66 has de las Granjas Comunales que representan, respectivamente, el 17.31 y 3.13% de su superficie. Estos pastizales presentan condición ecológica pobre y una pendiente menor al 60%.

El descanso de un campo involucra no pastorearlo durante un año permitiendo el desarrollo radicular de las plantas y asegurando una adecuada reserva de carbono que permitirá que las plantas sean vigorosas el año siguiente. Los pastizales altoandinos correspondientes a los tipos de vegetación pajonal y césped de puna responden al descanso incrementando su producción hasta en un 170% dependiendo del potencial del suelo y de la composición florística inicial (Flórez y Malpartida, 1987 citado por Flores, 1991). Respuestas limitadas de menos del 40% corresponden a suelos pobres en donde hubo una reducción intensa del vigor y de la cobertura de las especies clímax en el tiempo (Flores, 1991).

f. Sistema de pastoreo rotativo diferido

Esta estrategia puede establecerse en 335.0 has de pastizal de las Asociaciones de Productores, 1977.60 has de las Granjas Comunales, y 8240.53 de las Cooperativas Comunales que representan, respectivamente, el 73.06 %, 93.65, y 68.17% de su superficie. Estos sitios de pastizales presentan condición ecológica regular y buena.

El pastoreo diferido consiste en retrasar o diferir el pastoreo para lograr el establecimiento de las plántulas, permitir el desarrollo radicular, asegurar la producción de semillas, y recuperar el vigor de las plantas luego del pastoreo (Society for Range

Management, 2004). Este sistema de pastoreo requiere de por lo menos dos divisiones o campos; de modo que el diferimiento del pastoreo se aplique a cada campo de manera rotativa. Para aplicarlo se requiere conocer la fenología de las plantas y las patrones climáticos (Bailey et al., 2010; Flores, 2010 a).

g. Manejo de aguadas

El apropiado funcionamiento de los sistemas hidrológicos es vital para la salud de las cuencas y para proveer recursos forrajeros y hábitat para el ganado y la vida silvestre (Flores, 1991).

El manejo de aguas deberá realizarse en todas las fuentes de agua de los pastizales de los sistemas de producción. Esta práctica consiste en limitar el acceso del ganado a zonas cercanas a las fuentes de agua mediante el establecimiento de zonas de amortiguamiento del pastoreo a través de la construcción de cercos perimétricos en distancias de 125 m para las lagunas, 50 m para los ríos, y 100 m para las quebradas. Debido a que estas fuentes de agua constituyen en muchos casos la única fuente de agua disponible para la ingesta de agua de los animales, el cerco perimétrico deberá permitir el acceso a los animales para lo cual se deberán construir puertas las cuales se ubicarán en dirección a los potreros (Alegría, 2010). La construcción de bebederos haciendo excavaciones en las mismas quebradas o en terrenos con hondonadas podría resolver los problemas derivados de la escasez de agua pues permite el almacenamiento del agua de pequeñas lagunas, riachuelos para su posterior aprovechamiento mediante canales de riego (Flores, 1993 y 1997 a; Flórez, 2005).

Las estrategias de mejoramiento de pastizales antes mencionadas tienen como unidad de aplicación los sitios de pastizal. Si bien la información de sitios facilita el entendimiento de los procesos de los ecosistemas de pastizal y puede ser usada para predecir los resultados de las prácticas de manejo que en él se apliquen, los potreros representan la unidad de manejo de pastizales pues ofrecen información sobre la condición, momentos de uso, capacidad de carga, y son las unidades en las cuales se llevará a cabo la aplicación de estrategias de manejo y mejora de pastizales (Brown et al., 2002, Bureau of Land Management, 2014 b y Flores, 2000).

La optimización de estrategias a nivel de potreros se realizó seleccionando la estrategia del sitio que ocupase más superficie del potrero (Cuadro 21) (ANEXO 16). En general, en los tres sistemas de producción la estrategia a aplicar a nivel de potreros es el sistema de pastoreo rotativo diferido. Las Asociaciones de Productores poseen cuatro potreros en el que se debe realizar el control de plantas indeseables y posteriormente aplicar el descanso de sus potreros. Las Granjas Comunales tienen dos potreros en los que se debe realizar el descanso rotativo debido a su pobre condición, además poseen un potrero de 68.1 has, donde puede realizarse la siembra de pastos cultivados. Las Cooperativas Comunales presentan seis potreros que abarcan un superficie de 1221.20 has en los que se puede realizar la entre siembra de tréboles; mientras que la fertilización se limita a un solo potrero de 303.00 ha.

Cuadro 21: Estrategias de mejoramiento para los potreros de los Sistemas de Producción

	N° Potreros	Superficie Promedio de Potreros (ha)	Superficie (ha)	Condición Ponderada	Estrategia
Asociaciones de Productores	20	13.14	252.60	44.19 (R)	Pastoreo rotativo diferido
	4		85.30	37.55 (P)	Control de plantas indeseables y descanso rotativo
Granjas Comunales	15	63.31	1731.90	56.47 (R)	Pastoreo rotativo diferido
	2		116.00	38.18 (P)	Descanso Rotativo
	1		68.10	55.70 (R)	Introducción de especies exóticas
Cooperativas Comunales	30	223.78	6755.70	63.62 (B)	Pastoreo rotativo diferido
	6		1221.20	65.58 (B)	Entre siembra de tréboles
	1		303.00	66.57 (B)	Fertilización

B: Condición buena, R: Condición regular y P: Condición pobre

El manejo de aguadas se deberá realizar en todos los potreros. El manejo de aguadas además de limitar el acceso del ganado a zonas cercanas a las fuentes de agua deberá involucrar el mejoramiento del sistema de riego de cada potrero que permita emplear el agua con mayor eficiencia para lo cual se deberá contemplar la ampliación del sistema de riego mediante canales reforzados con piedras para la conducción del agua por gravedad a favor de la pendiente (Ruiz, 2008 citado por Tácuna, 2010).

Es importante notar las diferencias de superficie de los potreros, lo cual indica que los administradores de los sistemas de producción deberían contemplar el desarrollo de planes de pastoreo que involucren establecimientos de periodos de pastoreo y de diferimiento, y el análisis de la superficie de los potreros y modificar su superficie en función a la oferta de forraje, tiempo de rotación del pastoreo, y facilidad de manejo.

4.5. PERCEPCIONES DE LOS PRODUCTORES

4.5.1 Dificultades en el manejo

El manejo sostenible de los pastizales requiere de un alto nivel de participación de la comunidad pues estas manejan estos recursos naturales y dependen de ellos. Las decisiones de manejo de los productores son influenciadas por complejas interrelaciones de factores ecológicos, económicos y sociales. De igual importancia son los objetivos de los productores; sin embargo, en el análisis del manejo de sistemas rara vez su relevancia ha sido considerada. (Jakoby et al., 2014).

Los resultados revelan que las principales dificultades en el manejo de pastizales para los productores de los sistemas de producción, en orden de importancia son; la falta de reservorios y ausencia de fuentes de agua, el sobrepastoreo y la poca extensión de pastos, el daño ocasionado por animales ajenos, la falta de cerco y la contaminación. Mientras que la invasión de malezas, quema fortuita y problemas de tenencia de tierras no representan mayores dificultades en el manejo de pastizales (Cuadro 22 y Anexo 17).

Cuadro 22: Principales dificultades en el manejo de pastizales

Criterio	Asociaciones de Productores	Granjas Comunales	Cooperativas Comunales	Ranking
Falta de reservorios y represas	3	2	3	1
Ausencia de fuentes agua	1	7	1	2
Sobrepastoreo	4	1	6	3
Poca extensión de pastos	2	6	4	4
Daño de animales ajenos	8	5	2	5
Falta de cercos	7	4	5	6
Contaminación	5	3	10	7
Invasión de malezas	6	8	7	8
Quema no controlada	9	8	8	9
Problemas de tenencias de pastos	10	9	9	10

Cabe mencionar que las dificultades de manejo variaron según el sistema de producción. Con el fin de realizar un mejor análisis de los resultados, las dificultades en el manejo de pastizales se agruparon en: a) falta de reservorios y ausencia de fuentes de agua, b) sobrepastoreo, poca extensión de pasto, e invasión de malezas, c) daño de animales ajenos y falta de cercos, d) contaminación y quema no controlada, y e) problemas de tenencias de pastos.

a. Falta de reservorios, represas y ausencia de fuentes de agua

Estas dificultades revelan que la disponibilidad de agua es un factor limitante y que existe la necesidad de construir infraestructura para el almacenamiento de agua y proteger las fuentes naturales de agua como puquiales, manantiales, riachuelos, ríos, y lagunas.

Esta dificultad resulta lógica teniendo en cuenta que en la región las precipitaciones se concentran en los meses de diciembre a marzo, periodo en el cual ocurre el 40-60% de la precipitación anual; mientras que en los meses más secos o en la época seca, las precipitaciones en promedio suman de 30 a 45 mm (Flórez, 2005). Además, procesos globales como el cambio climático estarían alterando los patrones de precipitación afectando su frecuencia.

El análisis de resultados revela que a nivel de sistemas de producción la principal dificultad en el manejo de pastizales fue la falta de reservorios y represas. Sin embargo, la ausencia de fuentes de agua presentó mayor relevancia para los productores de las Asociaciones de Productores y de las Cooperativas Comunales, respecto a los productores de las Granjas Comunales. Estas dificultades mencionadas sugieren la necesidad de promover el desarrollo de proyectos de infraestructura de riego que permita el almacenamiento de agua y de este modo contrarrestar el déficit de agua existente durante los meses más secos. Asimismo, se debería realizar el inventario de recursos hídricos que permita recopilar información sobre la cantidad y extensión de las fuentes de agua, establecer si estas fuentes son permanentes o estacionales a fin de realizar un plan de uso estratégico de estos recursos.

b. Sobrepastoreo, poca extensión de pastos e invasión de malezas

Estas dificultades revelan la necesidad de implementar estrategias de manejo y mejora de pastizales como sistemas de pastoreo y control de especies indeseables que permitan mejorar la condición y productividad de los pastizales. El origen del sobrepastoreo de los pastizales es la ausencia de sistemas de pastoreo que permitan un uso racional de este recurso; en general la principal forma de manejo de los pastizales es el pastoreo continuo. La rotación de animales ocurre como parte del manejo de ganado como parición, empadre, y engorde (Bryant et al., 1987).

La poca extensión de pastizales se relaciona con la capacidad de uso mayor de las tierras de los sistemas, las cuales presentan limitaciones de suelo, riesgo de erosión, y clima que reducen la cantidad de tierras aptas para el pastoreo. Resulta contradictorio que la invasión de malezas no sea considerada como un problema de mayor relevancia, especialmente cuando los productores consideran al sobrepastoreo como una dificultad relevante en el manejo de pastizales y que una consecuencia del sobrepastoreo es el incremento de especies no deseables. Esta contradicción indica que los productores no

señalan a la invasión de malezas como una dificultad pues estarían asociando su presencia con su desempeño en el manejo de los pastizales (Cruz et al., 2007).

El análisis a nivel de sistemas revela que el sobrepastoreo representa un problema de mayor relevancia para las Granjas Comunes debido a que sus pastizales son usufructuados con el fin de constituir una fuente de ingresos comunales y se encuentran sometidos a mayores presiones.

La poca extensión de pastizales constituye un problema de mayor relevancia para las Asociaciones de Productores pues las tierras aptas para pastoreo representan el 68.6% de su superficie. Si bien la invasión de malezas no representa un problema relevante en el manejo de pastizales, los productores de los sistemas de producción le adjudicaron similar relevancia que el sobrepastoreo y poca extensión de pastizales.

Estas dificultades sugieren la necesidad de implementar sistemas de pastoreo y realizar control de especies indeseables. La implementación de sistemas de pastoreo constituye una herramienta esencial para prevenir la degradación del ecosistema y mejorar la producción de forraje, especialmente si se considera las limitaciones de tierras aptas para pastizales (Flores 1993). El control de especies invasoras requiere de la detección temprana seguida de medidas oportunas de control cultural, manual, mecánico y químico dependiendo de la superficie invadida (Doll et al., 1989).

c. Daño ocasionado por animales ajenos y falta de cercos

La falta de cercos ocasiona el ingreso de animales ajenos e impide el manejo adecuado de los pastizales, como la aplicación de sistemas de pastoreo que permitan la rotación de campos asegurando los periodos necesarios de pastoreo y descanso de los campos.

El análisis a nivel de sistemas de producción revela que el daño ocasionado por animales ajenos representa un problema de mayor relevancia para las Cooperativas Comunes, esto podría deberse a que en las comunidades campesinas a las cuales pertenecen estos sistemas existen otros sistemas de producción como Granjas Comunes y Empresas Comunes, las cuales no estarían realizando un control adecuado de sus animales ocasionando el ingreso de estos a sus campos.

La falta de cercos representa un problema de mayor relevancia para las Granjas Comunes, esto se debería a que este sistema prioriza la inversión de sus ingresos

económicos para satisfacer las necesidades de la comunidad antes que realizar la inversión en equipos e infraestructura como la instalación de cercos. Si bien la instalación de cercos previene el daño ocasionado por animales ajenos, esta no asegura el manejo sostenible de los pastizales; por lo que la instalación de los cercos deberá ser parte de un plan de manejo de pastizales que contemple planes de pastoreo para cada campo en función al número y tamaño de sus hatos y en función a las condiciones de los sitios de pastizales. Además, se deberían realizar capacitaciones sobre la correcta instalación de cercos y sobre el mantenimiento de los mismos a fin de evitar su deterioro. Una forma de controlar y evitar el ingreso de animales ajenos sería elevando las penalidades y/o cobros por los daños ocasionados.

d. Contaminación y quema fortuita

Estas dificultades son consideradas como menos relevantes en el manejo de pastizales. En la sierra central las comunidades campesinas lograron articularse durante siglos a la minería sin dejar su estrategia campesina de producción. Con la llegada del capital norteamericano a principios del siglo XX esa articulación se rompe, creándose por primera vez un mercado de trabajo asalariado y rompiendo el equilibrio entre las operaciones mineras y las actividades de producción campesina en su alrededor (Kuramoto y Glave, 2002).

El hecho de que la contaminación no sea considerada como una dificultad se debería a que la actividad minera representa para los pobladores y productores de estos sistemas la oportunidad de recibir mayores ingresos económicos y porque probablemente no conocen los impactos ambientales de esta actividad ni la magnitud de estos, ni sus efectos sobre sus recursos y entorno. Sin embargo, cuando estas dificultades son analizadas a nivel de sistemas de producción, se observa que esta dificultad representa un problema de gran relevancia para las Granjas Comunes, pues en la actualidad en sus tierras se vienen realizando actividades de exploración y extracción de minerales ocasionando el movimiento de tierras de pastizales, polvos y ruidos que afectan la actividad ganadera y la población.

La quema fortuita no representa una mayor dificultad en el manejo de pastizales pues su ocurrencia es baja, debido a que las condiciones de acumulación de combustible o mantillo y temperaturas de ignición no son las requeridas para que ocurra este evento. Sin embargo, la quema no controlada ocasionada por la ejecución incorrecta de esta

estrategia de mejora de pastizales representa uno de los problemas más comunes en los pajonales de la puna, estos incendios son especialmente comunes durante la época seca, ocasionando la pérdida de cobertura vegetal y la consecuente exposición del suelo a factores erosivos (Perú Ecológico, 2015).

Si bien la contaminación y la quema fortuita representan dificultades no relevantes, es necesario que los productores se capaciten sobre actividades de evaluación y monitoreo ambiental a fin de que puedan detectar oportunamente algún impacto negativo de la actividad minera y deberían capacitarse sobre la técnica de quema prescrita para que esta sea realizada apropiadamente. Se deberían realizar el análisis de costo oportunidad de la actividad minera sobre la actividad ganadera considerando la valoración económica de los bienes y servicios ambientales que producen los ecosistemas de pastizal. Además, a fin de evitar conflictos entre la minería y las comunidades se deberían perfeccionar los mecanismos de participación informada (Kuramoto y Glave, 2002). Respecto a la quema fortuita, se debería estimar periódicamente la cantidad de material combustible o mantillo presente en los campos de pastizal a fin de evitar oportunamente que se den las condiciones necesarias para que ocurra la quema fortuita.

e. Problemas de tenencia de tierras

El problema de tenencias de tierras representa una dificultad de menor relevancia en el manejo de pastizales, esto indica que los sistemas de producción habrían generado mecanismos de control. Sin embargo, normalmente al interior de las comunidades campesinas ocurren conflictos asociados al sistema organizacional de tenencia y uso de tierras. Si bien la cantidad de tierras asignadas a los diferentes sistemas de producción dentro de una comunidad se encuentran establecidas, es posible que con el objetivo de contrarrestar ciertas necesidades de la comunidad, esta se vea en la necesidad de modificar la superficie de tierras asignadas a los diferentes sistemas. Si esto ocurriese, las Cooperativas Comunales serían las más afectadas pues este sistema de producción al constituir una forma empresarial de utilización de los recursos de la comunidad, asignan sus ingresos a mejorar el nivel tecnológico del sistema y no a invertir en la comunidad, lo que podría ocasionar que sus tierras sean asignadas a las Granjas Comunales, sistema de producción que constituye una forma organizacional comunal para el uso de los pastizales de modo que sus ingresos son asignados a mejorar la infraestructura y cubrir las necesidades de la comunidad.

Para evitar esta posible modificación de la asignación de tierras los sistemas de producción deberían mejorar su productividad y rentabilidad, de modo que cada sistema logre tener ingresos económicos suficientes que les permita invertirlos de acuerdo a sus objetivos de producción. Esto se podría lograr mediante la capacitación de administradores, productores y empleados, y con la elaboración de un plan de manejo de pastizales que asegure el uso sostenible de los recursos. Además, con el fin de reducir la presión de uso de los pastizales y evitar estos posibles conflictos se deberían considerar otras alternativas de producción que contribuyan a mejorar los ingresos de cada sistema como la actividad forestal o el turismo.

4.5.2 Prioridades de mejora de pastizales

Los productores son agentes claves en la preservación o degradación de los ecosistemas de pastizales. Es así que las decisiones de los productores sobre el manejo de los pastizales contribuyen directamente al estado de estos ecosistemas (Cruz et al., 2007). El manejo sostenible de los pastizales solo podrá ser exitoso si se involucran a los productores mediante su participación y la incorporación de sus percepciones (Ho y Azadi, 2010). Es necesario considerar que cada productor posee diferentes objetivos, lo cual es crucial para determinar las estrategias de manejo óptimas, evitar inversiones contraproducentes y mejorar la sostenibilidad de las políticas de uso de recursos (Jakoby et al., 2014).

Las principales prioridades de mejora de los sistemas de producción son el cercado de campos, el establecimiento de sistemas de riego, y la capacitación del personal. Cabe mencionar que las prioridades de mejora de pastizales fueron similares para los sistemas de producción. Con el fin de realizar un mejor análisis de los resultados, las prioridades de mejora se agruparon en: a) cercado de campos y sistemas de riego, b) capacitación al personal y plan de explotación ganadera, y c) siembra de pastos y entre siembra de tréboles (Cuadro 23 y Anexo 18).

Cuadro 23: Prioridades de mejora de pastizales

Criterio	Asociaciones de Productores	Granjas Comunes	Cooperativas Comunes	Ranking
Cercado de campos para manejo de pastos	1	1	1	1
Sistemas de riego	2	2	1	2
Capacitación al personal	2	1	2	2
Siembra pastos	3	3	3	3
Entresiembrado tréboles	4	4	3	4
Plan de explotación ganadera	-	-	2	5

a. Cercado de campos y sistemas de riego

El cercado de los campos es considerado como la principal mejora del manejo de los pastizales para todos los sistemas. Esta necesidad coincide con la dificultad de ausencia de cercos y daños por animales ajenos. El establecimiento de cercos permite delimitar los terrenos de los sistemas y evitar problemas de propiedad, extravío de animales y el daño causado por animales ajenos (Bethwell Moyo et al., 2013). Además, permite la alteración de patrones de pastoreo y realizar un manejo diferente de áreas más sensibles como fuentes de agua, o zonas de mayores pendientes (Bailey, 1995 citado por Bayley, 2004). Sin embargo, antes de implementar esta mejora se debe previamente diseñar un plan de pastoreo que permita determinar el número de campos que se tienen que cercar pues la implementación de esta mejora involucra la inversión de una importante cantidad de dinero (Bryant et al., 1987).

Una prioridad para los sistemas de producción es la construcción de sistemas de riego, prioridad que coincide con la dificultad en el manejo de pastizales como es la ausencia de fuentes de agua y falta de reservorios y represas. Esta prioridad buscaría contrarrestar el déficit hídrico existente durante la estación seca y combatir las sequías. Los problemas causados por el sobrepastoreo se acentúan durante los periodos de sequía es por ello que la construcción de micro-represas permitiría el almacenamiento del agua de pequeñas lagunas, riachuelos, para su posterior aprovechamiento mediante canales de

riego (Flórez, 2005). Antes de implementar esta mejora se deberían identificar las áreas en donde sería posible la construcción de infraestructura y sistemas de riego.

El análisis a nivel de sistemas revela que la construcción de sistemas de riego es de mayor importancia para las Cooperativas Comunes, esto podría deberse a la mayor extensión de tierras de pastizales y superficie de cuerpos de agua que involucra mayores requerimientos de agua para su manejo.

b. Capacitación al personal y plan de explotación ganadera

La capacitación del personal estaría relacionada con la necesidad de los productores por incrementar sus conocimientos en el manejo de pastizales a fin de realizar un manejo adecuado que evite el sobrepastoreo de sus campos y que permita la aplicación de principios de sistemas de pastoreo, pastos cultivados, control de malezas y manejo de fuentes de agua para mejorar la condición de sus pastizales e incrementar su productividad.

La capacitación al personal representa una necesidad de mayor importancia para las Granjas Comunes, esto se relacionaría a que los pastizales de este sistema presentan los menores índices de condición y tendencia, por lo que necesitan con más prioridad mejorar y modificar las prácticas de manejo que vienen aplicando a sus pastizales.

Si bien la elaboración de un plan de explotación ganadero es una prioridad de mejora mencionada solo por las Cooperativas Comunes, esta mejora debería ser implementada en los otros sistemas de producción pues antes de implementar alguna práctica de mejora de pastizales es necesario determinar y establecer los objetivos de producción que permitan realizar un manejo de recursos que sea económico y ecológicamente sostenible.

c. Siembra de pastos y entre siembra de tréboles

Otra prioridad de manejo es la siembra de pastos cultivados que obtuvo similar importancia para todos los sistemas de producción. Esta necesidad estaría relacionada con la poca extensión de pastos pues los pastos cultivados representan una fuente de forraje de rápida disponibilidad. Sin embargo, las tierras aptas para la siembra de pastos cultivados; es decir tierras con menores limitaciones de suelo, clima y riesgo de erosión y que reúnen condiciones de humedad, pH y fertilidad que permiten soportar un buen

establecimiento de especies exóticas, representan en promedio solo el 16.77% de la superficie de tierras de los sistemas. Además, el establecimiento de pastos cultivados requiere de la implementación de sistemas de riego e involucra costos de fertilización y mantenimiento que permitan obtener mejores niveles de rentabilidad (Bryant et al., 1989).

La prioridad de mejora de pastizales como la entre-siembra de tréboles en pastizales estaría relacionada con la necesidad de mejorar el valor nutritivo de los pastizales. El contenido de nitrógeno en gramíneas nativas, no solo es bajo sino que cae rápidamente por debajo de los niveles críticos para la nutrición animal durante las épocas secas (Lima, 2014). La entre-siembra con tréboles permitirá mejorar el valor nutritivo de los pastizales mediante la incorporación de nitrógeno; sin embargo al igual que los pastos cultivados requiere de prácticas de manejo como mantenimiento y fertilización.

El análisis de las prioridades de mejoramiento en el manejo de pastizales y de la optimización de estrategias revela que éstas no coinciden con las dificultades de manejo de pastizales manifestadas por los productores. Los productores de las Asociaciones manifiestan que las estrategias de mejoramiento que deben implementarse son la siembra de especies exóticas y entre siembra de tréboles. Sin embargo, la condición ecológica de sus pastizales que varía de pobre a regular, la calidad agrológica media y baja de sus tierras con suelos de pH ácidos y baja fertilidad, así como la ubicación de sus pastizales por encima de los 4400 m.s.n.m., impide que estas estrategias de mejora puedan ser implementadas de forma rentable y sostenible.

Los productores de las Granjas Comunes consideran prioritario la siembra de pastos y la entre siembra de tréboles, pero al igual que las Asociaciones de Productores muchos de sus sitios de pastizal presentan las limitaciones antes mencionadas. De modo que solo es posible realizar la siembra de pastos exóticos en solo 68.1 has, las cuales representan en promedio el 3.22% de su superficie. Los productores de las Cooperativas Comunes consideran prioritario la siembra de pastos exóticos y la entre siembra de tréboles, a pesar de que los pastizales de este sistema presentan condición ecológica buena y se ubican en tierras cuya calidad agrológica varía entre alta, media y baja; la principal limitación de sus pastizales es la altitud en la que encuentran, la cual varía entre 4200 a más de 4400 m.s.n.m; condición que limita la siembra de especies exóticas

pero que permite realizar la entre siembra de tréboles en 1338.8 has que representan el 13.5% de sus pastizales.

Por otro lado, si bien los productores de los sistemas no manifiestan la necesidad de implementar sistemas de pastoreo, la necesidad de cercar sus campos estaría sugiriendo que requieren implementar un plan de pastoreo o modificarlo según las condiciones actuales.

Si bien las prioridades de mejora de pastizales antes mencionadas son de suma importancia para los productores es necesario considerar la implementación de estas estrategias requiere de un análisis de factibilidad económica y de la consideración de disponibilidad de capital y nivel tecnológico necesario para su implementación (Zegarra 1999). Asimismo, es necesario considerar que la implementación exitosa de estas mejoras de pastizales requiere del conocimiento y evaluación de criterios ecológicos, técnicos, y económicos que determinen si estas estrategias son viables. De modo que, es necesario que los productores que deseen implementar estas estrategias se encuentren capacitados sobre estos temas.

V. CONCLUSIONES

-Los tipos de pastizal de los sistemas de producción son pajonales, césped de puna, y bofedales. Los bofedales ocuparon solo el 4.3% de la superficie de los sistemas. La familia predominante en los pajonales y céspedes de puna fue la Poaceae, mientras que los bofedales fueron dominados por la familia Apiaceae.

-Las tierras de los sistemas de producción se encuentran limitadas por cimas montañosas con presencia áreas colinadas y lomadas, de pendientes pronunciadas, con características edáficas que le confieren una aptitud para la producción sostenible de pastizales y tierras de protección.

-Las Cooperativas Comunales presentan tierras cuya calidad agrológica predominante es alta con limitaciones climáticas, las Granjas Comunales presentan tierras de calidad agrológica media con limitaciones climáticas y edáficas; mientras que las Asociaciones de Productores presentan tierras de calidad agrológica baja con limitaciones climáticas, edáficas y por riesgo de erosión.

-Los suelos de los sistemas poseen características propias de suelos de praderas altoandinas; es decir, suelos ácidos, con bajas concentraciones de fósforo y potasio, de texturas medias y gruesas, con baja cantidad de cationes intercambiables y con problemas de fertilidad.

-Los sitios de pastizal de las Cooperativas Comunales presentan condición ecológica buena y tendencia positiva respecto a las Granjas Comunales y Asociaciones de Productores, cuyos pastizales son de condición regular y presentan tendencia negativa y neutra, lo que indica que las Cooperativas Comunales estarían realizando un mejor manejo de sus pastizales respecto a los otros sistemas

-La capacidad de carga de las Cooperativas Comunales podría ser incrementada hasta 0.3 (U.Al/ha/año) respecto a las Asociaciones de Productores y Granjas Comunales, cuyas cargas deberían ser reducidas en 1.5 y 0.3 (U.Al/ha/año). El sistema que obtuvo

balance forrajero positivo fueron las Cooperativas Comunales respecto a los otros sistemas, que exhibieron balances forrajeros negativos.

-Las estrategias de mejoramiento de pastizales que se ajustan a las características de la vegetación, suelos, fisiografía, son los sistemas de pastoreo rotativo diferido y descanso rotativo, entre siembra de tréboles, fertilización, control de especies indeseables, introducción de especies exóticas, y manejo de aguadas.

-Las principales dificultades en el manejo de pastizales son la falta de agua e infraestructura de riego, el sobrepastoreo y la poca extensión de pastizales. Mientras que las prioridades de mejora en el manejo de pastizales son el cercado de campos, el establecimiento de sistemas de riego y la capacitación al personal.

