

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

**CONDICIÓN Y ESTADO DE SALUD DE PASTIZALES
ALTOANDINOS BASADO EN PROCESOS ECOSISTÉMICOS: CASO
FUNDO SORANI - PUNO**

PRESENTADO POR:

Br. LUCRECIA AGUIRRE TERRAZAS

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE BIOLOGO**

ASESOR:

BLGO. PERCY YANQUE YUCRA

CUSCO - PERU

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor PERCY YANQUE XUCRA
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada:

CONDICIÓN Y ESTADO DE SALUD DE PASTIZALES ALTOANDINOS
BASADO EN PROCESOS ECOSISTÉMICOS: CASO FONDO SORDANI-PUNO

Presentado por: LUCRECIA AGUIRRE TERRAZAS DNI N° 10552008 ;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de BIOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 5 de NOVIEMBRE de 2025

Firma

Post firma Percy Yanque Xucra

Nro. de DNI 23827387

ORCID del Asesor 0000-0003-1777-2560

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:523608793

LUCRECIA AGUIRRE

CONDICIÓN Y ESTADO DE SALUD DE PASTIZALES ALTOANDINOS BASADO EN PROCESOS ECOSISTÉMICOS: CA...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:523608793

126 páginas

Fecha de entrega

5 nov 2025, 6:08 p.m. GMT-5

31.528 palabras

Fecha de descarga

5 nov 2025, 6:19 p.m. GMT-5

177.288 caracteres

Nombre del archivo

TESIS LUCRECIA AGUIRRE V . FINAL.docx

Tamaño del archivo

6.7 MB

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cá...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

**A mis amados padres Isaac Aguirre León y Crisosta
Terrazas Farfán, por su infinito amor y apoyo
incondicional.**

AGRADECIMIENTOS

Al Biólogo Percy Yanque Yucra por la confianza depositada en mi persona y el apoyo permanente en el asesoramiento del presente estudio.

Al Dr. Enrique Flores Mariazza por su apoyo en el diseño y revisión de la presente investigación.

Al equipo del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales PhD. Raúl Tácuna, Ing MSci. Remzi Zarate, Ing. Brian Sono e Ing. Ayrton Bautista por su apoyo en la fase de campo.

A la MSci. Doris Aguirre por su invalorable apoyo para lograr la presentación de este estudio.

A la Empresa Mitchell por su permanente apertura para la investigación en pastizales altoandinos.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ANEXOS

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCION	iii
FORMULACION DEL PROBLEMA	v
JUSTIFICACION	vi
OBJETIVO	vii
CAPITULO I	1
MARCO TEORICO	1
1.1. Antecedentes del estudio	1
1.1.1 Ecosistema pastizal	3
1.1.2 Estructura y procesos del ecosistema pastizal	3
1.1.3 Servicios ecosistémicos del pastizal	7
1.2 Modelos en los que se basa la interpretación de los cambios que experimenta la vegetación	10
1.2.1 Modelo pastizal o “Range Model”	10
1.2.2 Modelo de estados de salud de los pastizales o “Range Health”	12
1.2.3. Modelo de estados y transiciones	15
1.3 Condición y estado de salud del ecosistema pastizal	16
1.3.1. Condición del ecosistema pastizal	16
1.3.2. Estado de salud del ecosistema pastizal	18
1.4 Monitoreo de pastizales	19
1.4.1. Áreas clave y áreas de referencia como parte de los sistemas de monitoreo.....	21
1.4.2. Estandarizando indicadores y protocolos de medición	22
CAPITULO II	24
MATERIALES Y METODOS	24
2.1 Materiales	24
2.1.1. Material biológico	24
2.1.2. Material de laboratorio	24

2.2. Metodología	25
2.2.1. Área de estudio	25
2.2.2. Medición de indicadores de condición del pastizal	27
2.2.3. Medición de indicadores de salud del pastizal	32
2.2.4. Estimación del grado de complementariedad entre indicadores de la condición e indicadores del estado de salud del pastizal	38
CAPITULO III	39
RESULTADOS Y DISCUSION	39
3.1. Resultados	39
3.1.1. Condición del pastizal	39
3.1.2. Estado de salud del pastizal	41
3.1.3. Correlación entre indicadores de la condición e indicadores del estado de estado de salud del pastizal	45
3.2. Discusión	49
3.2.1. Condición del pastizal	49
3.2.2. Estado de salud del pastizal	53
3.2.3. Complementariedad entre indicadores de la condición e indicadores del estado de salud del pastizal	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	63
ANEXOS	77

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Interrelación entre la radiación fotosintéticamente activa y el nivel autotrófico del ecosistema para capturar la energía radiante y transformarla en energía química (Odum, 1998)	4
Figura 2. Procesos involucrados en el funcionamiento del ecosistema: flujo de energía, ciclo de nutrientes o minerales, flujo o ciclo del agua y sucesión (British Columbia Ministry of Forests. 2002).....	4
Figura 3. Flujo de energía a través del ecosistema pastoril, la energía solar es capturada y transferida a los herbívoros y descomponedores a través de la cadena alimenticia (Adaptado de Briske, 2017)	5
Figura 4. Beneficios y beneficiarios multiescalar del manejo sostenible de pastizales (Dutilly – Diane et al., 2007)	8
Figura 5. Modelo Pastizal basado en la teoría de la sucesión que incorpora la condición del pastizal en respuesta a la intensidad del pastoreo (Briske et al., 2005)	11
Figura 6. Diagrama que ilustra la determinación de la condición del pastizal en base al porcentaje relativo de especies decrecientes, incrementantes, e invasoras (Adaptado de Dyksterhuis, 1949)	12
Figura 7. Cambios en estado ecológico del pastizal de saludable a riesgo que ocurriría cuando el pastizal atraviesa umbrales bióticos o abióticos (Pellant et al., 2005)	13
Figura 8. Atributos e indicadores que definen el estado de salud del pastizal (Pyke et al., 2002)	14

Figura 9. Modelo de Estados y Transiciones que muestra las múltiples fases comunitarias (cajas negras) al interior de estados (Briske et al., 2005) 16

Figura 10. Mapa de sitios ecológicos del fundo Sorani (LEUP, 2025) 26

Figura 11. Esquema descriptivo de la disposición de transectos al interior del área clave 29

Figura 12. Valor promedio de indicadores según condición del pastizal 41

Figura 13. Grado de alejamiento promedio de los indicadores en sitios saludables y en riesgo 47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los sitios ecológicos relacionados a suelo y vegetación	Pág. 27
Tabla 2. Especies dominantes, sub dominantes y sub sub dominantes, superficie y ubicación geográfica del punto central de los transectos al interior de las áreas claves	28 30
Tabla 3. Atributos e indicadores para estimar la condición del pastizal	
Tabla 4. Criterios y puntajes de calificación según condición del pastizal	31
Tabla 5. Atributos e indicadores asociados al estado de salud del pastizal (Pyke et al., 2002)	32 37
Tabla 6. Resumen de indicadores y frecuencia de calificaciones por atributo	
Tabla 7. Rangos de puntaje para la estimación del estado de salud del pastizal	38
Tabla 8. Condición ecológica de los sitios y valor de los atributos suelo y vegetación	39 40
Tabla 9. Valor y contribución porcentual al puntaje de condición	
Tabla 10. Estado de salud de los atributos a través de los sitios del pastizal	43
Tabla 11. Valor promedio de los atributos según estado de salud del pastizal	44

Tabla 12. Grado de alejamiento de indicadores con respecto al estado de referencia.	46
---	----

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Spearman y grado de significancia estadística entre indicadores de condición y estado de salud del pastizal	48
---	----

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Lista de especies de plantas censadas en el fundo Sorani, clasificadas en función de su deseabilidad para alpacas	77
Anexo 2. Formato de registro de relevamiento rápido	78
Anexo 3. Formato de evaluación – Parker 1952	79
Anexo 4. Score Card: Range Condition Transect	80
Anexo 5. Fichas descriptivas de sitios ecológicos correspondientes al fundo Sorani – Puno	84
Anexo 6. Formato de categorización del estado de salud de indicadores (Pyke et al., 2002)	97
Anexo 7. Matriz genérica para evaluación de indicadores de la salud del pastizal por el método de Pyke o Estado de salud del pastizal	98
Anexo 8. Valor de los indicadores por atributo según condición	103
Anexo 9. Cobertura y composición florística funcional promedio en respuesta a cambios en la condición	103
Anexo 10. Grado de alejamiento de la referencia de los indicadores para los sitios en estado saludable	104
Anexo 11. Grado de alejamiento de la referencia de los indicadores para los sitios en estado de riesgo	105

Anexo 12. Valor promedio de los 17 indicadores para los sitios en estado saludable y en riesgo	106
---	-----

Anexo 13. Coeficientes de correlación Spearman y grado de significancia estadística entre indicadores de condición y salud del pastizal	107
--	-----

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la condición y salud de los pastizales altoandinos basados en indicadores de estructura y procesos, se realizó en el Fundo Sorani - Puno. La evaluación incluyó 13 sitios ecológicos y la metodología involucró cinco indicadores de la condición y 17 indicadores del estado de salud del pastizal. Una vez estimados los indicadores se calculó el grado de correlación entre indicadores de condición y salud. Los resultados revelaron que la condición general del Fundo es buena y saludable en términos de funciones y procesos ecosistémicos, y que los valores promedio de los indicadores, tanto de condición como de salud del pastizal proporcionan información general mientras que la precisión resulta del análisis a nivel de indicadores. Se observó, que no todos los indicadores son igualmente sensibles a las perturbaciones cuando la condición o la salud del pastizal se deteriora; por lo que los sistemas de monitoreo deberían enfatizar la medición de aquellos que muestran mayor sensibilidad a los cambios bióticos o abióticos, como los indicadores erosión actual, composición florística, estructura funcional y producción anual. La correlación entre indicadores de condición e indicadores de salud se mostró que 11 de 85 posibles correlaciones fueron significativas ($p < 0.05$), revelando que las metodologías usadas brindan información diferente pero complementaria, por lo que se recomienda que todo proceso de evaluación y monitoreo del ecosistema, debería contemplar la evaluación de indicadores tanto de la condición como de la salud del pastizal.

Palabras clave: pastizal, condición, integridad, indicadores

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the condition and health of high-Andean grasslands based on structural and process indicators. It was conducted at the Sorani Farm in Puno, Peru. The evaluation included 13 ecological sites, and the methodology involved five condition indicators and 17 rangeland health indicators. Once the indicators were estimated, the degree of correlation between condition and health indicators was calculated. The results revealed that the overall condition of the farm is good and healthy in terms of ecosystem functions and processes, and that the average values of the indicators, for both condition and range land health, provide general information, while precision is derived from analysis at the indicator level. It was observed that not all indicators are equally sensitive to disturbances when the condition or health of the grassland deteriorates; therefore, monitoring systems should emphasize the measurement of those that show greater sensitivity to biotic or abiotic changes, such as current erosion, floristic composition, functional structure, and annual production. The correlation between condition indicators and health indicators showed that 11 out of 85 possible correlations were significant ($p < 0.05$), revealing that the methodologies used provide different but complementary information, so it is recommended that all ecosystem assessment and monitoring processes should consider the evaluation of both condition and health indicators of the grassland.

Keywords: grassland, condition, integrity, indicators

INTRODUCCIÓN

El ecosistema pastizal ha sido percibido históricamente, como un espacio natural para la producción de alimentos de origen animal, un componente clave de la seguridad alimentaria (Flores, 2016) por lo que la evaluación de la capacidad del ecosistema para sostener la actividad del pastoreo y la provisión de servicios y bienes, ha sido evaluada tradicionalmente a través de indicadores de la condición del pastizal que han enfatizado la composición florística (Briske, 2017) por sobre otros indicadores ecológicos relevantes a la integridad del ecosistema. En virtud de que este ecosistema natural juega también un rol fundamental en la mejora del bienestar general de la sociedad, a través de la oferta de servicios ambientales, es que la evaluación desde una perspectiva de procesos y funciones ecosistémicas viene cobrando particular relevancia (Yahdjian y Sala, 2011). La capacidad de los pastizales para brindar servicios ecosistémicos está directamente relacionada al estado en el cual se encuentran los indicadores de procesos vitales para el funcionamiento adecuado del ecosistema como el flujo de energía, regulación del flujo hídrico y el ciclaje de nutrientes (Daily, 1997); por lo que la evaluación del estado de salud del pastizal, grado de integridad en que encuentran el suelo, la vegetación y el agua, es de vital importancia (Pyke et al., 2002) para alcanzar la sostenibilidad.

El concepto de salud surge como una aproximación más integral del estado ecológico de los pastizales (Friedel, 1991), desde que, en adición a indicadores asociados al valor forrajero de las especies, incorpora atributos referidos a la función hidrológica, integridad biótica y estabilidad del sitio (Pyke et al., 2002)). Estos tres atributos representan a un conjunto de propiedades ecológicas sintéticas e interrelacionadas que están asociadas a procesos que son fundamentales para el funcionamiento del ecosistema (Pellant et al., 2020). Los procesos ecológicos son altamente complejos por lo que su evaluación directa no es posible, sin embargo, se pueden utilizar propiedades o características observables del ecosistema como indicadores del estado funcional de los procesos del ecosistema flujo de energía, ciclo de nutrientes y agua, adaptación y sucesión ecológica. La salud del pastizal contempla la integridad que este mantiene a través del tiempo, dado que se define como el grado en el que se encuentra la estructura, funciones y procesos ecosistémicos (Flores, 2014), lo que implica evaluar el grado de alejamiento del estatus ecológico actual con aquel observado en el área de referencia; es decir, espacios en el mejor estado capaz de ser alcanzado con las mejores prácticas de manejo y conservación (NRC, 1994).

El uso sostenible del ecosistema pastizal y la conservación de su integridad requiere de la evaluación conjunta de indicadores de la condición y del estado de salud, a fin de facilitar la toma de decisiones asociadas al manejo y conservación de pastizales basadas en un enfoque de procesos y funciones (Bryske, 2017). En el país, existen muy pocos estudios con este enfoque, y considerando que más del 60% de los pastizales se encuentran en condición de regular a pobre es de suma importancia, generar información orientada a la evaluación del estado de indicadores de salud de los pastizales que contribuyan a la comprensión del funcionamiento del ecosistema a través de los atributos, estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica.

En este contexto el presente estudio, se realizó de enero a mayo del 2025 orientándose a evaluar la condición y salud de los pastizales del Fundo Sorani, un ecosistema de Puna Húmeda dedicado al pastoreo de alpacas e involucró indicadores de estructura y procesos ecosistémicos basados en indicadores de estructura y procesos ecosistémicos y sentar las bases para el desarrollo de un sistema de monitoreo y manejo adaptativo de los ecosistemas de pastizal.

FORMULACION DEL PROBLEMA

A lo largo de las últimas décadas la mirada al ecosistema pastizal ha girado alrededor de su uso como áreas para el pastoreo, bajo la presunción que el uso por ganado es la principal fuerza que impulsa los cambios en la dinámica de la vegetación (Briske, 2017). Esta percepción orienta la evaluación de los pastizales a través de indicadores de la condición del pastizal, un enfoque que enfatiza la composición florística y en menor medida el estado del suelo (Ruyle y Dyess, 2010). En la actualidad, existe consenso internacional en que la salud del pastizal, un concepto más amplio que involucra procesos y funciones del ecosistema, sea considerado en una evaluación más integral del pastizal (Havstad et al., 2007). Sin embargo, los estudios de evaluación de los pastizales en el país centran su atención en la composición florística y deseabilidad de las especies vegetales para la estimación de la condición o estado del pastizal desde una perspectiva productiva y su aptitud para sostener la actividad del pastoreo, y son escasas las investigaciones que se han orientado a evaluar el ecosistema desde una perspectiva de procesos claves para el funcionamiento del ecosistema pastizal como son flujo de energía, flujo del agua y ciclaje de nutrientes los que están asociados a su capacidad para brindar servicios ambientales. Por lo que, las preguntas que fueron planteadas en el presente estudio fueron:

Pregunta general

¿Cuál es la condición y estado de salud de los pastizales altoandinos basado en indicadores de estructura y procesos ecosistémicos del Fundo Sorani – Puno?

Preguntas específicas

1. ¿En qué condición se encuentran los pastizales del Fundo Sorani - Puno?
2. ¿Cuál es el estado de salud de los pastizales del Fundo Sorani- Puno?
3. ¿Cuál es el grado de complementariedad entre los indicadores de condición y salud?

JUSTIFICACIÓN

La evaluación de la condición ecológica del pastizal brinda información a los productores pecuarios y administradores de tierras de pastoreo en el proceso de desarrollo de acciones y planes de manejo orientadas a revertir los procesos de deterioro que viene atravesando el ecosistema pastizal (Zarria y Flores, 2016). En tanto que la evaluación del pastizal desde una perspectiva basada en procesos centrales al funcionamiento del sistema ecológico, proporciona información que contribuirá identificar áreas en riesgo e indicadores sobre los cuales se deben enfocar con mayor precisión las acciones de rehabilitación y mejora del estado de conservación del ecosistema pastizal (Zarria y Flores, 2016). Por lo que combinar procedimientos para evaluar y monitorear a través del tiempo los cambios en el estado de la condición y estado salud del pastizal paralelamente, contribuirá a la generación de una herramienta altamente efectiva y con ello facilitar el diseño de estrategias orientadas a mejorar el grado de integridad y sostenibilidad del ecosistema.

OBJETIVO

Objetivo General:

Evaluar la condición y salud de los pastizales altoandinos basados en indicadores de estructura y procesos ecosistémicos del Fundo Sorani – Puno.

Objetivos Específicos:

1. Estimar la condición de los pastizales del Fundo Sorani-Puno
2. Evaluar el estado de salud de los pastizales del Fundo Sorani-Puno
3. Determinar el grado de complementariedad entre indicadores de condición y salud de los pastizales.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes del Estudio

Los sitios de pastizal, definidos como áreas con características de suelo, clima y vegetación que los hacen diferentes de unidades adyacentes, proporcionan una base de datos ecológicos sin los cuales no se podría llevar adelante una gestión sostenible del ecosistema pastizal como lo revelan los estudios realizados por el “Bureau of Land Management” (Veblen et al., 2014). La delimitación de sitio requiere la integración de capas de información espacial relativa al tipo de cobertura vegetal, fisiografía, textura del suelo, arreglo de horizontes, pendiente, lo que los convierte finalmente en unidades claves para el desarrollo de programas de evaluación y monitoreo de la condición y salud de los pastizales (Suter, 2001).