VI. RECOMENDACIONES

-La predominancia de pajonales de las Cooperativas Comunes de condición buena para alpacas y condición regular para llamas sugiere que este sistema podría incrementar el número de llamas y así realizar el aprovechamiento óptimo de sus pastizales.

-La existencia de tierras de menor potencial agrológico así como la mayor superficie de áreas de protección de las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes indica que estos sistemas deberían desarrollar sistemas integrados de producción basados en la combinación de la ganadería con actividades como la reforestación, turismo, pesca.

-Las características químicas de los suelos de los sistemas sugieren que estos deberían aplicar prácticas de manejo y mejora del suelo como enmiendas y fertilizaciones a fin de incrementar su productividad.

-El balance forrajero positivo de los pastizales de las Cooperativas Comunes y la predominancia de pajonales sugiere que este sistema debería contemplar incrementar el número de llamas.

-Los balances forrajeros negativos señalan que las Asociaciones de Productores y Granjas Comunes deberían realizar ajustes de carga, mediante el descarte de animales viejos y de menor potencial genético y aplicar estrategias de mejoramiento de pastizales.

-Realizar un estudio de factibilidad económica de las estrategias de mejoramiento utilizando los conceptos de presupuesto parcial, programación lineal, y valoración de los servicios eco-sistémicos.

-Desarrollar un plan de manejo sostenible de pastizales para cada unidad de producción de los sistemas de producción que contemple programas de capacitación a productores y directivos de los sistemas de producción.

-Conducir ensayos experimentales en los pastizales de los sistemas de producción a fin de estimar la respuesta de estos en términos de su condición y productividad frente a la aplicación de estrategias de mejoramiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, L y Argote, G. 2003. Efecto de la quema prescrita focal sobre la producción primaria, composición química y condición ecológica de un pastizal de *Festuca Dolichophylla* y *Calamagrostis Antoniana* en la Sierra Central. Anales Cientificos N° 55. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 210-217 p.

Aijin Liu. 2009. Monitoring and evaluation as tools for rangeland management. en *Rangeland degradation and recovery in China's pastoral lands*. Squires, V. Lu Xinshi, Lu Qi Wang, y Tao Yang Youlin (eds.). United Kingdom: CAB International. 235-247 p.

Alegría, F. 2010. Inventario y plan de manejo de pastizales de la cooperativa agraria de producción Pucayacu-Pasco. Tesis Ing. Zoot. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. 113 p.

Aliaga L. 1995. Proceso histórico de las empresas campesinas. en: *Desarrollo y políticas agrarias en zonas alto andinas: Análisis y perspectivas de las organizaciones campesinas en la economía nacional*. Aliaga, L. y E. Flores (eds). Publicación Técnica del Centro de Estudios Económicos. Escuela de Post Grado Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 12-42 p.

Amiri, F; Shariff, A; Tabatabaie, T; y Pradhan, B. 2013. A geospatial model for the optimization grazing management in semi-arid rangeland of Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 7(3): 1101-1114

Anderson, W. 1993. Prescription grazing to enhance rangeland watersheds. *Rangelands*. 31-35 p.

Angerer, J. 2012. Technologies, tools and methodologies for forage evaluation in grasslands and rangelands. en: *Conducting national feed assessments. Vol. 15, 165 – 200*. Coughenour, M y Makkar, H. (eds). Rome. Italy: Food and Agriculture Organization. 220 p.

Arévalo, J; de Nascimento, L; Fernández-Lugo, S; Mata, J; y Bermejo, L. 2011. Grazing effects on species composition in different vegetation types (La Palma, Canary Islands). *Acta Oecologica*, 37(3): 230-238

Argote, G. 2015. Establecimiento del trébol blanco (entrevista). Lima. Perú

ArcGIS Resource Center 2015. ¿Qué es un shapefile? (en línea). Consultado 5 Ene del 2015. Disponible en:

<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//005600000002000000>

Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2014 Inventario de Glaciares y Lagunas. Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos. CARE Perú. 36 p.

Bailey, D. W. 1995. Daily selection of feeding areas by cattle in homogeneous and heterogeneous environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45:183–200

Bailey, D. W. 2004. Management strategies for optimal grazing distribution and use of arid rangelands. *Journal of Animal Science*, 82(13 suppl): E147-E153.

Bailey, A., McCartney, D., y Schellenberg, D. 2010. “Management of Canadian prairie rangeland”. En: *Managing natural grass rangeland. Agriculture and Agri-Food Canada*. Bailey, A., McCartney, D., y Schellenberg (eds). 23-38 p.

Barrantes, C. 2012. Caracterización de planteles en los sistemas de producción alpaquera de la sierra central. Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. 134p.

Barreca, F., Di Frazio, S., y Modica, G. 2004. A GIS-Based Decision Support for the Sustainable Management of Grazing in Protected Areas. "New Trends in Farm Buildings" International Symposium of the CIGR 2nd Technical. Section May 02-06 2004, Évora.

Bestelmeyer, B., Trujillo, D., Tugel, J., y Havstad, K. 2006. A multi-scale classification of vegetation dynamics in arid lands: what is the right scale for models, monitoring, and restoration?. *Journal of Arid Environments* 65 : 296–318.

Bestelmeyer, B; Tugel, A; Peacock, G; Robinett, D; Shaver, P; Brown, J; Herrick, J; Sanchez, H; y Havstad, K. 2009. a. State-and-transition Models for Heterogeneous Landscapes: A Strategy for Development and Application. *Rangeland Ecology and Management*. 62 (1): 1–15.

Bestelmeyer, B. 2012. Ecological Site Descriptions. The Jornada Rangeland Research Program. (en línea). Consultado 1 dic 2014. Disponible en: <http://jornada.nmsu.edu/files/Bestelmeyer.pdf>

Bestelmeyer, B. y Shaver, P. 2012. Principles of Ecological Site Development. The Jornada –Rangeland Research Program (en línea). Consultado 1 dic 2014. Disponible en: <http://jornada.nmsu.edu/files/Bestelmeyer-Shaver.pdf>

Bethwell Moyo; Sikhhalazo Dube; y Philani Moyo. 2013. Rangeland Management and Drought Coping Strategies for Livestock Farmers in the Semi-arid Savanna Communal Areas of Zimbabwe. *J Hum Ecol*, 44(1): 9-21

- Blanco, H y Lal, R. 2008. "Erosion on grazing lands". en *Principles of soil conservation and management*. Kansas: Springer Science+Business Media B.V. 345-373 p.
- Boone, R; Galvin, K; BurnSilver, S; Thornton,P; Ojima, D; y Jawson, J. 2011. Using coupled simulation models to link pastoral decision making and ecosystem services. *Ecology and Society* 16(2): 6
- Booth,D y Tueller, P. 2003. Rangeland monitoring using remote sensing. *Arid Land Research and Management*. 17: 455–478.
- Briske, F; Flórez, A; y Pfisfer, J. 1989. Sheep and alpaca productivity on high Andean rangelands in Peru. *Journal of Animal Science*. 67: 3087-3095
- Briske, D. y Heitschmidt. 1991. "An ecological Perspective". 11-26 p. en: *Grazing Management an Ecological Perspective*. Heitschmidt, R.K. and J.W. Tuth (eds). Timber press, Inc Portland, Oregon. USA.
- Brown, J; Svejcar, T; Brunson, M; Dobrowolski, J; Fredrickson, E; Kreuter, U; Launchbaugh, K; Southworth, J; y Thurow, T. 2002. Range sites: are they the appropriate spatial unit for measuring and managing rangelands? *Rangelands* 24(6):7-12
- Bryant, F; Florez, A.; y Pfister, J. 1987. Sheep and Alpaca Productivity on High Andean Rangelands in Peru. *J ANIM SCI* 1989 67:3087-3095
- Bureau of Land Management 2014 a. The Taylor Grazing Act. (en línea). Consultado 1 dic 2014. Disponible en:http://www.blm.gov/wy/st/en/field_offices/Casper/range/taylor.1.html
- Bureau of Land Management.2014 b. Rangeland Program Glossary. (en línea). Consultado 1 dic 2014. Disponible en: http://www.blm.gov/ut/st/en/prog/grazing/range_program_glossary.print.html
- Carande V. G.; Bartlett E. T; y Gutierrez, P. H. 1995. Optimization of Rangeland Management Strategies under Rainfall and Price Risks. *Journal of Range Management* 48 (1): 68-72
- Cardoso, C., Bert, F., y Podestá, G. 2011. Modelos Basados en Agentes (MBA):Definición, Alcances y Limitaciones. The Inter-American Institute for Global Change. (en línea). Consultado 8 dic 2014. Disponible en: http://www.iai.int/files/science/programs/idrc/Cardoso_et_al_Manual_ABM.pdf
- Caudle, D; Dibenedetto, J; Karl, M; Sanchez, H; y Talbot, C. 2013 *Interagency Ecological Site Handbook for Rangelands*.United States Government. US. 109 p
- Cocklin, C. 1989. Mathematical programming and resources planning I: the limitations of traditional optimization. *J. Environ. Man.* 28: 127-141

- Conner, J. 1993. "Integrating economics into decision support systems for managing grazing land ecosystems; Chapter 5". en: *Decision support systems for the management of grazing lands: emerging issues. Man and the Biosphere Series* (UNESCO) , v. 11 Stuth, J.W. y Lyons, B.G. (eds). UNESCO, Paris. France. 123-140
- Cook, C. W. 1966. Factors affecting utilization of mountain slopes by cattle. *Journal of Range Management* 19: 200-204.
- Creque, J; Bassett, S; y West, N. 1999. Viewpoint: Delineating Ecological Sites. *Journal of Range Management*. 52 (6): 546-549
- Cruz, M; Quiroz, R; y Herrero, M. 2007. Use of Visual Material for Eliciting Shepherds' Perceptions of Grassland in Highland Peru. *Mountain Research and Development*. 27(2):146-152
- Cucho, H. 2003. Ecología del trébol blanco (*Trifolium repens*) en la zona de transiciónap Parque Nacional Huascarán. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae, Universidad nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 67p.
- Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. 2010. Principles for sustainable resource management in the rangelands. Canberra. 16 p.
- Derner JD, Augustine DJ, Ascough JC, Ahuja LR. 2012. Opportunities for Increasing Utility of Models for Rangeland Management. *Rangeland Ecology & Management* 65: 623-631
- DiTomaso, J; Masters, R; y Peterson, V. 2010. Rangeland Invasive Plant Management. *Rangelands*. 32(1):43-47
- Ditsch, D.C., G. Schwab, J.D. Green, J.T. Johns, R. Coleman, T. Hutchens, and L. Piercy. 2006. anaging steep terrain for livestock forage production. University of Kentucky. Cooperative Extension Publication ID-158.
- Doll, J; Argel, J; y Gómez, Cl. 1989. Principios básicos para el manejo y control de las malezas en los potreros : Guía de estudio. Producción: Clemenacia Gómez de Enciso. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. CO. 59 p.
- Druzdzel, M y Flynn,R. 2002 Decision support systems. en: *Encyclopedia of library and information science, vol 67*. Marcel Dekker, Inc., New York. US 120–133 p.
- Elzinga, C; Salzer, D; y Willoughby, J 1998. Measuring and monitoring plant populations. Bureau of land management Denver, Colorado. 477 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, It). 2005. Situación actual de los camélidos sudamericanos en Perú. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo a la crianza y aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región Andina TCP/RLA/2914. 63 p.

- Flores, E. R. 1991. "Manejo y utilización de pastizales". en: *Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sud Americanos*. Fernández-Baca, S. (ed). Santiago.CHL. FAO. 191-212 p.
- Flores, E. 1992. Manejo y Evaluación de Pastizales. Folleto Divulgativo. Proyecto TTA. Lima, Perú. Programa TTA. Lima-Perú.
- Flores, E. 1993. "Naturaleza y usos de los pastos Naturales". en: *manual de Producción de Alpacas y Tecnología de sus Productos TTA*. Perú. 23-37 p.
- Flores, E. 1996. Realidad, limitaciones, y necesidades de investigación del sector ganadero peruano. Latin America Regional Livestock Assessmetn. Workshop Proceedings. San José. CR. 15-18: 83-99.
- Flores, E. 1997 a. Tambos alpaqueros y pastizales I: Manejo y conservación de praderas naturales. Proyecto Especial Tambos Alpaqueros, Boletín LUP N°11 Lima. Perú. 11 p.
- Flores, E. 1997 b. Proyectos Tambos Alpaqueros II – Mejoramiento de praderas naturales. Convenio Laboratorio de Utilización de Pastizales – Pro Defensa de la Naturaleza (PRODENA) Arequipa. Perú. 10 p.
- Flores, E. 2000. Principios de inventario y mapeo de pastizales. Laboratorio de Utilización de Pastizales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 26 p
- Flores, E. 2010 a. Asignatura del curso de Utilización de Pastizales en la Producción Animal I. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Flores, E. 2010 b. Informe de estudio de pastizales de la Reserva Nacional de Noryauyos. Convenio LUP-IRVG
- Flores, E; Cruz, J; y Ñaupari, J. 2006. Comportamiento nutricional, perfil alimentario y economía de la producción lechera en praderas cultivadas en seco: Caso Pasco. Boletín Técnico. Convenio LUP-INCAGRO. Lima Perú. 18 p.
- Flores, E. y J. Ñaupari. 2011. Informe: Identificación y Evaluación de Ecosistemas de la Cuenca del Río Santa con el Uso de Sistemas de Información Espacial. Convenio UICN – UNALM. 41 p.
- Flórez, A y Malpartida, E. 1987. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Altoandina del Perú. Tomo I y II. Fondo del Libro del Banco Agrario. Lima-Perú
- Flórez, A; Carrasco, A; Gutierrez, N; y Carhuamaca, O. 1986 e. Desempeño biológico-económico de la asociación Rye grass- Trébol para engorde de ovinos en la Sierra del Perú. Winrock International. Reporte Técnico N° 82. Lima. Perú
- Flórez A. 2005. Manual de pastos y forrajes altoandinos. Intermediate Technology Development Group (ITDG) y Oikos Cooperaçao e Desenvolvimento. 53 p.

- Frost, R y Launchbaugh, K. 2003. Prescription grazing for rangeland weed management. *Rangelands*. 25: 43–47
- Hanselka, C; White, L; y Holechek, J. 2001. Using forage harvest efficiency to determine stocking rate. Texas Cooperative Extension E-128. College Station: Texas A&M University System.
- Hanson, C; Wight, J; Slaughter, C; Pierson, F; y Spaeth, K. 1999. Simulation models and management of rangeland ecosystems: past, present, and future. *Rangelands* 32-38.
- Hamui, A y Varela, M. 2013. La técnica de grupos focales. *Investigación en Educación Médica* 2 (1):55-60
- Herbel, H. 1983. Principles of intensive improvements. *Journal of Range Management*. 36:140–144
- Herrick, J; Bestelmeyer, B; Archer, S; Tugel, A; y Brown, J. 2006. An integrated framework for sciencebased arid land management. *Journal of Arid Environments*. 65: 319–335
- Higgins, S; Kantelhardt, J; Sheiter, S; y Boerner, J. 2006. Sustainable management of extensively managed savanna rangelands. *Ecological Economics*. 1: 102-114
- Holocheck, J. 1989. "Range inventory and monitoring". *Range management principles*. University of New Mexico, USA. 1 – 22 p.
- Ho, P y Azadi, H. 2010. Rangeland degradation in North China: Perceptions of pastoralists. *Environmental research*, 110(3), 302-307.
- Hosseini, G, Azadi, H; Zarafshani, K; Samari, D; y Witlox, F. 2013. Sustainable rangeland management: Pastoralists' attitudes toward integrated programs in Iran. *Journal of Arid Environments*. 92: 26-33
- Huerta, L. 2002. Formulación de herramientas de gestión integral para el manejo sostenible de las praderas altoandinas: estudio de caso en la cabecera de microcuenca Quitaracza – cuenca Santa, Sihuas – Ancash. Tesis Ing. Zootecnista. Lima. Perú. 282 p.
- Hurd, B. H., A. Torell, and K. C. McDaniel. 2007. Perspectives on Rangeland Management: Stocking Rates, Seasonal Forecasts, and the Value of Weather Information to New Mexico Ranchers. New Mexico State University. Agr. Exp. Sta. Research Report Research Report 759. 8 p. (en línea). Consultado: 9 oct 2014. Disponible en: http://aces.nmsu.edu/pubs/research/livestock_range/RR-759.pdf
- Hunt, E; Everitt, Jr; Ritchie, J; Moran, M; Booth, D; Anderson, G; Clark, P; y Seyfried, M. 2003. Applications and research using remote sensing for rangeland management, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 69: 675-693

Itzhak, K; Hanoch, L; y Pariente, S. 2008. The effect of rock fragment size and position on topsoil moisture on arid and semi-arid hillslopes. *Catena*. 72 (1): 49-55

Jakoby, O; Quaas, M; Müller, B; Baumgärtner, S; y Frank, K. 2014. How do individual farmers' objectives influence the evaluation of rangeland management strategies under a variable climate?. *Journal of Applied Ecology* 51(2):483-493

Jaramillo, M; DeBoer, J; Flórez, A; Bryant, F; y Fierro, L. 1985. Economic analysis of range management strategies for increasing small ruminant productivity in the Peruvian Andes. Winrock International, Arkansas, and College of Agricultural Sciences, Texas Tech University, Lubbock. Texas Technical Article T-D-000.

Jason ,K y Herrick, J. 2010. Monitoring and Assessment Based on Ecological Sites. *Rangelands*. 32(6): 60-64.

Kuramoto, J. y Glave, M. 2002 “Minería, minerales y desarrollo sustentable en Perú”. en: *Minería, minerales y desarrollo sustentable en América del Sur*. Equipo MMSD América del Sur. International Institute for Environment and Development - World Business Council for Sustainable Development. London – Reino Unido. 529-591 p.

Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. 2015 Guía Metodológica para la Evaluación de Pastizales – Documento Interno. UNA La Molina. Lima- Perú.

Lacey, J. y Taylor J. 2003. Montana Guide to Range Site, Condition and Initial Stocking Rates. Montana State University Extension Service. US. 4 p.

Laliberte, A; Winters, C y Rango, A. 2011. UAS remote sensing missions for rangeland applications. *Geocarto International* . 26(2): 141-156

Leffler, J y Sheley, R. 2012. Adaptive Management in EBIPM: A Key to Success in Invasive Plant Management. *Rangelands*, 34(6):44-47

Lima, N. 2014. Mejorando praderas nativas a través de la introducción de trébol blanco (*Trifolium repens* L.): Efecto de la dosis de fósforo y distanciamiento entre golpes. Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional Agraria. Lima. Perú. 73 p.

Lubell, M; Cutts, B; Roche, L; Hamilton, M; Derner, J; Kachergis, E; y Tate K. 2013. Conservation Program Participation and Adaptive Rangeland Decision-Making. *Rangeland Ecology & Management*. 66 (6): 609-620

Mallawaarachchi, T; Walker, P; Young, M; Smyth, R; y Lynch, H. 1996. GIS-based integrated modelling systems for natural resource management. *Agricultural Systems*. 50 (2):169-189

Margo,M. 2015. Using Ecological Site Descriptions for Rangeland Restoration. USDA-NRCS. Marfa Soil Survey Office. (en línea). Consultado el 5 ene 2015. Disponible en:

<http://chapter.ser.org/texas/files/2014/10/Using-Ecological-Site-Descriptions-for-Rangeland-Restoration.pdf>

Maynard, C; Lawrence, R; Nielsen, G; Decker, G. 2007. Ecological site descriptions and remotely sensed imagery as a tool for rangeland evaluation. *Canadian Journal of Remote Sensing* 33: 109-115

Miller, R.;Guertin, D; y Heilman, P. 2003. An internet-based spatial decision support system for rangeland watershed management. In *Proceedings of the 1st Interagency Conference on Research in the Watersheds*. 725-730 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2013. Camélidos sudamericanos [en línea] < <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/cam%C3%A9lidos-sudamericanos>. (en línea). Consultado 15 de ago del 2013.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2009. Reglamento de clasificación de las tierras según su capacidad de uso mayor. DS N° 017-2009-AGLima. Perú. 23p.

Ming –Hsiang Tsou y Smith, J. 2011. Free and Open Source Software for GIS education. Department of Geography. San Diego State University. US

Ministerio del Ambiente. 2014. Geoservidor. (en línea). Consultado 30 dic 2014. Disponible en: <http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/index.aspx>

Mitchell, J. 2010. Criteria and Indicators of Sustainable Rangeland Management. Laramie, WY: University of Wyoming. Extension Publication No. SM-56. 227 p.

Monaco, T.A., Jones T.A., y ThurowT. L. 2012. Identifying rangeland restoration Targets: An appraisal of challenges and opportunities. *Rangeland Ecology & Management* 65(6): 599-605.

Moseley, K; Shaver, P; Sanchez, H; y Bestelmeyer B. 2010. Ecological Site Development: A Gentle Introduction. *Rangelands* 32: 16–22

Novoa, C y Flórez, A. 1991. Producción de rumiantes menores: alpacas. Ed. RERUMEN. Lima. Perú 311 p.

Ostendorf, B. 2011. Overview: Spatial information and indicators for sustainable management of natural resources. *Ecological Indicators* 11: 97-102.

Pasho, E; Papanastasis, V; Pelz, D; y Lako, T. 2011. Inventory and evaluation of grasslands in Albania. *Grass and Forage Science*. 66: 123-137.

Pellant, M., Shaver, P, Pyke, D; y Herrick, J. 2005. Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Technical Reference 1734-6. U.S. Department of the Interior, Bureau

of Land Management (en línea). Consultado 20 oct 2014. Disponible en: <http://www.blm.gov/nstc/library/pdf/1734-6rev05.pdf>

Perú Ecológico. Problemas del Recurso Flora en el Perú. (en línea). Consultado 5 ene 2015. Disponible en: http://www.peruecologico.com.pe/lib_c19_t08.htm

Portal de Infraestructura de Datos Espaciales del Perú. 2014. Consultado 30 dic 2014. Disponible en: <http://www.geoidep.gob.pe>

Porta, J; López-Acevedo, M y Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Cap.16. Tercera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 930 p

Pyke, D; Herrick, J; Shaver, P; y Pellant, M. 2002. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *Journal of Range Management*. 55 (6): 584-597.

Rasmussen, M; James, R; Adiyasuren, T; Khishigsuren, P; Naranchimeg, B; Gankhuyag, R. y Baasanjargal, B. 1999. Supporting Mongolian pastoralists by using GIS to identify grazing limitations and opportunities from livestock census and remote sensing data. *GeoJournal* 47: 563–571

Recharte, J; Albán, L; Arévalo, R; Flores, E; Huerta, L; Orellana, M; Oscanoa, L. y Sánchez, P. 2002. El grupo páramos/ jalcas y punas del Perú: instituciones y acciones en beneficio de comunidades y ecosistemas alto andinos. 20 p.

Reever, K; Sheley, R; y Svejcar, T. 2006. Successful Adaptive Management: The Integration of Research and Management. *Rangeland Ecol Manage*. 59:212-219

Rodríguez, A. y Jacobo, E. 2012. “Planificación de los sistemas ganaderos”. en: *Manejo de pastizales naturales para una ganadería sustentable en la Pampa Deprimida - Buenas Prácticas para una Ganadería Sustentable de Pastizal*. Primera Edición. Buenos Aires: Fund. Vida Silvestre Argentina. 61-88 p.

Ruiz, J. 2008. Instalación de pasturas en climas templados y fríos. Desarrollo sostenible agropecuario de la sierra central. Capacitación a profesionales residentes del CICCA.

Ruiz, J., Flores, E., y Gutiérrez, G. 2012 Estudio de tres sistemas de producción de alpacas en sierra central del Perú. Resúmenes y Trabajos. “VI Congreso Mundial de Camélidos Sudamericanos”. Arica-Chile.

Ruyle, G; Smith, L y Ogden, P. 1995. Strategies for managing grazing allotments on public lands. University of Arizona Cooperative Extension Publication No. 195006. 4 p.

Savory, A., 1986. *Holistic Resource Management*. Island Press, Covello, CA.

Sharp, R. 2014. Evaluating BLM grazing allotments. *Burns BLM*. (en línea). Consultado 10 dic 2014. Disponible

en:http://extension.oregonstate.edu/harney/sites/default/files/Evaluating_BLM_Grazing_Allotments.pdf

Shiflet, T. 1975. "Range sites and soils in the United States". 26-33 p. en: *Arid Shrublands: Proceedings of the Third Annual Workshop of the United States/Australia Rangeland Panel*. Hyder, D. (ed). Denver-Colorado. US: Society for Range Management

Simanton, J.R., E. Rawltz, y ED. Shirley. 1984. "Effects of rock fragments on erosion of semiarid rangeland soils". 65-71 p. en: *Erosion and Productivity of Soils containing Rock Fragments. Soil Sd. Soc. of Amer. Spec. Pub. No. 13*

Society for Range Management. 2004. Glossary of terms used in range management, 4th Edition. 32 p.

Starfield, A.M y Bleloch, A. L. 1991. Building Models for Conservation and Wildlife Management. Second edition. The Burgess Press. Edina. Minnesota. US

Steiniger, G y Hay, J. 2009. Free and open source geographic information tools for landscape ecology. *Ecological Informatics* 4(4):183-195

Stillings, A; Tanaka, J; Rimbey, N; Delcurt, T; Momont, P; y Porath, M. 2003. Economic implications of off-stream water developments to improve riparian grazing. *Journal of Range Management* 56(5): 418– 424

Stuth, J. and Stafford Smith, M. 1993. Decision support for grazing lands: an overview. In *Decision Support Systems for the management of grazing lands: emerging issues*, (edited by J.W. Stuth and B.G. Lyons), UNESCO and Parthenon, Carnforth, UK. 1-35 p.

Sustainable Agriculture Network. 2007. Rangeland Management Strategies. Sustainable Agriculture Research & Education. 16p

Tácuna, R. 2010. Plan de manejo de pastos para la producción lechera en la comunidad campesina de Chinche Tingo -Pasco. Tesis Ing. Zoot. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 137 p.

Tácuna, R; Flores, E; y Aguirre, L. 2012 a. Efecto de la adición de la materia orgánica sobre la dinámica de la revegetación con especies nativas. Seminario "Punas, agua, cambio climático. Compartiendo avances y resultados en conservación e investigación". Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. Universidad Nacional Agraria. Lima. Perú.

Tácuna, R; Flores, E; y Aguirre, L. 2012 b. Respuesta Hidrológica a la Revegetación con Especies Nativas. Seminario "Punas, agua, cambio climático. Compartiendo

avances y resultados en conservación e investigación”. Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. Lima. Perú.

Taylor, B; Kremsater, I; y Ellis, R. 1997. Adaptive management of forests in British Columbia. Victoria, BC, Canada: British Columbia Ministry of Forests, Forest Practices Branch. 93 p.

Teague, R. 1996. A research framework to achieve sustainable use of rangeland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 57:91-102.

Tueller, P. 1989. Remote sensing technology for rangeland management applications. *Journal of Range Management*. 42:6442-453

Turín, C. 1999. Influencia de la alimentación con pastos naturales y cultivados en alpacas Tuis Huacaya de 6 y 18 meses de edad. Tesis Ing. Zoot. Universidad Nacional Agraria. Lima. Perú. 149 p.

Vallentine, J. 2000. *Grazing Management*. Second Edition. Academic Press. Elsevier

Zavaleta, A. 1992. Edafología, el suelo la relación con la producción. CONCYTEC. Lima. Peru. 223 p

Zegarra, R. 1999. Inventario de recursos naturales y optimización de estrategias para el mejoramiento de praderas nativas en el fundo “San Lorenzo”- Ancash. Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. 146 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Formato de censo de vegetación

Registro Transacción Lineal

Sitio:

Fecha:

Altura:

Transecta:

Comunidad:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Fuente: Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, 2015

ANEXO 2: Criterios para la estimación de la tendencia del pastizal

Área:

Transección N:

1 *Presencia de plántulas jóvenes.*

Sí No

2 *¿Existe hojarasca o mantillo en el suelo?*

Sí No

3 *Erosión laminar y cárcavas. ¿Existen plantas en pedestal?*

Sí No

4 *Consideraciones del vigor de las plantas.*

a. Número de cabezas florales

b. Altura de planta

c. Cantidad y longitud de las hojas

d. Longitud de los rizomas y estolones

¿Están las plantas vigorosas?

Sí No

5 *¿Existe una variedad de especies de plantas perennes?*

Sí No

6 *¿Las malezas están por debajo del 20%?*

Sí No

- Si respondió sí a todas las preguntas, la tendencia del pastizal está mejorando con excepción del punto 3.
- Si respondió no a todas las preguntas, la tendencia del pastizal está declinando, con excepción del punto 3.
- Si respondió sí a la mitad y no a la otra mitad, la tendencia del pastizal probablemente se mantiene estable.

Fuente: Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, 2015

ANEXO 3: Capacidad de uso mayor de las tierras

Grupos	Tierras aptas para cultivo en limpio (A)	Presentan características climáticas, de relieve y edáficas para la producción de cultivos en limpio que demandan remociones o araduras periódicas y continuadas del suelo. Estas tierras, debido a sus características ecológicas, también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección.
	Tierras Aptas para Cultivos Permanentes (C)	Tierras cuyas características climáticas, relieve y edáfica no son favorables para la producción de cultivos que requieren la remoción periódica y continuada del suelo (cultivos en limpio), pero permiten la producción de cultivos permanentes, ya sean arbustivos o arbóreos (frutales principalmente). Estas tierras, también pueden destinarse, a otras alternativas de uso ya sea producción de pastos, producción forestal, protección.
	Tierras Aptas para Pastos (P)	Tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, pero si para la producción de pastos naturales o cultivados que permitan el pastoreo continuado o temporal, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso del suelo. Estas tierras según su condición ecológico (zona de vida), podrán destinarse también para producción forestal o protección cuando así convenga, en concordancia a las políticas e intereses social del Estado o privado, sin contravenir los principios de uso sostenible.
	Tierras Aptas para Producción Forestal (F)	Tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, ni pastos, pero si para la producción de especies forestales maderables. Estas tierras, también pueden destinarse a la producción forestal no maderable o protección cuando así convenga, en concordancia a las políticas e interés social del Estado y privado, sin contradecir los principios del uso sostenible
	Tierras de Protección (X)	<p>Tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal. Las limitaciones tan severas de orden climático, edáfico y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas protección.</p> <p>En este grupo se incluyen, los escenarios glaciáridos (nevados), formaciones líticas, tierras con cárcavas, zonas urbanas, zonas mineras, playas de litoral, centros arqueológicos, cauces de ríos y quebradas, cuerpos de agua (lagunas) las que según su importancia económica pueden ser destinadas para producción minera, energética, fósiles, hidroenergía, vida silvestre, valores escénicos y culturales, recreativos, turismo, y científico.</p>
Clases	Alta (1)	Tierras de mayor potencialidad y que requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos de menor intensidad.
	Media (2)	Tierras con algunas limitaciones y que exigen prácticas moderadas de manejo y conservación de suelo.
	Baja (3)	Tierras de menor potencialidad dentro de cada grupo de uso, exigiendo mayores y más intensas prácticas de manejo y conservación de suelo para la obtención de una producción económica y continuada.

Fuente: MINAGRI, 2009

ANEXO 4: Matriz de restricciones de estrategias de mejoramiento

N°	Parámetro o indicador	Pastoreo Complementario	Manejo de Agua	Introducción especie exóticas	Revegetación con especies nativas	Áreas de quema	Áreas de fertilización	Áreas de control de especies indeseables	Entre-siembra de tréboles	Sistema de Pastoreo Descanso Rotativo	Sistema de Pastoreo Rotativo Diferido
1	Topografía – Altitud	<4200 msnm		<4200 msnm	<4400 msnm	4200 msnm	<4400 msnm		<4400 msnm		
2	Pendiente del suelo	<30%		<20%	<30%	<20%	<10%		<30%	<60%	<60%
3	Cuerpos de Agua		125m (lagunas), 50 m(ríos) y 100 m (quebradas)	<300 m		<50 m					
4	Tipo de vegetación	Pajonal		Pajonal y Césped		Pajonal			Pajonal	P, C, B	P, C, B
5	Condición de la vegetación	B,E		MP, P	MP, P	R, B, E	B, E	MP, P	B,E	MP, P	R, P, B
6	Presencia de especies indeseables			>60%				>40%			
7	Producción de biomasa aérea					>1250 kg/ha					
8	Capacidad de uso mayor	PI		PI			PI		PI		
9	Profundidad del suelo	>25 cm		>25 cm			>25 cm				
10	Presencia de erosión del suelo	Nula ligera (<10%)		Severa-Moderada, Severa			Nula		Nula ligera (<10%)		
11	Cobertura vegetal	>90%		<60%			>90%		>90%		
12	Pedregosidad	<5%		<20%			<20%		<5%		

Fuente: Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, 2015

E: Excelente
 B: Buena
 R: Regular
 P: Pobre
 MP: Muy pobre

ANEXO 5: Composición florística de los pastizales (número de registros de especies por sistema de producción)

Familia	Especie	Asociaciones Pecuarias		Granjas Comunes		Cooperativas Comunes	
		Cachipampa	Sanjo	Vicco	Huayllay	Racco	Yurajhuanca
Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	26	67	26	155	31	47
Apiaceae	<i>Azorella crenata</i>	120	51	2	202	14	36
Apiaceae	<i>Azorella diapsoides</i>	0	4	1	29	2	6
Apiaceae	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	0	0	0	0	0	6
Apiaceae	<i>Lilaeopsis andina</i>	0	0	0	0	2	8
Apiaceae	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	1	1	3	13	2	13
Asteraceae	<i>Baccharis caespitosa</i>	0	0	0	19	0	1
Asteraceae	<i>Baccharis tricunata</i>	0	3	1	2	7	10
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	0	0	0	4	0	0
Asteraceae	<i>Gnaphalium dombeyanum</i>	0	0	1	0	0	0
Asteraceae	<i>Hypochoeris sp</i>	0	1	0	2	1	19
Asteraceae	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	0	9	1	109	24	42
Asteraceae	<i>Lucilia kunthiana</i>	0	1	3	29	2	9
Asteraceae	<i>Paranephelius ovatus</i>	0	0	3	1	4	11
Asteraceae	<i>Paranephelius sp.</i>	0	0	0	0	2	0
Asteraceae	<i>Paranephelius uniflorus</i>	0	1	4	21	3	22
Asteraceae	<i>Perezia coerulescens Weddell</i>	0	1	0	0	0	2
Asteraceae	<i>Perezia multiflora</i>	0	0	0	17	3	5
Asteraceae	<i>Senecio sp.</i>	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Werneria caespitosa</i>	0	3	0	11	0	0
Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i>	0	14	7	1	20	29
Asteraceae	<i>Werneria Pygmaea</i>	0	5	1	56	2	9
Brassicaceae	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	0	0	0	9	0	0
Cactaceae	<i>Opuntia flocosa</i>	0	0	0	3	2	1
Caryophyllaceae	<i>Arenaria tetragina</i>	0	5	0	18	21	37
Caryophyllaceae	<i>Arenaria sp.</i>	0	0	2	0	8	1
Caryophyllaceae	<i>Cerastium sp</i>	0	0	0	0	8	12
Caryophyllaceae	<i>Cerastium triviale</i>	0	0	0	17	0	1
Caryophyllaceae	<i>Paronichia andina</i>	0	0	0	7	0	0
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum convexum</i>	4	1	0	35	2	17
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum molle</i>	0	0	0	0	0	1
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum sp.</i>	0	0	0	8	0	0
Cyperaceae	<i>Carex ecuadorica</i>	7	6	4	139	78	69
Cyperaceae	<i>Carex sp</i>	0	4	11	52	6	53
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	0	1	6	112	8	32
Cyperaceae	<i>Scirpus rigidus</i>	0	2	1	49	41	26
Fabaceae	<i>Astragalus garbancillo</i>	3	8	0	11	1	9
Fabaceae	<i>Astragalus picbenringii</i>	0	0	1	0	1	13
Fabaceae	<i>Astragalus nivicola</i>	0	0	0	0	0	1

...continuación

Fabaceae	<i>Lupinus microphyllus</i>	0	1	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Lupinus polyphyllus</i>	0	0	0	2	0	0
Fabaceae	<i>Lupinus Sp</i>	0	0	0	1	0	2
Fabaceae	<i>Trifolium amabili</i>	0	0	1	0	3	0
Fabaceae	<i>Trifolium peruvianum</i>	0	0	0	6	0	0
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	0	0	0	6	0	0
Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i>	4	5	5	36	14	23
Geraniaceae	<i>Gentianella vaginalis</i>	0	0	0	3	0	0
Geraniaceae	<i>Geranium weddelli</i>	0	0	0	3	15	11
Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	26	9	0	50	3	6
Juncaceae	<i>Luzula peruviana</i>	2	0	0	16	20	11
Juncaceae	<i>Luzula racemosa Desvaux</i>	0	1	0	18	0	20
Juncaceae	<i>Plantago australis</i>	0	2	0	4	0	2
Malvaceae	<i>Nototriche acaulis</i>	1	6	0	44	1	3
Plantaginaceae	<i>Plantago sericeae</i>	2	4	0	36	8	4
Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i>	0	0	1	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Plantago sp.</i>	1	2	8	75	28	15
Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	26	67	26	155	31	47
Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i>	24	13	6	113	50	18
Poaceae	<i>Agrostis glomerata</i>	0	0	0	0	2	0
Poaceae	<i>Agrostis tolucensis</i>	0	0	0	3	0	0
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i>	0	0	0	5	10	13
Poaceae	<i>Bromus lannatus</i>	0	0	0	3	13	24
Poaceae	<i>Calamagrostis antoniana</i>	0	27	4	27	14	77
Poaceae	<i>Calamagrostis brevifolia</i>	3	18	5	158	86	97
Poaceae	<i>Calamagrostis curvula</i>	0	6	0	38	1	7
Poaceae	<i>Calamagrostis eminens</i>	0	0	0	0	2	7
Poaceae	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	0	0	0	4	1	9
Poaceae	<i>Calamagrostis sp.</i>	0	0	0	16	0	0
Poaceae	<i>Calamagrostis minima Tovar</i>	1	8	0	37	4	18
Poaceae	<i>Calamagrostis ovata</i>	0	0	0	0	0	6
Poaceae	<i>Calamagrostis rigida</i>	1	0	0	0	3	0
Poaceae	<i>Calamagrostis rigescens</i>	42	3	0	68	2	1
Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarium</i>	34	36	28	346	94	161
Poaceae	<i>Dissanthelium calycinum</i>	0	3	0	2	1	1
Poaceae	<i>Dissanthelium macusaniense</i>	4	21	4	55	1	11
Poaceae	<i>Dissanthelium rahuii</i>	0	7	1	9	0	15
Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i>	0	0	4	0	0	3
Poaceae	<i>Festuca huamachunensis</i>	0	1	0	3	0	0
Poaceae	<i>Festuca inarticulata</i>	12	4	51	456	222	325
Poaceae	<i>Festuca sp</i>	0	0	0	0	0	12

...continuación

Poaceae	<i>Hordeum muticum</i>	0	7	0	2	7	13
Poaceae	<i>Lolium perenne</i>	0	0	0	10	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	0	0	9	128	0	2
Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	0	0	4	0	0	0
Poaceae	<i>Paspalum penicillatum</i>	0	0	4	10	0	0
Poaceae	<i>Paspalum pigmeum Hack</i>	0	0	0	0	4	0
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	0	3	0	0	0	0
Poaceae	<i>Poa annua</i>	1	0	0	11	0	1
Poaceae	<i>Poa aequigluma</i>	0	0	2	1	22	39
Poaceae	<i>Poa spicigera</i>	0	0	1	0	0	1
Poaceae	<i>Poa candamoana</i>	0	0	2	0	1	17
Poaceae	<i>Stipa brachiphylla</i>	11	3	4	52	61	75
Poaceae	<i>Stipan hans Meyeri</i>	0	0	0	3	0	0
Poaceae	<i>Stipa mucronata</i>	0	0	0	0	0	2
Poaceae	<i>Stipa sp</i>	0	0	0	0	9	18
Ranunculaceae	<i>Orithophilum limnophilum</i>	0	0	1	0	0	0
Ranunculaceae	<i>Oriethales integrifolia</i>	0	1	0	7	0	1
Ranunculaceae	<i>Oriethales sp</i>	0	0	0	0	2	7
Rosaceae	<i>Alchemilla diplophylla</i>	1	2	0	9	3	7
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	11	9	24	368	105	149
Rosaceae	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	0	0	0	6	0	2
Rubiaceae	<i>Galium sp.</i>	0	0	1	0	0	0
Solanaceae	<i>Solanum acaule</i>	0	0	1	0	0	1
Urticaceae	<i>Urtica flabellata Kunth</i>	0	1	0	2	0	0

ANEXO 6: Tipos de vegetación de los sistemas de producción

Tipo de Vegetación	Asociación de Productores						Granja Comunal						Cooperativa Comunal					
	Cachipampa		Sanjo		Promedio		Huayllay		Vicco		Promedio		Racco		Yurajhuanca		Promedio	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Pajonal	0.00	0.00	37.30	11.31	18.65	7.21	210.70	17.31	966.40	97.91	588.55	53.41	2596.40	62.18	3423.03	79.80	3009.72	71.94
Césped de Puna	114.90	61.21	180.60	54.74	147.75	57.09	800.40	65.76	0.00	0.00	400.20	36.31	1579.00	37.82	642.10	14.97	1110.55	26.55
Bofedal	22.20	11.83	0.00	0.00	11.10	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasto Cultivado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	0.48	20.60	2.09	13.20	1.20	0.00	0.00	49.80	1.16	24.90	0.60
Protección	50.60	26.96	112.00	33.95	81.30	31.41	200.20	16.45	0.00	0.00	100.10	9.08	0.00	0.00	76.70	0.00	38.35	0.92
Total	187.70	100.00	329.90	100.00	258.80	100.00	1217.10	100.00	987.00	100.00	1102.05	100.00	4175.40	100.00	4191.63	100.00	4183.52	100.00

ANEXO 7: Características generales de la vegetación de los sistemas de producción

Asociaciones de Productores	N° Sitio	Altitud	Ecología de la Vegetación					Fisiografía y Suelos								
			Tipo vegetación	Sp dominante	Sp subdominante	Ssub Dominante	Intensidad de uso	Posición topográfica	Paisaje circundante	Pendiente (%)	Pedregosidad superficial	Afloramiento lítico	Grado Erosión	Profundidad cm	Capacidad de Uso Mayor	
Sanjo	1	>4400	Cesped de puna	Acpu	Azcre	Cavi	Cavi	Pesado	Pendiente Cónca	Montañoso	15 a 30%	3 - 15 %	10 - 25 %	Moderada	50 - 25	P2 c
	2	>4400	Cesped de puna	Acpu	Azcre	Alpi	Alpi	Destruyivo	Pendiente Cónca	Montañoso	15 a 30%	15 - 90 %	15 - 90 %	Severa	50 - 25	P3 cse
	3	>4400	Cesped de puna	Azcre	Acpu	Caan	Caan	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	10 a 15%	3 - 15 %	25 - 50 %	Moderada	<25	P3 cse
	4	>4400	Cesped de puna	Acpu	Azcre	Cavi	Cavi	Moderado	Fondo de Valle	Colinado	5 a 10%	3 - 15 %	10 - 25 %	Moderada	75-50	P2 c
	5	>4400	Pajonal	Caan	Acpu	Dima	Dima	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	30 a 50%	15 - 90 %	25 - 50 %	Severa	<25	P3 cse
Cachipampa	1	>4400	Cesped de puna	Carig	Azcre	Wenu	Wenu	Moderado	Fondo de Valle	Plano y casi plano	0 a 2	0.1 - 3 %	< 2 %	Moderado	50 - 75	P1 c
	2	>4400	Cesped de puna	Cavi	Acpu	Agbre	Agbre	Destruyivo	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	15 a 30	0.1 - 3 %	2 - 10 %	Moderado	25 - 50	P2 c
	3	>4400	Bofedal	Azcre	Carig	Dimu	Dimu	Pesada	Planicie	Plano y casi plano	2 a 5	0.1 - 3 %	< 2 %	Moderado	50 - 75 cm	P1 ce
	4	>4400	Bofedal	Azcre	Dimu	Plase	Plase	Pesada	Planicie	Plano y casi plano	0 a 2	0.1 - 3 %	< 2 %	Moderado	> 75 cm	P2ce

...continuación

Granjales Comunales		Ecología de la Vegetación						Fisiografía y Suelos						Capacidad de Uso Mayor	
Nº Sitio	Altitud	Tipo vegetación	Sp dominante	Sp subdominante	Sub Dominante	Intensidad de uso	Posición topográfica	Paisaje circundante	Pendiente (%)	Pedregosidad superficial	Alfibramiento lítico	Grado Erosión	Profundidad (cm)	Capacidad de Uso Mayor	
Vico	1	4200-4400	Alpi	Fein	Acpu	Moderada	Planicie	Ondulado suave	0 a 2%	0.1 - 3%	<2%	Moderada	50-25	P1 cs	
	2	<4200	Cavi	Acpu	Wenu	Moderada	Pendiente Concava	Colinado	30 a 50%	15 a 30%	<2%	Moderada	50-25	P2 ce	
	3	<4200	Fein	Mufa	Acpu	Moderada	Planicie	Colinado	0 a 2%	0.1 - 3%	<2%	Moderada	50-25	P1 c	
	1	>4400	Dima	Caec	Cavi	Moderado	Planicie	Plano y casi plano	2 a 5	0.1 - 3%	<2%	Moderado	25 - 50	P2 c	
Calera	2	>4400	Fein	Alpi	Mufa	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	10 - 25%	Destructivo	25 - 50	P3 c	
	3	>4400	Mufa	Alpi	Elal	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	15 a 30	3 - 15%	2 - 10%	Severa	25 - 50	P3 ce	
	1	>4400	Azcre	Ascpu	Cacu	Moderada	Pendiente Concava	Ondulado suave	15 a 30	0.1 - 3%	<2%	Severa	25 a 50	P2 ce	
	2	>4400	Fein	Alpi	Dimu	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	15 a 30	3 - 15%	2 - 10%	Moderada	<25	P3 cse	
Cutuplacana	3	>4400	Fein	Caan	Azcre	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	15 a 30	15 - 90%	25 - 50%	Moderada	25 a 50%	P3 cs	
	4	>4400	Fein	Azcre	Cavi	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	10 a 15	3 - 15%	<2%	Moderada	<25	P3 cs	
	5	>4400	Bofedal	Dimu	Elal	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	10 a 15	15 - 90%	2 - 10%	Moderada	>75	P2 cs	
	6	>4400	Fein	Cavi	Mufa	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Montañoso	15 a 30	15 - 90%	25 - 50%	Moderada	<25	P3 cs	
Cutuplacana	7	>4400	Cabre	Azcre	Fein	Moderada	Depresión	Montañoso	5 a 10	0.1 - 3%	<2%	Moderada	>75	P2 c	
	8	>4400	Fein	Calbre	Alpi	Moderada	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	5 a 10	3 - 15%	<2%	Severa	25 a 50%	P2 ce	
	1	>4400	Cavi	Weca	Plasp	Pesado	Pendiente Concava	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	<2%	Severa	25 - 50	P2 ce	
	2	>4400	Cavi	Fein	Weca	Pesado	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	3 - 15%	<2%	Severa	25 - 50	P2 ce	
Pampa Alegre	3	>4400	Scri	Plasp	Cavi	Destructivo	Pendiente Concava	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	2 - 10%	Muy severa	25 - 50	P2 ce	
	4	>4400	Fein	Azcre	Acpu	Pesado	Meseta	Montañoso	0 a 2	0.1 - 3%	2 - 10%	Muy severa	50 - 75	P2 ce	
	1	4200-4400	Fein	Alpi	Cavi	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P2 c	
	2	>4400	Cavi	Fein	Cavi	Moderado	Planicie	Plano y casi plano	10 a 15	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P2 c	
Poglocancha	3	4200-4400	Fein	Cavi	Alpi	Moderado	Planicie	Plano y casi plano	2 a 5	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P1 c	
	4	4200-4400	Fein	Cavi	Alpi	Moderado	Pendiente Concava	Ondulado	15 a 30	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P2 c	
	5	>4400	Alpi	Fein	Cavi	Moderado	Planicie	Ondulado	2 a 5	3 - 15%	2 - 10%	Moderada	25 - 50	P1 c	
	6	>4400	Césped de puna	Sibra	Alpi	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	25 - 50%	Moderada	<25	P3 cse	
Poglocancha	7	>4400	Césped de puna	Alpi	Acpu	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	15 a 30	3 - 15%	10 - 25%	Moderada	25 - 50	P2 c	
	8	>4400	Pajonal	Fein	Cavi	Pesada	Planicie	Plano y casi plano	5 a 10	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P1 c	
	9	>4400	Césped de puna	Sibra	Fein	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	<2%	Moderada	<25	P3 cs	
	10	>4400	Pajonal	Alpi	Cavi	Pesada	Planicie	Plano y casi plano	0 a 2	0.1 - 3%	<2%	Severa	50 - 75	P1 ce	
Poglocancha	11	>4400	Césped de puna	Elal	Wepy	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	0.1 - 3%	25 - 50%	Severa	25 - 50	P3 cse	
	12	>4400	Césped de puna	Cavi	Wepy	Pesada	Planicie	Plano y casi plano	2 a 5	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P2 c	
	13	>4400	Césped de puna	Fein	Cavi	Pesada	Pendiente o Ladera Convexa	Colinado	30 a 50	3 - 15%	25 - 50%	Moderada	25 - 50	P3 ce	
	1	>4400	Césped de puna	Fein	Cavi	Destructivo	Pendiente Concava	Colinado	15 a 30	3 - 15%	2 - 10%	Severa	25 - 50	P2 ce	
Rosa Michinan	2	>4400	Césped de puna	Cavi	Azdi	Pesada	Planicie	Ondulado	5 a 10	0.1 - 3%	<2%	Moderada	25 - 50	P2 c	
	3	>4400	Césped de puna	Cavi	Azdi	Pesada	Planicie	Ondulado	6 a 10	0.1 - 3%	<2%	Moderada	<25	P3 cse	
	4	>4400	Césped de puna	Cavi	Alpi	Pesada	Pendiente Concava	Colinado	10 a 15	0.1 - 3%	<2%	Moderada	50 - 75	P2 c	

...continuación

Cooperativas Comunales	N° Sitio	Altitud	Ecología de la Vegetación				Fisiografía y Suelos				Capacidad de Uso Mayor				
			Tipo vegetación	Sp dominante	Sp subdominante	Sub Dominante	Intensidad de uso	Posición topográfica	Paisaje circundante	Pendiente (%)		Pedregosidad superficial	Alfonamiento lítico	Grado Erosión	Profundidad cm
Racco	1	>4400	Pajonal	Fein	Cobre	Cavi	Moderado	Cima	Ondulado suave	5 a 10	0.1 - 3	<2%	Moderado	50 a 75	P2 c
	2	4200-4400	Césped de puma	Fein	Sibra	Alpi	Moderado	Pendiente ladera convexa	Ondulado suave	15 a 30	0 a 3	<2%	Moderado	25 a 50	P2 c
	3	4200-4400	Césped de puma	Fein	Cobre	Cuec	Moderado	Meseta	Plano casi plano	0 a 2	0.1 - 3	<2%	Moderado	25 a 50	P1 c
	4	4200-4400	Pajonal	Fein	Alpi	Cobre	Moderado	Pendiente ladera convexa	Collado	5 a 10	3 a 15	2 - 10 %	Moderado	25 a 50	P1 c
	5	>4400	Césped de puma	Cavi	Alpi	Fein	Moderado	Cima	Ondulado suave	2 a 5	0.1 - 3	<2%	Moderado	25 a 50	P2 c
	6	4200-4400	Pajonal	Fein	Cobre	Plasp	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	30 a 50	0.1 - 3	<2%	Moderado	> 75	P2 c
	7	4200-4400	Césped de puma	Cobre	Fein	Alpi	Moderado	Pendiente ladera convexa	Ondulado suave	10 a 15	3 a 15	<2%	Moderado	25 a 50	P2 c
	8	4200-4400	Pajonal	Fein	Cavi	Sibra	Moderado	Pendiente Cóncava	Ondulado suave-Collado	10 a 15	3 a 15	<2%	Moderado	25 a 50	P1 c
	9	4200-4400	Pajona	Fein	Cuec	Alpi	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	30 a 50	0.01 - 0.1	<2%	Moderado	25 a 50	P2 c
	10	4200-4400	Pajonal	Seri	Cavi	Geve	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	30 a 50	0.01 - 0.1	<2%	Moderado	25 a 50	P2c
	11	4200-4400	Pajonal	Fein	Alpi	Geve	Moderado	Pendiente Cóncava	Ondulado suave	10 a 15	3 a 15	<2%	Ninguna	25 a 50	P2 c
	1	4200-4400	Pajonal	Fein	Alpi	Cavi	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	10 a 15%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	25 a 50	P1 c
	2	>4400	Pajonal	Fein	Sibra	Cavi	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	15 a 30%	3 a 15%	<2%	Moderada	25 a 50	P2 c
	3	4200-4400	Pajonal	Fain	Sibra	Caan	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	30 a 50%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	25 a 50	P2 c
	4	>4400	Pajonal	Alpi	Fein	Cavi	Moderado	Pendiente ladera convexa	Collado	30 a 50%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	50 a 75	P2 c
	5	4200-4400	Pajonal	Fein	Cobre	Caan	Moderado	Pendiente Cóncava	Ondulado suave	10 a 15%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	25 a 50	P2 c
	6	4200-4400	Pajonal	Fein	Cavi	Sibra	Moderado	Planicie	Ondulado suave	5 a 10%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	50 a 75	P1 c
7	>4400	Césped de puma	Fein	Cavi	Alpi	Moderado	Fondo de valle	Collado	10 a 15%	0.1 - 3 %	2 a 15%	Moderada	25 a 50	P2 c	
8	>4400	Césped de puma	Fein	Cavi	Alpi	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Collado	10 a 50%	0.1 - 3 %	2 a 15%	Moderada	50 a 75	P2 c	
9	>4400	Césped de puma	Pose	Cavi	Fein	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	30 a 50%	0.1 - 3 %	2 a 15%	Moderada	Menor a 25	P3 cs	
10	>4400	Pajonal	Fein	Alpi	Caan	Moderado	Planicie	Collado	0 a 15%	0.01 - 0.1 %	2 a 15%	Nula	Menor a 26	P2 cs	
11	>4400	Pajonal	Cavi	Fein	Alpi	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Ondulado suave	15 a 30%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	25 a 50	P2 c	
12	4200-4400	Pajonal	Fein	Azere	Alpi	Moderado	Pendiente Cóncava	Collado	2 a 5%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	25 a 50	P1 c	
13	4200-4400	Pajonal	Fein	Caan	Cobre	Moderado	Planicie	Ondulado suave	5 a 10%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	25 a 50	P1 c	
14	4200-4400	Pajonal	Fein	Caan	Cobre	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Collado	10 a 15%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	50 a 75	P1 c	
15	>4400	Césped de puma	Fein	Azere	Alpi	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Collado	15 a 30%	0.1 - 3 %	<2%	Ligera	> 75	P2 c	
16	>4400	Pajonal	Fein	Cavi	Caan	Ligera	Pendiente o Ladera Convexa	Montafoso	15 a 30%	0.1 - 3 %	25 - 50%	Nula	50 a 75	P3 c	
17	>4400	Pajonal	Fein	Cobre	Casp	Moderado	Pendiente o Ladera Convexa	Montafoso	5 a 10%	0.1 - 3 %	<2%	Moderada	50 a 75	P1 c	

ANEXO 8: Capacidad de uso mayor de las tierras de los sistemas de producción

Capacidad de Uso Mayor	Grupo y Clase	Asociaciones de Productores						Granja Comunal						Cooperativa Comunal					
		Cachipampa		Sanjo		Promedio		Huayllay		Vicco		Promedio		Racco		Yurajhuanca		Promedio	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
P1	c	27.30	14.54	0.00	0.00	13.65	5.27	47.40	3.89	68.10	7.05	57.75	5.29	1375.30	32.94	2600.20	63.96	1987.75	48.24
	ce	11.20	5.97	0.00	0.00	5.60	2.16	27.70	2.28	0.00	0.00	13.85	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	es	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	122.30	12.66	61.15	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P2	c	87.60	46.67	50.00	15.16	68.80	26.58	271.90	22.34	776.00	80.30	523.95	47.99	1713.60	41.04	883.53	21.73	1298.57	31.52
	ce	11.00	5.86	0.00	0.00	5.50	2.13	367.80	30.22	0.00	0.00	183.90	16.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	cs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.10	1.49	0.00	0.00	9.05	0.83	0.00	0.00	113.40	2.79	56.70	1.38
P3	c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.47	0.00	0.00	2.85	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ce	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.90	1.55	0.00	0.00	9.45	0.87	0.00	0.00	48.60	1.20	24.30	0.59
	cs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.40	11.86	0.00	0.00	72.20	6.61	1086.50	26.02	419.40	10.32	752.95	18.27
X	ese	0.00	0.00	167.90	50.89	83.95	32.44	115.10	9.46	0.00	0.00	57.55	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	cs	0.00	0.00	112.00	33.95	56.00	21.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	cse	50.60	26.96	0.00	0.00	25.30	9.78	200.20	16.45	0.00	0.00	100.10	9.17	0.00	0.00	76.70	0.00	38.35	0.00
	Total	187.70	100.00	329.90	100.00	258.80	100.00	1217.20	100.00	966.40	100.00	1091.80	100.00	4175.40	100.00	4141.83	100.00	4158.62	100.00