Los estudios de la condición a nivel de sitios ecológicos se basan en el modelo Clementsiano de la sucesión, y el método más extendido en su uso es el planteado por Parker (BLM, 1992) que involucra dos atributos: vegetación y suelo, los cuales brindan información sobre la respuesta del pastizal a la presión de pastoreo. En este sentido, cambios tanto en indicadores de vegetación como suelo han sido evaluados en pastizales norteamericanos con la finalidad de identificar cambios que adviertan del probable deterioro de la condición de los pastizales en respuesta a la presión de pastoreo (Herrick et al., 2002). De otro lado, cambios en indicadores del estado del suelo como textura, incremento de la densidad del suelo así como suelo desnudo y disminución de la cobertura vegetal cuando la condición del pastizal se deteriora fueron reportados por Kasahum et al., (2012) para pastizales africanos. Chartier y Rostagno (2006) observaron en pastizales de la Patagonia argentina que el pastoreo continuo disminuye la cobertura vegetal y acelera la erosión del suelo, estos cambios en el suelo tuvieron un correlato con un deterioro de la composición florística (disminución de especies deseables). En relación a estudios sobre el estado de salud de los pastizales Briske et al., (2005) sostienen que los componentes de los umbrales pueden ser categorizados como estructurales y funcionales en base a atributos composicionales y espaciales de la vegetación. El método Interpretando Indicadores de la Salud de los Pastizales esta

siendo aplicado en diferentes áreas, es así que diversos investigadores (Miller, 2008; Karl et al., 2010; Herrick et al., 2016) evaluaron diferentes para estimar el estado de salud de los pastizales y utilizar esta información como fundamento para los programas de manejo y conservación de este ecosistema.

En nuestro país, se han realizado numerosos inventarios de la condición de pastizales a nivel de unidades ganaderas, utilizando el concepto de sitio de pastizal que involucran censos agrostológico edafológicos mediante el uso de transectos lineales, como los realizados en pajonales de comunidades campesinas en Canchis- Cusco (Lacuaña, 2016), en Oropesa – Cusco (Mormontoy, 2024) , así como estudios orientados a la optimización de estrategias de mejora intensiva y extensiva de los pastizales como los conducidos en la microcuenca de Rio Negro de la Región Ancash (Mamani, 2000) y en comunidades y empresas comunales de la Región Pasco (Zarria, 2015). En este contexto también se han conducido estudios incorporando evaluaciones del estado de salud del pastizal orientadas a comparar métodos para estimar condición, tendencia y salud en pastizales de la región Junín y Pasco (Cabrejos, 2017), estudios de condición , salud y capacidad de carga ecológica de los pastizales de la Reserva Nacional Pampa Galeras (Zarate, 2024), sentando las bases para futuros estudios a cerca de la relación entre la condición y estado de salud del pastizal y el uso de estos dos conceptos en el desarrollo de programas de conservación y mejora del estatus ecológico de los pastizales.

Cabrejos (2019) utilizando métodos multivariantes logro identificar las variables más sensibles a cambios de estado de salud, mientras Condori (2024) en evaluaciones de la condición y salud de pastizales de la Comunidad de Pongobamba - Chinchero y Mercado (2025) en el Centro Experimental La Raya, ambos en la Región Cuzco, reportaron un deterioro en el estado de salud de los pastizales dado que su estado de salud fue hallado en riesgo al igual que el estudio de Zarate y Flores (2023) en la Reserva de Pampa Galeras. Revelando la necesidad de ahondar en la determinación de las causas ambientales y de manejo que vienen ocasionando la pérdida en el estado de salud de los pastizales.

1.1.1 Ecosistema de Pastizal

Los pastizales son ecosistemas característicos de zonas áridas y semiáridas, ocupan aproximadamente el 41% de la superficie terrestre (MA, 2005) y el 15% del territorio nacional (Flores, 2016), dominados por comunidades vegetales compuestas por especies nativas pertenecientes a los grupos funcionales de gramíneas, pseudo gramíneas, hierbas y arbustos (Blair et al., 2014). En las últimas décadas la percepción de este ecosistema se restringió esencialmente a su uso como tierras para el pastoreo, esta percepción ha ido cambiando en respuesta a la generación de conocimiento sobre su rol en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos (Briske et al., 2023) destacando su aporte a la regulación hídrica (Havsted et al., 2007) cantidad y calidad del agua, ciclaje de nutrientes, biodiversidad, hábitat para la vida silvestre (British Columbia Ministry of Forests. 2002), así como la captura de carbono y su rol en la mitigación del cambio climático (Havsted et al., 2007).

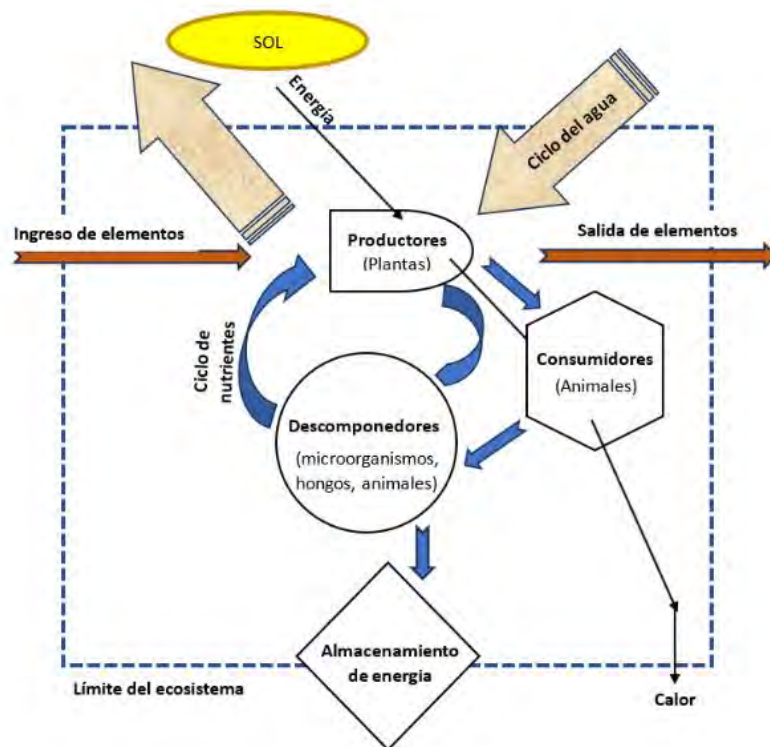
1.1.2 Estructura y Procesos del Ecosistema Pastizal

Los pastizales son ecosistemas naturales que están constituidos por un componente inerte (suelo, geología, radiación, clima, atmosfera) y el componente vivo (plantas, herbívoros, carnívoros y organismos descomponedores) los cuales están en permanente interacción (Figura 1).

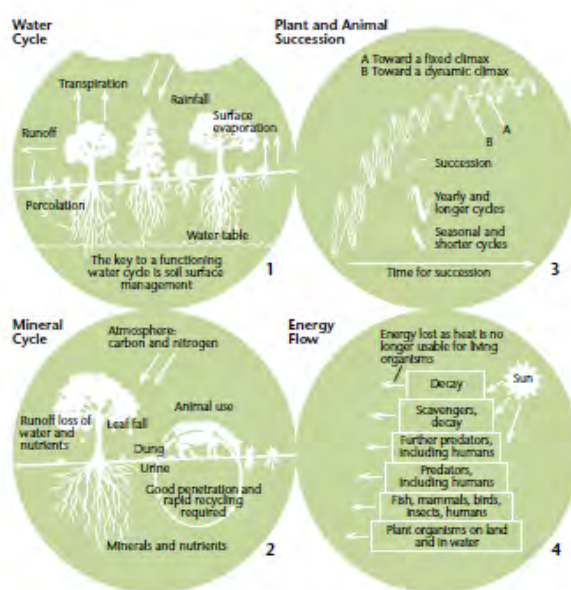
Los ecosistemas se sostienen en el tiempo y en el espacio gracias al funcionamiento apropiado de procesos que son fundamentales para que el ecosistema mantenga la capacidad de brindar bienes y servicios ambientales. Estos procesos involucran al flujo de energía, ciclaje de nutrientes, flujo o ciclo del agua y el proceso de sucesión (Figura 2).

Figura 1.

Interrelación entre la radiación fotosintéticamente activa y el nivel autotrófico del ecosistema para capturar la energía radiante y transformarla en energía química (Odum, 1998).

**Figura 2.**

Procesos involucrados en el funcionamiento del ecosistema: flujo de energía, ciclo de nutrientes o minerales, flujo o ciclo del agua y sucesión de plantas y animales (British Columbia Ministry of Forests, 2002).

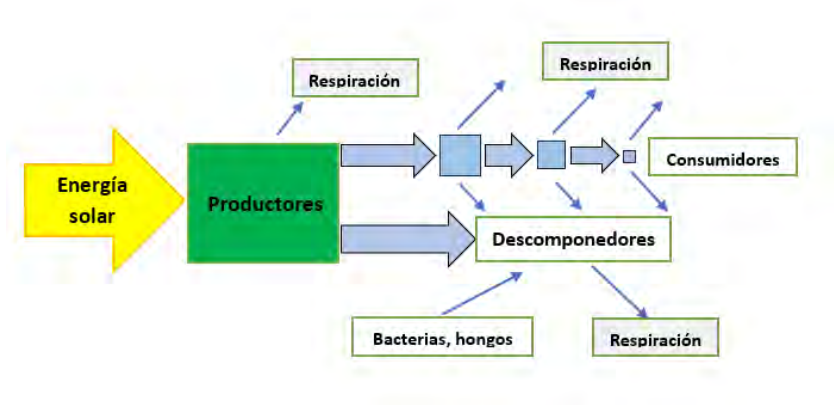


Flujo de energía: Los suelos fértiles característicos del ecosistema pastizal soportan una alta diversidad de especies vegetales, las que constituyen el primer nivel de la cadena trófica y son considerados productores primarios por cuanto son los responsables de la obtención de energía a través de la fijación del carbono en la fotosíntesis (Holochek et al.,1995). La energía fijada en este primer nivel, varía en función de la ruta fotosintética (C3, C4, CAM) de las especies y de la magnitud de la producción primaria y fundamentalmente del área foliar de tal manera que pastizales con alta cobertura y productividad tendrán mayor capacidad de fijar la energía lumínica y transformarla a energía química (Flores, 2004). Parte de esta energía fijada es utilizada para mantenimiento, crecimiento y reproducción de la vegetación, otra parte en forma de biomasa está disponible para su utilización por el siguiente nivel trófico a través de la ruta conocida como la del pastoreo ya que la energía de la biomasa es utilizada por los herbívoros para la producción secundaria, energía que a su vez puede continuar su flujo a través de los demás niveles tróficos (Figura 3).

La otra ruta que puede seguir la biomasa producida, está constituida por aquella que no es utilizada por los herbívoros y permanece en el ecosistema como mantillo, esta fracción se incorpora eventualmente al suelo y forma parte de la cadena del detritus que contribuye a la sostenibilidad de la actividad microbiana del suelo, así como a la agregación de las partículas del suelo y a su capacidad de retención de humedad (Briske et al., 2023) por lo tanto a su integridad.

Figura 3.

Flujo de energía a través del ecosistema pastoril, la energía solar es capturada y transferida a los herbívoros y descomponedores a través de la cadena alimenticia. Adaptado de Briske (2017).



Ciclaje de nutrientes

En adición al proceso del flujo de energía que es indispensable para el funcionamiento del ecosistema pastizal, es de vital importancia el flujo o ciclaje de nutrientes, el cual se caracteriza por su naturaleza cerrada por cuanto los nutrientes circulan continuamente a través del suelo, plantas, herbívoros y microorganismos (NRC, 1994). En el ciclo de nutrientes, elementos químicos que pueden tener origen en la atmósfera como el nitrógeno y carbono, o en la corteza terrestre como el fósforo, calcio, magnesio entre otros circulan y se hacen disponibles para la producción primaria, así como para sostener a los microorganismos del suelo. El suelo en sus horizontes superiores mantiene altos porcentajes de materia orgánica, la cual al mineralizarse libera los nutrientes que contiene y contribuye al ciclaje de los mismos. En pastizales las tasas de mineralización son bajas por las condiciones de temperatura bajas y limitaciones de agua, sin embargo, esta suplementación de nutrientes aun cuando bajas contribuye a la sostenibilidad del ecosistema.

Tanto el flujo de energía como el ciclaje de nutrientes pueden ser alterados negativamente por el uso inapropiado de la biomasa que puede resultar del sobrepastoreo, lo que conlleva a una utilización de la biomasa que sobrepasa sus tasas de renovación. La remoción del follaje en exceso interfiere con la fotosíntesis, reduciendo la capacidad de almacenamiento de recursos para el crecimiento continuo, lo que podría resultar inevitablemente en reducción de la producción primaria y en consecuencia una disminución de la materia orgánica que retorna al sistema del suelo (Briske et al., 2017).

Flujo o ciclo del agua

La captura, almacenamiento y liberación gradual del agua almacenada en el sistema del suelo depende en gran medida de la cobertura vegetal y de las características físico químicas del suelo dentro de las cuales sobresale textura, profundidad, contenido de materia orgánica entre otros. El ingreso de agua al ecosistema se materializa a través de la precipitación que llega a la superficie del suelo y que logra infiltrar hacia los diferentes horizontes contribuyendo a su almacenamiento y utilización posterior por la vegetación, parte del agua infiltrada al suelo puede percolar y continuar su flujo hasta

la napa freática. De otro lado, de no ingresar el agua al suelo esta puede perderse a través de la escorrentía o agua que fluye a través de la superficie del suelo o retornar a la atmósfera vía evaporación del suelo o transpiración de las plantas (Briske, 2017).

Sucesión

Las comunidades vegetales están en constante cambio de su estructura o arreglo de especies a través del proceso de sucesión, estos cambios ocurren en respuesta a perturbaciones relacionadas a la intervención humana en el manejo del ecosistema o a factores abióticos (Swanson *et al.*, 2011). Estas perturbaciones pueden alterar la diversidad de especies, el flujo de energía, la producción primaria, el flujo del agua, así como el ciclo de nutrientes los que son considerados procesos claves del ecosistema.

El manejo del pastizal introduce perturbaciones al ecosistema al aplicar diferentes niveles de intensidad y frecuencia del pastoreo los cuales pueden influir en el proceso de sucesión, y direccionarla hacia estados avanzados y estables (progresión) o hacia estado deteriorados e inestables (retrogresión) dependiendo de la magnitud de uso de la producción primaria y del estado de conservación del suelo. Todos estos procesos (flujo de energía, flujo de nutrientes, flujo del agua y sucesión) están interconectados estrechamente e influyen en el estado de salud del ecosistema (British Columbia Ministry of Forests, 2002).

1.1.3 Servicios Ecosistémicos del Pastizal

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la sociedad obtiene a partir del funcionamiento apropiado de los procesos del ecosistema (Sala *et al.*, 2017). Los servicios ecosistémicos relevantes relacionados a pastizales, involucran servicios de provisionamiento dentro de los que están aquellos productos que contribuyen a actividades orientadas a la seguridad alimentaria (los pastizales proveen la base alimenticia para la actividad de la ganadería), el suministro de agua en calidad y cantidad; los servicios de regulación notoriamente importantes en el contexto actual de cambio climático, por cuanto contribuyen a la regulación del clima fundamentalmente por su capacidad de almacenar carbono, contribuyen también a reducir la erosión

gracias al rol de protección proporcionado por la cobertura vegetal continua que proveen las gramíneas contra la degradación del suelo.

El ecosistema pastizal brinda además servicios de soporte de procesos como la formación de suelos fértiles, la formación de hábitats donde prospera una alta diversidad de especies que juegan un rol determinante en la producción primaria (MA,2005), beneficios que ocurren a diferentes escalas, global, regional y local (Figura 4).

Figura 4.

Beneficios y beneficiarios multiescalar del manejo sostenible de pastizales (Dutilly – Diane et al., 2007).

Escala	Servicios ambientales suministrados	Beneficios	Beneficiarios
Escala Global	Incremento de secuestro de carbono	Mitigación de cambio climático global	Comunidad internacional / países, compañías privadas
	Mejora en biodiversidad de plantas y animales	Mejora de los recursos básicos para generaciones futuras	Grupos de conservación, turismo y compañías privadas
Escala Global-Región	Reducción de tormentas de polvo	Mejora de salud, disminución de costos de mantenimiento de la infraestructura e industria, disminución de daños en sistemas de producción agrícola	Turismo, poblaciones urbanas, gobierno
Escala Región	Aumento de la recarga de acuíferos	Incremento de disponibilidad de agua	Usuarios del agua
Escala Región-Local	Reducción de inundaciones	Disminuye daño de infraestructura (carreteras, reservorios), cultivos y casas	Estado (infraestructura pública), compañías de servicio público, poblaciones río abajo
Escala Local	Aumento de la disponibilidad de agua Reducción de la degradación de suelos Incremento de biomasa vegetal	Conservación de la productividad del ganado	Pastores locales

La capacidad del ecosistema de brindar servicios ecosistémicos está relacionada a su estructura y funcionamiento, y consecuentemente a su integridad, la cual se expresa en su capacidad para resistir a cambios que podrían ser provocados por alteraciones de naturaleza abiótica o biótica en su estructura así como en su capacidad

para la de captura de energía a través del proceso de fotosíntesis y el ciclaje de nutrientes donde la incorporación de materia orgánica vía descomposiciones del mantillo, aportes de heces y orina, es un paso vital para el almacenamiento de nutrientes y agua (NRC, 1994). El estudio de los servicios ecosistémicos se ha enfocado principalmente en los servicios de aprovisionamiento y no se ha otorgado la importancia debida a los servicios de regulación y de soporte los cuales dependen en gran medida de la estructura y funcionamiento del ecosistema (Yahdjian y Sala, 2011).

En general, los pastizales son ecosistemas que brindan a la sociedad diversos servicios que benefician su calidad de vida; sin embargo, estos ecosistemas están siendo permanentemente amenazados por el sobrepastoreo y malas prácticas de manejo (Flores y col., 2016), que conducen a la degradación del suelo, a lo cual se suman los efectos detrimentales de los cambios en los patrones de precipitación y temperatura como resultado del cambio climático (IPCC, 2022). La sobreutilización de la producción primaria de este ecosistema por el pastoreo, puede interferir con el ciclo de nutrientes o flujo de energía y en el tiempo puede contribuir a incrementar el riesgo de deterioro del sistema ecológico (NRC, 1994).