ANEXO 9: Características físicas y químicas de los suelos de los sistemas de producción

Asociaciones de Productores	N° Sitio	pH 1:1	CE _(1:1) dS/m	CaCO ₃ %	MO %	P ppm	K ppm	Textura	AL ⁺³ me/100	CIC	% Sat. De bases
Sanjo	1	4.67	0.09	0	4.01	3.9	56	Arena franca	4.6	24.64	49
	2	4.5	0.1	0	6.76	6.5	165	Arena franca	0.9	18.88	15
	3	4.14	0.21	0	16.61	6	230	Suelo orgánico	2.7	27.2	16
	4	4.34	0.22	0	21.39	7.7	73	Suelo orgánico	2.8	40.64	17
	5	3.67	0.12	0	9.99	5.6	26	Franco arenoso	6.5	25.6	4
Cachipampa	1	5.29	0.52	0	68.12	63	303	Suelo orgánico	1	64.8	70
	2	4.81	0.3	0	18.15	13.5	342	Suelo orgánico	0.6	32	45
	3	5.21	0.29	0	65.3	52.9	247	Suelo orgánico	0.7	54.4	46
	4	3.77	0.32	0	70.65	5.6	358	Suelo orgánico	1.9	57.6	13

...continuación

Granjas Comunales	N°Sitio	pH 1:1	CE _(1:1) dS/m	CaCO ₃ %	MO %	P ppm	K ppm	Textura	AL ³⁺ me/100	CIC	% Sat. De bases
Vicco	1	3.6	0.29	0	18.58	3.9	49	Franco arenoso	5.9	30.4	5
	2	7.25	0.34	7.2	6.61	6.2	23	Arena franca	0	18.88	100
	3	4.65	0.25	0	9.89	2.6	64	Franco arenoso	1.1	22.4	25
Calera	1	4.29	0.26	0	10.84	5.9	171	Arena franca	1.4	24.64	19
	2	4.5	0.09	0	9.85	3.2	79	Franco arenoso	2	22.08	41
	3	4.54	0.24	0	11.68	4.7	81	Arena franca	0.5	21.6	8
	1	4.12	0.7	0	24.49	7.1	200	Suelo orgánico	2.2	30.4	25
	2	4.47	0.24	0	11.54	2.2	131	Arena franca	2.7	26.88	36
	3	4.51	0.23	0	13.65	2.4	151	Arena	2.4	26.88	38
	4	5.54	0.37	0	12.95	3.7	229	Arena franca	0.3	27.84	72
	5	5.84	0.6	0	20.97	4	104	Arena franca	0.2	29.6	82
	6	5.26	0.23	0	11.82	2.1	246	Franco arenoso	0.4	25.6	64
	7	6.04	0.49	0	37.44	16.3	93	Suelo orgánico	0	46.88	62
	8	5.28	0.21	0	9.29	3.2	174	Franco arenoso	0.3	21.6	57
	1	4.57	0.04	0	5.28	2	96	Franco arenoso	2.8	19.52	31
	2	6.18	0.17	0	6.76	1.7	76	Franco	0	18.4	93
Huayllay	3	4.03	0.06	0	6.54	3	92	Franco arenoso	3.6	19.2	10
	1	5.04	0.3	0	13.09	4.3	88	Arena franca	0.2	29.92	64
	2	5.13	0.04	0	5.7	1.5	248	Arena franca	1.4	21.28	48
	3	5.25	0.25	0	13.51	3.7	167	Arena franca	0.2	32	74
	4	5.6	0.32	0	14.21	2.1	100	Franco arenoso	0.2	24	72
	5	4.38	0.36	0	13.58	3.2	264	Arena franca	0.7	24.64	36
	6	5.76	0.57	0	27.02	6	151	Suelo orgánico	0.2	40	78
	7	4.51	0.11	0	14.5	7	172	Arena	3	28.8	19
	8	4.83	0.11	0	6.61	2.1	156	Franco arenoso	1.8	23.2	24
	9	4.53	0.17	0	15.06	3.1	92	Arena franca	0.3	34.08	44
	10	4.39	0.1	0	7.18	2.6	71	Franco arenoso	1.8	17.6	23
	11	4.83	0.08	0	3.94	2.1	81	Franco arenoso	0.5	19.2	83
	12	5.69	0.3	0	15.48	9	225	Arena franca	0.2	29.92	78
	13 a	4.09	0.13	0	7.46	9.6	96	Franco arenoso	3.4	18.24	15
	13 b	4.48	0.08	0	8.37	3.1	182	Franco arenoso	2.4	28.8	32
Rosa Michinan	1	6.26	0.42	0	20.55	2.4	79	Suelo orgánico	0	36.8	73
Rosa Michinan	2	4.4	0.24	0	14	3.3	132	Franco arenoso	1.3	24	21
Rosa Michinan	3	3.99	0.17	0	9.92	2.8	311	Arena franca	7.1	40.8	11

...continuación

Cooperativas Comunales	N°Sitio	pH 1:1	CE _{0.1} dS/m	CaCO ₃ %	MO %	P ppm	K ppm	Textura	AL ³⁺ me/100	CIC	% Sat. De bases
Racco	1	4.34	0.26	0	13.51	3.4	104	Arena	3.4	29.92	19
	2	6.64	0.45	0	17.59	3.1	117	Franco arenoso	0	44.8	71
	3	6.47	0.55	0	14.78	5.6	151	Arena franca	0	33.6	82
	4	6.25	0.56	0	16.33	1.5	298	Franco arenoso	0	40	81
	5	3.74	0.36	0	15.06	3.9	78	Franco arenoso	2.9	30.4	3
	6	6.22	0.95	0	38.56	8.3	111	Suelo orgánico	0	58.88	58
	7	4.04	0.36	0	13.65	4.3	127	Arena franca	2.5	29.12	10
	8	4.7225	0.1775	0	12.935	13.175	150.25	Franco arenoso	1.6	28.84	23.25
	9	4.63	0.07	0	11.12	3.1	145	Arena franca	2.6	26.72	7
	10	4.63	0.15	0	13.09	2.6	248	Franco arenoso	1.4	27.2	19
Yurajhuanca	1	4.87	0.11	0	10.63	3.5	309	Franco arenoso	0.7	24	27
	2	4.83	0.15	0	9.85	3.1	528	Franco arenoso	1.4	27.52	44
	3	4.91	0.13	0	11.82	3.6	271	Franco arenoso	0.9	25.92	20
	4	4.71	0.14	0	13.65	3.5	328	Arena Franca	1.5	28.48	16
	5	5.16	0.2	0	8.44	2.6	42	Franco arenoso	0.3	29.12	45
	6	4.63	0.3	0	13.51	3.1	288	Arena Franca	1.3	27.84	23
	7	4.7	0.5	0	10.7	3	163	Arena Franca	0.4	28.8	48
	8	4.545	0.6	0	34.865	14.05	356	Franco arenoso	1.95	39.44	32.5
	9	4.42	0.58	0	11.61	7.9	291	Arena Franca	1	32.48	43
	10	4.53	0.23	0	11.96	2.6	187	Franco arenoso	1.5	24	18
	11	4.77	0.26	0	10.7	6.4	171	Franco arenoso	0.4	25.92	41
	12	4.46	0.3	0	12.53	7.9	222	Franco arenoso	2.1	28.8	17
	13	4.4	0.09	0	10.56	3.4	110	Franco arenoso	2.7	26.88	5
	14	5.5	0.68	0	25.9	14.6	87	Suelo orgánico	0.1	41.28	61
	15	5.53	0.77	0	40.53	25.6	82	Suelo orgánico	0.3	45.92	63
	16	4.82	0.24	0	11.4	3.3	104	Arena	0.7	22.72	26
	17	4.5	0.22	0	14.21	3.2	42	Arena Franca	2.1	29.6	17

ANEXO 10: Parámetros de calidad de agua de los sistemas de producción

Asociaciones de Productores	N° Muestras	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	pH	CE	SDT	SAL	Fuente
Cachipampa	1	322327	8825137	6.66	49.1	30.7	0.1	Ojo de Agua
	2	322292	8824601	6.61	85.9	56	0.1	Ojo de Agua
Sanjo	1	323045	8825229	6.32	55.5	33.7	0.1	Ojo de Agua
	2	323299	8825137	6.66	123.9	79.1	0.1	Ojo de Agua
	3	323012	8823633	6.77	46	29.2	0.1	Ojo de Agua
	4	323779	8824008	7.11	301	192.6	0.2	Ojo de Agua
	5	323356	8822816	7.49	35.2	22.3	0.1	Ojo de Agua
	6	332792	8824019	6.8	54.6	35.0	0.1	Ojo de Agua

Donde:

CE: Conductividad eléctrica (µS/cm)

SDT: Sólidos disueltos totales (mg/L)

SAL: Salinidad (ppt)

...continuación

Granjas Comunales	N° Muestra	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	pH	CE	SDT	SAL	Fuente
Vico	1	362798	8805575	8.32	984	633	0.6	Acequia
	2	361204	8801520	8.73	132.3	82.4	0.1	Riachuelo
	3	361882	8806565	7.93	33.4	20.4	0.1	Ojo de Agua
	4	360331	8805267	8.04	326	207	0.2	Rio
	5	361543	8805467	8.18	192.1	121.4	0.1	Rio
Huayllay	Cutupaclana	342432	8775946	7.73	89.1	55	0.1	Riachuelo
	Cutupaclana	343229	8775354	6.4	29.3	17.5	0	Manantial
	Cutupaclana	342576	8775801	6.65	23.9	14.2	0	Manantial
	Cutupaclana	343467	8775300	6.44	26	15.6	0	Manantial
	Cutupaclana	343298	8776655	10.34	131.9	82	0.1	Rio Huaroncocha
	Calera	352897	8785389	8.76	38.2	23.6	0.1	Manantial
	Calera	352744	8785459	8.45	1046	683	0.7	Rio San José
	Pampa Alegre	350017	8776543	8.51	84.7	56.6	0.1	Ojo de agua
	Pampa Alegre	351419	8776309	8.37	202	137	0.2	Laguna
	Poglocancha	349601	8782190	9.14	102.2	64.2	0.1	Ojo de agua
	Poglocancha	349945	8782850	8.8	187.8	119.1	0.1	Riachuelo Huachuacocha
	Poglocancha	348422	8780289	7.57	159.7	103	0.1	Ojo de agua
	Poglocancha	348099	8780257	7.58	281	184.5	0.2	Ojo de agua
	Poglocancha	348440	8781377	7.66	289	190	0.2	Ojo de agua
	Rosa Michinan	351468	8770490	8.61	303	254	0.3	Riachuelo
	Rosa Michinan	352300	8771400	8.32	262	170.9	0.2	Ojo de Agua

...continuación

Cooperativas Comunales	N° Muestra	Longitud (UTM)	Latitud (UTM)	pH	CE	SDT	SAL	Fuente
Yurajhuanca	1	343265	8796016	7.77	112.4	76.8	0.1	Laguna
	2	342995	8797041	7.83	223	153.9	0.2	Ojo de Agua
	3	344540	8799221	7.77	126	86.8	0.1	Ojo de Agua(Termal)
	4	346360	8799472	7.75	125.1	86.1	0.1	Río Racracancha
	5	346030	8800021	8	191.7	126	0.2	Laguna
	6	343617	8800022	7.93	172.8	114.3	0.1	Laguna
	7	344613	8801866	8.36	252	166	0.2	Ojo de Agua
	8	343775	8801845	7.93	275	179.1	0.2	Ojo de Agua
	9	345486	-	8.23	256	169.8	0.2	Laguna
	10	350077	8799718	7.9	111.4	79.9	0.1	Río
	11	348826	8795516	7.99	114.2	80.4	0.1	Laguna
	12	348054	8795970	7.74	45.3	31.3	0.1	Acequia-Puquial
	13	347887	8800069	7.11	202	136.8	0.2	Riachuelo
	14	347902	8799166	7.36	83.2	55.5	0.1	Laguna
	15	347819	8798143	9.56	67.6	45.5	0.1	Laguna
	16	349389	8797189	8.55	59.2	38.8	0.1	Ojo de Agua
	17	347809	8797237	8.07	80.2	55.2	0.1	Ojo de Agua
	18	348146	8797603	8.29	95.8	65	0.1	Río
	19	348124	8797557	8.19	96.7	66.5	0.1	Río
	20	345925	8797717	8.02	91.9	63.5	0.1	Riachuelo
Racco	1	345840	8809284	7.81	94.1	60.5	0.1	Río Pampacancha
	2	345947	8804309	7.96	62.8	40.2	0.1	Chulus alto
	3	353911	8804803	7.4	294	189.2	0.2	Toropuquio
	4	347150	8803785	7.76	122.8	78.4	0.1	Chapla río
	5	348421	8804656	7.73	156.7	100.9	0.1	Laguna Pocacocha
	6	349875	8805203	7.62	180.2	116.3	0.1	Laguna Huancayog
	7	350541	8804935	8.75	93.3	59.9	0.1	Laguna
	8	354412	8805010	8.32	272	175.5	0.2	Toropuquio
	9	348769	8806273	8.31	152	97.1	0.1	Carashcocha
	10	*	*	8.07	169.5	106.4	0.1	Laguna Soleragucha
	11	*	*	8.2	65.2	40.3	0.1	Sagragaya

*: No se tiene información disponible

ANEXO 11: Atributos (%) y condición promedio de los pastizales de los sistemas de producción

Asociaciones de Productores	Sanjo					Cachipampa				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	
Indicadores										
Descabales (%P)	30.00	29.00	21.00	19.00	17.00	34.00	26.00	19.00	12.00	
Índice Forrajero (%IF)	56.00	52.00	51.00	39.00	52.00	77.00	58.00	39.00	13.00	
Cobertura vegetal (%C)	90.00	87.00	88.00	93.00	70.00	100.00	93.00	95.00	93.00	
Mantillo (%)	1.00	2.00	6.00	9.00	2.00	4.00	0.00	3.00	4.00	
Índice de Vigor (%IV)	26.67	28.33	33.33	27.70	18.30	16.70	14.00	21.33	15.33	
Musgo	2.00	2.00	7.00	2.00	4.00	4.00	5.00	5.00	14.00	
Pavimento de Erosión	0.00	5.00	2.00	1.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Roca	4.00	4.00	7.00	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Suelo Desnudo	6.00	4.00	3.00	6.00	6.00	0.00	3.00	4.00	7.00	
Poco Descabales	26.00	23.00	30.00	20.00	35.00	43.00	32.00	20.00	1.00	
Indeseables	31.00	31.00	24.00	43.00	12.00	15.00	30.00	48.00	62.00	
Puntaje	46.87	45.13	41.63	38.67	34.73	54.07	44.60	38.43	28.73	
Condición.	R	R	R	P	P	R	R	P	P	
Cap. de carga Ha/año	1.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.33	

Donde:
R: Condición regular
P: Condición pobre

...continuación

Grandes Comunales	Hunyllay																													
	Vico			Calera			Cutupaçaña			Pampa Alegre			Rosa Michinan			Poglocamcha														
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13			
Indicadores	39.00	28.00	36.00	45.00	42.00	71.00	13.00	30.00	13.00	33.00	40.00	36.00	40.00	38.00	16.00	18.00	24.00	29.00	33.00	36.00	39.00	37.00	26.00	49.00	45.00	34.00	46.00	31.00	38.00	18.00
Índice Fomijero (%IF)	71.00	54.00	72.00	82.00	81.00	88.00	43.00	69.00	54.00	66.00	68.00	72.00	66.00	72.00	60.00	67.00	66.00	60.00	70.00	79.00	75.00	79.00	66.00	73.00	95.00	67.00	93.00	69.00	77.00	56.00
Cobertura vegetal (%C)	96.00	82.00	99.00	89.00	95.00	95.00	86.00	92.00	84.00	96.00	90.00	91.00	97.00	81.00	84.00	92.00	94.00	100.00	95.00	98.00	90.00	98.00	91.00	95.00	100.00	89.00	100.00	91.00	100.00	87.00
Mantillo (%)	1.00	7.00	9.00	0.00	5.00	0.00	2.00	2.00	2.00	5.00	8.00	0.00	6.00	5.00	1.00	3.00	2.00	4.00	9.00	6.00	4.00	6.00	3.00	1.00	2.00	7.00	1.00	10.00	9.00	7.00
Índice de Vigor (%IV)	14.50	47.33	35.00	66.33	73.33	22.20	21.67	18.67	17.33	17.33	44.17	18.00	44.17	25.67	64.17	17.50	16.33	20.00	27.50	29.17	26.67	25.00	48.33	36.67	54.17	17.67	30.50	41.33	40.00	19.33
Misgo	3.00	6.00	2.00	0.00	1.00	0.00	4.00	2.00	0.00	2.00	3.00	1.00	1.00	4.00	4.00	4.00	4.00	7.00	0.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	4.00	11.00	
Pavimento de Erosión	1.00	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	6.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	7.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	6.00	0.00	3.00	0.00	4.00	
Roca	1.00	8.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00	1.00	4.00	3.00	3.00	3.00	0.00	2.00	0.00	4.00	1.00	0.00	4.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	
Suelo desmudo	2.00	5.00	0.00	9.00	3.00	2.00	6.00	7.00	6.00	1.00	7.00	5.00	3.00	3.00	9.00	2.00	2.00	0.00	3.00	1.00	2.00	8.00	3.00	1.00	5.00	0.00	4.00	0.00	9.00	
Poco desecables	32.00	26.00	36.00	37.00	39.00	5.00	30.00	39.00	41.00	33.00	28.00	36.00	26.00	34.00	44.00	49.00	42.00	31.00	37.00	43.00	23.00	27.00	45.00	47.00	42.00	33.00	47.00	38.00	39.00	38.00
Indeseables	21.00	15.00	16.00	7.00	6.00	17.00	37.00	19.00	28.00	23.00	11.00	18.00	25.00	13.00	19.00	18.00	22.00	29.00	14.00	9.00	31.00	13.00	10.00	14.00	20.00	5.00	11.00	10.00	13.00	
Punaje	54.35	45.93	55.70	63.33	63.13	73.92	34.47	49.07	35.83	50.63	56.02	52.40	57.02	52.17	43.22	42.55	45.63	48.50	51.85	56.32	38.27	53.20	58.63	56.67	59.32	49.97	64.65	51.63	58.40	39.53
Condición.	R	R	R	B	B	B	P	R	P	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	P	R	R	R	R	R	B	R	R	R
Cap. de carga Ha/año	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00

Donde:
R: Condición regular
P: Condición pobre

ANEXO 12: Indicadores de tendencia de los pastizales de los sistemas de producción

Atributos	Asociaciones de Productores					Sanjo					Cachipampa			
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
Presencia de plántulas o plantas jóvenes	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No
¿Existe hojarasca o mantillo en el suelo?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí
Erosión laminar y cárcavas. ¿Existen plantas en pedestal?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	No
Consideraciones de vigor de las plantas	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
¿Existe una variedad de especies de plantas perennes?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
¿Las malezas están por debajo del 20%?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Tendencia	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	(-)	(-)	(-)

Donde:

- (-): Tendencia negativa
- (+): Tendencia positiva
- (0): Tendencia neutra

...continuación

Granjas Comunales	Vicco												Huayllay																
	Calera				Cutupaclana				Pampa Alegre				Rosa Michinan				Poglocancha												
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
Atributos	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Presencia de plántulas o plantas jóvenes	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Existe hojarasca o mantillo en el suelo?	No	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No								
¿Existe hojarasca o cárcavas. ¿Existen plantas en pedestal?	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No								
Consideraciones de vigor de las plantas	No	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
¿Existe una variedad de especies de plantas perennes?	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No								
¿Las malezas están por debajo del 20%?	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Tendencia	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

ANEXO 13: Población animal de los sistemas de producción

Asociaciones de Productores Especie	Cachipampa							Sanjo						
	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	U.O	UAL		Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	U.O	UAL		
Ovinos	Borregas	76.00	69.09	1.00	76.00	60.80		15.00	50.00	1.00	15.00	15.00	12.00	
	Borreguillas	16.00	14.55	0.80	12.80	10.24		4.00	13.33	0.80	3.20	3.20	2.56	
	Carneros	1.00	0.91	1.50	1.50	1.20		1.00	3.33	1.50	1.50	1.50	1.20	
	Capones	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
	Caponcillos	-	-	-	-	-		2.00	6.67	0.90	1.80	1.80	1.44	
	Carnerillos	17.00	15.45	0.90	15.30	12.24		8.00	26.67	0.90	7.20	7.20	5.76	
Corderos	-	-	0.20	-	-		-	-	-	-	-	-	-	
Total	110.00	100.00	-	105.60	84.48		30.00	100.00	-	-	28.70	22.96	-	
Vacunos	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	U.A	UAL								
	Vacas	4.00	36.36	1.00	4.00	16.00								
	Vaquillas	-	-	0.70	-	-								
	Toros	2.00	18.18	1.50	3.00	12.00								
	Toretes	3.00	27.27	0.90	2.70	10.80								
	Termeros	2.00	18.18	0.20	0.40	1.60								
Total	11.00	100.00		10.10	40.40									
Alpacas	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	UAL	UAL		Población (N°)	Población (%)	Equivalencias	U.LL	UAL	UAL	
	Madre	120.00	49.38	1.00	120.00	120.00		240.00	45.03	1.00	240.00	240.00	240.00	
	Padre	3.00	1.23	1.50	4.50	4.50		9.00	1.69	1.50	13.50	13.50	13.50	
	Cria	54.00	22.22	0.30	16.20	16.20		128.00	24.02	0.30	38.40	38.40	38.40	
	Tuis hembras	30.00	12.35	0.80	24.00	24.00		81.00	15.20	0.80	64.80	64.80	64.80	
	Tuis macho	36.00	14.81	0.90	32.40	32.40		75.00	14.07	0.90	67.50	67.50	67.50	
Total	243.00	100.00		197.10	197.10		533.00	100.00		424.20	424.20	424.20		
Llamas	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencias	U.LL	UAL		Población (N°)	Población (%)	Equivalencias	U.LL	UAL	UAL	
	Madres	11.00	50.00	1.00	11.00	14.67		5.00	55.56	1.00	5.00	6.70	6.70	
	Padres	1.00	4.55	1.50	1.20	1.60		1.00	11.11	1.50	1.50	2.01	2.01	
	Capones	0.00	0.00	-	-	-		-	-	-	-	-	-	
	Ancutas hembras	2.00	9.09	0.80	1.60	2.13		3.00	33.33	0.80	2.40	3.22	3.22	
	Ancutas machos	3.00	13.64	0.90	2.70	3.60		-	-	-	-	-	-	
Crías	5.00	22.73	0.30	1.50	2.00		-	-	-	-	-	-		
Total	22.00	100.00		18.00	24.00		9.00	100.00		8.90	11.93	11.93		
Equino	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencias	U.E	UAL		Población (N°)	Población (%)	Equivalencias	U.E	UAL	UAL	
	Caballos	3.00	100.00	1.00	3.00	18.00		3.00	100.00	1.00	3.00	18.00	18.00	
	Total	3.00	100.00	-	3.00	18.00		3.00	100.00	-	3.00	18.00	18.00	
	TOTAL				364.0		TOTAL				477.08			

Donde:

- : No tiene animales en dicha categoría

** : La unidad productiva no cría esta especie

... continuación

Granjas Comunes	Huayllay					Vicos				
	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	U.O	UAL	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	UAL
Ovinos	Borregas	547.00	56.80	1.00	547.00	437.60				
	Borreguillas	120.00	12.46	0.80	96.00	76.80				
	Carneros	19.00	1.97	1.50	28.50	22.80				**
	Capones		0.00	0.00	0.00	0.00				
	Carnerillos	12.00	1.25	0.90	10.80	8.64				
	Corderos	265.00	27.52	0.20	53.00	42.40				
	Total	963.00	100.00		735.30	588.24				
Alpacas	Categoría	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	UAL	Población (N°)	Población (%)	Equivalencia	UAL	
	Madre	1025.00	27.47	1.00	1025.00	524.00	2620.00	1.00	524.00	
	Padre	189.00	5.07	1.50	283.50	20.00	100.00	1.50	30.00	
	Cria		0.00	0.30	0.00	221.00	1105.00	0.30	66.30	
	Tuis Menor	0.00	0.00	0.80	0.00	113.00	565.00	0.80	90.40	
	Tuis Mayor	0.00	0.00	0.90	0.00	113.00	565.00	0.90	101.70	
	Total	1214.00	32.54		1308.50	991.00	4955.00		812.40	
TOTAL		TOTAL		1896.74	TOTAL		812.40			

Donde:

- : No tiene animales en dicha categoría
- *** : La unidad productiva no cría esta especie

...continuación

Especie	Cooperativas Comunitarias				Racco				Yurajhuanca			
	Categoría	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.O	UAL	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.O	UAL	
Ovinos	Borregas	2201.00	48.09	1.00	2201.00	1760.80	2698.00	47.90	1.00	2698.00	2158.40	
	Borreguillas	705.00	15.40	0.80	564.00	451.20	532.00	9.45	0.80	425.60	340.48	
	Carneros	89.00	1.94	1.50	133.50	106.80	320.00	5.68	1.50	480.00	384.00	
	Capones	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Carnerillos	218.00	4.76	0.90	196.20	156.96	313.00	5.56	0.90	281.70	225.36	
	Corderos	1364.00	29.80	0.20	272.80	218.24	1769.00	31.41	0.20	353.80	283.04	
Total	4577.00	100.00		3367.50	2694.00	5632.00	100.00			4239.10	3391.28	
Vacunos	Categoría	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.A	UAL	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.A	UAL	
	Vacas	20.00	68.97	1.00	20.00	80.00	39.00	50.65	1.00	39.00	156.00	
	Vaquillas	4.00	13.79	0.70	2.80	11.20	12.00	15.58	0.70	8.40	33.60	
	Toros	-	-	1.50	0.00	0.00	2.00	2.60	1.50	3.00	12.00	
	Torettes	-	-	0.90	0.00	0.00	4.00	5.19	0.90	3.60	14.40	
	Termeros	20.00	68.97	0.20	4.00	16.00	16.00	20.78	0.20	3.20	12.80	
Total	44.00	151.72		26.80	107.20	77.00	100.00			60.40	241.60	
Alpacas	Categoría	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.A	UAL	% Población	Equivalencia	U.O	UAL		
	Madre	1649.0	43.2	1.0	1649.0	1649.0	824.0	34.3	1.0	824.0		
	Padre	136.0	3.6	1.5	204.0	204.0	52.0	2.2	1.5	78.0		
	Cría	961.0	25.2	0.3	288.3	288.3	636.0	26.4	0.3	190.8		
	Tuis Menor	463.0	12.1	0.8	347.3	347.3	447.0	18.6	0.8	357.6		
	Tuis Mayor	604.0	15.8	0.9	513.4	513.4	446.0	18.5	0.9	401.4		
Total	3813.0	100.0		3002.0	3002.0	2405.0	100.0			1851.8		
Llamas	Categoría	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.L	UAL	**					
	Madre	195.00	44.93	1.00	195.00	261.30						
	Padre	36.00	8.29	1.20	43.20	57.89						
	Cría	71.00	16.36	0.30	21.30	28.54						
	ancuta menor	70.00	16.13	0.80	56.00	75.04						
	ancuta mayor	62.00	14.29	0.90	55.80	74.77						
Total	434.00	100.00		371.30	497.54							
Equinos	Categoría	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.E	UAL	Población (N°)	% Población	Equivalencia	U.E	UAL	
	Caballos	40.00	100.00	1.00	40.00	240.00	12.00	30.77	1.00	12.00	72.00	
	Yeguas	-	-	1.00	0.00	0.00	12.00	30.77	1.00	12.00	72.00	
	Potros	-	-	1.50	0.00	0.00	4.00	10.26	1.50	6.00	36.00	
	Potrillo	-	-	0.30	0.00	0.00	6.00	15.38	0.30	1.80	10.80	
	Potranca	-	-	0.90	0.00	0.00	5.00	12.82	0.90	4.50	27.00	
Total	40.00	100.00		40.00	240.00	39.00	100.00		36.30	217.80		
TOTAL					6540.692	5702.48						