El cambio climático tiene el potencial de generar modificaciones a gran escala (Calvin et al., 2023), en este contexto, se proyectan incrementos en la temperatura cambios en los patrones de precipitación, y el potencial incremento de sequías, heladas, nevadas y vientos en pastizales altoandinos. Cambios en los patrones de precipitación en la zona altoandina basados en modelos de simulación proyectan reducciones en los niveles de precipitación de hasta 30% para el año 2100 (Marengo et al., 2011), estos cambios pueden impactar negativamente la estructura de los pajonales favoreciendo el incremento de especies arbustivas y desplazando a las gramíneas forrajeras (Flores, 2016) y alterando la productividad y flujo de energía en el ecosistema. En estudios de simulación de recorte de precipitación en la estepa argentina reportan una reducción del 40% de productividad primaria del grupo funcional de gramíneas al simular un recorte del 80% de precipitación (Yahdjian y Sala, 2006); en estudios similares en pajonales de la Sierra Central del Perú, se observó una reducción del 50% del grupo funcional de hierbas al simular reducciones de precipitación del 70 % (Vila et al., 2022).

Los cambios en la estructura y funcionamiento del ecosistema pastizal deben de ser monitoreados en el tiempo y espacio para proporcionar información que contribuya

de modo efectivo a la generación de políticas y estrategias para su uso y conservación destinadas a revertir el proceso de deterioro en que se encuentran (Flores, 2016).

1.2 Modelos en los que se Basa la Interpretación de los Cambios que Experimenta la Vegetación

El monitoreo de indicadores que puedan proporcionar información relacionada a los cambios en la estructura y función del ecosistema de pastizal requiere basarse en modelos que ilustren los cambios que atraviesa la vegetación en respuesta a factores externos (clima, sequía, incendios) o internos (prácticas de manejo y conservación) derivados del modo en el cual se maneja el sistema. En el área del manejo de pastizales se han planteado diversos modelos teóricos que contribuyen a la comprensión e interpretación de los cambios que ocurren en el proceso de desarrollo del ecosistema y a la toma de decisiones sobre el procedimiento y protocolos a usar, que atributos e indicadores medir y cuando medirlos (Friedel, 1991). El modelo clímax llamado también modelo pastizal o “Range Model” (modelo del equilibrio) así como el modelo de estados y transiciones (múltiples equilibrios) son los que más han contribuido e investigado por su capacidad para explicar los cambios sucesionales que experimenta el pastizal en respuesta a factores bióticos y abióticos en escenarios donde el pastoreo y factores ambientales interactúan para determinar el curso de la sucesión después de una perturbación (Gillson y Hoffman, 2007; Sasaki, 2010).

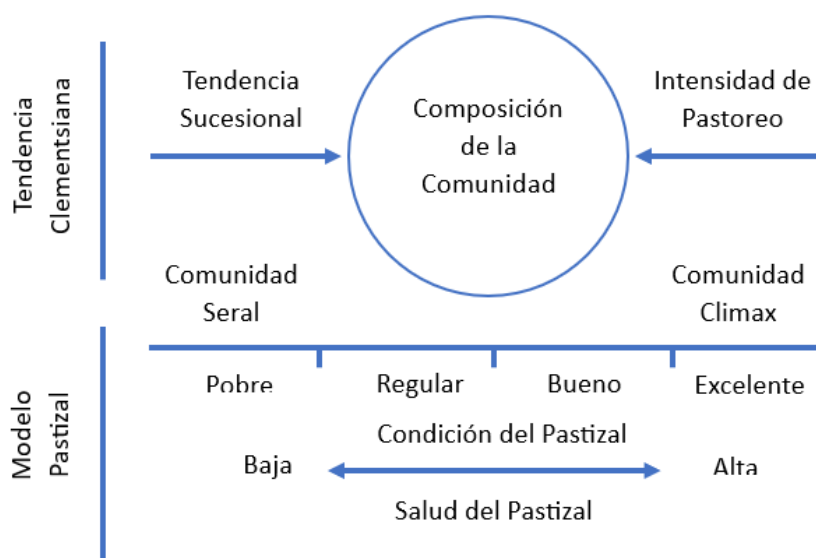
1.2.1 Modelo Pastizal o “Range Model”

Frederic E. Clements en 1916, plantea la teoría de la sucesión en la que sostiene que los cambios de la vegetación ocurren de manera ordenada y predecible, la vegetación progresa bajo determinadas condiciones climáticas hacia un estado predecible denominado clímax y este estado es utilizado como referencia para estimar la condición. El modelo pastizal se basó en la teoría clementsiana de la sucesión y plantea que la intensidad del pastoreo es la fuerza perturbadora más significativa del estado ecológico del pastizal, la intensidad del pastoreo puede modificar la composición de especies en la comunidad, y sostiene que, al suprimir la perturbación, el pastizal retorna a su estado inicial (clímax) predecible, en virtud de su capacidad de regulación interna (Briske et al., 2005). En este modelo, los cambios en la estructura y dinámica de

la vegetación ocurre a lo largo de un eje continuo y la condición, es decir el estado del pastizal en un punto en el tiempo, se puede ubicar en una posición determinada dentro de este continuo, y esta ubicación puede ser influenciada por la intensidad del pastoreo (Figura 5).

Figura 5.

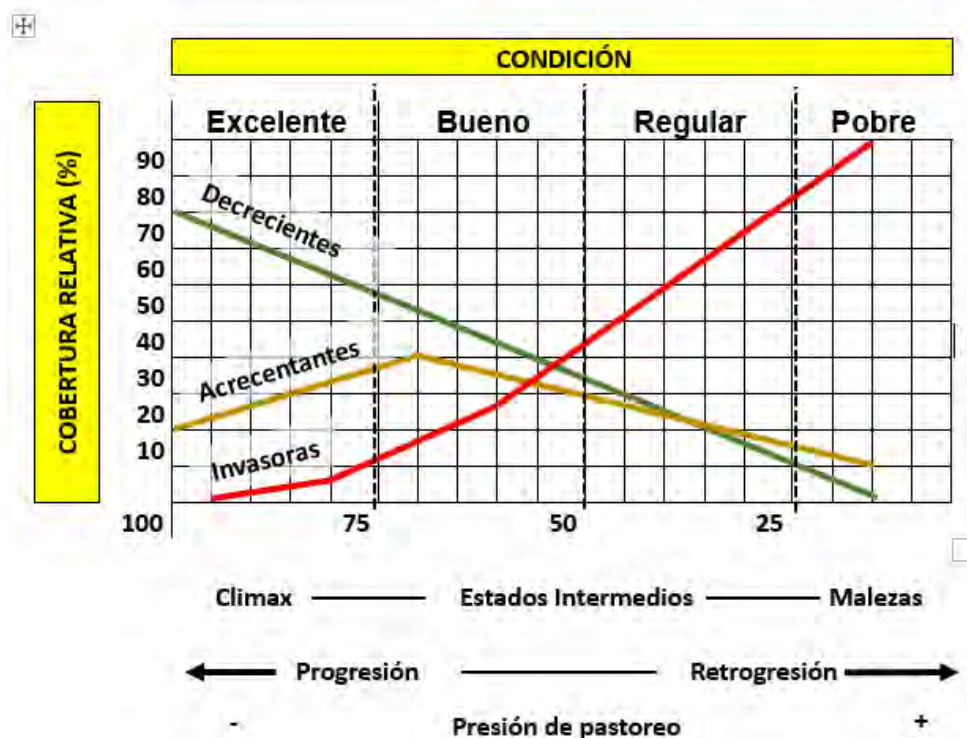
Modelo Pastizal basado en la teoría de la sucesión que incorpora la condición del pastizal en respuesta a la intensidad del pastoreo (Briske et al., 2005).



Este modelo estimulo el desarrollo de métodos de evaluación de la condición del pastizal, entre los que se encuentra Dyksterhuis quien en 1949 desarrollo un procedimiento cuantitativo para evaluar la condición del pastizal conocido como “Quantitative Climax Method” (QCM) se basó esencialmente en la composición de la vegetación (Briske et al., 2003) no se consideraron para la calificación de la condición, características que podrían dar información útil para estimar la producción forrajera como vigor de las plantas, capacidad de reproducción, estructura de la edad de la vegetación y características del suelo como las relacionadas a la erosión. El QCM estima la condición en base al porcentaje de cobertura relativa de las plantas agrupadas como decrecientes, acrecentante e invasoras del pastizal evaluado en respuesta al pastoreo. Las clases de condición son agrupadas en: excelente (76-100%), buena (51-75%), regular (26-50%), pobre (0-25%) (Soil Conservation Service, 1976) (Figura 6).

Figura 6.

Diagrama que ilustra la determinación de la condición del pastizal en base al porcentaje relativo de especies decrecientes, incrementantes, e invasoras (Adaptado de Dyksterhuis, 1949).



Este procedimiento como se menciona, no incluyo indicadores del estado del suelo, componente del ecosistema que cumple un rol determinante en la estructura y función del mismo. Parker en 1954, basado en el modelo pastizal, presenta el método de los 3 pasos en el cual se incluye indicadores de la vegetación (cobertura, composición florística y vigor) e indicadores del suelo (riesgo de erosión y erosión actual). Este modelo ha sido utilizado ampliamente como fundamento para evaluar la condición de los pastizales peruanos como lo revelan las numerosas publicaciones técnicas y científicas (Zarria, 2015; Cabrejos, 2017, 2019; Zarate, 2024).

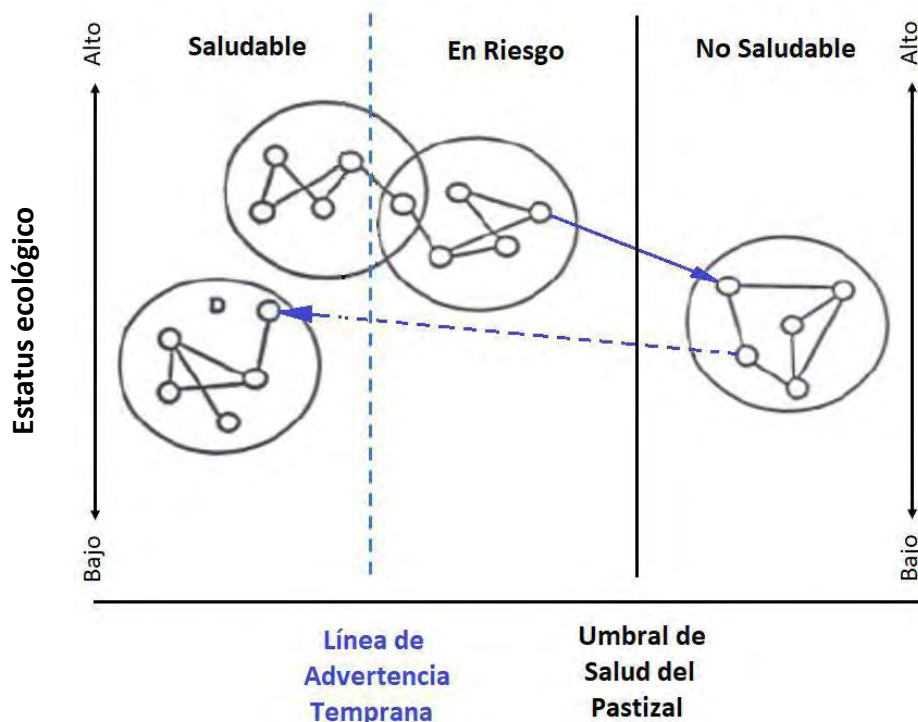
1.2.2. Modelo de Salud de los Pastizales (“Rangeland Health”)

El modelo de salud del pastizal surge como una respuesta a la necesidad de incorporar en los procedimientos para la evaluación de pastizales indicadores que informen sobre el estado de los procesos del ecosistema. En 1994 el comité de clasificación de Pastizales (USA) propuso el concepto de “salud del pastizal”

refiriéndose a este como “el grado en el que se encuentra la integridad del suelo y los procesos ecológicos en el ecosistema pastizal” (Pellant et al., 2005), esta nueva conceptualización hace referencia al estado de salud del pastizal desde un punto de vista más amplio que el de condición puesto que incorpora en este concepto los procesos involucrados en el mantenimiento y sostenibilidad del ecosistema (Friedel et al., 2000). Este comité recomendó categorizar a los pastizales en estado saludable, en riesgo y no saludable (Figura 7) y sugirió la inclusión de indicadores que permitieran recabar información referente al estado del suelo, funcionamiento hidrológico, ciclo de nutrientes y flujo de energía (NRC, 1994). La integridad desde el punto de vista de este nuevo concepto es definida como la capacidad que tiene una comunidad vegetal para mantener la estructura florística y los procesos fundamentales del ecosistema en marcha de manera sostenible (Pyke et al. 2002).

Figura 7.

Cambios en el estado ecológico del pastizal que ocurriría cuando el pastizal atraviesa umbrales bióticos o abióticos (Pellant et al., 2005).

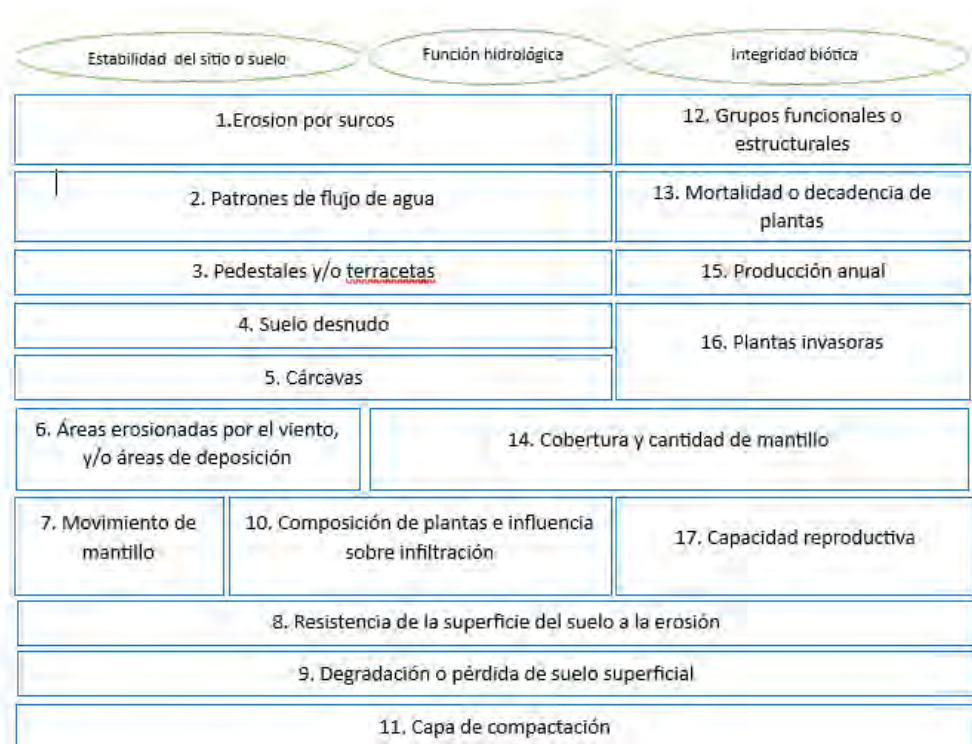


Nota: En la figura los círculos grandes representan estados estables de la comunidad vegetal y los círculos pequeños representan las fases comunitarias.

En respuesta a este nuevo concepto de salud del pastizal, Pyke et al., (2002) desarrollaron un método que involucra indicadores que informan sobre el estado de los procesos al interior del pastizal, este método es conocido como el Metodo Pyke o método “Interpreting Indicators of Rangeland Health” (IIRH). Este método considera el uso de 17 indicadores cualitativos orientados a evaluar el estado de tres atributos del pastizal que en conjunto proporcionan información sobre el estado de salud del pastizal (Figura 8): estabilidad del suelo, función hidrológica e integridad biótica. La estabilidad del suelo hace referencia a la capacidad que tiene un sitio para minimizar la pérdida de suelo y en consecuencia perdida de nutrientes y materia orgánica provocada por el viento y agua (Pellant et al., 2005). La función hidrológica se refiere a la capacidad que posee el ecosistema pastizal para capturar, almacenar y liberar agua en función de sus características, así como resistir a la reducción de esta capacidad. La integridad biótica hace referencia a la capacidad que tiene la comunidad en función de sus características para mantener su estructura, así como los procesos ecológicos dentro de un rango normal de variación (Pellant et al., 2005).

Figura 8:

Atributos e indicadores que definen el estado de salud del pastizal (PyKe et al., 2002).



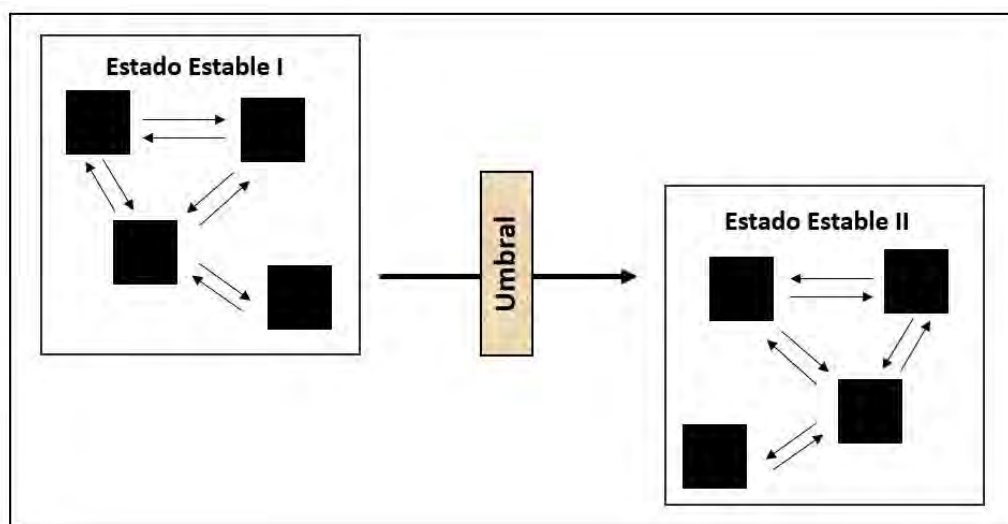
1.2.3. Modelo de Estados y Transiciones

El Modelo Pastizal constituyó un pilar fundamental en la comprensión de la dinámica de la vegetación, sin embargo, investigaciones posteriores mostraron que este modelo no describe adecuadamente todos los cambios de la vegetación que ocurren a nivel de los pastizales particularmente aquellos ubicados en regiones más secas, las cuales están dominadas por plantas arbustivas (Westoby et al., 1989; Laycock, 1991, Briske, 2005). En la actualidad se acepta que los cambios a nivel de la estructura de los pastizales en respuesta al pastoreo o a cambios en factores abióticos particularmente clima, no toman una sola dirección en su evolución como lo sostiene el modelo pastizal, sino que pueden dirigirse hacia múltiples arreglos de especies de plantas dentro de estados estables que informan sobre los procesos del ecosistema (Briske et al., 2005).

En este modelo los estados están constituidos por arreglos reconocibles de especies, los cuales pueden presentar cambios en respuesta a alguna modificación de variables abióticas o de manejo, estas variaciones mientras ocurran dentro de los estados estables pueden ser reversibles y son denominadas transiciones (Figura 9), sin embargo, si los arreglos de especies atraviesan la barrera de los umbrales abióticos, este cambio ya no es reversible. Este modelo ha ampliado la comprensión de los cambios que atraviesa la vegetación en el tiempo y el espacio, al introducir la posibilidad de explicar la dinámica de la vegetación a través de múltiples direcciones, lo que no contempla el modelo pastizal. Friedel et al., (1991) introducen el concepto de umbrales de cambio, para definir las fronteras entre las diversas comunidades estables, estos umbrales pueden ser atravesados por las comunidades y pasar de un estado a otro; por ejemplo un pastizal puede ser invadido por arbustivas como resultado de variaciones en patrones de precipitación (Yngill, 2024), o por sobrepastoreo de gramíneas en una comunidad en la que también se encuentran arbustivas, este tipo de cambios entre estados reconocibles puede no ser revertido únicamente al detener el factor perturbador, como el pastoreo o uso no controlado del fuego porque se ha traspasado el umbral abiótico y el suelo ha perdido su capacidad de retención de humedad como consecuencia de la ausencia de incorporación de materia orgánica al sistema (Pyke et al. 2002; Bestelmeyer, 2006).

Figura 9.

Modelo de Estados y Transiciones que muestran las múltiples fases comunitarias (cajas negras) al interior de estado estables (Briske et al., 2005).



El modelo de estados y transiciones se basa principalmente en umbrales estructurales, es decir umbrales determinados por la composición florística de la comunidad, este enfoque tiene la virtud de incorporar potenciales vías cambio y de recuperación (Yngill, 2024) sin embargo, no proporciona información sobre el funcionamiento del ecosistema, como lo hace el modelo de salud del pastizal planteado por Pyke et al., (2002).

1.3 Condición y Estado de Salud del Ecosistema Pastizal

1.3.1. Condición del Ecosistema Pastizal

La condición es un concepto estrechamente asociado con el modelo de sucesión de clementsiano, en el cual los posibles estados de la vegetación pueden ser ubicados a lo largo de una línea imaginaria que representa un continuo y la condición es el término para precisar la posición de la vegetación en este continuo, por lo que desde el punto de vista ecológico la condición del pastizal puede describirse como el grado de alejamiento de la comunidad de su estado clímax (Holocheck, 1995), donde el clímax está

representado por la condición excelente y la condición más pobre estaría representando al estado más alejado del clímax. El concepto de condición plantea en su desarrollo dos enfoques, el de productividad y el enfoque basado en el clímax (Briske, 2017). El reconocimiento de que la condición del pastizal podía ser adecuadamente descrita en función del enfoque clímax, fue considerado como referente para desarrollar el primer procedimiento para evaluar la condición. Dyksterhuis (1949) desarrollo el método conocido como “Quantitive Climax Method” (QCM) el cual basa su categorización en el porcentaje de similitud del área en estudio y la comunidad clímax en, excelente, buena, regular, y pobre (Soil Conservation Service, 1976).

La necesidad de incorporar el componente suelo en la categorización de condición del pastizal impulsa el desarrollo del Método de los 3 pasos de Parker. Este método contempla dos atributos, vegetación con tres indicadores (cobertura vegetal, composición florística y vigor) suelo con dos indicadores (riesgo de erosión y erosión actual). Ruyle y Dyess (2010) sostienen que el método Parker de los tres pasos desarrollado en los años 50 es probablemente uno de los métodos de evaluación de la condición del pastizal más difundido, fue diseñado tomando como base el modelo de sucesión de Clements para estimar el estado de la vegetación en un momento dado. Este método registra datos cuantitativos, así como cualitativos y otorga una puntuación técnica para determinar la condición en la que se encuentra el pastizal. Este método se basa principalmente en la deseabilidad de especies forrajeras para una determinada especie, ovinos, vacunos y camélidos y facilita el proceso de toma de decisiones en relación a las estrategias de mejora, intensivas o extensivas que podrían aplicarse para mejorar estatus ecológico del pastizal (Zarria y Flores, 2016).

El método Parker involucra la instalación de transectos lineales de 30m de longitud, dispuestas radialmente, las cuales están marcadas cada 30 cm, brindando 100 posiciones para el levantamiento de información relacionados a la vegetación por transecto. Para registrar datos en cada punto se usa un anillo de $\frac{3}{4}$ de pulgada y se registran los toques de gramíneas o hierbas, roca, mantillo, musgo, suelo desnudo que caen dentro del anillo censador (Parker, 1992). Al estimar la condición se consideran los datos obtenidos de la vegetación: densidad o cobertura vegetal, composición florística (perennes deseables, perennes poco deseables, y anuales o plantas no

deseables), vigor y datos correspondientes al índice de riesgo de erosión y erosión actual. La condición es categorizada como: Excelente al alcanzar un puntaje de la sumatoria del componente vegetación y componente suelo de 56 a 70, como condición Buena (42 a 55), Regular (28 a 41), Pobre (16 a 27) y muy pobre (0 a 15 puntos). En esta estimación de la condición, la vegetación representa el 57 % del valor total, mientras que el suelo representa el 43% restante.

1.3.2. Estado de Salud del Ecosistema Pastizal

El concepto de condición enfatiza principalmente los cambios en la composición botánica de la comunidad en respuesta al pastoreo, pero no incorpora indicadores que permitan hacer inferencias acerca del estado de funciones y procesos por lo que surge la necesidad de plantear un enfoque más integral para evaluar el estatus ecológico del pastizal (Herrick et al., 2002). El concepto de salud del pastizal surge por lo tanto como una aproximación que posibilita la evaluación del estado ecológico de los pastizales, desde una perspectiva basada en ecosistemas bajo la cual la evaluación no solo se restringe a un concepto como la condición del pastizal relacionada a la presión de pastoreo en particular, sino que incorpora indicadores de procesos y funciones del ecosistema pastizal (Pyke, 2002). En este contexto el estado de salud se define como el grado en el que se encuentra la estructura y función del ecosistema (Flores, 2014), lo que implica tomar en cuenta el grado en que los indicadores de integridad del suelo, la vegetación, ciclo del agua y flujo de energía y ciclaje de nutrientes están relacionados entre sí y en qué medida contribuyen a elevar el grado de sostenibilidad del ecosistema (Pellant et al., 2008).

El método más difundido para evaluar la salud del pastizal fue desarrollado por Pyke et al., (2002) y ha sido plasmado en la Guía titulada *Interpreting Indicators of Rangeland Health* (Pellant et al., 2005; Pellant et al., 2020). El procedimiento involucra la evaluación de 17 indicadores cualitativos del sitio ecológico en evaluación (Fig. 8). El sitio ecológico definido por la Sociedad de Manejo de Pastizales en 1998 refiere a “un tipo de terreno con características físicas específicas que difieren de otros tipos de terreno en su habilidad para producir diferentes especies y cantidades de vegetación en respuesta al manejo” (Pyke, 2002).

Los indicadores proveen información para estimar el estado de tres atributos del pastizal; la estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica, donde cada atributo involucra un determinado número de indicadores, los cuales en conjunto hacen posible una estimación del estado del componente del ecosistema ya sea como saludable, en riesgo y poco saludable (Pyke, 2002). Estos indicadores se constituyen en variables sensibles a las variaciones en factores bióticos y abióticos, que pueden afectar el estado de uno o más atributos, por lo que contribuyen de modo transversal a la estimación del estado de salud del pastizal. Cada indicador es evaluado en un rango del 1 al 5 en función de su alejamiento del valor esperado para el sitio ecológico (Pellant et al., 2020) esta información es utilizada para estimar el estado de cada atributo en Saludable (3.68 – 5.0), Riesgo (2.34 – 3.67) y no saludable (1 – 2.33).

1.4 Monitoreo de Pastizales

Monitorear implica observar el comportamiento de variables a través del tiempo con el propósito de evaluar la información e identificar los cambios que ocurren a través del tiempo y espacio, para lo que es necesario realizar evaluaciones repetidas utilizando métodos basados en la toma de información en el terreno (Lynn et al., 2003) las cuales pueden complementarse con información remota (Palmer et al., 2004). Para obtener información pertinente, es vital definir el objetivo que persigue el monitoreo, por cuanto la identificación e inclusión de indicadores responde al objetivo de la evaluación y monitoreo (Veblen et al., 2014). Los indicadores identificados en lo posible deben ser medibles y tener relación con una o más características o propiedades conocidas del ecosistema, estas características pueden ser de naturaleza estructural o funcional. Es importante que los indicadores proporcionen información de corto plazo que sea utilizada por los manejadores del sistema, es decir proporcionar información de la condición del pastizal; en adición estos indicadores deben proporcionar información del estado de los procesos y funciones del ecosistema los cuales son necesarios para realizar un análisis a mediano y largo plazo de modo de facilitar el diseño estrategias que contribuyan a elevar la integridad y sostenibilidad del ecosistema ecológico (Suter, 2001). El monitoreo de ecosistemas se apoya en modelos conceptuales que describen de manera gráfica, la forma en que diversas fuentes de perturbación pueden afectar la estructura, procesos y funciones del pastizal. Estos modelos contribuyen a identificar

los componentes del sistema que deben ser incluidos y medidos a través de los indicadores identificados, de otro lado, los modelos conceptuales contribuyen a comprender la interrelación de los componentes y los cambios en los indicadores a través del tiempo (Karl et al., 2012). Las variables principales que deben tomarse en cuenta para ser monitoreadas y estimar e interpretar adecuadamente el estado de la condición y salud del pastizal incluyen clima (precipitación, temperatura, viento), suelos (suelo desnudo, humedad y materia orgánica, albedo) y vegetación (cobertura, composición florística, grupos funcionales), así como el tipo de herbívoro al pastoreo (Lynn et al., 2003).

Los avances en las técnicas de obtención de datos, con la intervención de tecnología móvil han fortalecido la implementación de los procedimientos para la toma de datos en campo, al pasar del registro manual al registro de datos electrónico, lo cual reduce la probabilidad de error en los registros y transcripciones (Mercado, 2025; Veblen et al., 2014). El monitoreo de indicadores, requiere la delimitación lo más precisa posible del sitio a ser monitoreado; con la introducción del uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) este paso se ha facilitado permitiendo la ubicación exacta de las áreas de monitoreo; la obtención de información a través de sensores remotos ha contribuido así mismo, a ampliar el monitoreo de atributos, sin embargo, estos requieren siempre de su comprobación en el terreno (Lynn et al., 2003; Palmer et al., 2004).

Históricamente los estudios en pastizales realizados en el país han estado orientados a evaluar la respuesta de la comunidad vegetal al pastoreo, es decir a recabar datos en un momento en el tiempo, mas no se han orientado al monitoreo, es decir, a realizar evaluaciones repetidas en el tiempo. La falta de datos que muestren patrones de comportamiento de la vegetación a través del tiempo representa una limitación para la implementación de estrategias de mejora y conservación de los pastizales; a esta limitación se añade la priorización de la evaluación de la condición del pastizal, a través de procedimientos que no brindan información del estado de los procesos y funciones del ecosistema. Sin embargo, en la actualidad este énfasis está evolucionando en respuesta a la comprensión y valoración de los servicios ambientales que brinda a la sociedad el ecosistema pastizal (Cabrejos, 2019; Zarate y Flores, 2023; Mercado, 2025); así como a las observaciones de los cambios en la comunidad vegetal en respuesta a

fluctuaciones de parámetros climáticos como son los cambios en los patrones de precipitación y temperatura particularmente en un contexto de cambio climático (Vila et al., 2022; Yahjian y Sala 2008). Estas consideraciones plantean la necesidad de un monitoreo integral que involucren procedimientos que incluyan indicadores de salud del pastizal y no solo se restrinja a monitorear indicadores de la condición (Karl et al., 2017). Dado que el pastizal involucra varios componentes, una visión ecosistémica para su monitoreo es vital (Hankins et al., 2004) así como el uso de protocolos para la obtención uniforme de datos, su almacenamiento, procesamiento e interpretación.

En nuestro país, se han realizado numerosos inventarios de la condición de pastizales a nivel de unidades ganaderas utilizando el concepto de sitio de pastizal y censos agrostológico edafológicos mediante el uso de transectos lineales al paso (Cabrejos 2017; Mamani, 2000; Zarria 2015; Zarate, 2024), sin embargo, son escasos los estudios que han incorporado procedimientos estandarizados para evaluar el estado de salud del pastizal (Cabrejos 2017; Zarate y Flores 2023). Estos estudios no son parte de un sistema de monitoreo destinados a brindar información repetida, en el tiempo y en el espacio, del estado en que encuentran los ecosistemas de pastizal, ni están articulados a un sistema de soporte de decisiones capaz de permitir el desarrollo de planes de manejo adaptativo de pastizales (Allen et al., 2017).

1.4.1 Áreas Clave y Áreas de Referencia como Parte de los Sistemas de Monitoreo

El monitoreo de indicadores puede brindar datos intercambiables y con un potencial significativo de escalamientos siempre y cuando las áreas representativas a monitorear (área clave) sean determinadas de manera objetiva y los procedimientos de evaluación sean uniformes. En la realidad, sin embargo, las áreas clave son ubicadas subjetivamente, usualmente en base al juicio del profesional y su experiencia de campo (Schalau, 2010) y los datos así generados no pueden ser extrapolados estadísticamente a áreas más grandes (Lohr, 2009) por lo que la estimación de indicadores a partir de ubicaciones seleccionadas subjetivamente no puede usarse para escalamientos mayores (West, 2003).

La selección adecuada de áreas clave es un paso vital para iniciar con el monitoreo de pastizales, de manera óptima se deben considerar criterios que garanticen la representatividad de la información que se obtenga en el campo. Schallau (2010) menciona que estas áreas deben representar al sitio de estudio, no estar ubicadas en zonas de transición, contener las especies clave, el área elegida debe tener similar capacidad de respuesta a las acciones de manejo que presenta el sitio en general. Es importante que las áreas clave no sean seleccionadas al azar, su selección debe contemplar característica del área al cual representan como suelo, vegetación y clima.

En relación al número de áreas clave por sitio, es necesario tener en cuenta la logística disponible para el monitoreo y que esta en lo posible se realice en uno o dos días (Schallau, 2010).

Una vez establecidas las áreas clave que se caracterizan por una vegetación, suelo, topografía y clima con características similares a las del sitio al cual pertenecen (Barker y Egen, 1993) pueden ser usadas para evaluar el impacto de prácticas de mejora y manejo en pastizales en el tiempo. Las áreas de referencia son aquellas que se encuentran en el mejor estado y generalmente están relacionadas con las mejores prácticas de manejo (NRC, 1994). Las áreas clave y de referencia son extremadamente útiles en el manejo del pastizal puesto que proporcionan la información básica para determinar la condición y salud de áreas bajo pastoreo y otros usos, así como para separar los efectos generados por el cambio climático (Laycock, 1991) en consecuencia, son consideradas parte fundamental del sistema de monitoreo.

1.4.2 Estandarizando Indicadores y Protocolos de Medición

Un indicador es un parámetro estructural o funcional característico del ecosistema que puede ser observado o medido y que proporciona información relacionada al estado en el que se encuentra el sistema monitoreado, en este caso el pastizal (White, 2003). Los indicadores pueden ser medidos directamente como es el caso de la biomasa que nos informa directamente sobre la productividad del ecosistema, pero también se pueden usar indicadores indirectos cuando es difícil medir una determinada propiedad directamente. Cualquiera sea el indicador, este en lo posible

debe ser medible y estar relacionado con la estructura o función del ecosistema que está siendo monitoreado (Suter, 2001).

Es importante, definir el objetivo de las evaluaciones y la naturaleza del monitoreo a fin de identificar adecuadamente los indicadores, por cuanto los indicadores deben brindar información relacionada a los objetivos que persigue la evaluación (Biondini y Menske, 1996). Identificar un número mínimo de indicadores que se utilicen en el marco de un sistema de monitoreo de pastizales constituyen un punto de partida que brinda ventajas potenciales como la posibilidad de enriquecer e intercambiar datos entre diversas entidades que tienen objetivos comunes (ministerio del ambiente, universidades, empresas privadas y otros), la posibilidad de un análisis a mayor escala los cuales pueden traspasar fronteras jurisdiccionales y brindar la oportunidad de generar bases de datos globales que puedan ser utilizadas para responder a las necesidades que se presenten en el futuro (Karl et al. 2017).

Los procedimientos para monitorear los indicadores deben ser uniformes en lo posible y contar con protocolos para su ejecución de tal manera que se garantice una colección uniforme de datos (Veblen et al., 2014). La interpretación de los datos obtenidos a partir de indicadores y procedimientos uniformizados, siguiendo protocolos establecidos y en el marco de un sistema de monitoreo, abre la posibilidad de utilizar esta información en la generación de políticas para la protección y conservación del ecosistema pastizal, así como para el planteamiento de estrategias de mejora (Pilliod et al., 2022).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio involucró la evaluación de la condición y estado de salud de los pastizales altoandinos y un análisis de correlación entre indicadores, utilizando como área de estudio al Fundo Sorani y como estratos de muestreo a los trece sitios que lo componen. Los datos de suelos y vegetación resultantes de la evaluación de los indicadores de condición y salud fueron procesados en el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la UNA La Molina. El periodo de colección y procesamiento de los datos abarcó de enero a mayo del 2025 y comprendió un primer viaje de reconocimiento en enero destinado a realizar un relevamiento rápido de las características de los sitios en términos de paisaje, vegetación y suelos , así como una segunda visita de campo en febrero para la identificación de áreas clave y de referencia para finalmente terminar con la evaluación del estado de los indicadores de la condición y salud de los pastizales a nivel de cada sitio durante los meses de marzo a abril, dejando el mes de mayo para el procesamiento y sistematización de datos.