Donde:

- : No tiene animales en dicha categoría

** : La unidad productiva no cría esta especie

ANEXO 14: Capacidad de carga promedio (U.Al/ha/año) y balance forrajero de los pastizales de los sistemas de producción

Sistema de Producción		Extensión (Ha)	Demanda (U.Al)	Carga Actual (U. Al / ha)	Oferta (U. Al)	Carga Recomendada (U.Al / ha)	Balance Forrajero (U.Al)	Balance Forrajero (U.Al/ha/año)
Asociaciones Pecuarias	Cachipampa	137.1	364.0	2.7	122.2	0.9	-241.8	-1.8
	Sanjo	217.9	477.1	2.2	176.4	0.8	-300.7	-1.4
	Promedio	177.5	420.6	2.4	149.3	0.9	-271.2	-1.6
Granjas Comunales	Huayllay	1011.2	1896.7	1.9	1032.9	1.0	-863.8	-0.9
	Vicco	966.4	812.4	0.8	966.4	1.0	154.0	0.2
	Promedio	988.8	1354.6	1.4	999.7	1.0	-354.9	-0.3
Cooperativas Comunales	Racco	4175.4	6541.0	1.6	7625.2	1.8	1084.2	0.3
	Yurajhuanca	4065.1	5702.0	1.4	7152.0	1.8	1450.0	0.4
	Promedio	4120.3	6121.5	1.5	7388.6	1.8	1267.1	0.3

ANEXO 15: Estrategias de mejoramiento de pastizales según sitios

Asociaciones de Productores	N° Sitio	Estrategia de Mejoramiento	Superficie (ha)
Cachipampa	1	Pastoreo Rotativo Diferido	27.3
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	87.6
	3	Control de Especies Indeseables, Descanso Rotativo	11.2
	4	Control de Especies Indeseables, Descanso Rotativo	11
Sanjo	1	Pastoreo Rotativo Diferido	25.4
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	35.8
	3	Pastoreo Rotativo Diferido	94.8
	4	Control de Especies Indeseables, Descanso Rotativo	24.6
	5	Pastoreo Rotativo Diferido	37.3

...continuación

Granjas Comunes	N° Sitio	Estrategia de Mejoramiento	Superficie (ha)
Vico	1	Pastoreo Rotativo Diferido	122.3
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	776
	3	Introducción de Especies Exóticas	68.1
Calera	1	Pastoreo Rotativo Diferido	4.9
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	5.7
	3	Pastoreo Rotativo Diferido	9.2
Cutupaclana	1	Descanso Rotativo, Pastoreo Rotativo Diferido	10.9
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	45.7
	3	Descanso Rotativo, Pastoreo Rotativo Diferido	36.6
Pampa Alegre	4	Pastoreo Rotativo Diferido	50.1
	5	Pastoreo Rotativo Diferido	18.1
	6	Pastoreo Rotativo Diferido	44.5
	7	Pastoreo Rotativo Diferido	74.5
	8	Pastoreo Rotativo Diferido	50.1
	1	Pastoreo Rotativo Diferido	30.3
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	49.9
	3	Pastoreo Rotativo Diferido	17.6
Huayllay	4	Pastoreo Rotativo Diferido	162.6
	1	Pastoreo Rotativo Diferido	46.4
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	25.8
	3	Descanso Rotativo, Pastoreo Rotativo Diferido	18.5
Rosa Michinan	4	Pastoreo Rotativo Diferido	28.7
	1	Pastoreo Rotativo Diferido	36.6
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	24.1
	3	Pastoreo Rotativo Diferido	14.9
Poglocancha	4	Pastoreo Rotativo Diferido	17.8
	5	Pastoreo Rotativo Diferido	15.1
	6	Pastoreo Rotativo Diferido	18.5
	7	Pastoreo Rotativo Diferido	20.7
	8	Pastoreo Rotativo Diferido	17.4
	9	Pastoreo Rotativo Diferido	13.2
	10	Pastoreo Rotativo Diferido	21.9
	11	Pastoreo Rotativo Diferido	32.4
	12	Pastoreo Rotativo Diferido	38.8
	13	Pastoreo Rotativo Diferido	9.7

...continuación

Cooperativas Comunales	N° Sitio	Estrategia de Mejoramiento	Superficie (ha)
Racco	1	Pastoreo Rotativo Diferido	64.8
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	639.2
	3	Pastoreo Rotativo Diferido	239.3
	4	Pastoreo Rotativo Diferido	49.4
	5	Entre siembra de tréboles, Pastoreo Rotativo Diferido	572.4
	6	Pastoreo Rotativo Diferido	47.3
	7	Pastoreo Rotativo Diferido	128.1
	8	Pastoreo Rotativo Diferido	2173.1
	9	Pastoreo Rotativo Diferido	108.6
	10	Pastoreo Rotativo Diferido	86.4
	11	Pastoreo Rotativo Diferido	66.8
Yurajhuanca	1	Entre siembra de tréboles, Pastoreo Rotativo Diferido	340.5
	2	Pastoreo Rotativo Diferido	167.5
	3	Pastoreo Rotativo Diferido	148.6
	4	Pastoreo Rotativo Diferido	123.6
	5	Pastoreo Rotativo Diferido	221.1
	6	Entre siembra de tréboles, Pastoreo Rotativo Diferido	96
	7	Pastoreo Rotativo Diferido	117.4
	8	Pastoreo Rotativo Diferido	374.3
	9	Pastoreo Rotativo Diferido	45.1
	10	Pastoreo Rotativo Diferido	113.4
	11	Pastoreo Rotativo Diferido	222.5
	12	Pastoreo Rotativo Diferido	1098.1
	13	Pastoreo Rotativo Diferido	332
	14	Pastoreo Rotativo Diferido. Entre siembra de tréboles	329.9
	15	Pastoreo Rotativo Diferido	105.3
	16	Pastoreo Rotativo Diferido	48.6
	17	Pastoreo Rotativo Diferido	181.2

ANEXO 16: Estrategias de mejoramiento de pastizales por potreros

Asociaciones de Productores	Potrero	Superficie (ha)	Condición por Potrero	Tendencia	Estrategia
Cachipampa	1	16.50	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	17.50	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	14.40	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	4	14.00	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	5	8.30	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	6	10.00	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	7	12.00	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	8	7.40	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	9	7.30	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	10	17.50	Pobre	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo
	11	7.40	Pobre	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo
Sanjo	12	4.00	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	1	19.40	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	53.00	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	5.80	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	4	13.90	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	5	2.90	Pobre	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo
	6	37.90	Pobre	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo
	7	4.90	Pobre	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo
	8	14.70	Regular	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo
	9	1.20	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	10	3.80	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	11	5.60	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	12	6.80	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	13	14.80	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	14	16.90	Pobre	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
15	16.80	Pobre	(-)	Control de Plantas Indeseables y Descanso Rotativo	

Nota: En todos los potreros de los Sistemas de Producción se deberá realizar el manejo de aguadas

...continuación

Granjas Comunales	Potrero	Superficie (ha)	Condición	Tendencia	Estrategias
Calera	1	1	Buena	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	10.1	Buena	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	8.7	Buena	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
Cutupaclana	1	97.5	Pobre	(-)	Descanso Rotativo y Pastoreo Rotativo Diferido
	2	231.5	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
Pampa Alegre	1	88.1	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	163	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
Huayllay	1	44.9	Regular	0	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	50.4	Regular	0	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	75.8	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	4	59.2	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
Poglocancha	1	46.4	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	25.8	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
Rosa Michinan	3	18.5	Pobre	(-)	Descanso Rotativo y Pastoreo Rotativo Diferido
	4	28.7	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
Vieco	1	122.3	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	776.0	Regular	(-)	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	68.1	Regular	(+)	Introducción de Especies Exóticas

...continuación

Cooperativas Comunales	Potrero	Superficie (ha)	Condición	Tendencia	Estrategias
Yurajhuanca	1	119.5	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	76	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	147.8	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	4	75.8	Buena	(+)	Entre siembra de tréboles
	5	175.7	Buena	(+)	Entre siembra de tréboles
	6	79.5	Buena	(+)	Entre siembra de tréboles
	7	212.5	Buena	(+)	Entre siembra de tréboles
	8	179.4	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	9	196	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	10	401.5	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	11	254.6	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	12	375	Regular	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	13	350	Buena	(+)	Entre siembra de tréboles
	14	280	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	15	377	Regular	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	16	237.5	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	17	303.5	Regular	0	Pastoreo Rotativo Diferido
	18	265	Regular	0	Pastoreo Rotativo Diferido
Racco	1	211.2	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	2	237.1	Regular	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	3	186.3	Regular	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	4	303	Buena	(+)	Fertilización
	5	211.3	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	6	327.7	Buena	(+)	Entre siembra de tréboles
	7	207.3	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	8	46.2	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	9	323	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	10	268	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	11	180.6	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	12	134.9	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	13	96.2	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	14	176.7	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	15	167.1	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	16	297	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	17	309	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	18	234	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido
	19	257	Buena	(+)	Pastoreo Rotativo Diferido

ANEXO 17: Principales dificultades en el manejo de pastizales

	Asociaciones de Productores		Granjas Comunales		Cooperativas Comunales	
	Sanjo	Cachipampa	Huayllay	Vicco	Racco	Yurajhuanca
Falta de cercos	x	7	3	5	5	-
Sobrepastoreo	x	4	1	4	6	4
Poca extensión de pastos	x	2	2	9	4	-
Problemas de tenencia de tierras	-	10	10	10	9	-
Ausencia de fuentes de agua	x	1	5	7	1	1
Falta de reservorios y represas	x	3	4	3	3	2
Contaminación	-	5	6	2	10	-
Quema no controlada	-	9	9	6	8	3
Invasión de malezas	x	6	7	8	7	-
Daño de animales ajenos	x	8	8	1	2	-

Donde:

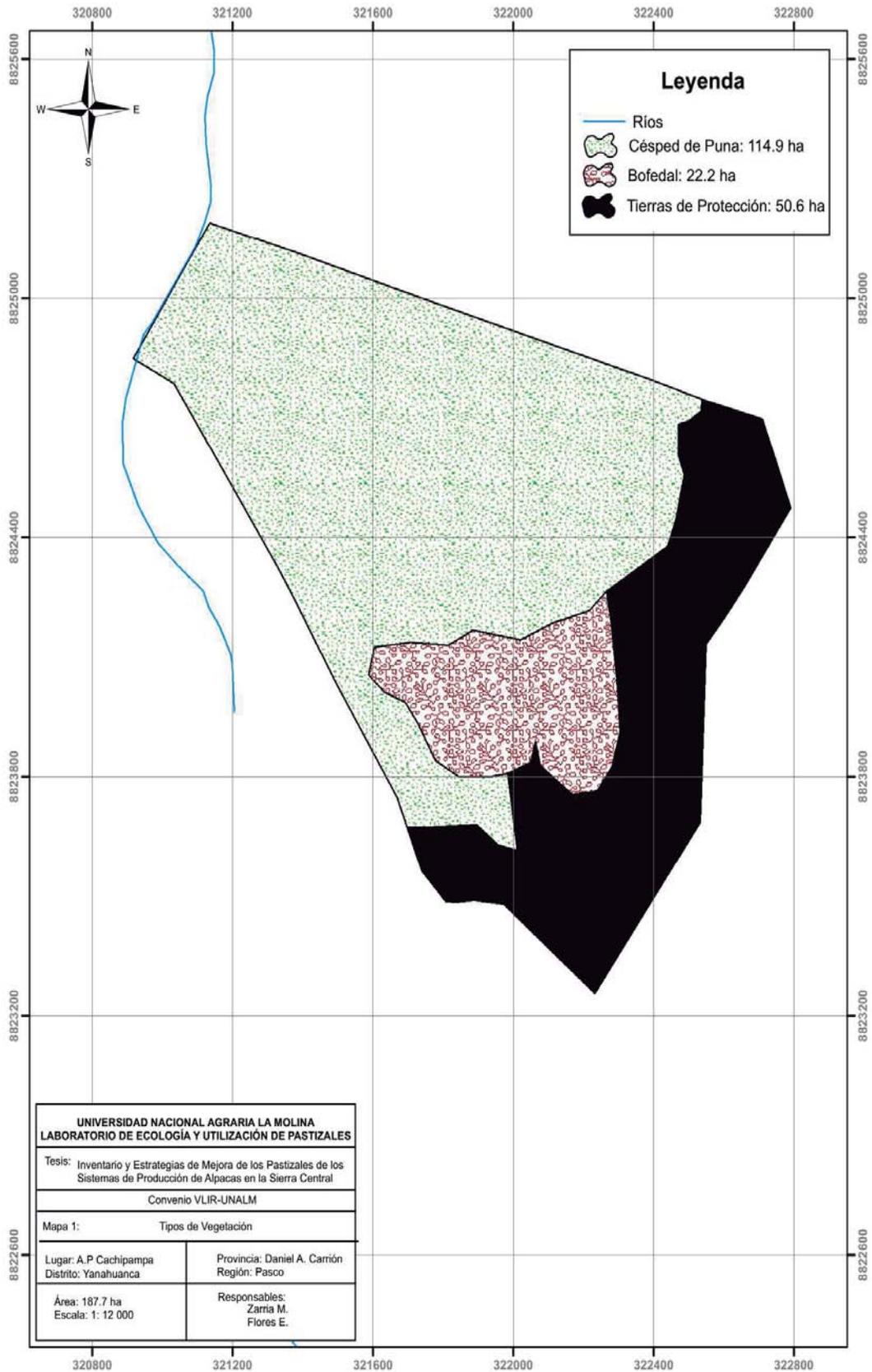
X : Asignación de igual relevancia a las dificultades de manejo
 - : No se tiene información

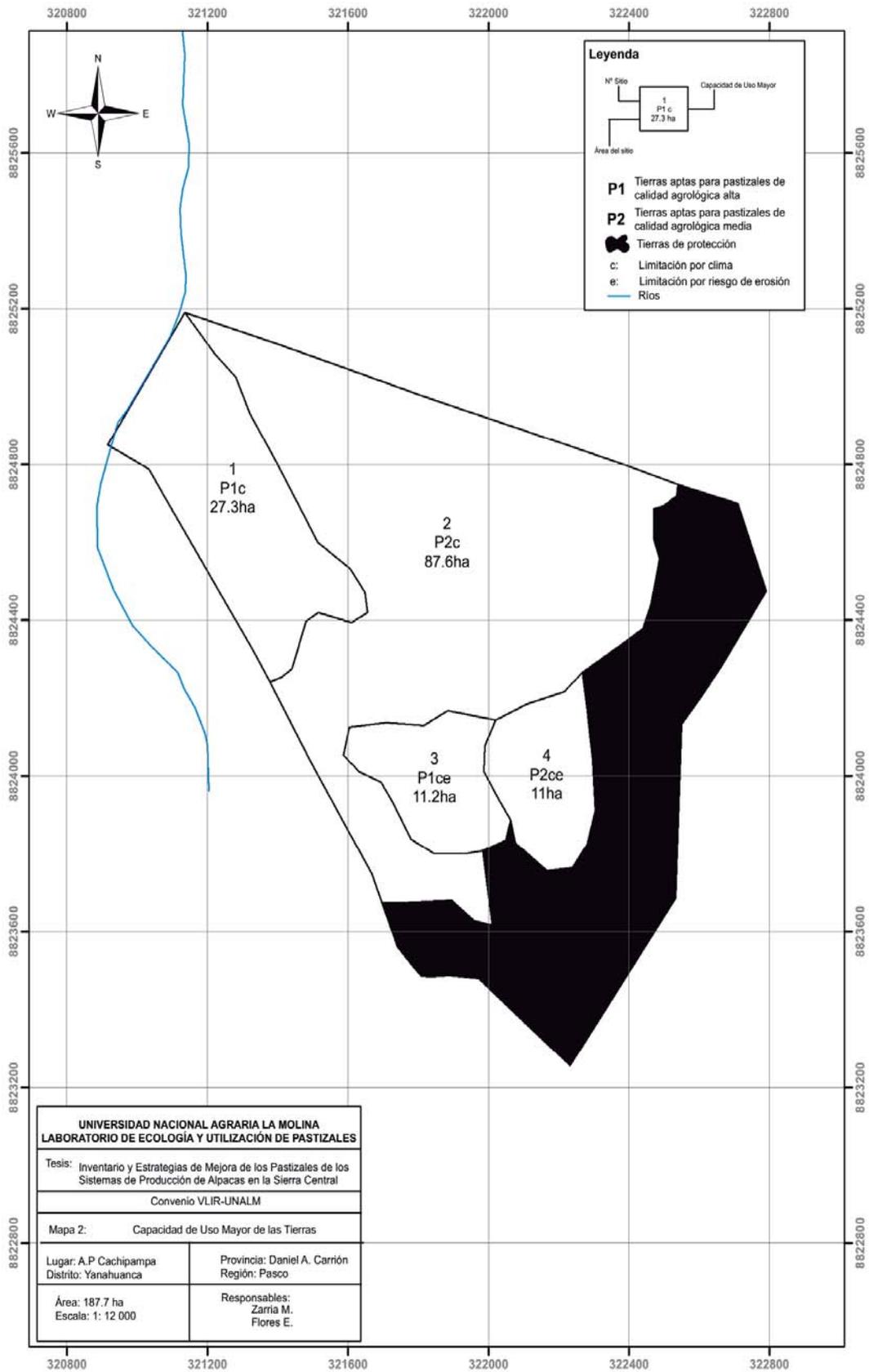
ANEXO 18: Prioridades de mejora de pastizales

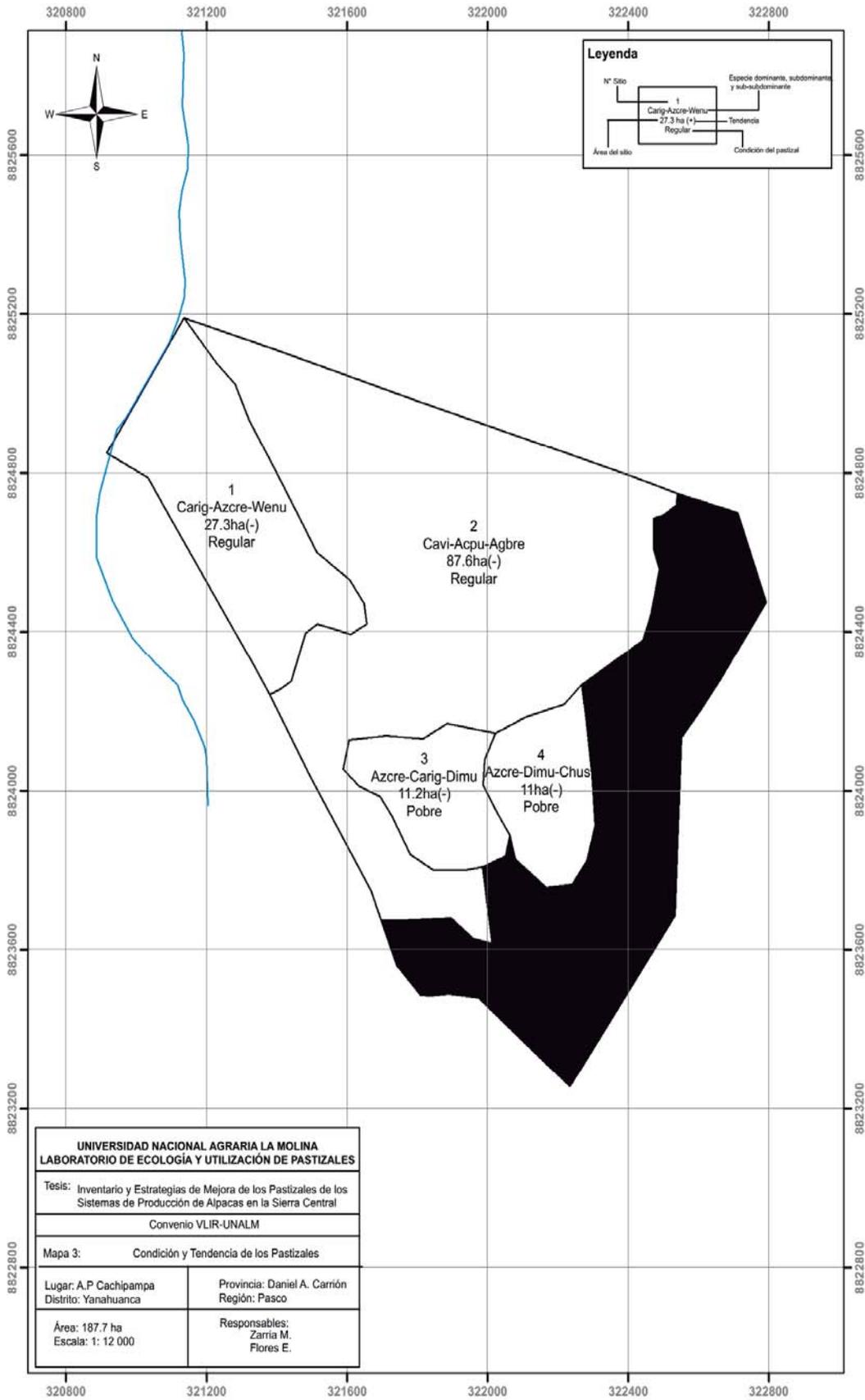
	Asociaciones de Productores		Granjas Comunales		Cooperativas Comunales	
	Sanjo	Cachipampa	Huayllay	Vicco	Racco	Yurajhuanca
Cercos para manejo de pastos	1	2	2	1	2	2
Proveyendo sistema de riego	2	3	3	3	1	3
Entresebrado treboles	5	5	5	5	4	4
Sembrando pastos	3	4	4	4	3	5
Capacitando al personal	4	1	1	2	4	1
Plan de explotación ganadera	-	-	-	-	5	-

ANEXO 19: Mapas de los sistemas de producción

Asociación de Productores Cachipampa







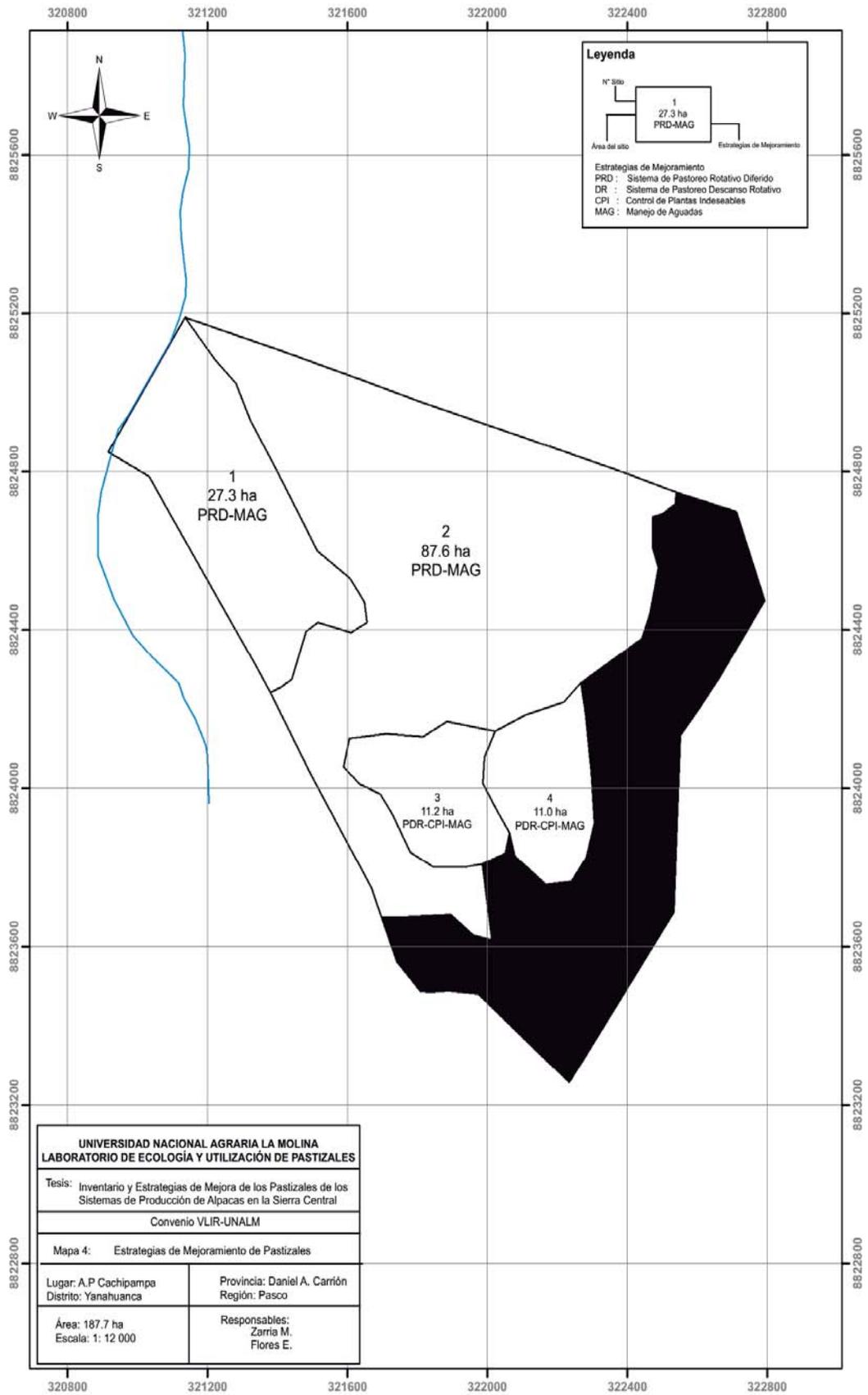
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

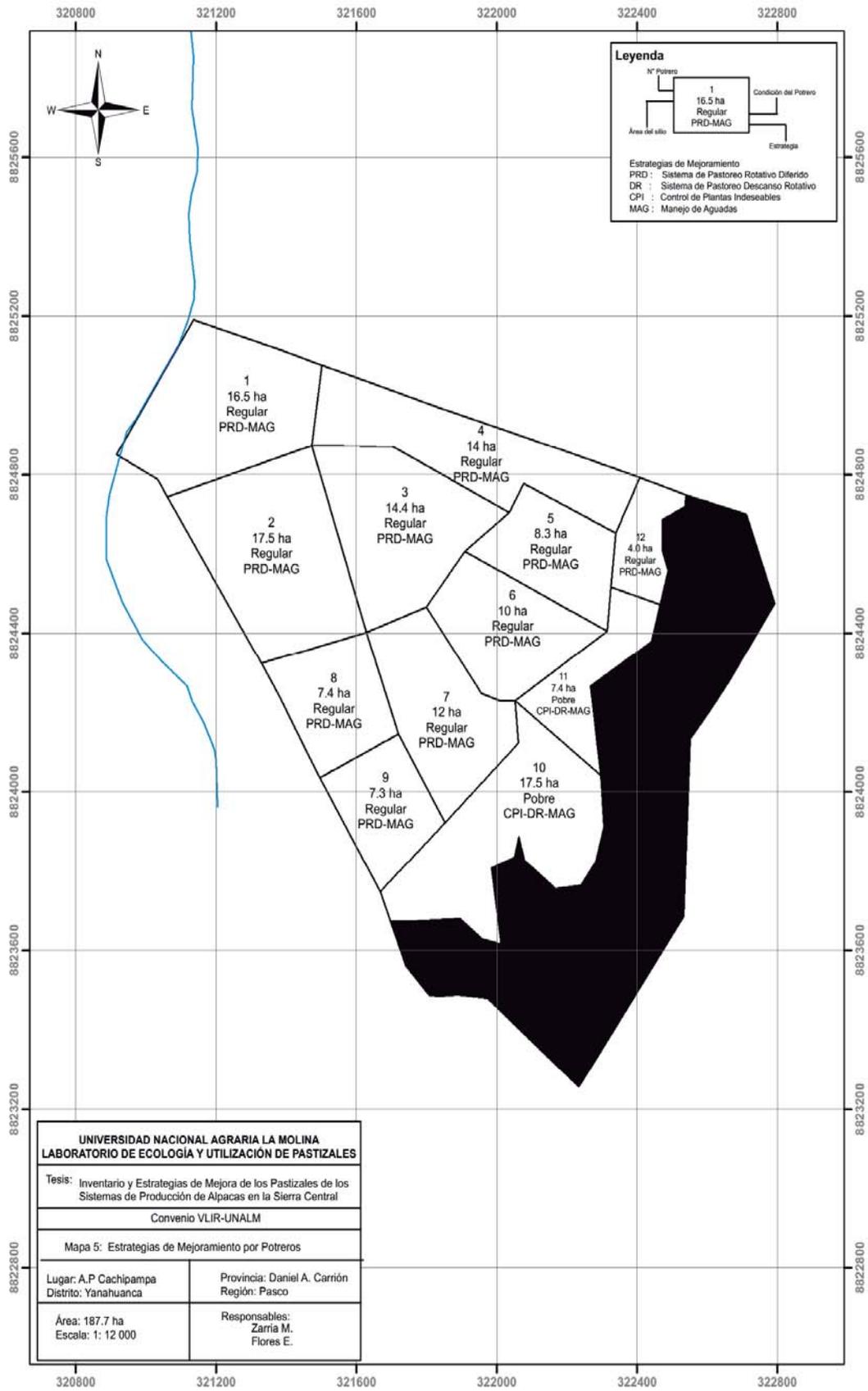
Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central