2.1. Materiales

2.1.1. Material biológico

- Muestras de plantas y suelo procedentes de sitios al interior del Fundo Sorani

2.1.2. Material de laboratorio

- Mapas cartográficos
- Sistemas de Posicionamiento Geográfico – GPS
- Cámara fotográfica
- Cuadrantes metálicos
- Anillos censadores
- Estacas de madera
- Formatos de registro

2.2. Metodología

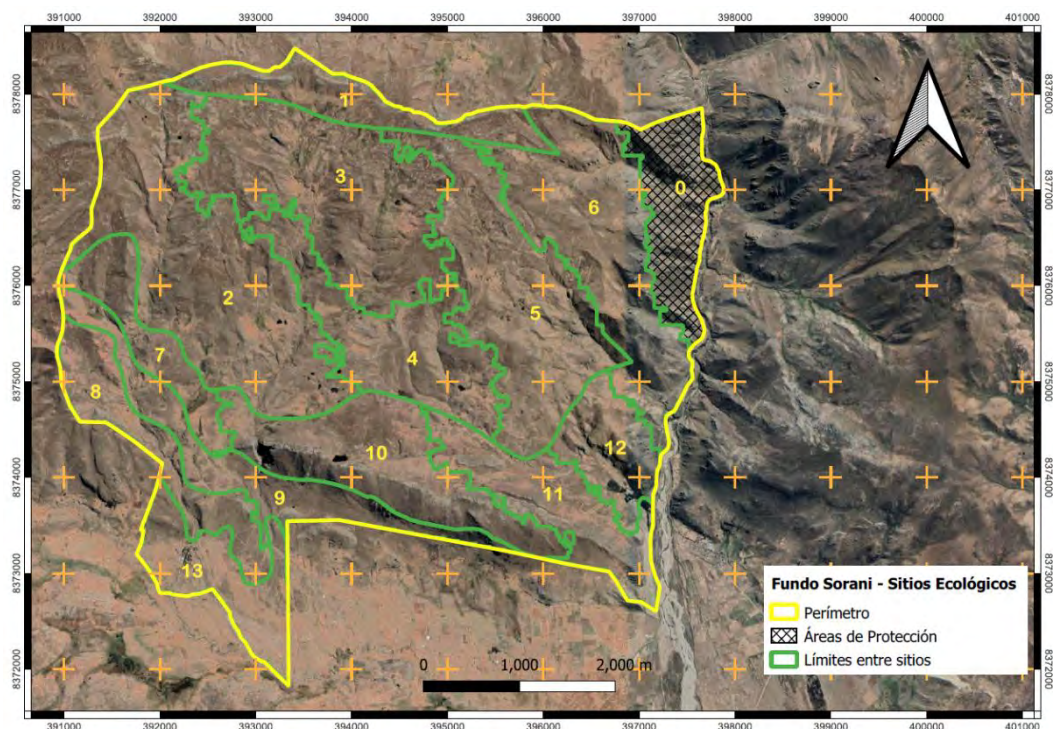
2.2.1. Área de Estudio

El área de estudio se localizó en el Fundo Sorani ubicado en el distrito de Muñani, provincia de Azángaro, región Puno y abarca un rango altitudinal que va de 4100 a 4800 msnm y cubre una extensión de 3019.91 hectáreas las cuales incluyen 147.97 ha de áreas de protección y la zona de vida corresponde a Paramo muy húmedo subalpino subtropical (Holdridge, 1967) y de acuerdo al mapa de ecosistemas del Perú corresponde al ecosistema Puna húmeda (MINAM, 2019). El Fundo está actualmente dedicado a la producción de alpacas bajo un sistema de pastoreo continuo estacional (LEUP, 2025).

Las unidades de estudio estuvieron constituidas por trece (13) sitios ecológicos que conforman al Fundo Sorani (Figura 10) previamente delimitados a partir de la superposición de mapas de geología, fisiografía, altitud, pendiente y provincia de humedad que constan en la base de datos de inventario de sitios para el ecosistema de puna de la Unidad de Sistemas de Información Espacial del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la UNALM (LEUP). El fundo está ubicado en el distrito de Muñani, provincia de Azángaro, región Puno y abarca un rango altitudinal que va de 4100 a 4800 msnm y cubre una extensión de 3019.91 hectáreas las cuales incluyen 147.97 ha de áreas de protección y la zona de vida corresponde a Paramo muy húmedo subalpino subtropical (Holdridge, 1967) y de acuerdo al mapa de ecosistemas del Perú corresponde al ecosistema Puna húmeda (MINAM, 2019). El Fundo está actualmente dedicado a la producción de alpacas bajo un sistema de pastoreo continuo estacional (LEUP, 2025).

Figura 10.

Mapa de sitios ecológicos del fundo Sorani (LEUP, 2025).



Los sitios ecológicos evaluados se caracterizan por estar cubiertos de pajonales en los que destacan gramíneas como *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis antoniana*, *Muhlenbergia fastigiata*, *Calamagrostis vicunarum*, y plantas herbáceas como *Alchemilla pinnata* e *Hypochoeris taraxacoides*. Una descripción en términos de extensión (ha), pendiente, textura del suelo, geología, materia orgánica (%) y proporción de grupos funcionales (%) de cada uno de los 13 sitios ecológicos se presenta en la Tabla 1. Las especies registradas en el Fundo fueron clasificadas en función de su deseabilidad para alpacas, información que se muestra en el Anexo 1. Mientras que la información de los 13 sitios ecológicos generada a través de relevamiento rápido referida a suelos y vegetación que incluye una fotografía ilustrativa de cada sitio se muestra en el Anexo 5.

Los patrones de precipitación (Estación Meteorológica Muñani – Puno) muestran un promedio de precipitación del año 2023 y 2024 para la época húmeda de 505.35 mm y 135.9 para la época seca, en tanto que el promedio de temperatura máxima y mínima para la época húmeda fue 17.95 y 4.85 °C respectivamente, mientras que para la época seca se reportaron temperaturas de 19.05 (máxima) y de 0.3 °C (mínima).

Tabla 1.*Características de los sitios ecológicos relacionados a suelo y vegetación*

Sitio Ecológico	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA					VEGETACIÓN			
	Área (ha)	Pendiente (%)	Textura Suelo	Geología	MO%	% Gramíneas	% Hierbas	% Arbustos	% Pseudo gramíneas
1	129.67	31-60%	Arcillo limoso	Familia Vilquechico	Moderado	29.00%	10.67%	0.00%	0.00%
2	458.11	11-15%	Franco Arcilloso	Formacion chagrapí	Moderado	21.33%	30.67%	4.67%	15.00%
3	368.22	32%	Arcillo limoso	Formacion chagrapí	Moderado	30.33%	6.67%	9.33%	0.00%
4	220.34	3-5%	Franco arcillo arenoso	Formacion chagrapí	Moderado	35.00%	15.67%	5.00%	7.33%
5	327.97	16-30%	Franco arcilloso	Familia Huancane	Moderado	37.33%	1.00%	7.00%	0.00%
6	313.54	21%	Franco	Grupo Moho - Fam. Maras - Arenisca cuarzosas rojas	Moderado	13.00%	9.00%	6.33%	0.00%
7	105.16	31-60%	Franco arenoso	Grupo Moho - Fam. Maras - Arenisca cuarzosas rojas	Moderado	23.67%	5.67%	0.00%	3.00%
8	137.19	16-30%	Franco arcilloso	Familia Vilquechico	Pobre	20.67%	1.00%	5.33%	13.33%
9	160.81	3-5 %	Franco limoso	Grupo Moho - Fam. Maras - Arenisca cuarzosas rojas	Moderado	37.67%	13.00%	3.67%	7.00%
10	247.16	11-15%	Franco arenoso	Grupo Moho - Fam. Maras - Arenisca cuarzosas rojas	Moderado	32.33%	30.33%	1.00%	0.00%
11	167.48	43%	Franco	Grupo Moho - Fam. Maras - Arenisca cuarzosas rojas	Moderado	23.33%	21.67%	0.33%	0.00%
12	104.25	5%	Franco arenoso arcilloso	Grupo Moho - Fam. Maras - Arenisca cuarzosas rojas	Moderado	22.67%	32.33%	0.00%	0.00%
13	132.03	42%	Franco limoso	Depósitos aluviales 1	Moderado	24.00%	39.67%	5.00%	0.33%

2.2.2. Medición de Indicadores de Condición del Pastizal

Identificación de áreas clave

La evaluación de la condición del pastizal se realizó en áreas clave las cuales fueron ubicadas al interior de cada uno de los 13 sitios ecológicos que conforman el Fundo Sorani-Puno. Los criterios que se tomaron en cuenta para la localización de las áreas clave contemplaron la elección de un área representativa del sitio ecológico, su ubicación en áreas alejadas a fuentes de agua, corrales, bebederos, carreteras y zonas de transición, la representatividad de las especies dominantes, sub dominantes y se tuvo presente que el área elegida tuviera similar capacidad de respuesta a las acciones de manejo que tiene el sitio (Schalau, 2010). Para facilitar la aplicación de estos criterios, la identificación de las áreas clave se inició con un levantamiento rápido de información

visual realizado en cada sitio ecológico en términos de las características de paisaje, cobertura vegetal, especies dominantes y subdominantes, características superficiales del suelo, pedregosidad, cobertura, pendiente, textura del suelo, presencia de mantillo, profundidad del suelo y afloramientos rocosos para lo cual se utilizó un formato de registro de relevamiento rápido que se muestra en el Anexo 2 (LEUP, 2013) Esta información permitió tener una idea general de las características de cada sitio lo que contribuyó a la identificación de las áreas clave (Tabla 2). El área clave estuvo constituido por un espacio circular con un radio de 30 metros haciendo una superficie de 2827 m² (Parker, 1992).

Tabla 2.

Especies dominantes, sub dominantes y sub sub dominantes, superficie y ubicación geográfica del punto central de los transectos al interior de las áreas claves ().*

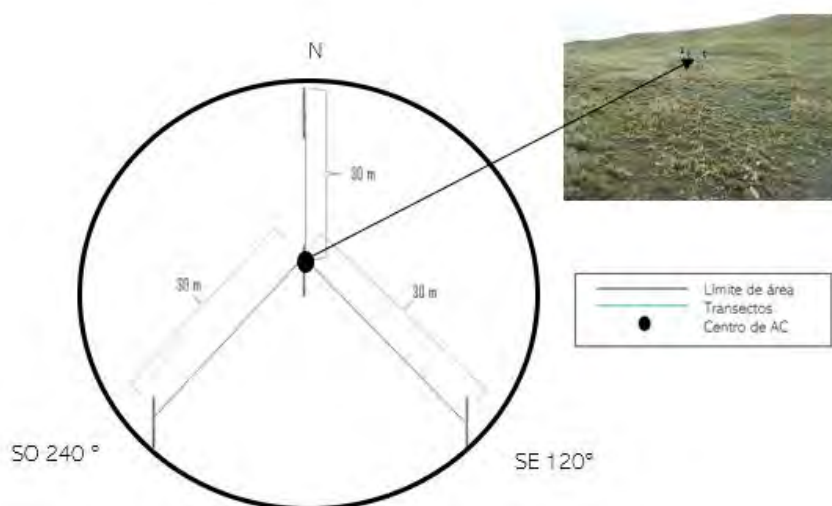
sitio	Especies				Superficie (ha)	Altitud msnm	Transectos de monitoreo ubicados en el área clave
	Dominante	Sub dominante	Sub dominante	sub			Punto central
1	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Alchemilla pinnata</i>		129.67	4719.9	392929 N 8377869 E
2	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Calamagrostis sp</i>		458.11	4377.4	393293 N 8375632 E
3	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Pycnophillum weberbaueri</i>		368.22	4612.7	394674 N 8376847 E
4	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>		220.34	4452.2	394326 N 8375503 E
5	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Scirpus rigidus</i>	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>		327.97	4612.0	395551 N 8376449 E
6	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Distichia muscoides</i>	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>		313.54	4541.7	396549 N 8376363 E
7	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	<i>Senecio sp</i>		105.16	4350.5	391820 N 8375421 E
8	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Calamagrostis vicugnarum</i>	<i>Senecio sp</i>		137.19	4174.0	392075 N 8373995 E
9	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Calamagrostis vicugnarum</i>	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>		160.81	4179.9	392673 N 8374082 E
10	<i>Alchemilla pinnata</i>	<i>Calamagrostis vicugnarum</i>	<i>Scirpus rigidus</i>		247.16	4311.3	394586 N 8374197 E
11	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	<i>Senecio sp</i>		167.48	4119.8	396423 N 8373950 E
12	<i>Festuca blanca</i>	<i>Alchemilla pinnata</i>	<i>Juncus sp</i>		104.25	4122.9	396927 N 8374979 E
13	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Calamagrostis antoniana</i>	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>		132.03	4054.8	392018 N 8373416 E

(*) Especies identificadas en colaboración con el laboratorio de Botánica Sistemática de la Facultad de Ciencias de la UNALM.

Al interior de las áreas clave se realizaron las evaluaciones siguiendo la metodología original propuesta por Parker (1992), la cual contempla la instalación de tres transectos radiales de 30 m de largo que tienen un punto central como origen (Figura 11). La dirección Norte, 240° Sur Oeste y 120° Sur Este (Tabla 1) fueron registradas con la ayuda de un GPS y a lo largo de estos transectos cada 30 cm se registraron datos utilizando un anillo censador (varilla metálica de 1m longitud con un anillo de una pulgada de diámetro en un extremo). Un total de 100 puntos fueron registrados con la ayuda de un formato (Anexo 3) que incluyo a la vegetación herbácea perenne la cual fue registrada cuando el área basal o parte de ella caía dentro del anillo, mantillo y musgo cuando más de la mitad del anillo caía en estos elementos, roca cuando más de la mitad del anillo es cubierto por material rocoso mayor a 2 cm, suelo desnudo cuando el anillo cae en suelo mineral desprovisto de vegetación, mantillo o musgo (Pillaca, 2008).

Figura 11.

Esquema descriptivo de la disposición de transectos al interior del área clave.



A partir de estos datos se clasificaron las especies desde el punto de vista funcional en deseables, poco deseables e indeseables para alpacas (Anexo 1), así mismo se estimó el porcentaje de cobertura, composición florística y riesgo de erosión. Los indicadores de vigor y erosión actual fueron valorados en base a apreciación cualitativa

de características de la vegetación y suelo como se precisa líneas abajo y en el Anexo 4, donde los indicadores de la condición del pastizal están relacionados a dos atributos; vegetación y suelo valorados en rango de puntaje que se muestran en la Tabla 3. El atributo vegetación incluye tres indicadores, cobertura vegetal, composición florística y vigor de plantas clave mientras que el atributo suelo involucra a dos indicadores, riesgo de erosión y erosión actual (Ruyle y Dyess, 2010).

Tabla 3.

Atributos e indicadores para estimar la condición del pastizal

Atributo	Indicador	Rango de puntaje
I. Vegetación	Cobertura vegetal	0-10
	Composición florística	0-20
	Vigor de plantas clave	0-10
II. Suelos	Riesgo de erosión	0-15
	Erosión actual	0-15

Indicadores de la vegetación

Cobertura: fue estimada a partir del porcentaje de los toques registrado en los tres transectos del área clave sobre plantas deseables, poco deseables, no deseables y mantillo.

Composición florística: fue estimada en función del porcentaje de las especies deseables, poco deseable y no deseables (para alpacas).

Vigor: fue estimado en base a una apreciación cualitativa de la presencia de gramíneas y hierbas deseables, nivel de abundancia de tallos reproductivos y semillas, la abundancia de hojas (producción), solidez del matojo, presencia de plantas en pedestal y presencia de plantas anuales y no deseables.

Indicadores del suelo

Riesgo de erosión: este indicador fue estimado a partir del índice de cobertura del suelo registrado en los transectos, (incluye plantas deseables, poco deseables, no deseables, mantillo y roca).

Erosión actual: fue estimada a partir de una apreciación cualitativa del grado de erosión del área, magnitud de erosión laminar, presencia de pavimento de erosión, estabilidad de los horizontes, presencia de suelo compactado, movimiento de mantillo, movimiento de suelo, presencia de mantillo, plantas en pedestal, plantas con raíces expuestas.

Los indicadores antes descritos fueron calificados en un rango de puntaje variable para cada indicador tomando en cuenta la observación del estado de diversas características relacionadas al indicador (Anexo 4): cobertura vegetal (0-10), composición florística (0-20), vigor de plantas clave (0-10), riesgo de erosión (0-15) y erosión actual (0-15). La condición se determinó en base al puntaje alcanzado por la sumatoria de los cinco indicadores (Parker, 1992 los cuales están agrupados en: condición excelente (56-70), Bueno (42-55), Regular (28-41), Pobre (16-27) y Muy Pobre (0-15) como se precisa en la Tabla 4.

Tabla 4.

Criterios y puntajes de calificación según condición del pastizal

Clasificación	Vegetación	Suelos	Puntaje combinado
Excelente	32 o mas	24 a mas	56-70
Bueno	24-31	18-23	42-55
Regular	16-23	12-17	28-41
Pobre	9-15	7-11	16-27
Muy Pobre	0-8	0-6	0-15

Fuente: Parker (BLM, 1992)

2.2.3. Medición de Indicadores de Salud del Pastizal

La medición de indicadores de condición y salud se realizaron en áreas claves identificadas previamente a nivel de cada sitio utilizando los métodos propuestos por Parker (1992) y Pyke (2002) respectivamente. Áreas de referencia o en mejor estado de

conservación en que se encuentra la comunidad fueron identificadas para apoyar la estimación del grado de alejamiento de cada indicador con respecto al de la referencia, las áreas de referencia fueron identificadas usando criterios similares a aquellos requeridos para la determinación y ubicación de las áreas clave (Schalau, 2010).

La medición de los indicadores de estado de salud del pastizal se basó en el método planteado por la Guía de Interpretación de Indicadores de Salud del Pastizal (Pellant, 2005). El estado de los indicadores fue estimado dentro del área clave y cuando el indicador requería de una apreciación a nivel de paisaje la estimación fue realizada en áreas claves y adyacentes. En el Anexo 5 se describen las características relevantes de cada sitio evaluado. La evaluación involucró 17 indicadores relacionados a tres atributos del ecosistema; estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica (Tabla 5).

Tabla 5.