Convenio VLIR-UNALM

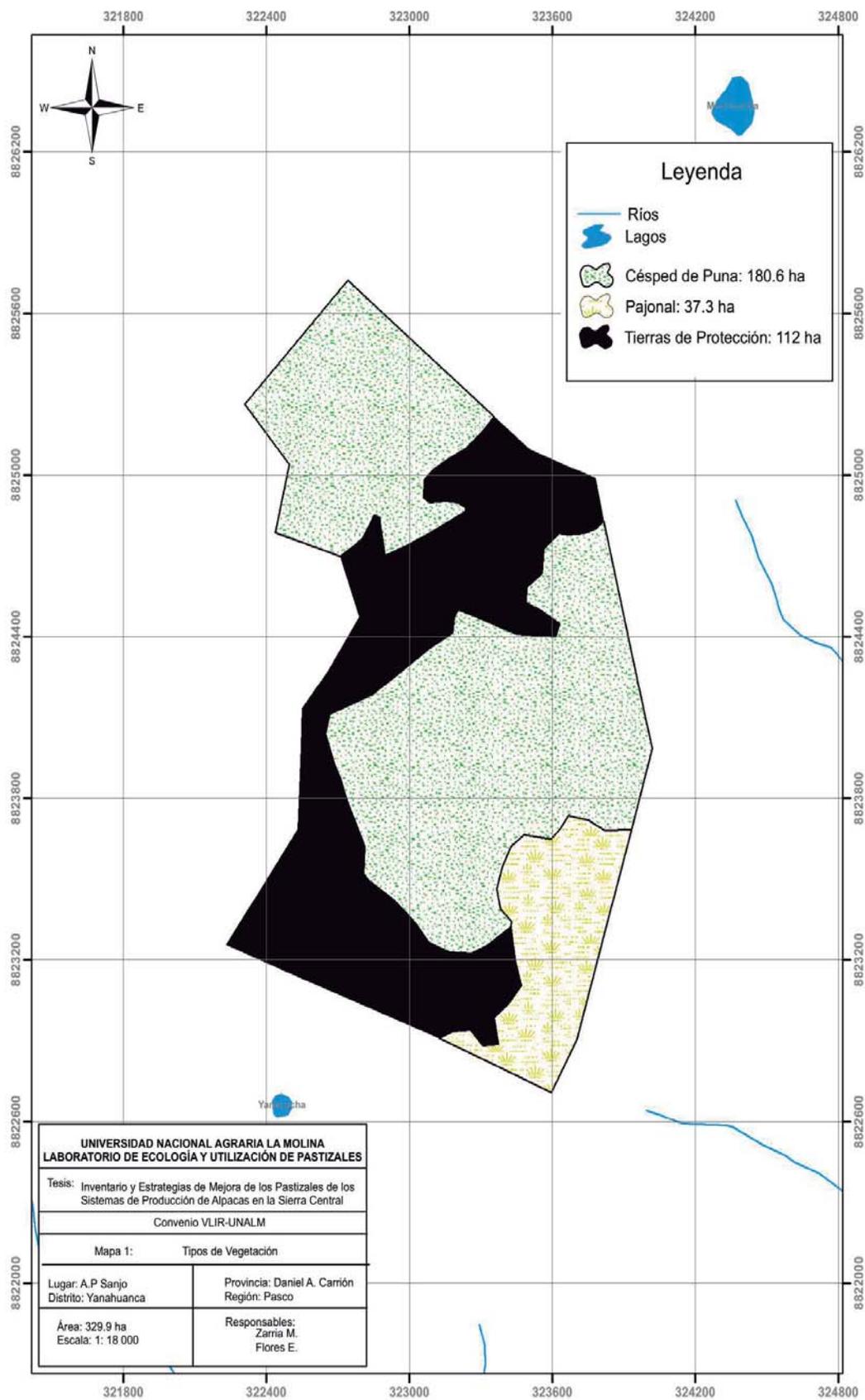
Mapa 3: Condición y Tendencia de los Pastizales

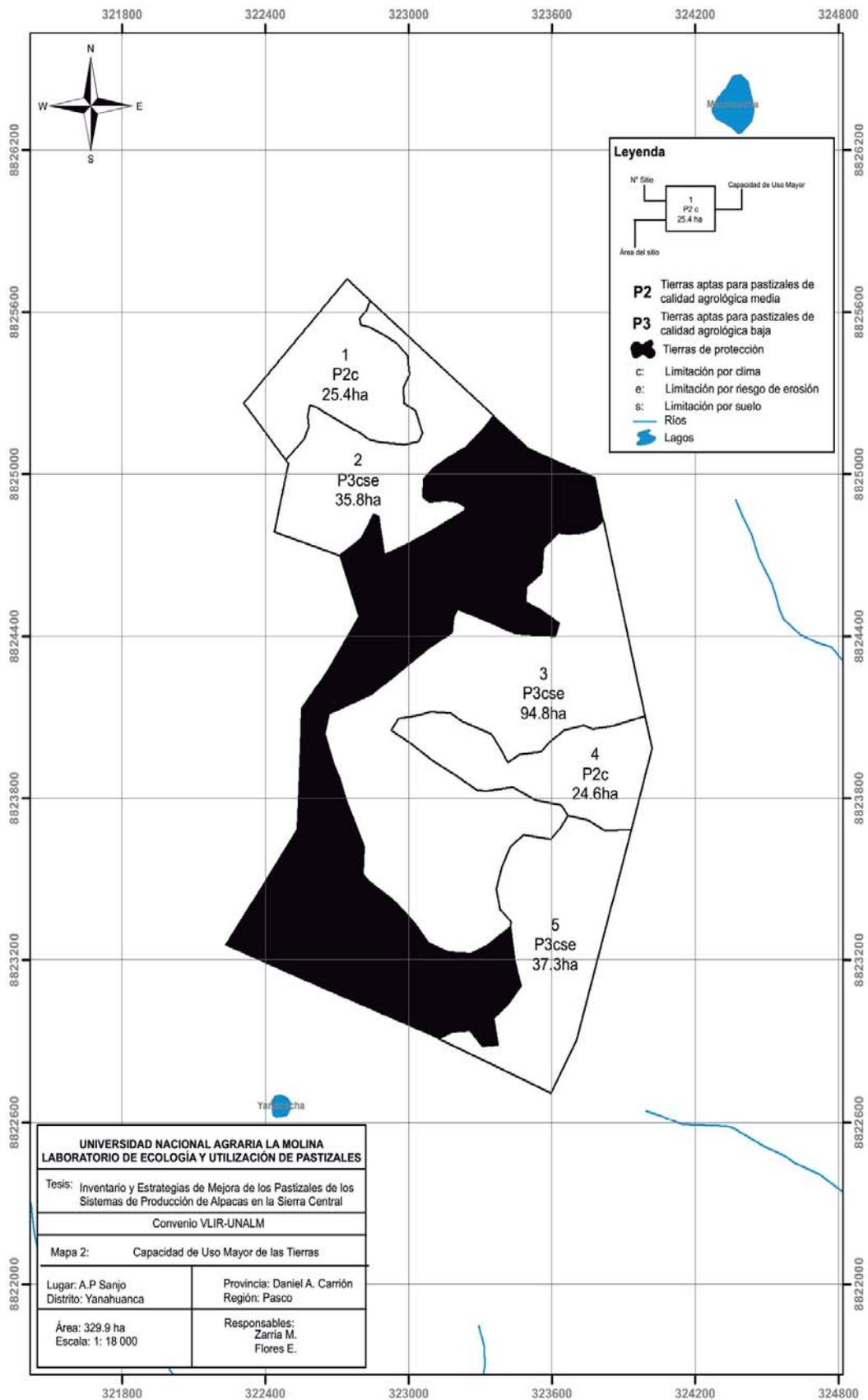
Lugar: A.P Cachipampa Distrito: Yanahuanca	Provincia: Daniel A. Carrión Región: Pasco
Área: 187.7 ha Escala: 1: 12 000	Responsables: Zarria M. Flores E.

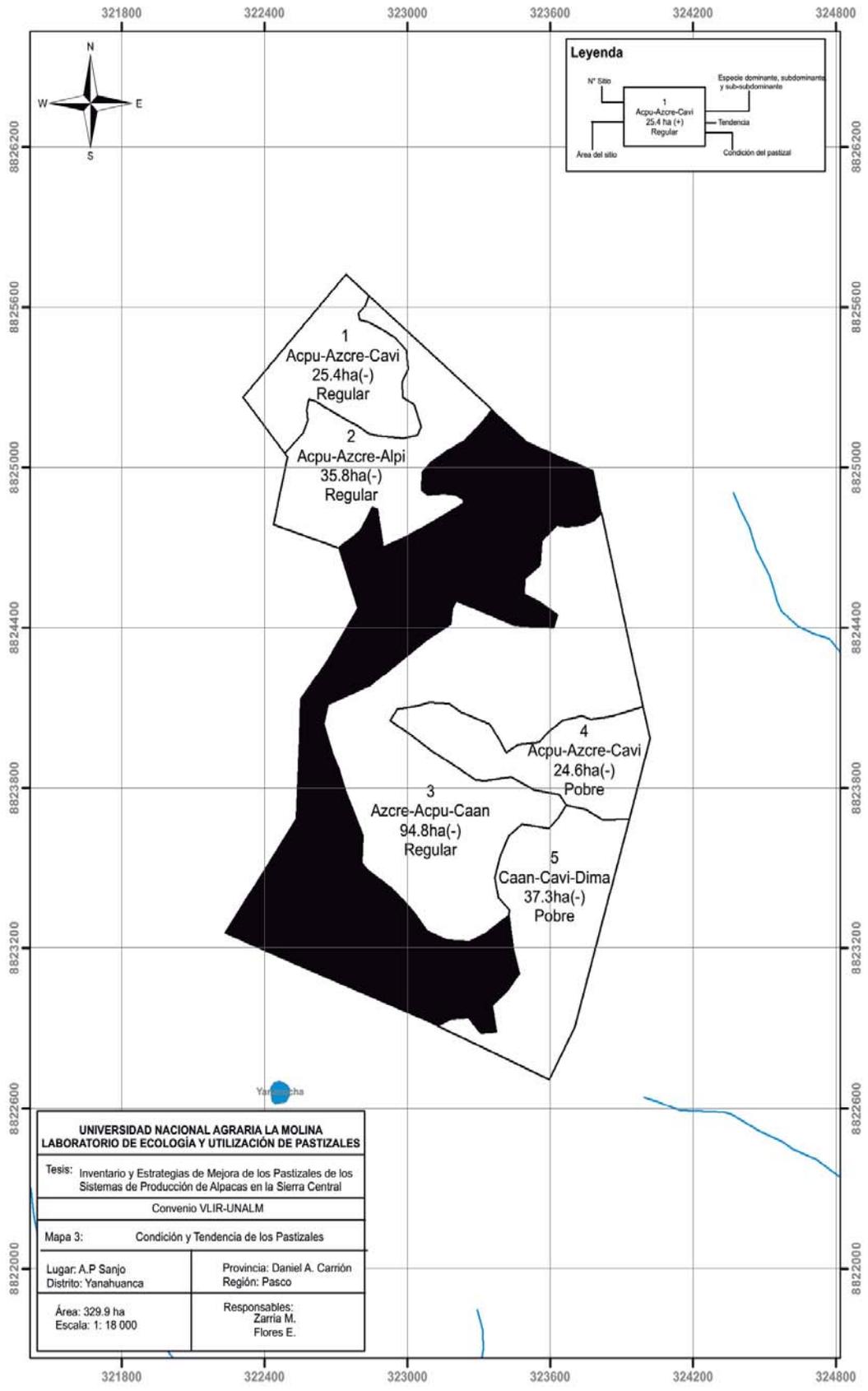


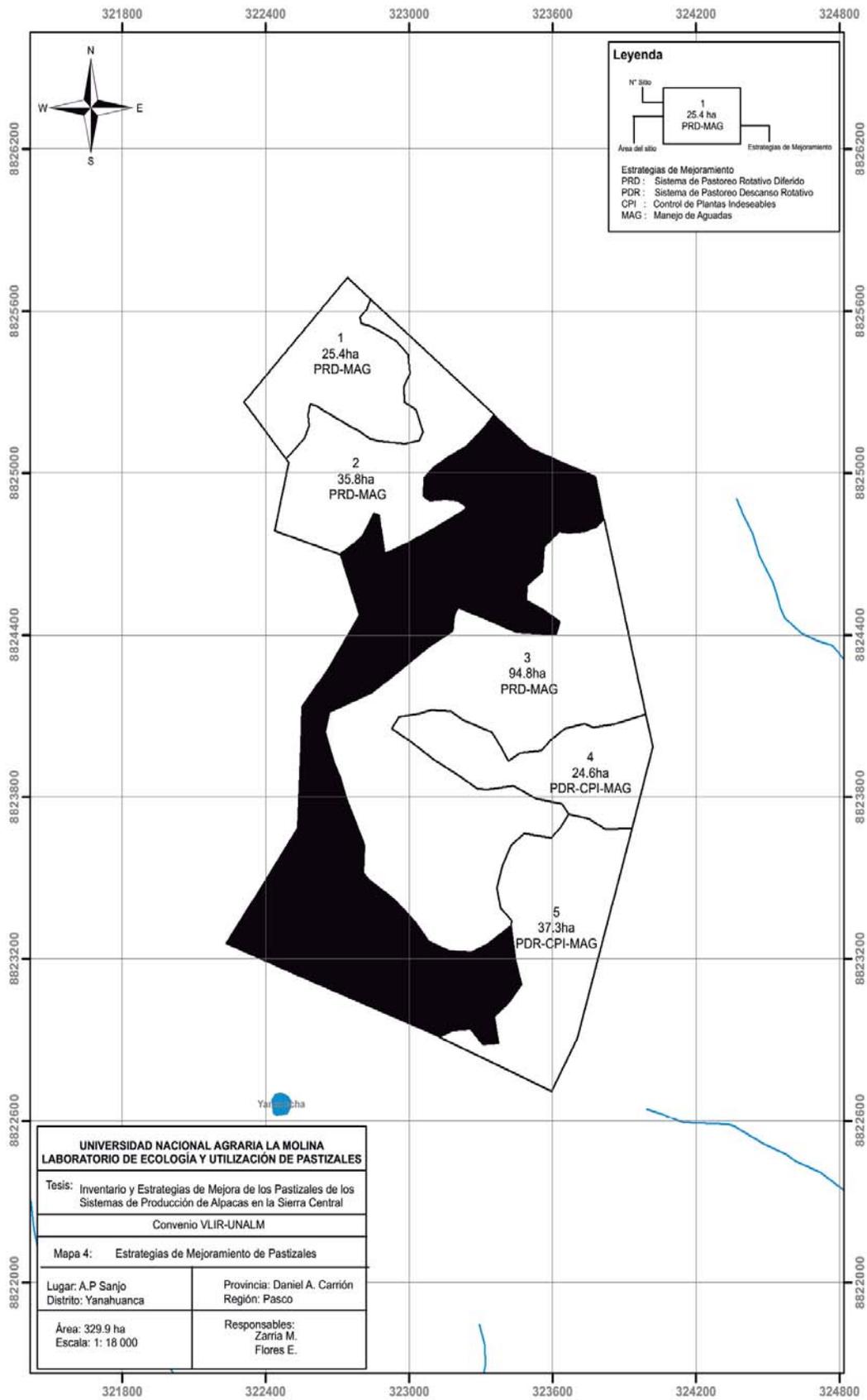


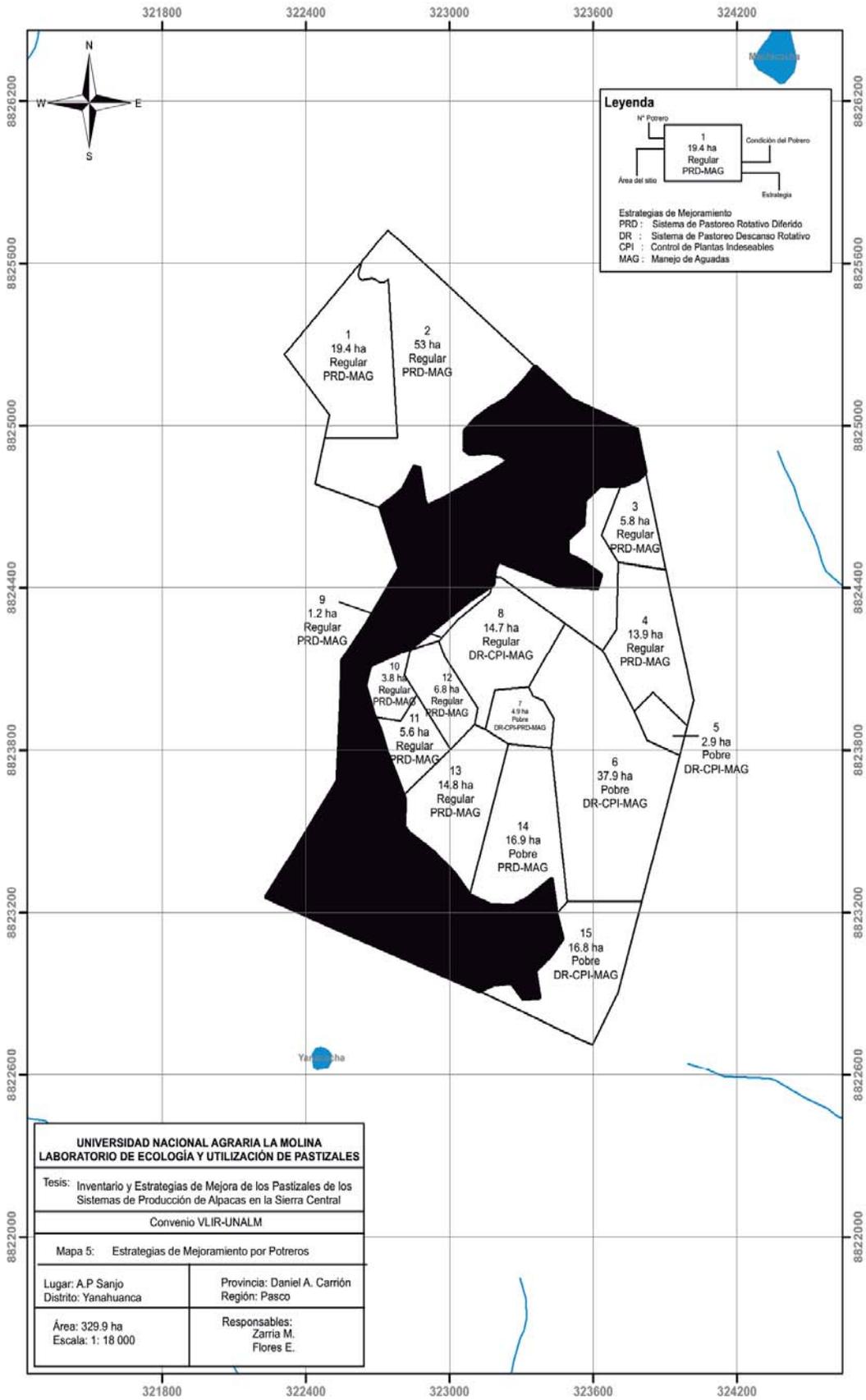
Asociación de Productores Sanjo



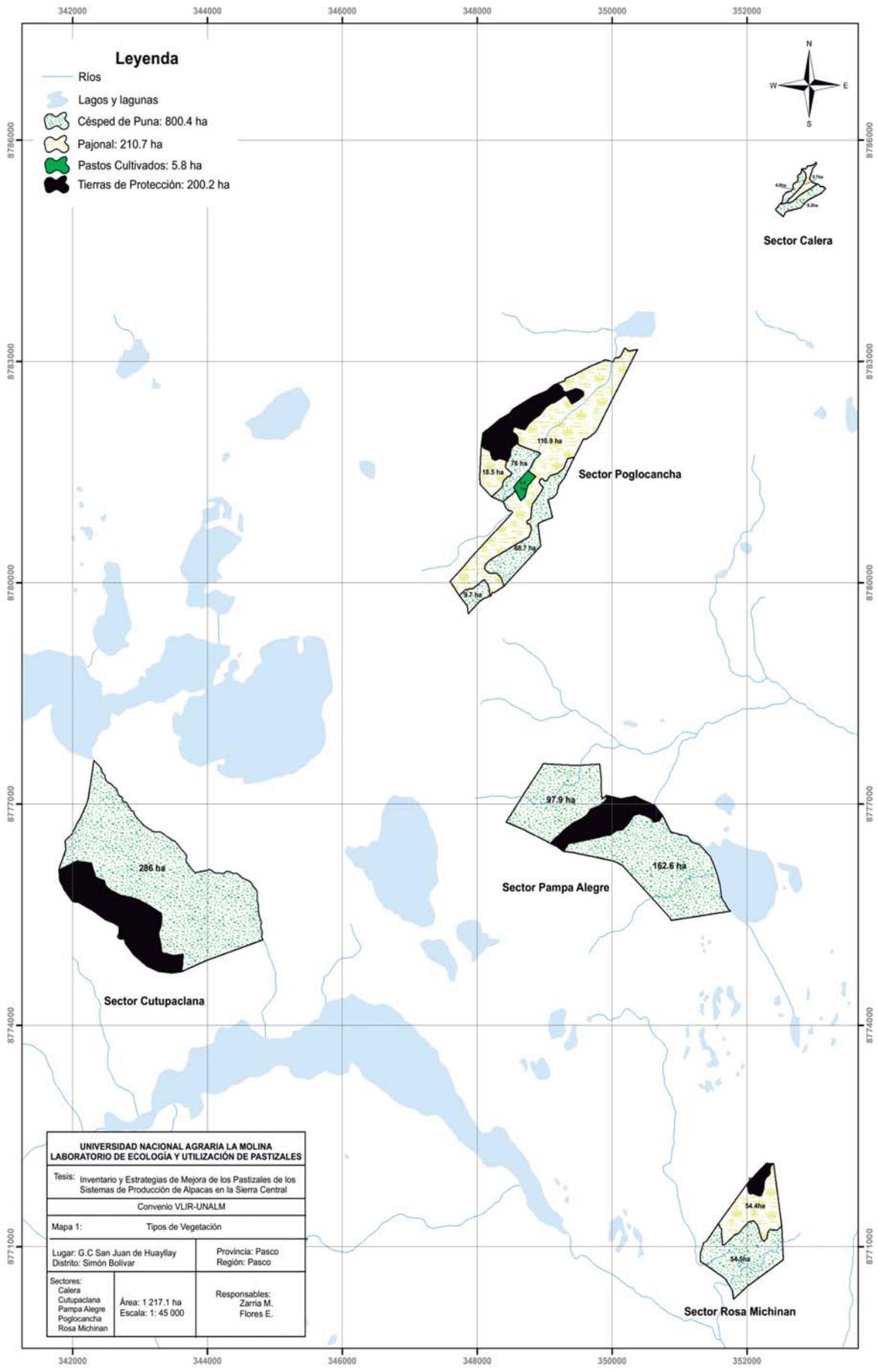


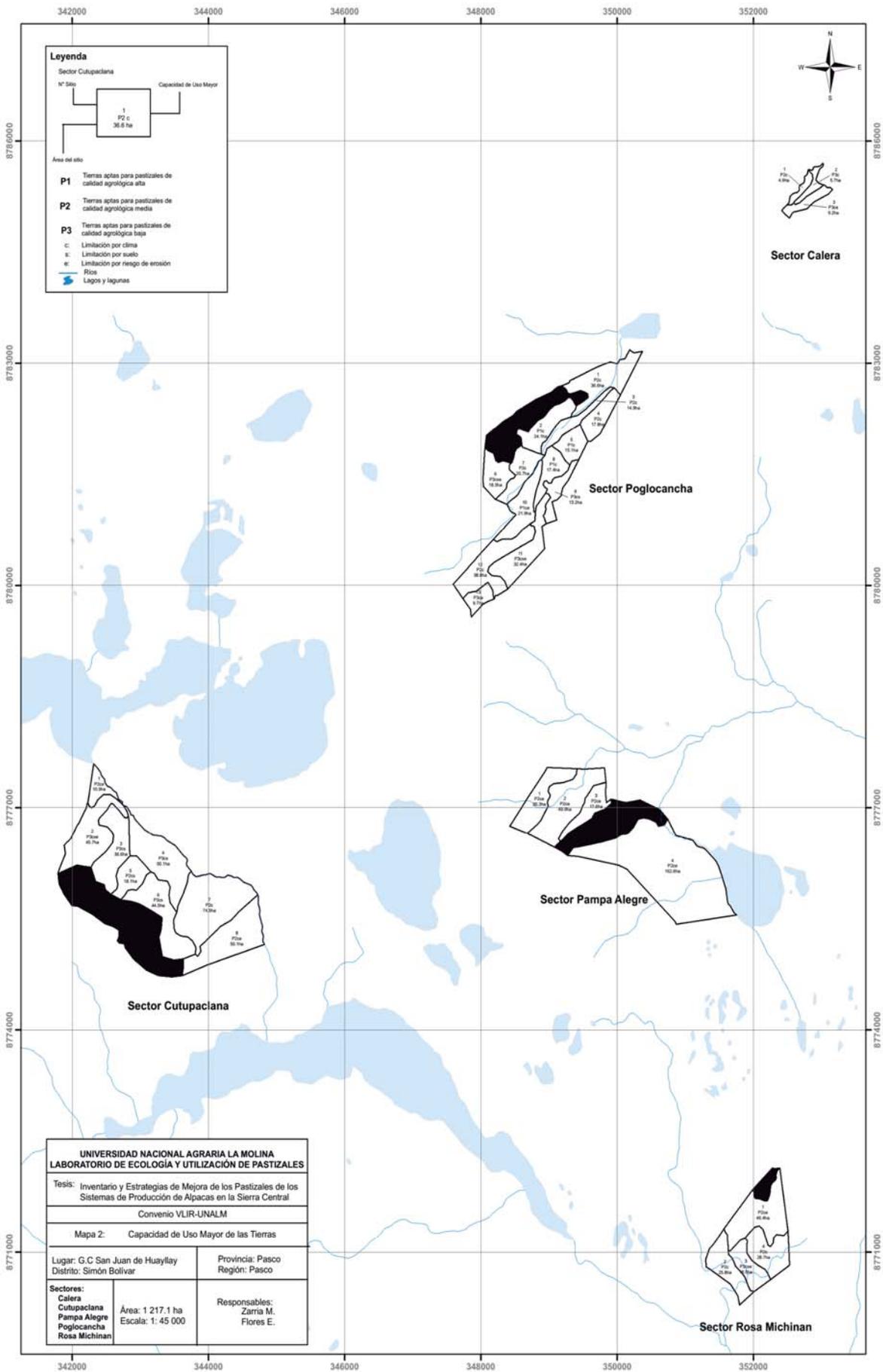






Granja Comunal Huayllay





Legenda

Sector Cutupaclana

N° Sitio

Capacidad de Uso Mayor

1 P2 c 36.8 ha

Área del sitio

P1 Tierras aptas para pastizales de calidad agrológica alta

P2 Tierras aptas para pastizales de calidad agrológica media

P3 Tierras aptas para pastizales de calidad agrológica baja

c Limitación por clima

e Limitación por suelo

r Limitación por riesgo de erosión

Ríos

Lagos y lagunas

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central

Convenio VLIR-UNALM

Mapa 2: Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

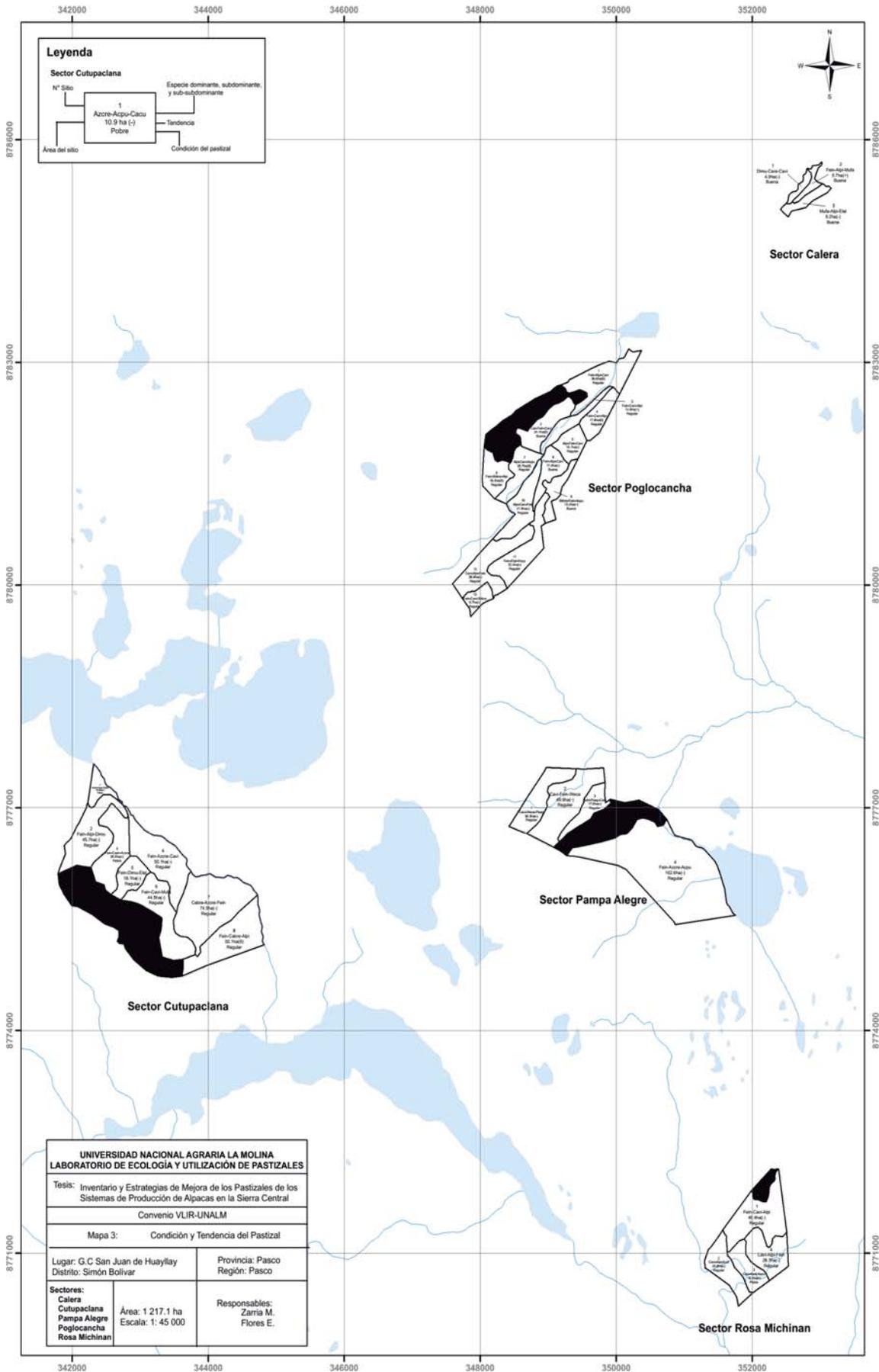
Lugar: G.C San Juan de Huayllay
 Distrito: Simón Bolívar

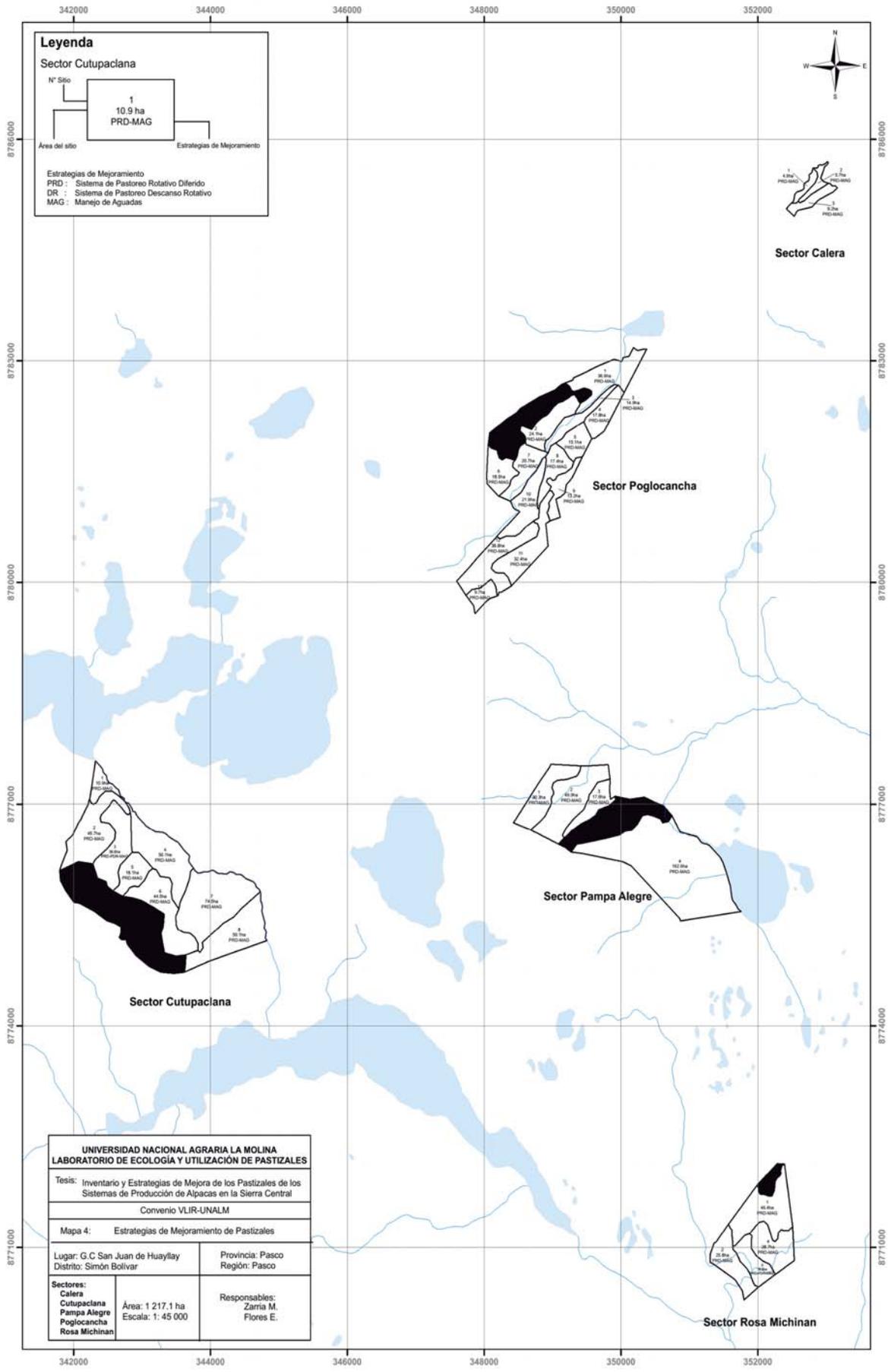
Provincia: Pasco
 Región: Pasco

Sectores:
 Calera
 Cutupaclana
 Pampa Alegre
 PoglocanCHA
 Rosa Michinan

Área: 1 217.1 ha
 Escala: 1: 45 000

Responsables:
 Zarría M.
 Flores E.





Leyenda

Sector Cutupaclana

N° Sño

10.9 ha
PRD-MAG

Área del sño

Estrategias de Mejoramiento

Estrategias de Mejoramiento
 PRD : Sistema de Pastoreo Rotativo Diferido
 DR : Sistema de Pastoreo Descanso Rotativo
 MAG : Manejo de Aguadas

Sector Calera

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central

Convenio VLIR-UNALM

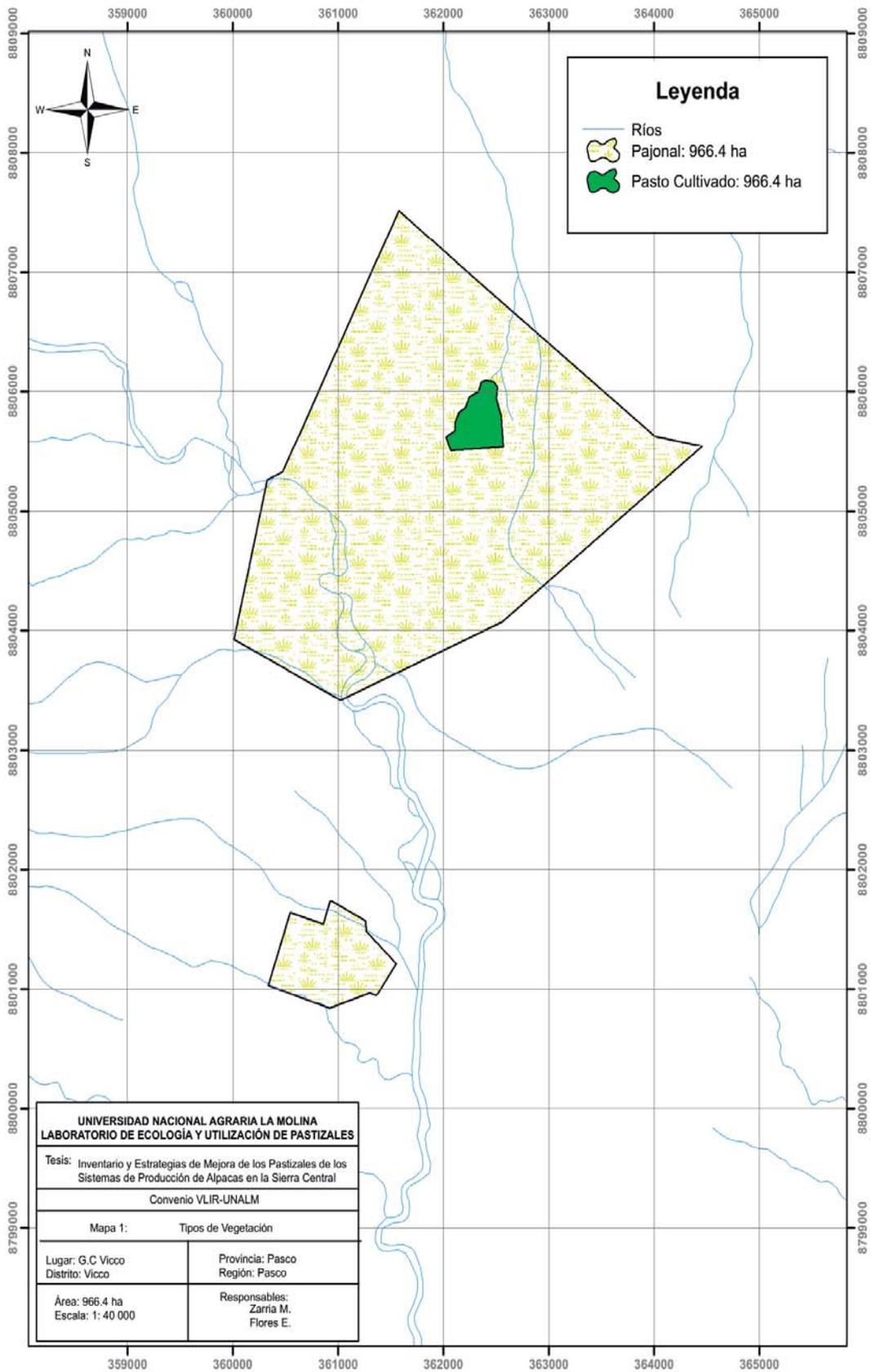
Mapa 4: Estrategias de Mejoramiento de Pastizales

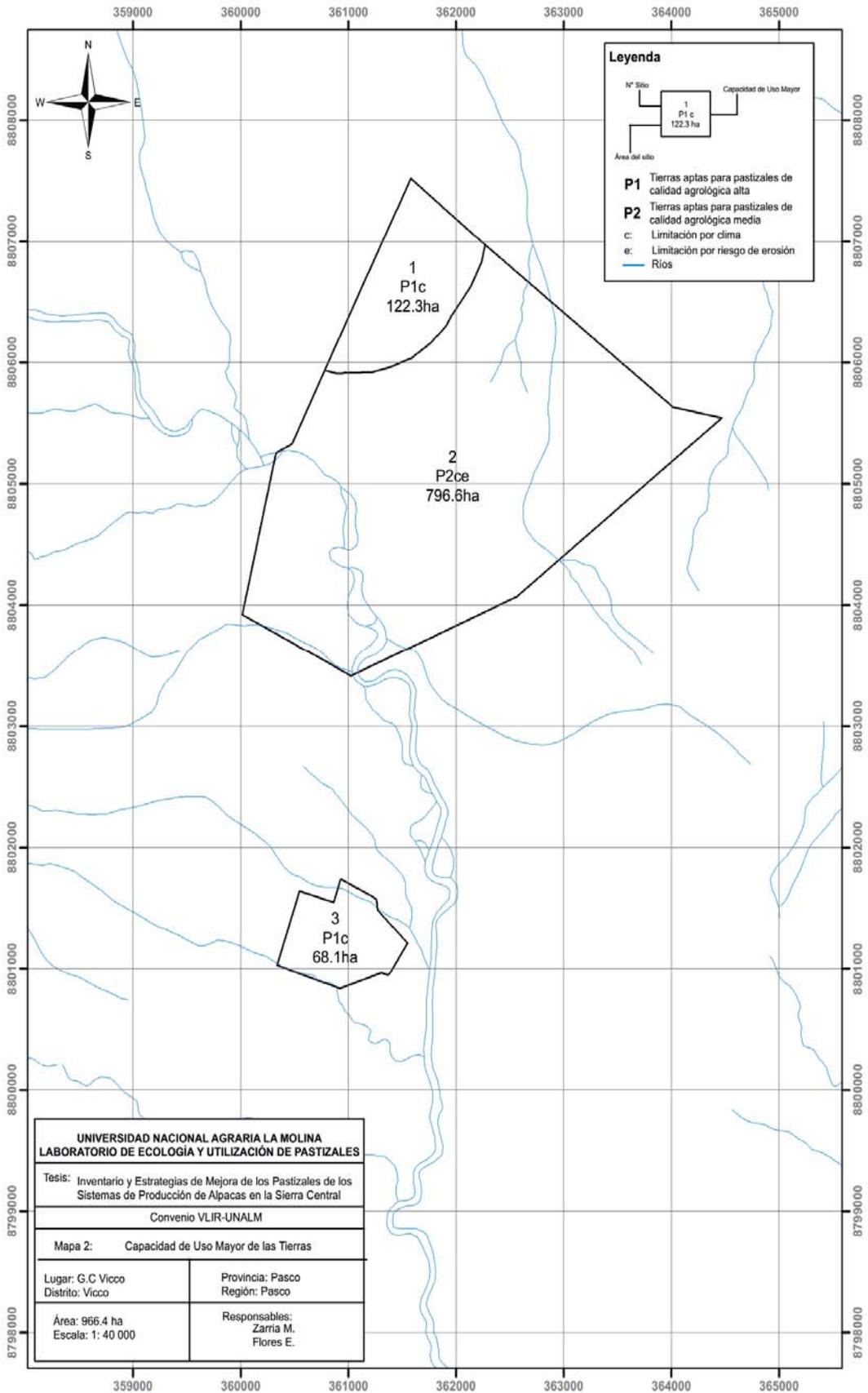
Lugar: G.C San Juan de Huayllay	Provincia: Pasco
Distrito: Simón Bolívar	Región: Pasco
Sectores: Calera Cutupaclana Pampa Alegre Poglocancho Rosa Michinan	Responsables: Zarria M. Flores E.

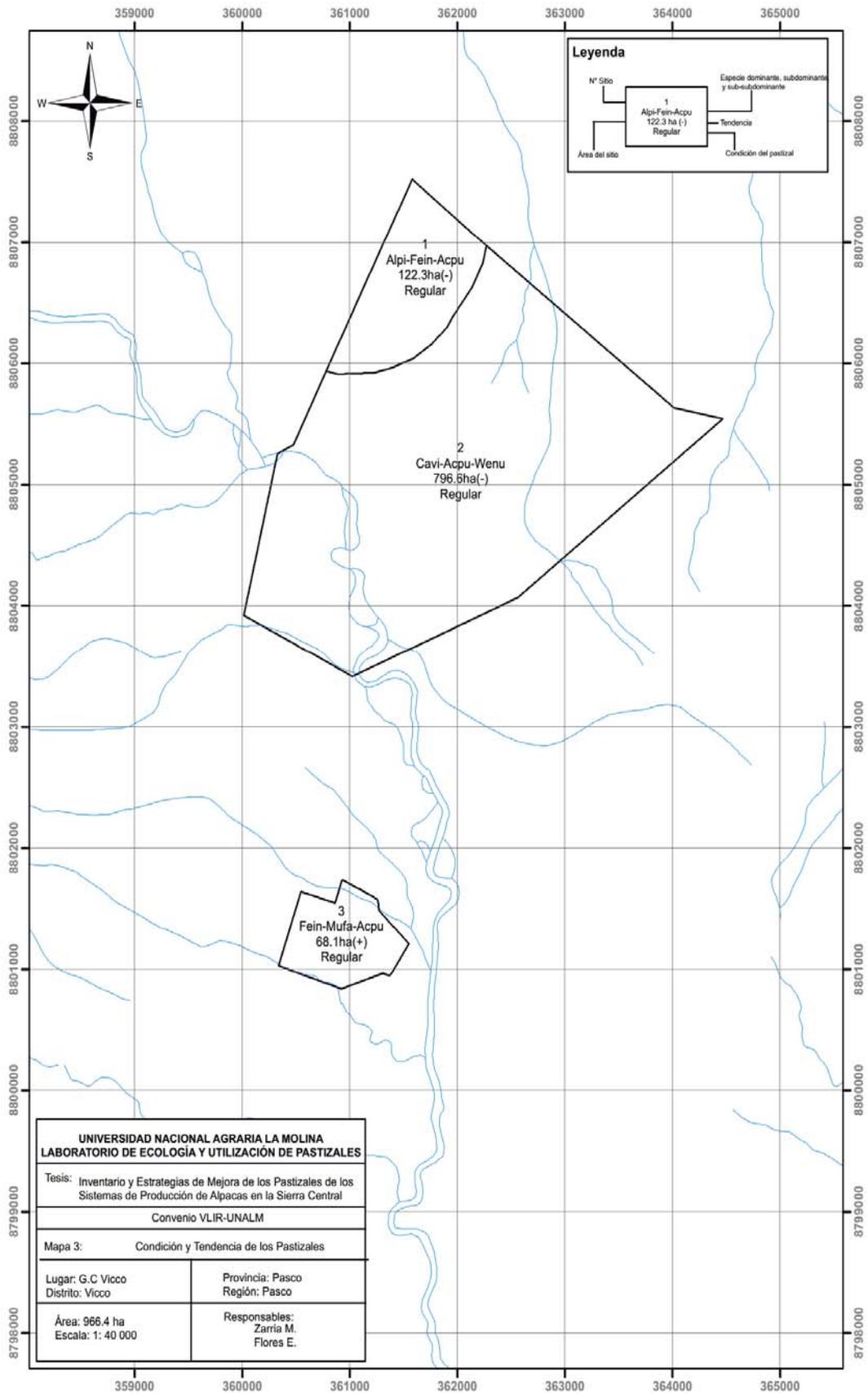
Área: 1 217,1 ha
Escala: 1: 45 000

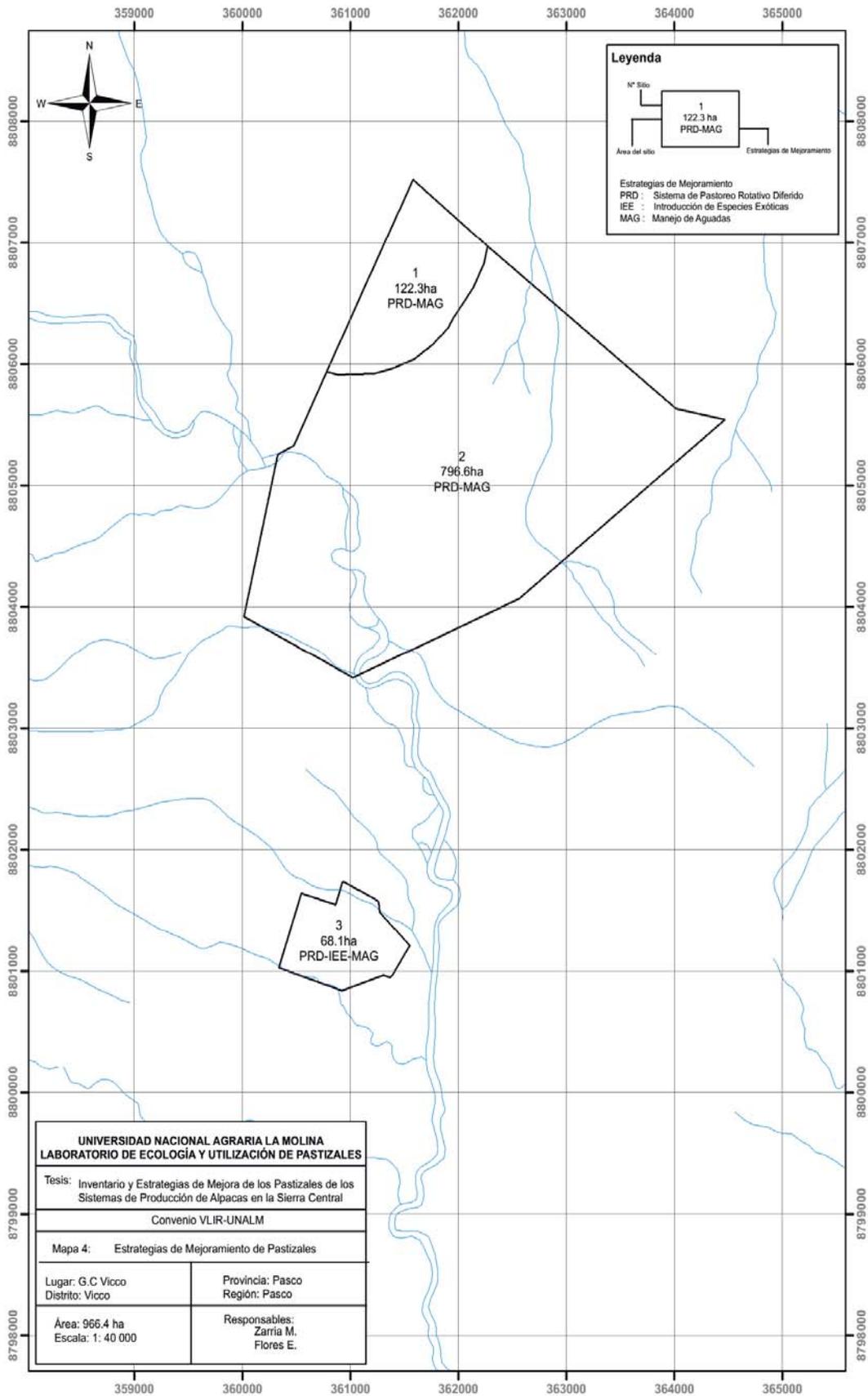


Granja Comunal Vicco

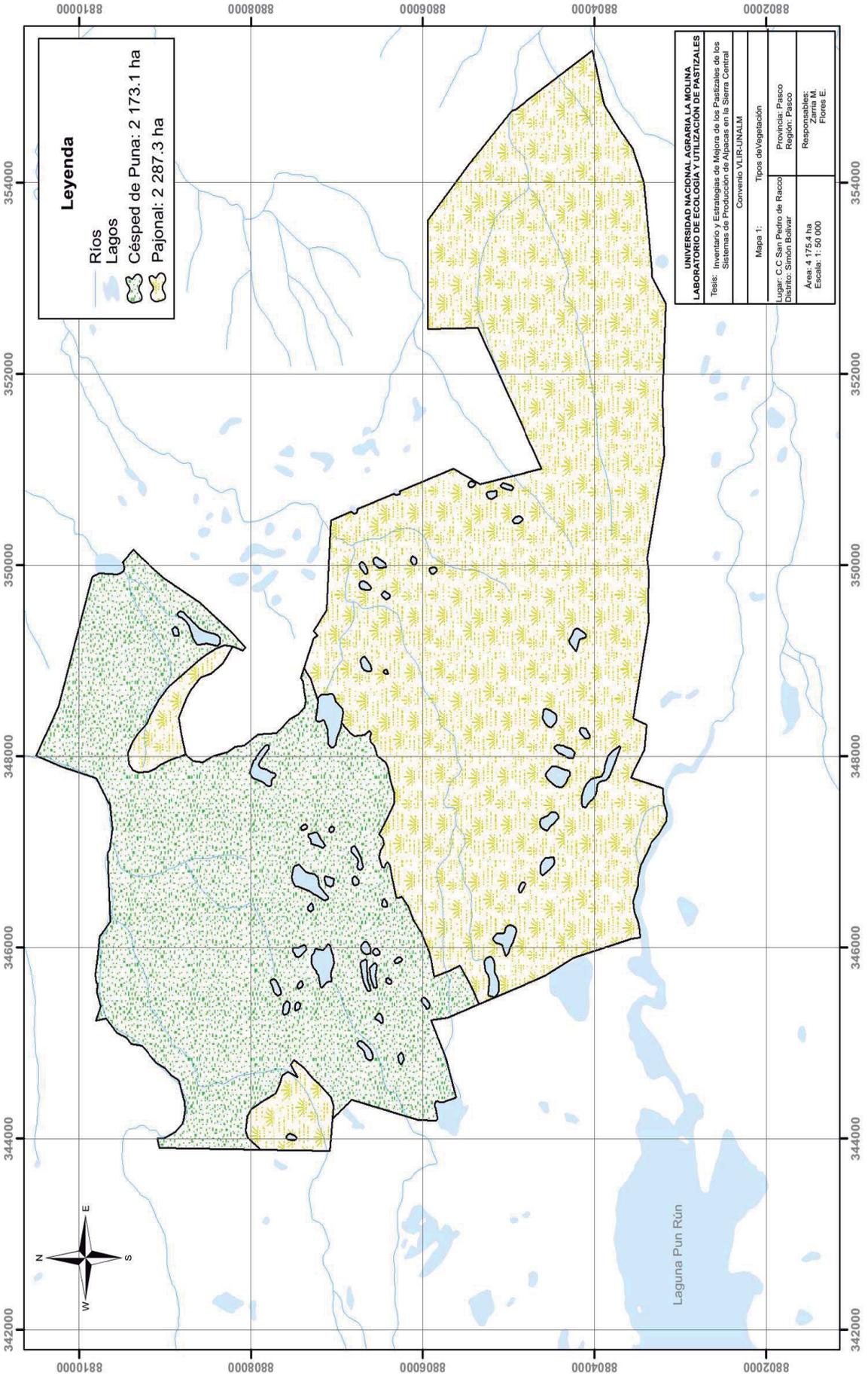








Cooperativa Comunal San Pedro de Racco



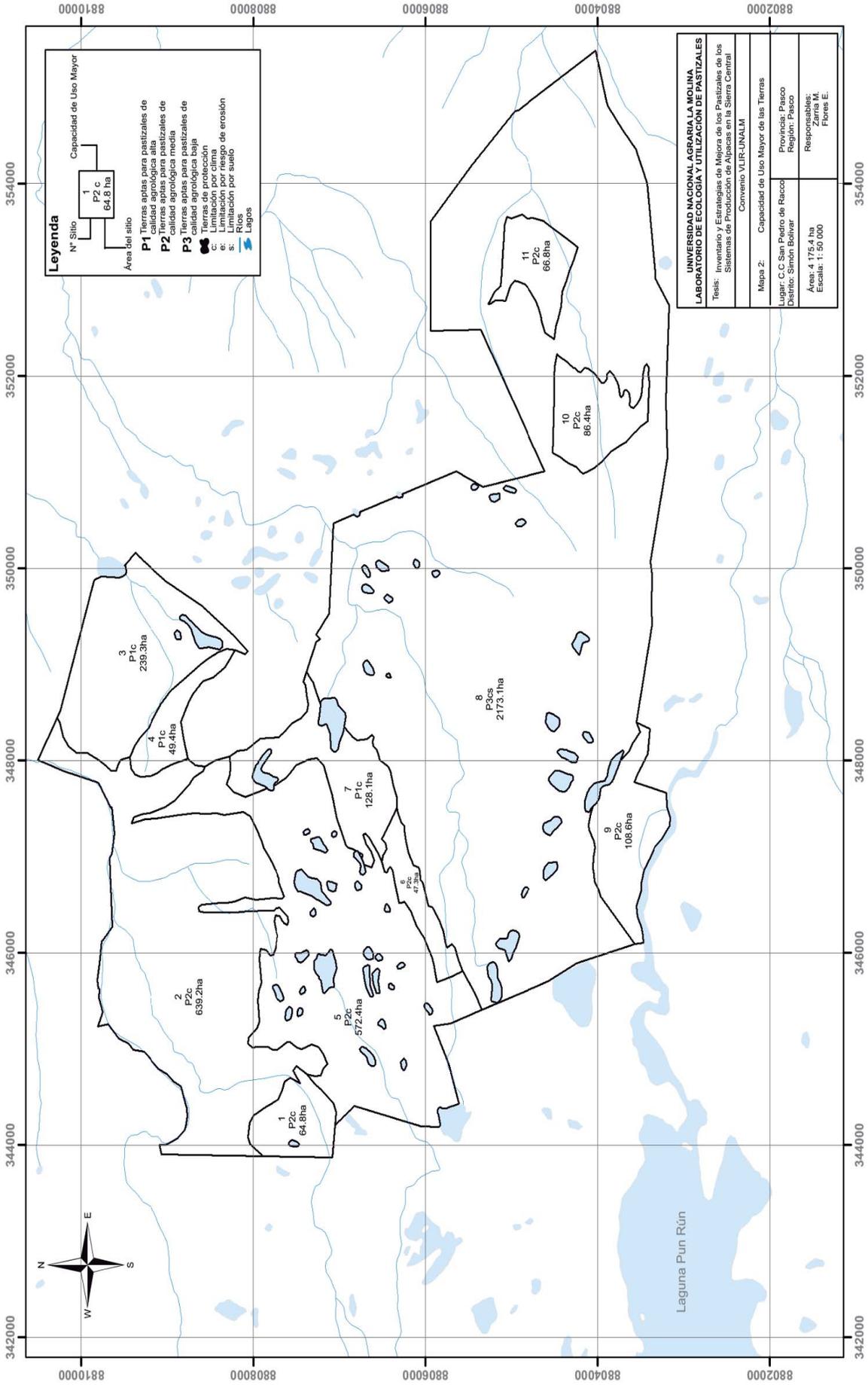
Leyenda

- Ríos
- Lagos
- Césped de Puna: 2 173.1 ha
- Pajonal: 2 287.3 ha

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES
 Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los
 Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central
 Convenio VLIR/UNALM