Atributos e indicadores asociados al estado de salud del pastizal (Pyke et al., 2002)

Indicador	Atributos		
	Estabilidad del sitio	Función hidrológica	Integridad biótica
1. Erosión por surcos	x	x	
2. Patrones de flujo de agua	x	x	
3. Pedestales y/o terracetos	x	x	
4. Suelo desnudo	x	x	
5. Cárcavas	x	x	
6. Áreas de acumulación de suelo por efecto de erosión ocasionada por el viento	x		
7. Movimiento de mantillo		x	
8. Resistencia de la superficie del suelo a la erosión	x	x	x
9. Pérdida y degradación del suelo superficial	x	x	x
10. Efectos de la composición y distribución relativa de plantas sobre la infiltración		x	
11. Capa de compactación	x	x	x
12. Grupos funcionales o estructurales			x
13. Mortalidad o decadencia de plantas			x
14. Cantidad de mantillo		x	x
15. Producción anual			x
16. Plantas invasoras			x
17. Capacidad reproductiva de plantas perennes			x

La calificación de los indicadores se realizó considerando el grado de alejamiento del estado del indicador en el área clave en relación al área de referencia del sitio en un rango de puntaje del 1 - 5, ninguno a ligero (1), ligero a moderado (2), moderado (3), moderado a extremo (4) y extremo a total (5), para este proceso de

categorización se utilizó un formato de calificación del estado de los indicadores según atributo por cada sitio (Anexo 6), para cuya evaluación del estado se utilizaron como referencia las matrices genéricas que se consigna en el Anexo 7 (Pellant et al., 2005).

A continuación, se describen los aspectos relevantes a tener presente en la evaluación de cada indicador (Pyke, 2002).

Indicador 1: Erosión por surcos.

Este indicador evalúa la frecuencia, distribución, longitud, conexión de pequeños riachuelos o surcos temporales, que en general son de pocos centímetros de profundidad (menor de 30 cm de ancho) y están presentes mayormente en pendientes, usualmente terminan en un área plana y se observa una zona donde se deposita material arrastrado por el agua. Este indicador es utilizado para estimar el estado del atributo estabilidad del sitio y función hidrológica.

Indicador 2: Patrones de flujo de agua

Este indicador evalúa la presencia de rutas marcadas por la micro topografía del lugar a través de las cuales fluye el agua usualmente se observan en superficie plana y ocurre cuando la capacidad de infiltración del suelo es excedida y el flujo de agua es superficial, se evidencia por el movimiento de mantillo, suelo o presencia de grava; en su evaluación de debe observar la frecuencia, ancho, longitud y conexión entre rutas de flujo. Este indicador es utilizado para estimar el estado del atributo estabilidad del suelo y función hidrológica.

Indicador 3: Pedestales y/o terracetas

La presencia de pedestales muestra el arrastre de suelo de la base de las plantas o alrededor de rocas, que resulta de las fuerzas erosivas del viento o el agua, este movimiento del suelo confiere una apariencia elevada de las plantas o rocas en relación a la superficie del suelo y que en algunas ocasiones expone a las raíces de las plantas. De otro lado, las terracetas son acumulaciones de suelo detrás de rocas o plantas que actúan como barreras en situaciones en las que hay movimiento de suelo provocado por el agua. El indicador referido a pedestales y/o terracetas es utilizado para estimar el estado del atributo estabilidad del suelo y función hidrológica.

Indicador 4: Suelo desnudo

Este indicador brinda información acerca de la presencia de áreas de suelo mineral expuesto por la ausencia de vegetación viva o senescente, mantillo, grava o roca. Este indicador es utilizado para estimar el estado del atributo estabilidad del suelo y de la función hidrológica.

Indicador 5: Cárcavas

Las cárcavas están constituidas por canales que se forman como consecuencia de un flujo intermitente de agua que toma otra ruta diferente a la normal. La evaluación de este indicador contempla la frecuencia de estos canales de agua, la profundidad, ancho, longitud, el estado de las paredes laterales, si están activas o no y la presencia de vegetación en la base y parte lateral del canal de agua. Este indicador es utilizado para estimar el estado de la estabilidad del suelo y de la función hidrológica.

Indicador 6: Áreas de acumulación de suelo por efecto de erosión ocasionada por el viento

Este indicador evalúa la frecuencia de áreas donde se observa el movimiento de suelo que se ha acumulado al ser detenido por objetos de gran tamaño como plantas leñosas o material rocoso. Este indicador es utilizado para estimar el estado del atributo estabilidad del suelo.

Indicador 7: Movimiento de mantillo

Este indicador evalúa la distancia y cantidad de mantillo que ha sido desplazado de su lugar original por acción del viento o agua. El mantillo en este indicador se restringe a material vegetal vivo o al inicio de descomposición de la materia lo que hace posible reconocer el material vegetal original, no incluye material que esta descompuesto y no se puede reconocer su procedencia. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud del atributo que corresponde a la función hidrológica.

Indicador 8: Resistencia de la superficie del suelo a la erosión

Este indicador evalúa la capacidad del suelo para resistir a la erosión provocada por el agua, la resistencia de la superficie del suelo a la erosión es favorecida por la presencia de materia orgánica en el suelo la cual contribuye a la formación de agregados estables por lo cual, este indicador es evaluado observando la estabilidad de pequeñas muestras de suelos obtenidos de la superficie del suelo y sumergidos en agua y comparados con

los valores del área de referencia (Herrick et al., 2001). Este indicador es utilizado para estimar los tres atributos del pastizal, estabilidad del suelo, función hidrológica e integridad biótica.

Indicador 9: Pérdida o degradación del suelo superficial

Este indicador es evaluado en función de la frecuencia observada y la magnitud de pérdida del horizonte superior, el cual cumple un rol vital al ser un espacio donde ocurre la germinación y establecimiento de las plantas, y contiene en general la mayor cantidad de materia orgánica por lo que su pérdida puede ser evidenciada por el cambio de coloración del horizonte superficial. Este indicador es utilizado para estimar los tres atributos del pastizal, estabilidad del suelo, función hidrológica e integridad biótica.

Indicador 10: Efectos de la composición y distribución de la comunidad de plantas sobre la infiltración

Este indicador es evaluado en base a los cambios que se observan en relación a los grupos funcionales, y su distribución espacial, y el impacto que estos cambios podrían ejercer sobre la capacidad del sitio para maximizar la infiltración. Este indicador es utilizado para estimar el estado de la función hidrológica del sitio.

Indicador 11: Capa de compactación

Este indicador evalúa la presencia de una capa de suelo compactado, a una profundidad igual o menor a 15 cm, que se caracteriza por presentar una mayor densidad que los horizontes subyacentes, esta compactación puede ser resultado de una historia de disturbación con maquinaria pesada, es importante observar el grosor y el grado en el que esta restringe el crecimiento de raíces. Este indicador es utilizado para estimar los tres atributos del pastizal, estabilidad del suelo, función hidrológica e integridad biótica.

Indicador 12: Grupos funcionales estructurales

Este indicador se evalúa en función de los cambios que se observan en el número y dominancia de grupos funcionales/estructurales, así como los cambios en las especies dominantes y subdominantes dentro de cada grupo. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud del atributo integridad biológica.

Indicador 13: Mortalidad o decadencia de plantas

La evaluación de este indicador se realiza en función de la frecuencia de plantas senescentes. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud del atributo integridad biótica.

Indicador 14: Cantidad de mantillo

Este indicador es evaluado por la cantidad de materia vegetal (hojas ramas que han sido desprendidas de la planta) en estado inicial de descomposición, por lo que es posible identificar su procedencia. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud del atributo función hidrológica e integridad biológica.

Indicador 15: Producción anual

Este indicador es evaluado a través de la cantidad de biomasa producida bajo las condiciones climáticas del año en evaluación en relación al potencial del sitio. Este indicador permite recabar información sobre la capacidad del sitio de capturar energía a través del proceso de fotosíntesis y transformarla en biomasa disponible para otros niveles tróficos. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud de la integridad biótica del sitio.

Indicador 16: Plantas invasoras

Este indicador evalúa la presencia de plantas invasoras que podrían ser, malezas tóxicas, especies exóticas, o plantas nativas que han invadido el sitio. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud de la integridad biótica del sitio.

Indicador 17: Capacidad reproductiva de plantas perennes

Este indicador es evaluado en función de la presencia de cabezas florales, macollos vegetativos observados por planta. Este indicador es utilizado para estimar el estado de salud de la integridad biológica del sitio.

Para la calificación del estado de los atributos se procedió a la elaboración de tablas de resumen de las evaluaciones de los indicadores para cada atributo, a partir de estas tablas se procedió a la calificación del estado de cada atributo tal como se detalla a continuación:

1. Se elaboraron para cada sitio tablas de resumen de categorización de indicadores por atributo y sumatoria de indicadores, como se muestra en el ejemplo de la Tabla 6:

Tabla 6.*Resumen de indicadores y frecuencia de calificaciones por atributo*

Indicadores por atributo	Extremo = 1 E	Moderado a extremo = 2 D	Moderado = 3 C	Ligero a moderado = 4 B	Ninguno a ligero = 5 A	Numero de Indicadores por Atributo
S: Estabilidad del Sitio (Indicadores 1-6, 8-9 y 11)	0	0	2	5	2	9
W: Función Hidrológica (Indicadores 1-5, 7-11 y 14)	0	0	2	5	4	11
B: Integridad Biótica (Indicadores 8, 9 y 11 - 17)	0	0	0	5	4	9

Fuente: Pyke et al., 2002

2. El cálculo del estado del atributo en saludable, riesgo y no saludable (Pyke et al., 2002) se obtiene al multiplicar la frecuencia del indicador por los números del uno al cinco asignados a cada categoría de alejamiento, donde 5 corresponde al grado de alejamiento de ninguno a ligero y 1 al grado de alejamiento extremo a total. El producto de los numero asignados se multiplican por la frecuencia de las categorías de los indicadores por atributo y la suma resultante se divide entre el número de indicadores del respectivo atributo según la formula siguiente formula:

$$\text{Puntaje de atributo X} = \frac{(5 * A + 4 * B + 3 * C + 2 * D + 1 * E)}{N^{\circ} \text{ de indicadores de atributo X}}$$

Donde:

A: Ninguno a ligero alejamiento del estado del área de referencia

B: Ligero a moderado alejamiento del estado del área de referencia

C: Moderado alejamiento del estado del área de referencia

D: Extremo a moderado alejamiento del estado del área de referencia

E: Extremo a total alejamiento del estado del área de referencia.

Finalmente, el puntaje calculado por atributo es contrastado con los rangos de puntaje que categorizan a los atributos (Tabla 7) para definir el estado de salud por atributo.

Tabla 7.

Rangos de puntaje para la estimación del estado de Salud del Pastizal.

Categoría del Estado de Salud del Pastizal	Rango
Saludable	3.83 – 5.49
Riesgo	2.17 – 3.82
No Saludable	0.5 – 2.16

2.2.4. Estimación del Grado de Complementariedad entre Indicadores de la Condición e Indicadores del Estado de Salud del Pastizal.

El grado de complementariedad entre indicadores de condición e indicadores del estado de salud involucro la construcción de una matriz de coeficientes y grado de significancias derivadas a partir del análisis de correlación simple no paramétrica de Spearman y Kendall. El Programa SAS 2025 fue utilizado para estimar la normalidad de los datos y definir tanto el valor como el signo de la correlación con una significancia de 0.05. Los sitios de pastizal fueron utilizados como replicas para contar con el suficiente número de grados de libertad para estimar el grado de significancia de la correlación entre indicadores.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Condición del Pastizal

Condición general de fundo

La condición estimada de los pastizales del Fundo Sorani utilizando el método de los tres pasos de Parker (Parker, 1992) arrojó un puntaje promedio de 53 de los cuales 30 (57%) correspondieron al atributo vegetación y 23 (43%) al atributo suelo ubicando al Fundo Sorani en la categoría de condición buena (Tabla 8), equivalente a un estado sucesional relativamente avanzado.

Tabla 8.

Condición ecológica de los sitios y valor de los atributos suelo y vegetación.

Sitio	Superficie (ha)	Atributo vegetación	Atributo suelo	Puntaje	Condición
1	129.67	31	19	50	Bueno
2	458.11	30	24	54	Bueno
3	368.22	32	19	51	Bueno
4	220.34	32	25	57	Excelente
5	327.97	30	26	56	Excelente
6	313.54	26	23	49	Bueno
7	105.16	28	18	46	Bueno
8	137.19	22	17	39	Regular
9	160.81	32	28	60	Excelente
10	247.16	32	25	57	Excelente
11	167.48	29	25	54	Bueno
12	104.25	29	24	53	Bueno
13	132.03	36	28	64	Excelente
Promedio	220.92	30	23	53	Bueno

Nota: Puntaje máximo para el atributo vegetación es 40 puntos el cual representa el 57% de aporte al puntaje máximo y para el suelo es 30 puntos constituyendo el 43% de contribución.

Condición excelente, buena y regular

Un análisis a cerca de la distribución espacial de los sitios reveló que de un total de 13 sitios (2871.93 ha de superficie pastoreable) cinco sitios (4,5,9,10,13 que representan el 38% de la superficie), se encontraron en condición excelente, siete sitios (1,2,3,6,7,11,12 que representan el 57% de la superficie del fundo se encontraron en condición buena y el sitio 8 fue el único de condición regular el cual abarca el 4.8% de la superficie del fundo.

Atributos del suelo y vegetación

Cuando se analiza los patrones de cambio en el aporte que los atributos vegetación y suelo hacen al puntaje de condición (Tabla 9) se observó que el valor de los atributos disminuyó cuando la condición descendió de excelente a regular a tasas similares, revelando la asociación estrecha que existe entre la estructura de la vegetación y la salud del suelo.

Tabla 9.

Valor promedio y contribución porcentual al puntaje de condición.

Atributo	Condición		
	Excelente	Buena	Regular
Vegetación	32.4 (80%)	29.3 (72%)	22.0 (55%)
Suelo	26.4 (87%)	21.7 (73%)	17.0 (57%)

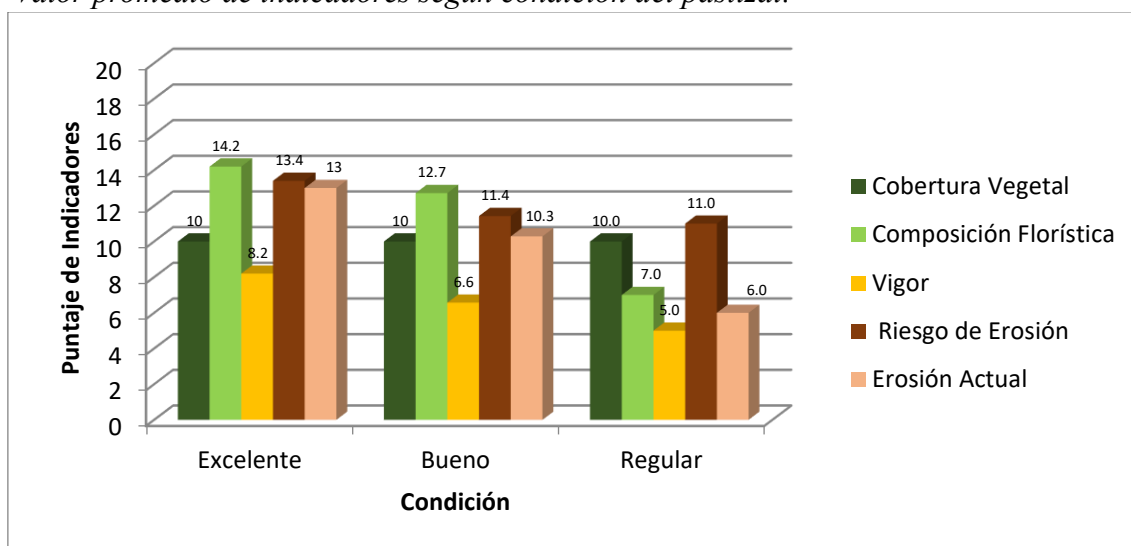
Valor de indicadores según condición

En la Figura 12 se muestra como el valor de los indicadores por atributo varía según condición donde se observa que la cobertura vegetal alcanzo el máximo puntaje (en todas las condiciones) en la escala de calificación dado que el sistema otorga el máximo puntaje a cobertura cuando esta supera el 40% como ocurrió en todos los sitios. Los otros indicadores del estado de la vegetación (composición florística y vigor) e indicadores del estado del suelo (riesgo de erosión y erosión actual) alcanzaron menor puntaje en referencia al máximo posible cuando la condición del pastizal disminuyó en concordancia con los cambios que predice el modelo de progresión y retrogresión de pastizales (Pulsford et al., 2016) (Anexo 8). La magnitud porcentual en que el valor de los indicadores se acerca al valor máximo otorgado en la escala de calificación muestra un rango de variación entre 35 y 100 % (Figura

12), correspondiendo el mayor rango de variación al indicador de erosión actual observándose 47 % de caída entre condición excelente y regular, seguida del indicador composición florística que mostro una caída de 36 % entre la condición excelente y regular. Esto sugiere que los indicadores más sensibles al cambio en condición medidos a partir del rango porcentual alcanzado en referencia al máximo puntaje que otorga el procedimiento, fueron erosión actual que mostro un rango entre 87 y 40% seguido de composición florística con un rango de 71% a 35% al pasar de la condición excelente a regular.

Figura 12.

Valor promedio de indicadores según condición del pastizal.



Nota: El rango del puntaje para los indicadores es como sigue: cobertura vegetal: 0 a 10, composición florística: 0 a 20, vigor: 0 a 10, riesgo de erosión: 0-15, erosión actual: 0-15

3.1.2. Estado de Salud del Pastizal

Estado de salud promedio del fundo

Los resultados de la evaluación de los sitios desde una perspectiva de procesos y función del ecosistema que involucra 17 indicadores y tres atributos mostraron que el pastizal alcanza en promedio un puntaje de 3.85 ubicando al Fundo Sorani en la categoría de saludable a través los tres atributos función hidrológica, estabilidad de sitio, e integridad biótica (Tabla 10).

Sitios saludables y en riesgo

Diez sitios (1,3,4,5,6,9,10,11,12,13) que representan el 76% de la superficie pastoreable se encontraron en estado saludable. De los diez sitios saludables, ocho sitios (1, 3, 4, 6, 9, 10, 11 y 12) mostraban los tres atributos (estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica) en estado saludable (Tabla 9). El hecho que en promedio diez sitios se encontraran en estado saludable no quiere decir que alguno de los tres atributos pueda estar en riesgo; es así que en el sitio 5, el atributo función hidrológica estaba en riesgo y en el caso del sitio 13 fue el atributo integridad biótica el que estaba en riesgo.

Tres sitios ecológicos 2, 7 y 8, que ocupan el 24% de la superficie del fundo correspondieron a la categoría de riesgo, observándose que en los sitios 7 y 8 todos los atributos se encontraron en estado de riesgo, mientras que en el sitio 2 el único atributo en riesgo fue integridad biótica, sugiriendo que el valor de algunos indicadores asociados a este atributo se habrían alejado notoriamente del estado de referencia, lo que podría estar alertando sobre la necesidad de efectuar correcciones en el manejo de la vegetación y el suelo, dado la influencia que este último componente tiene sobre la productividad del sistema ecológico (Tabla 10).

Tabla 10.*Estado de salud de los atributos a través de los sitios de pastizal*

Sitios	Atributos Pyke - Resumen Estado de Salud						Puntaje Promedio/Sitio	Categoría
	Estabilidad del sistema (indicadores 1-6, 8-9 y 11)		Función Hidrológica (Indicadores 1-5,7-11 y 14)		Integridad Biótica (indicadores 8-9 y 11-17)			
	Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría		
1	4.00	Saludable	4.18	Saludable	4.44	Saludable	4.21	Saludable
2	4.00	Saludable	3.82	Saludable	3.11	Riesgo	3.64	Riesgo
3	4.00	Saludable	4.00	Saludable	3.89	Saludable	3.96	Saludable
4	4.00	Saludable	4.00	Saludable	4.00	Saludable	4.00	Saludable
5	3.78	Saludable	3.64	Riesgo	3.78	Saludable	3.73	Saludable
6	4.33	Saludable	4.27	Saludable	4.11	Saludable	4.24	Saludable
7	2.67	Riesgo	2.82	Riesgo	3.11	Riesgo	2.87	Riesgo
8	2.56	Riesgo	2.45	Riesgo	2.67	Riesgo	2.56	Riesgo
9	4.56	Saludable	4.55	Saludable	4.22	Saludable	4.44	Saludable
10	3.89	Saludable	3.73	Saludable	3.78	Saludable	3.80	Saludable
11	4.22	Saludable	3.91	Saludable	4.22	Saludable	4.12	Saludable
12	4.22	Saludable	4.27	Saludable	4.56	Saludable	4.35	Saludable
13	4.56	Saludable	4.27	Saludable	3.44	Riesgo	4.09	Saludable
Promedio	3.91	Saludable	3.84	Saludable	3.79	Saludable	3.85	Saludable

Valor promedio de los atributos por estado de salud

La tabla 11 muestra un promedio para el estado de salud basado en los tres atributos de 4.09 para los sitios en estado saludable y un promedio de 3.02 para los sitios en riesgo, observándose un rango estrecho de variación entre a atributos dentro de estados por cuanto cada atributo representa un conjunto de propiedades ecológicas interrelacionadas que son parte de procesos esenciales para el funcionamiento del ecosistema.

Tabla 11.

Valor promedio de los atributos según estado de salud del pastizal.

Atributo	Estado de salud del pastizal	
	Saludable	Riesgo
Estabilidad del sitio	4.16	3.08
Función hidrológica	4.08	3.03
Integridad biótica	4.04	2.96
Promedio	4.09	3.02

Grado de alejamiento de indicadores

La Tabla 12 muestra el grado de alejamiento promedio de los indicadores con respecto al área de referencia de ligero a moderado (2.2) este grado de alejamiento es consistente con los resultados de condición del fundo que arroja una calificación de condición buena al aplicar el método de Parker. Cuando se analiza el comportamiento de los indicadores a través de los diferentes sitios se observa que algunos se alejan del estado de referencia en mayor magnitud que otros, situándose en un nivel de alejamiento de moderado a extremo como lo revela la presencia de valores de 4 en la escala del 1 al 5. Es el caso del sitio del sitio 2 que presenta un grado de alejamiento del área de referencia de moderado a extremo (grado de alejamiento 4) para los indicadores de producción anual y capacidad reproductiva. Mientras que sitios como el siete y ocho presentan un mayor número de indicadores en grado de alejamiento de moderado a extremo, resaltando por su transversalidad a través de los sitios calificados en riesgo, los indicadores, presencia de plantas en pedestal, suelo desnudo, deposición de suelo acarreado por el viento, desplazamiento de mantillo, pérdida y degradación del horizonte superficial, presencia de capa de compactación y presencia de plantas invasoras.

Valor de indicadores por estado de salud

La Figura 13 contrasta el comportamiento promedio de los indicadores cuando el estado de salud es saludable versus en riesgo (Anexo 10, 11 y 12), en términos del grado de alejamiento del indicador con respecto al del área de referencia. En el Fundo Alpaquero Sorani el pastoreo es uno de los principales factores bióticos que estaría impulsando el cambio en la estructura y funcionamiento de los procesos ecosistémicos que finalmente se estaría traduciendo en cambios en el valor de los indicadores a medida que el estado de salud se deteriora. En este marco los indicadores que más se alejaron del potencial (valor 3 que indica un alejamiento moderado) cuando el estado de salud era saludable fueron: efecto de la composición de la comunidad de plantas y distribución relativa sobre infiltración (indicador 10) y la producción de anual de biomasa (indicador 15). En tanto que cuando el sitio ecológico se deterioraba, para ser calificado como en riesgo los indicadores que alcanzaron un alejamiento de moderado a extremo (4) fueron indicadores relacionados al suelo: suelo desnudo (indicador 4), pérdida o degradación del suelo (indicador 9) y capa de compactación (indicador 11), resultado que es consistente con la literatura acerca de los efectos ecológicos derivados de un aumento en la presión de pastoreo sobre el suelo (Briske et al., 2011).

3.1.3. Correlación entre Indicadores de Condición e Indicadores del Estado de Salud del Pastizal

En la Tabla 13 se muestra la correlación entre los cinco indicadores de condición y los 17 del estado de salud del pastizal. El grado de cobertura vegetal estuvo negativamente correlacionada ($p < 0.05$) con los indicadores presencia de plantas en pedestal, suelo desnudo, deposición de suelo por el viento y movimiento del mantillo. La composición florística expresada en el aporte porcentual de las especies deseables y poco deseables estuvo correlacionada negativamente ($p < 0.05$) con suelo desnudo y deposición de suelo con el viento, indicadores que también lo estuvieron negativamente asociados con el vigor de la vegetación expresado en presencia de gramíneas y hierbas deseables y robustas, con abundantes tallos florales, matojos sólidos y firmes, ausencia de plantas en pedestal y presencia de anuales. De otro lado indicadores asociados al riesgo y potencial de pérdida de suelo revelaron que a mayor presencia de plantas invasoras mayor el riesgo de erosión y que a mayor la presencia de plantas en pedestal y evidencia de pérdidas de suelo mayor el nivel de erosión actual (Anexo 13).

Tabla 12.*Grado de alejamiento de indicadores con respecto al estado de referencia.*

Atributos			Nº	Indicador	Sitios *													Valor promedio del Indicador
S: Estabilidad del Sistema	W: Función Hidrológica	B: Integridad Biótica			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S	W		1	Erosión por surcos	3	1	1	1	3	1	3	4	2	3	1	1	1	2
S	W		2	Patrones de flujo de agua	3	1	1	1	1	1	2	3	2	3	2	3	1	2
S	W		3	Pedestales y/o terracetas	2	1	3	1	1	1	4	4	1	1	1	2	1	2
S	W		4	Suelo desnudo	2	3	2	3	3	3	4	4	1	1	3	2	1	2
S	W		5	Cárcavas	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S			6	Áreas de acumulación de suelo por erosión ocasionada por el viento	1	2	1	1	3	2	4	4	1	1	2	1	1	2
	W		7	Movimiento de mantillo	1	2	1	1	3	1	4	4	1	2	2	1	1	2
S	W	B	8	Resistencia de la superficie del suelo a la erosión	2	3	3	3	3	2	4	3	1	3	3	2	2	3
S	W	B	9	Pérdida o degradación del suelo superficial	2	3	3	2	2	2	4	4	2	3	2	2	2	3
	W		10	Efectos de la composición y distribución relativa de plantas sobre infiltración	1	3	2	3	3	2	3	4	2	3	4	2	4	3
S	W	B	11	Capa de compactación	2	3	3	3	3	2	4	4	2	3	1	2	3	3
		B	12	Grupos funcionales o estructurales	1	3	3	2	2	2	2	3	2	1	1	1	3	2
		B	13	Mortalidad o decadencia de plantas	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	1	1	3	2
	W	B	14	Cantidad de mantillo	1	3	2	1	3	3	2	4	1	2	3	1	2	2
		B	15	Producción anual	2	4	2	2	3	3	2	4	2	3	3	2	5	3
		B	16	Plantas invasoras	2	2	1	3	2	1	4	4	3	1	1	1	2	2
		B	17	Capacidad reproductiva de las plantas perennes	1	4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1

(*) Grado de alejamiento: nulo a ligero = 1, ligero a moderado = 2, moderado = 3, moderado a extremo = 4, extremo = 5

Figura13.

Grado de alejamiento promedio de los indicadores en sitios saludables y en riesgo.

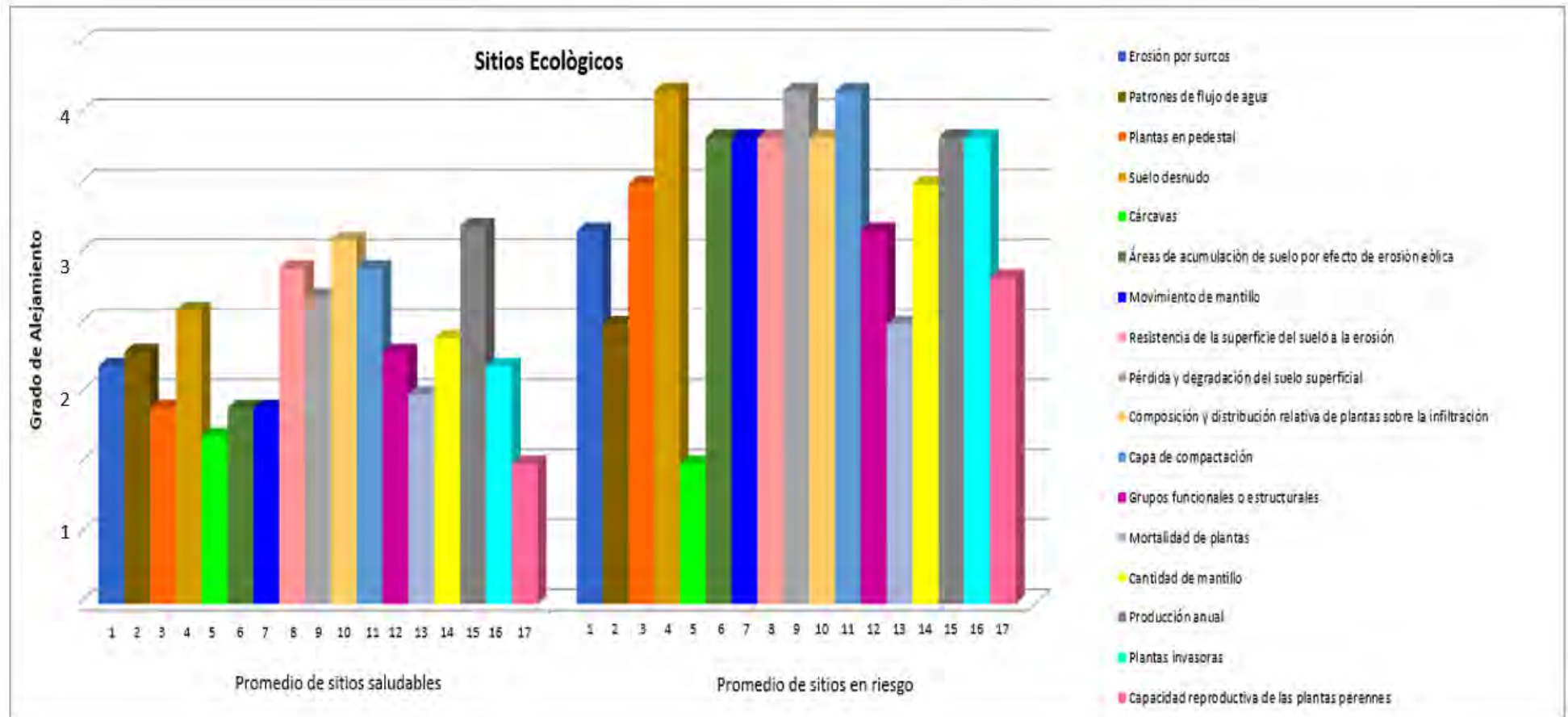


Tabla 13.

Coefficientes de correlación de Spearman y grado de significancia estadística entre indicadores de condición y estado de salud del pastizal

	COB_VEG	COM_FLO	VIGOR	R_ERO	ERO_ACT
COB_VEG	1.00000	0.73144	0.54245	0.59248	-0.39664
		0.0045	0.0555	0.0329	0.1796
COM_FLO	0.73144	1.00000	0.57226	0.31554	-0.10986
	0.0045		0.0410	0.2936	0.7209
VIGOR	0.54245	0.57226	1.00000	0.34988	-0.35891
	0.0555	0.0410		0.2412	0.2285
R_ERO	0.59248	0.31554	0.34988	1.00000	-0.10621
	0.0329	0.2936	0.2412		0.7298
ERO_ACT	-0.39664	-0.10986	-0.35891	-0.10621	1.00000
	0.1796	0.7209	0.2285	0.7298	
ERO_SURCO	-0.33227	-0.45388	0.01088	0.20923	0.39342
	0.2674	0.1193	0.9718	0.4927	0.1835
FLUJO_AGUA	-0.32620	-0.30632	-0.11494	-0.16984	0.14145
	0.2767	0.3087	0.7085	0.5791	0.6448
PEDESTAL	-0.69767	-0.33566	-0.34934	-0.26548	0.70053
	**0.0080	0.2622	0.2420	0.3807	**0.0077
S_DESNUDO	-0.63408	-0.62028	-0.77578	-0.17656	0.39560
	*0.0199	*0.0237	*0.0018	0.5639	0.1809
CARCAVA	0.39453	0.39228	-0.03951	0.11992	0.00000
	0.1822	0.1849	0.8980	0.6964	1.0000
DEP_VIENTO	-0.64825	-0.75019	-0.61526	-0.00468	0.23683
	*0.0166	**0.0031	*0.0252	0.9879	0.4360
MOV_MANT	-0.55586	-0.50523	-0.36854	0.12013	0.23683
	*0.0486	0.0782	0.2153	0.6959	0.4360
RESIS_ERO	-0.47977	-0.10807	-0.33119	-0.03933	0.43475
	0.0971	0.7253	0.2690	0.8985	0.1377
PERD_SUELO	-0.47195	-0.14464	-0.36904	0.04094	0.66929
	0.1035	0.6373	0.2146	0.8944	**0.0124
COMP_PLANTA	-0.13574	-0.01760	-0.10195	0.18088	-0.29967
	0.6584	0.9545	0.7403	0.5543	0.3199
COMPACT	-0.15481	0.06875	-0.16708	0.38833	0.53941
	0.6136	0.8234	0.5854	0.1898	0.0571
G_FUNCIONAL	0.04020	0.15990	-0.05368	0.20367	0.21141
	0.8962	0.6018	0.8617	0.5045	0.4881
MORT_PLANTAS	0.08889	0.04821	0.20232	0.52403	-0.02390
	0.7727	0.8757	0.5074	0.0660	0.9382
MANT	-0.51037	-0.53079	-0.46851	-0.25112	0.00868
	0.0747	0.0620	0.1063	0.4079	0.9776
PROD_ANUAL	0.02705	-0.04184	-0.12493	0.08833	-0.26822
	0.9301	0.8920	0.6843	0.7742	0.3756
INVASORA	0.02648	-0.12286	-0.05598	0.57976	0.30021
	0.9316	0.6893	0.8559	*0.0378	0.3190
CAP_REPROD	-0.08488	0.02665	-0.34894	0.36661	0.44043
	0.7828	0.9311	0.2426	0.2179	0.1320

(*) p<0.05, (**) p<0.01

3.2. Discusión

3.2.1. Condición del Pastizal

Condición general del fundo

El estudio reveló que los pastizales del Fundo Sorani estaban en condición buena lo que reflejaría el balance entre el estado de la vegetación y suelo correspondiendo esta condición a un estado intermedio en el proceso de sucesión. El modelo pastizal llamado también de progresión y retrogresión (Briske, 2017) establece que existe una relación estrecha entre la condición y el estado sucesional del pastizal correspondiendo al estado excelente el clímax, al bueno y regular el estado intermedio y al pobre o degradado el estado de malezas. Este modelo también asume que hay una relación negativa entre la condición y el nivel de presión de pastoreo por tanto la condición buena sugiere que el fundo Sorani estaría siendo manejado a una presión de pastoreo adecuada para la capacidad del soporte del ecosistema, lo cual permite al pastizal expresar su máxima productividad neta al encontrarse en estadios intermedios de desarrollo del ecosistema (Odum, 1969). La condición buena del fundo estaría también en concordancia con la hipótesis de disturbación intermedia y que los niveles de remoción de biomasa estarían permitiendo una moderada a baja competencia por recursos lo cual favorece la coexistencia de un mayor número de especies en respuesta a la disponibilidad de recursos (Grime, 1973) favoreciendo mayor diversidad de especies y una buena productividad primaria neta. Conforme el ecosistema avanza hacia estados más desarrollados de sucesión o mejora en la condición, la relación entre producción primaria global a respiración se acerca a uno, es decir mayor cantidad de energía es destinada a respiración o mantenimiento de la biomasa del pastizal subutilizado y material senescente residual acumulado, los costos de respiración se incrementan reduciéndose la producción primaria neta lo que no sería beneficioso para la actividad productiva del fundo.

Sitios en condición excelente, buena y regular

La presencia de sitios en condición excelente, buena y regular en el fundo, muestra un rango de variación espacial amplio entre sitios ecológicos, los cuales estarían respondiendo a diferencias en suelo, topografía, origen geológico, clima, vegetación y respuesta similar a acciones de manejo y a disturbaciones naturales (Caudle et al. 2013).

Esta heterogeneidad espacial es característica de ecosistemas de montaña (García-Llamas et al., 2018) y en el caso del fundo se refleja en los 13 sitios que se delimitaron al interior.

El pastoreo como factor principal de perturbación para el ecosistema en el fundo ha promovido respuestas diferentes del pastizal, lo cual se manifiesta en las condiciones diferentes de los sitios en excelente, buena y regular, por cuanto cada sitio responde en función de sus características estructurales y funcionales de manera diferente al manejo o a perturbaciones naturales. La mayor presencia de sitios en condición excelente y buena (95% del área pastoreable) refleja un manejo del pastoreo adecuado particularmente relacionado a la densidad de alpacas por unidad de área que no excedería a la capacidad de carga o soporte de los diferentes sitios. Esto implica que no existe sobrepastoreo y que el consumo de la biomasa vegetal por las alpacas no excede la habilidad de las plantas para sostener un adecuado rebrote y recuperar las reservas de energía necesaria para mantener una buena productividad primaria, así como proteger el suelo de la erosión (Herrick et al., 2001).