Mapa 1: Tipos de Vegetación

Lugar: C.C San Pedro de Raoco	Provincia: Pasco
Distrito: Simón Bolívar	Región: Pasco
Responsables: Zarria M. Flores E.	
Área: 4 175.4 ha	
Escala: 1: 50 000	



Leyenda

N° Sitio: 1
 Capacidad de Uso Mayor: P2c
 Área del sitio: 64.8 ha

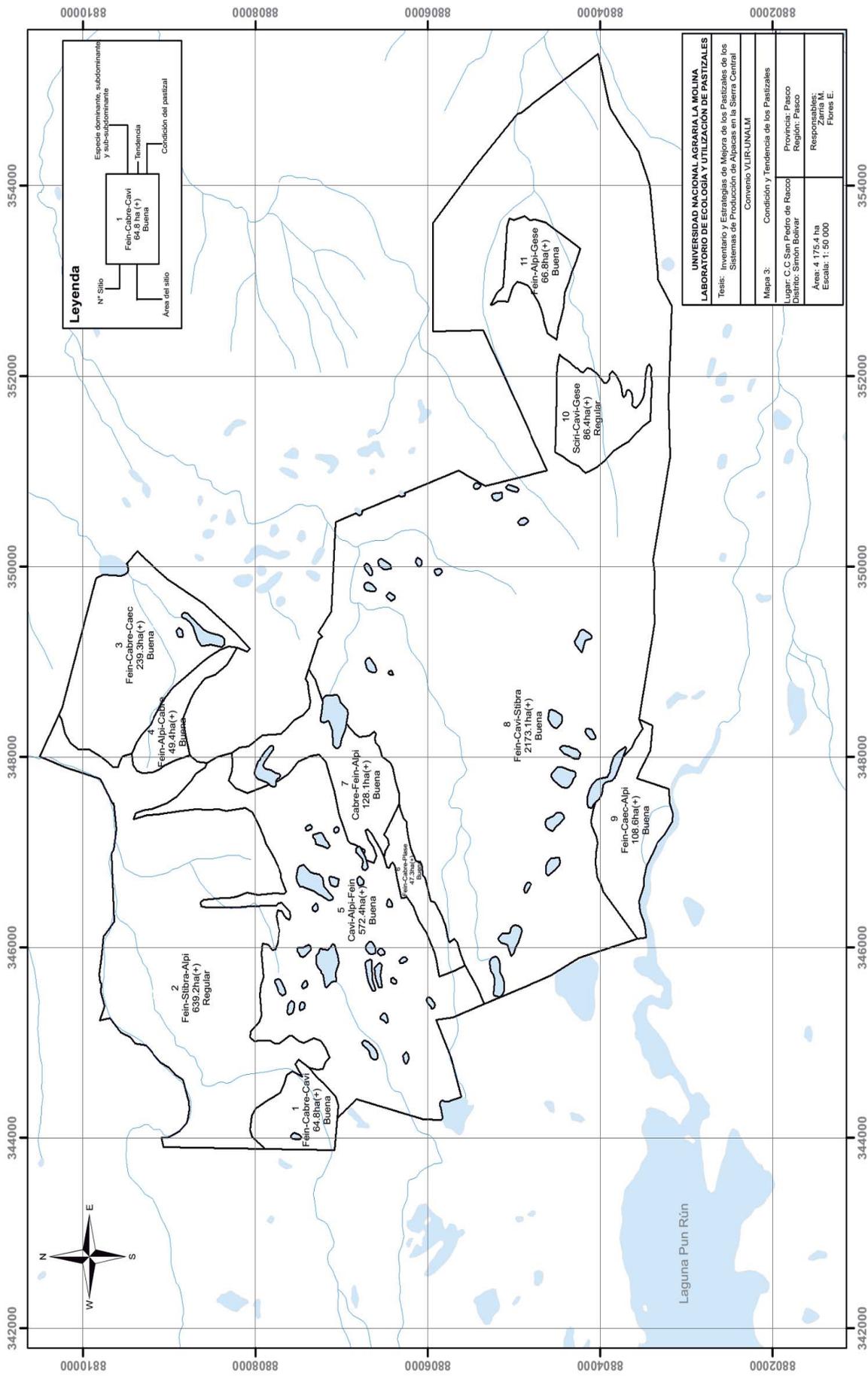
P1 Tierras aptas para pastizales de calidad agrícola alta
P2 Tierras aptas para pastizales de calidad agrícola media
P3 Tierras aptas para pastizales de calidad agrícola baja
C: Tierras de protección
e: Limitación por clima
s: Limitación por riesgo de erosión
r: Ríos
l: Lagos

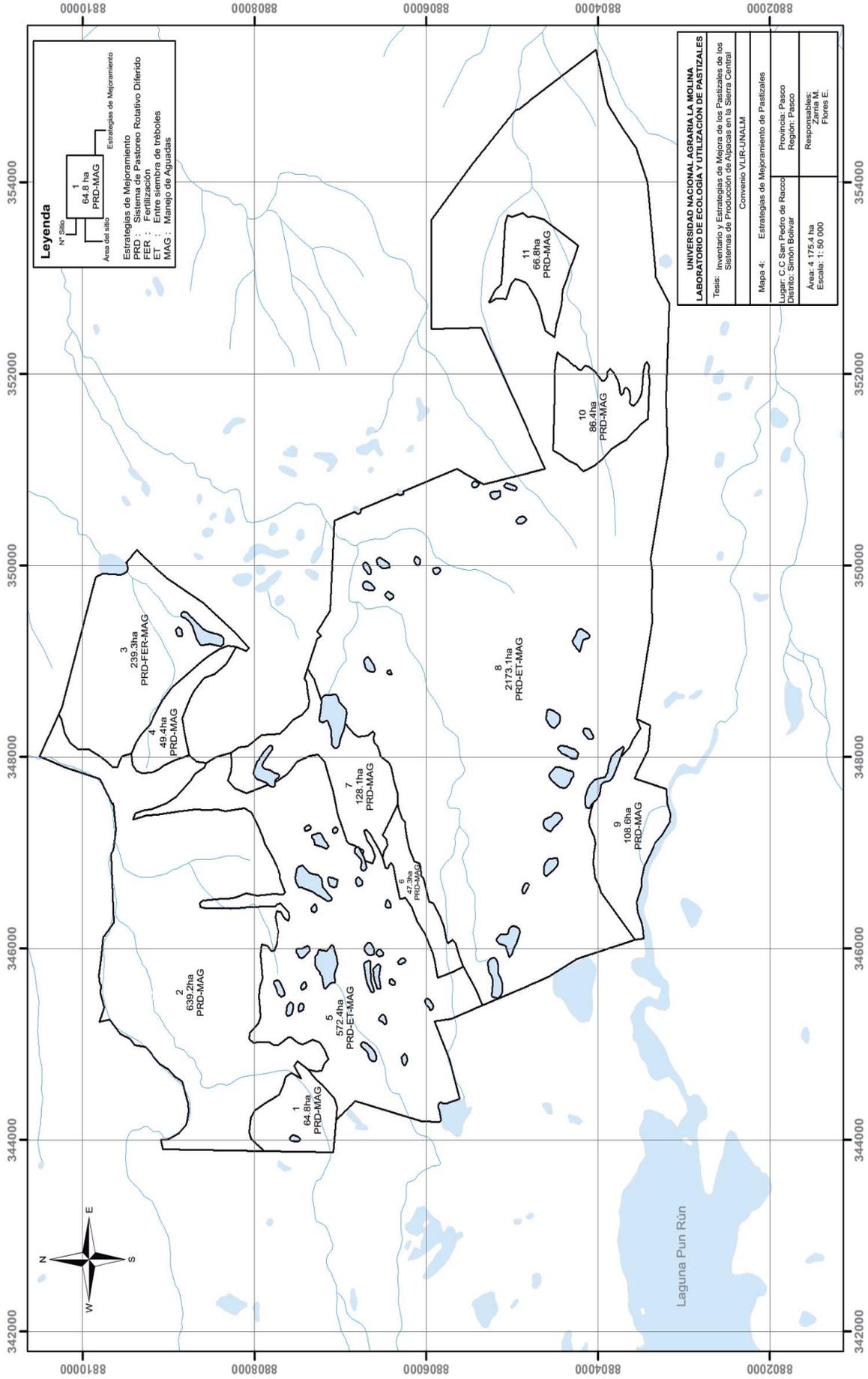
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central
 Convenio VLIR-UNALM

Mapa 2: Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

Lugar: C.C. San Pedro de Recoc	Provincia: Pasco
Distrito: Simón Bolívar	Región: Pasco
Área: 4 175.4 ha	Responsables: Zurita M. Flores E.
Escala: 1: 50 000	





Leyenda

N° Sitio: 1
 Área del sitio: 64.8 ha
 PRD-MAG

Estrategias de Mejoramiento

PRD : Sistema de Pastoreo Relativo Diferido
 FER : Fertilización
 ET : Estrategia de tálboles
 MAG : Manejo de Aguadas

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

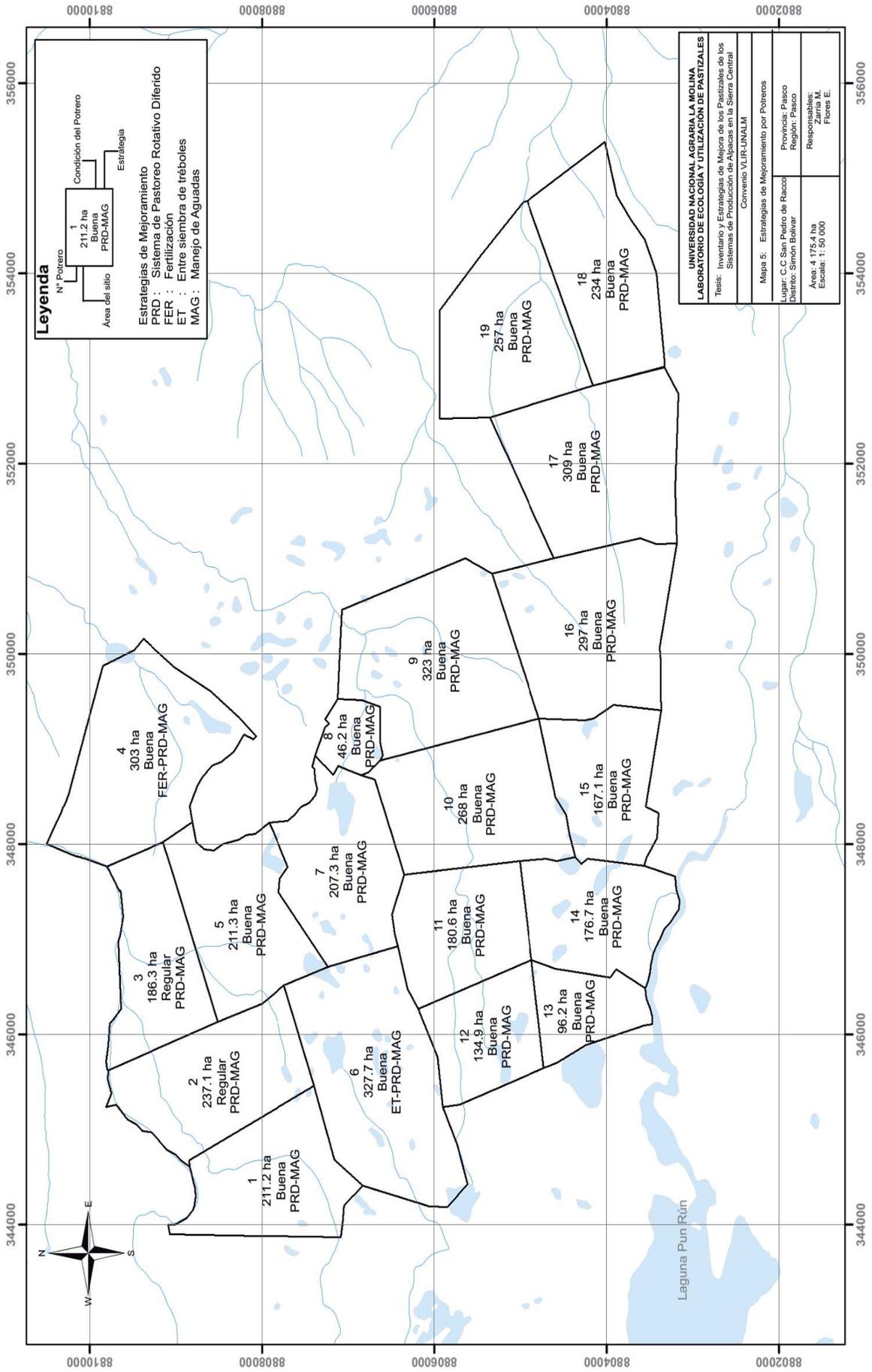
Tesis: Inventario y Estrategias de Manejo de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central

Mapa 4: Estrategias de Mejoramiento de Pastizales

Lugar: C.C San Pedro de Racoc
 Distrito: Simón Bolívar
 Provincia: Pasco
 Región: Pasco

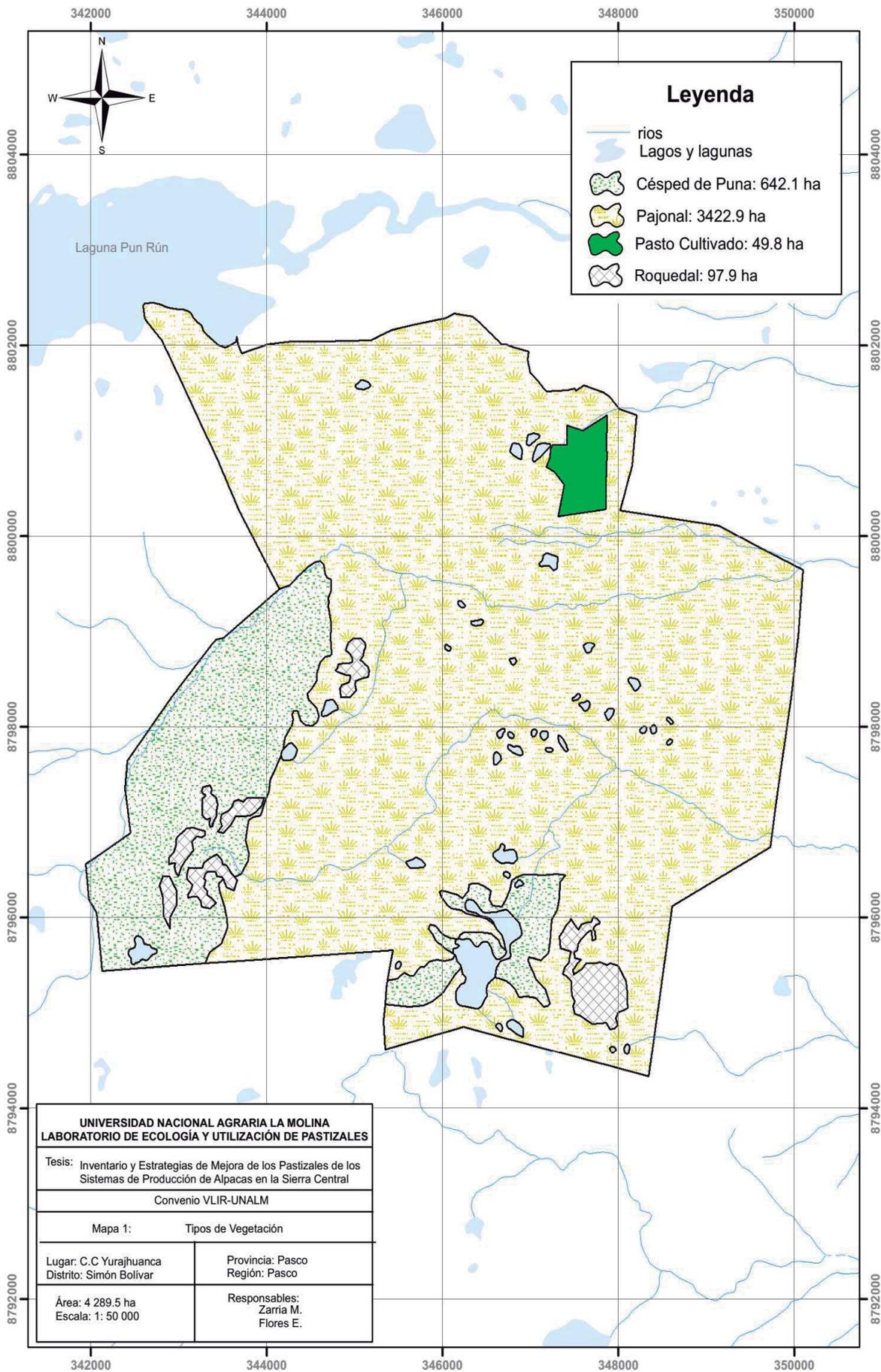
Responsables:
 Armas M.
 Flores E.

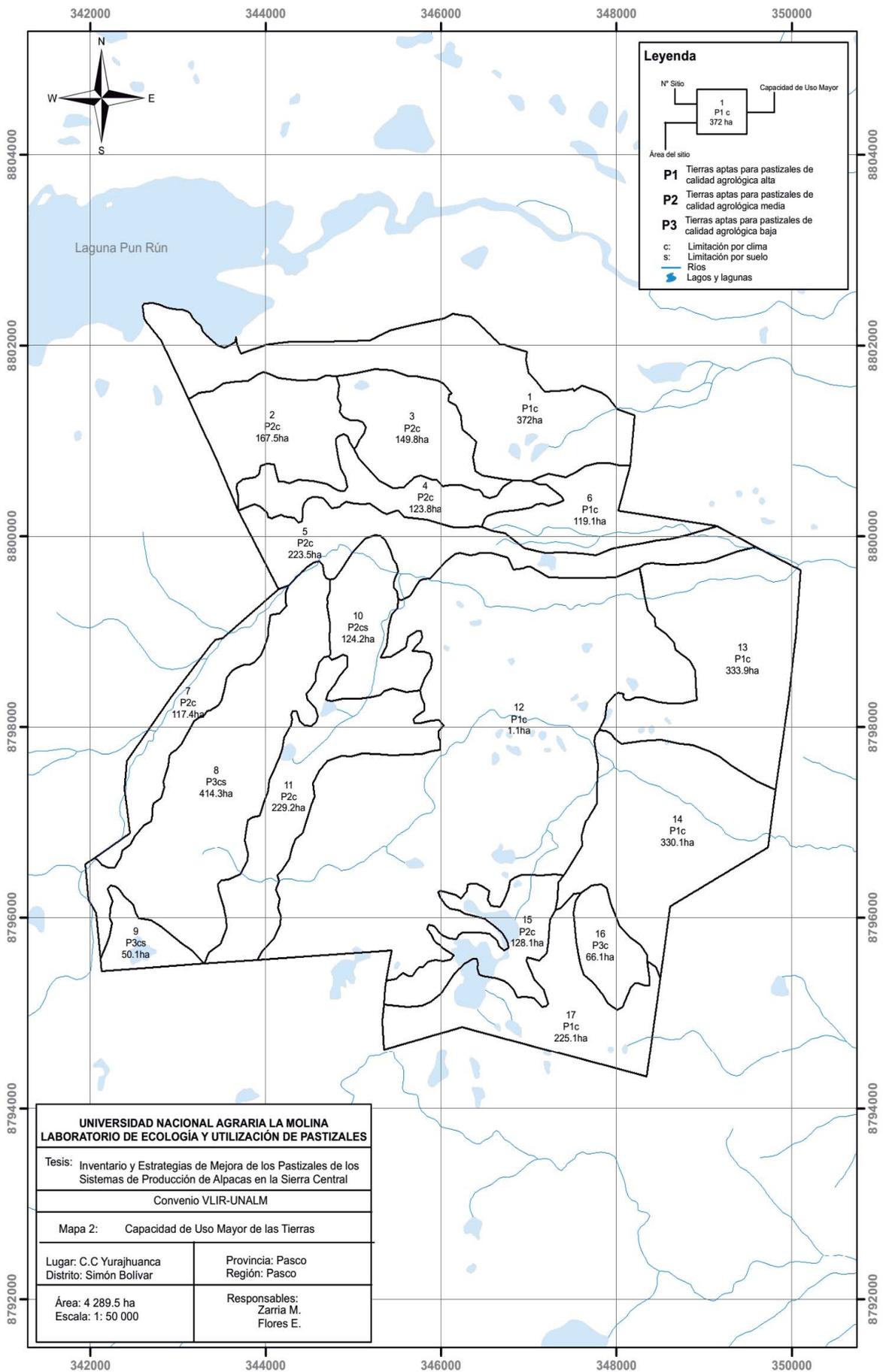
Área: 4 175.4 ha
 Escala: 1: 50 000



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES
 Tesis: Inventario y Estrategias de Mejoramiento de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central
 Convento VLR-JUNALAM
 Mapa 5: Estrategias de Mejoramiento por Pasteros
 Lugar: C.C. San Pedro de Raico
 Distrito: Simón Bolívar
 Provincia: Pasco
 Región: Pasco
 Responsables:
 Zama M.
 Flores E.
 Área: 4 175.4 ha
 Escala: 1: 50 000

Cooperativa Comunal Yurajhuanca





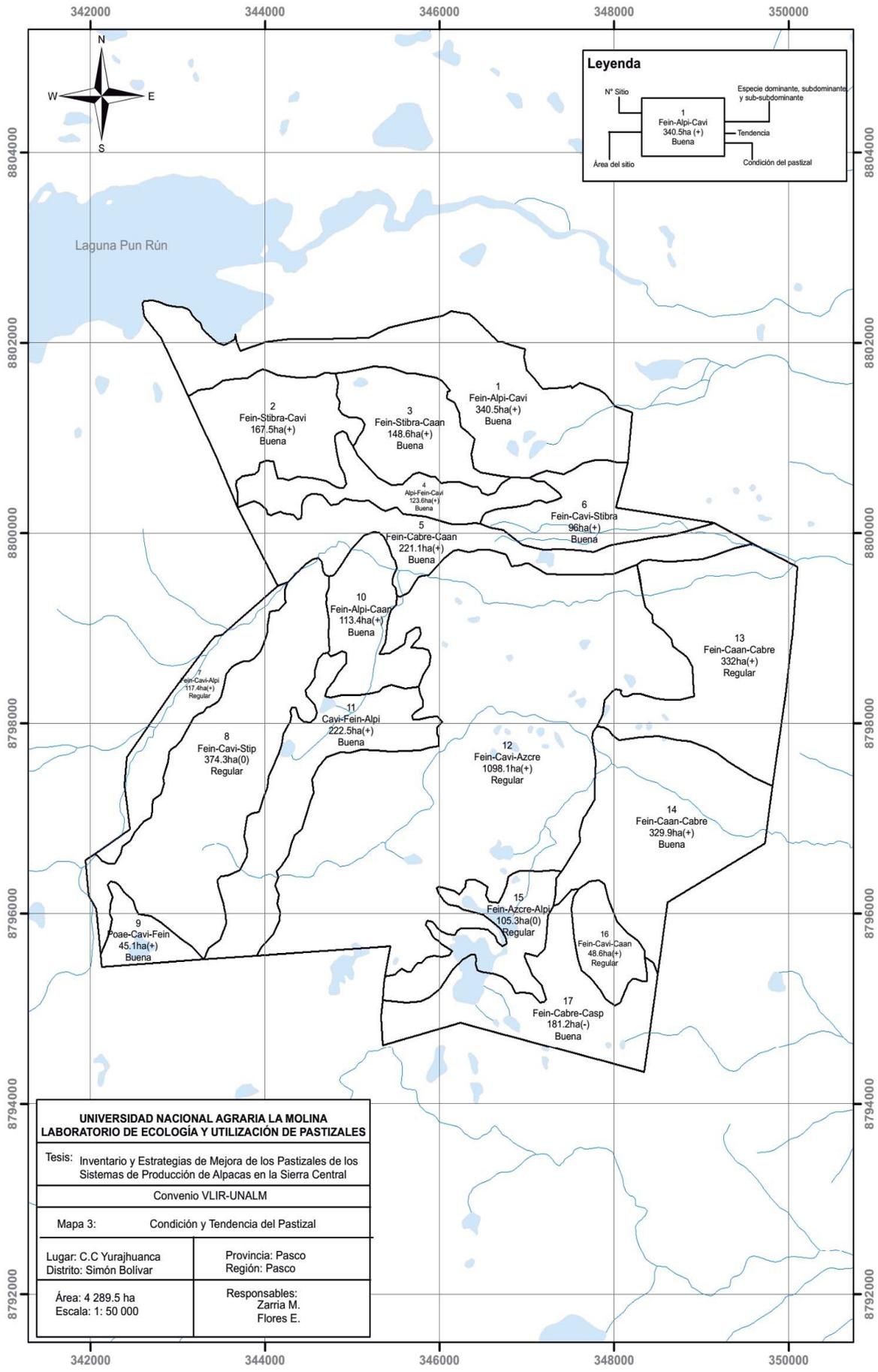
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central

Convenio VLIR-UNALM

Mapa 2: Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

Lugar: C.C Yurajhuanca Distrito: Simón Bolívar	Provincia: Pasco Región: Pasco
Área: 4 289.5 ha Escala: 1: 50 000	Responsables: Zarria M. Flores E.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PASTIZALES

Tesis: Inventario y Estrategias de Mejora de los Pastizales de los Sistemas de Producción de Alpacas en la Sierra Central

Convenio VLIR-UNALM

Mapa 3: Condición y Tendencia del Pastizal

Lugar: C.C Yurajhuanca Distrito: Simón Bolívar	Provincia: Pasco Región: Pasco
Área: 4 289.5 ha Escala: 1: 50 000	Responsables: Zarria M. Flores E.