Cuando esta interacción equilibrada entre vegetación y herbívoros cambia puede ocurrir una sobreutilización de la biomasa, compactación del suelo y exponer al suelo a erosión, así como a reducción de la tasa de infiltración y en consecuencia reducción en el crecimiento de plantas (Kassahun et al., 2012). Cuando el sobrepastoreo continúa por periodos más largos, la condición del pastizal puede deteriorarse como fue el caso del sitio 8 encontrado en condición regular, este deterioro puede ir acompañado de incremento en la densidad del suelo, reducción de la cobertura e incremento de suelo desnudo, así como disminución en cantidad de materia orgánica, potasio, fosforo y nitrógeno disponible (Kassahun et al., 2012; Quintanilla, 2014), lo cual contribuye a la pérdida de resistencia del pastizal y en consecuencia es importante plantear estrategias de manejo para detener el deterioro del pastizal.

Atributos del suelo y vegetación a la condición

La disminución del valor de los atributos vegetación y suelo cuando la condición descendió (Tabla 9) a tasas similares dentro de cada condición muestra la asociación estrecha entre la vegetación y el suelo. Esta observación es consistente con las teorías actuales que sostienen que los ecosistemas desarrollan en función de la modificación del ambiente físico provocado por la comunidad biótica (Connell and Slatyer, 1977) es así

que durante las etapas iniciales de la sucesión las especies modifican las características físico químicas del suelo haciéndolo menos favorables para sí mismas y más favorables para el establecimiento de nuevas especies. Investigaciones en ecosistemas de montaña muestran que existe una estrecha asociación entre las características del suelo y los cambios en la composición florística. Así cuando la condición del pastizal se deteriora, paralelamente disminuye la producción de biomasa, cantidad de mantillo, materia orgánica y banco de semillas, se observa también incrementos en la densidad aparente, reducción en las tasas de infiltración (Quintanilla, 2014), contenido de nitrógeno, fosforo disponible y potasio (Kassahun et al., 2012).

Valor de los indicadores según condición

Un aspecto relevante al concepto de umbrales estructurales y funcionales (Briske et al., 2005) se puede apreciar en el cambio del valor de los indicadores cuando la condición se deteriora (Figura 12), mientras los indicadores cambian relativamente poco en la transición de la condición excelente a buena, estos caen en mayor magnitud en el paso de bueno a regular, sugiriendo que en dicha transición se podría haber traspasado el umbral biótico; es decir aquel valor en el puntaje de condición a partir del cual el ecosistema podría iniciar un proceso de progresión o recuperación con solo la aplicación de prácticas de rehabilitación basadas en ajustes en el manejo del pastoreo sin necesidad de recurrir a la implementación de prácticas de conservación de suelos o inversión en infraestructura física costosa (FAO, 2013). Los umbrales son difíciles de definir y cuantificar de manera directa y simple porque involucran a un conjunto de elementos que interactúan permanentemente y no son fronteras fácilmente reconocibles en el tiempo y espacio (Briske et al., 2005).

Los cambios más notorios observados a nivel de indicadores correspondieron a composición florística y erosión actual, estos hallazgos son consistentes con la literatura que señala que en un gradiente negativo de condición lo que primero cambia son las características o indicadores estructurales de la vegetación y posteriormente cambian las características del suelo que es lo que estaría ocurriendo en un solo sitio entre los 13 evaluados (Briske et al., 2011). El único sitio hallado en condición regular mostro un cambio notorio en la composición florística con presencia muy baja de especies perennes deseables (7%) e incremento de especies no deseables o invasoras 31% (Anexo 9). Estos

cambios pueden tener origen en una alta presión de pastoreo o resultar de la distribución en el espacio de las diferentes especies, se ha observado que cuando la vegetación se presenta más uniformemente distribuida en el espacio la selectividad de los herbívoros es menor comparada con aquella en la que las especies deseables se presentan en manchones identificables, este proceso favorece su consumo lo cual podría estar impactando en su capacidad de sobrevivencia y reproducción (Laca, 2009). Los cambios en la composición florística deben ser tomados como una evidencia de posibles cambios sean estos positivos o negativos de la comunidad e intervenir para fortalecer la capacidad de resistencia del ecosistema.

El otro indicador que mostró un cambio notable en respuesta al deterioro de la condición fue erosión actual, este indicador estima el nivel de pérdida de suelo del pastizal, el cual puede ser influenciado por una reducción en la cobertura vegetal, cambio en la condición registrada (Anexo 9) que es consistente con la reducción en la cobertura vegetal promedio registrada en los sitios de condición excelente, buena y regular (79%, 63% y 45% respectivamente). Reducciones de cobertura vegetal incrementan la presencia de suelo desnudo, erosión eólica, presencia de plantas en pedestal y movimiento de mantillo lo que contribuye al deterioro del suelo y la vegetación que sostiene. Si la erosión es mantenida por un tiempo largo puede producirse pérdida del suelo importante y provocar cambios irreversibles a estados degradados particularmente cuando los cambios involucran pérdida del horizonte A por cuanto esto afecta las propiedades hidrológicas del suelo limitando el establecimiento de nuevas plántulas (Chartier y Rostagno, 2006). Bajo este escenario es importante plantear un plan de manejo de los sitios en condición regular para detener la erosión del suelo y recuperar la presencia de especies deseables, desplazando a las no deseadas que han proliferado en el sitio de condición regular, considerando lo vital que es priorizar en el monitoreo futuro del pastizal las variables más sensibles, erosión actual y composición florística.

3.2.2. Estado de Salud del Pastizal

Estado de salud promedio del Fundo Sorani

Los pastizales del Fundo Sorani se encontraron en estado saludable (Tabla 10) revelando que el grado en el cual la integridad del suelo, vegetación, así como los procesos ecológicos, flujo de energía, ciclo de nutrientes, ciclo del agua y sucesión estarían funcionando apropiadamente lo que contribuye a mantener su capacidad de recuperación ante perturbaciones naturales a las que el ecosistema está sometido (Pellant et al., 2020). En este estudio el funcionamiento del ecosistema fue evaluado a través de los atributos que representan a un conjunto de propiedades ecológicas interrelacionadas y a procesos que son claves para el funcionamiento del ecosistema (Pellant et al., 2020). Los tres atributos que en conjunto permiten estimar el estado de salud del pastizal, estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica se hallaron también en estado saludable, lo cual revelaría que los componentes estructurales del ecosistema, vegetación, suelo, microorganismos del suelo, interfase suelo- planta -agua y sus relaciones a nivel de atributos estarían funcionando en un nivel adecuado y sostenible.

Sitios en estado saludable

Un sitio ecológico puede calificar como saludable aun cuando no todos los atributos estén en dicho estado (Tabla 10) como fue el caso del sitio 5 donde uno de los atributos función hidrológica estaba en riesgo y los otros dos atributos, estabilidad del sitio e integridad biótica estaban en estado saludable; o el caso del sitio 13 en el que el atributo integridad biótica estuvo en estado de riesgo y los otros no.

Este comportamiento estaría relacionado a que indicadores de un determinado atributo serían más sensibles que otros asociados a otro atributo como consecuencia de las características particulares del sitio, diferencias en propiedades físicas del suelo, pendiente, aspecto y presencia de perturbaciones debidas al manejo o clima. En condiciones naturales no existen fronteras definidas en el espacio, la aplicación del método Interpreting Indicators of Range Health requiere la identificación de unidades funcionales como es el caso de los sitios que son unidades definidas en base a características del suelo, vegetación y clima, sin embargo, estas divisiones no están libres de variabilidad y por tanto podrían presentarse características del sitio que respondan

diferenciadamente a algunos indicadores (Caudle et al., 2013). Por ejemplo, un sitio de topografía plana, suelo orgánico y profundo responderá hidrológicamente de manera diferente a otro ubicado en una pendiente poco profunda y pobre en materia orgánica. De otro lado un sitio sobre pastoreado que ha perdido su capacidad productiva y de almacenamiento de energía va a ver disminuida su integridad biótica y capacidad para sostener procesos ecológicos, así como mantener su resistencia y resiliencia frente a perturbaciones de diversa naturaleza (Pellant et al., 2020).

Los sitios por definición responden de manera diferente a prácticas de manejo desde que estos difieren en sus características de clima, suelo y vegetación (Bestelmeyer et al., 2011). Los resultados estarían sugiriendo que el impacto de las prácticas de manejo aplicadas en el sitio 5, podrían estar alterando las características asociadas a la función hidrológica (capacidad de la comunidad para capturar, retener y liberar gradualmente el agua) estarían siendo las más afectadas. En tanto que en el sitio 13 las características relacionadas a la capacidad para mantener la estructura de la vegetación y su funcionamiento que forman parte del atributo integridad biótica serían los aspectos más afectados.

Sitios en estado de riesgo

El análisis de los riesgos que enfrenta un ecosistema brinda información para direccionar los esfuerzos orientados al diseño de estrategias de recuperación de la integridad del ecosistema; es decir el grado en el que la estructura y función del ecosistema están intactos o que no han sido degradados (Valderrábano et al., 2021). Tres sitios (2, 7 y 8) calificaron en riesgo, en dos de ellos los tres atributos estaban en riesgo (sitios 7 y 8) mientras que en el sitio 2 el único atributo que calificó en riesgo fue integridad biótica (Tabla 10).

El hecho que tres sitios se encontraron en estado de riesgo sugiere que estos habrían experimentado cambios desfavorables en la vegetación y suelo que lo predispusieron a atravesar el umbral biótico o de alerta (Bestelmeyer, 2006); es decir, aquella línea a partir de la cual con solo medidas de manejo de la vegetación (descanso, diferimiento, ajustes en la carga animal, sistema de manejo del pastoreo) un pastizal en estado de riesgo podría retornar a estado saludable sin la necesidad de prácticas de

ingeniería y conservación de suelos (Milton, 1998). Este cambio en el estado de salud de saludable a riesgo podría también significar una pérdida de resiliencia del mismo (Caudle et al., 2013) haciendo peligrar su capacidad para recuperarse en caso ocurran perturbaciones de diversa naturaleza.

En el sistema de evaluación del estado de salud del pastizal varios indicadores son comunes a los tres atributos e interaccionan entre sí, aspecto que bien podría explicar porque cuando un atributo está en riesgo y los otros en estado saludable un sitio puede calificar como riesgo (sitio 2), especialmente cuando se trata de indicadores que están asociados a la salud del suelo como es el caso resistencia de la superficie del suelo a la erosión, degradación o pérdida de la superficie del suelo, y capa de compactación y su potencial para expresarse en términos de estructura, productividad y vigor como ocurrió en este sitio con los indicadores de integridad biótica que correspondieron a producción anual y capacidad productiva de plantas perennes los cuales mostraron un deterioro significativo. De otro lado, las interacciones entre atributos a través de sus indicadores podrían estar determinado una caída en el estado de salud general del sitio más allá del que se esperaría a partir del valor promedio de los otros atributos.

Los cambios entre estados de salud son denominados transiciones, estos cambios pueden ocurrir como resultado de la alteración de varios mecanismos que afectan la dinámica del suelo y de la vegetación (Schlesinger et al. 1990), estos cambios pueden ocurrir también cuando uno o más procesos ecológicos han cambiado irreversiblemente y las medidas de restauración para retornar al estado inicial son difíciles y costosas. Es el caso de pastizales del suroeste americano en los cuales ocurre un incremento en el componente arbustivo y se incrementan los espacios entre plantas, ocurre mayor escorrentía, menor infiltración y disminución del agua disponible para las gramíneas remanentes (Schlesinger et al. 1990), determinando que reorientar estos cambios en composición florística requieran practicas costosas. En este escenario la evaluación del estado de salud del pastizal puede proporcionar información acerca de los estados de transición y contribuir a interpretar los cambios en el ecosistema que podrían ocurrir a futuro.

Valor promedio de los atributos por estado de salud

El promedio del estado de salud (Tabla 11) de los tres atributos para los sitios en estado saludable de 4.09 indicaría un mejor estado funcional de los procesos ecológicos desde la perspectiva de los indicadores asociados a los tres atributos comparado con los sitios en estado de salud de riesgo (3.02). La estrecha variación entre atributos dentro de los estados de salud refleja la interacción de los indicadores que forman parte de los tres atributos (estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica) y que permiten una mejor aproximación del funcionamiento integral del ecosistema (Pellant et al., 2005, Pellant et al., 2020). Es decir, si un determinado atributo está en estado saludable o en riesgo es probable que los demás atributos lo estén también como ocurrió en la mayoría de los sitios lo cual evidencia las interconexiones entre el comportamiento de los indicadores seleccionados para estimar el estado de cada atributo; más aun teniendo en cuenta que algunos indicadores son comunes a los tres atributos como es el caso de aquellos asociados a la salud del suelo (resistencia de la superficie del suelo a la erosión, pérdida y degradación del superficial y capa de compactación) lo cual reafirma la importancia del suelo como uno de los factores determinantes de la estructura y función de ecosistema.

Grado de alejamiento de indicadores

El valor promedio del grado de alejamiento de los indicadores con respecto al área de referencia de 2.2 correspondería a un alejamiento ligero a moderado lo que sugeriría que los procesos ecológicos a nivel del fundo estarían funcionando a un potencial cercano al de las áreas de referencia (Tabla 12). El hecho de que algunos indicadores se alejan en mayor magnitud del potencial del área, contribuye a identificar características o propiedades del ecosistema que están soportando presiones o perturbaciones de naturaleza biótica o abióticas que los han impulsado a cambios que de continuar podrían dar lugar a cambios detrimentales mayores. Es el caso del sitio 2 el cual muestra una producción anual y capacidad reproductiva de las plantas perennes disminuida en relación al potencial del sitio, sugiriendo que el nivel de remoción foliar estaría sobrepasando los niveles mínimos necesarios para la fijación de energía y posterior almacenamiento de reservas requeridas para sostener los procesos involucrados en el mantenimiento, crecimiento y reproducción (Barbour et al., 1999) para lidiar con perturbaciones bióticas y abióticas.

Este hallazgo es muy importante porque permite orientar de manera más precisa las acciones de conservación y mejora a proponerse con referencia al manejo de la vegetación y el suelo.

El sitio siete y ocho contrastan con el resto de los sitios al presentar un mayor número de indicadores en grado de alejamiento de moderado a extremo, lo que sugiere que estos sitios podrían haber atravesado diversas perturbaciones que han afectado su resistencia y que de no tomar medidas para detener el deterioro de los indicadores el ecosistema podría atravesar transiciones que lo conduzcan a un estado no saludable en el cual el funcionamiento del ecosistema estaría más afectado, por lo que estos cambios en los indicadores sugieren la necesidad de plantear un programa integral que permita mejorar el estado ecológico del sitio y fortalecer su capacidad de resiliencia del ecosistema.

Valor de indicadores por estado de salud

Los cambios en el estado de salud están en estrecha relación con la dinámica de cambios que ocurren en la vegetación y el suelo a través del proceso de sucesión, sin embargo hay que tener presente que los cambios en el suelo ocurren usualmente tiempo después de que los cambios en la vegetación hayan sido identificados (Chapin et al., 1994, Briske, 2011) en consecuencia la estructura y características de la vegetación son un reflejo del estado de salud del suelo (Brisky, 2011) aspecto que se tradujo en el cambio de valor de los indicadores cuando el estado de salud cambió de saludable a riesgo (Figura 13). El cambio de estado de salud del pastizal ocurre cuando un umbral biótico o abiótico es atravesado como resultado de una combinación de mecanismos que alteran las propiedades del suelo y la dinámica de la comunidad afectando negativamente la capacidad de resiliencia del ecosistema (Schlesinger et al., 1990). Cuando los umbrales son atravesados pueden también ocurrir cambios en uno o más procesos del ecosistema y el retorno a su estado previo necesitaría la inclusión de prácticas complejas y costosas (Striggham et al., 2003). Detectar tempranamente cambios detrimentales en indicadores de la vegetación o suelo pueden proporcionar información acerca de posibles cambios futuros a nivel de procesos y funcionamiento del ecosistema.

Sitios saludables

El cambio temprano en valor del indicador composición funcional de plantas de la comunidad y su efecto sobre la infiltración al estar asociado a la función hidrológica del pastizal sugiere un inicio de cambios que podrían estar afectando la diversidad a nivel de patrones de morfología radicular asociados al uso eficiente del agua a diferentes profundidades del perfil del suelo, así como su distribución espacial (Pellant et al., 2020). Esto ocurre por ejemplo en pastizales australianos constituidos por arbustos y gramíneas los cuales al recibir una presión alta de pastoreo prolongado pueden alterar la estructura del ecosistema cambiando hacia un ecosistema dominado por arbustivas y mayor suelo desprovisto de cobertura vegetal cambiando la dinámica hídrica y creando condiciones desfavorables para la infiltración, así como para el uso eficiente del agua por las gramíneas (Ludwig y Tongway, 1995). De otro lado, el cambio temprano registrado en el indicador asociado a la producción anual, sugiere que el flujo de energía en el ecosistema podría estar presentando indicios de cambios detrimentales, como resultado de un probable uso de la vegetación que sobrepasa los niveles adecuados para la fijación de energía que contribuya a la resistencia y resiliencia del pastizal. Estos cambios podrían interactuar con otros mecanismos asociados a la disponibilidad de agua en el suelo y afectar la cantidad de mantillo que se incorpora al ciclo de nutrientes (Briske et al., 2005).

Sitios en riesgo

Los indicadores que mostraron un cambio de mayor magnitud (moderado a extremo) involucraron indicadores transversales a los tres atributos y que están relacionados al estado del suelo (suelo desnudo, pérdida o degradación del horizonte superficial y capa de compactación). Estos cambios contribuyen a la comprensión del estado de los procesos en el grupo de sitios que probablemente han atravesado un umbral y están en estado de riesgo (Kachergis et al., 2011) en una estepa arbustiva en Colorado utilizando indicadores de salud del pastizal para inferir los posibles efectos de prácticas de manejo sobre las transiciones a nivel del ecosistema encontraron que los indicadores de salud pueden ser utilizados para estimar el funcionamiento de los ecosistemas asociados a diferentes estados de la comunidad. En los sitios que han atravesado el umbral de saludable a riesgo, la estabilidad del sitio ha sido impactada negativamente por la magnitud de suelo desnudo (indicador 4) resultado de una reducción en la cobertura

vegetal lo que incrementa la erosión generada por el viento o por el agua (Gutiérrez and Hernández, 1996); de otro lado la estabilidad del sitio es también afectada por la pérdida o degradación del horizonte superficial (indicador 9) evidenciando un periodo de erosión pasada así como pérdida de materia orgánica lo que contribuye más a la susceptibilidad de la estabilidad del sitio y a la capacidad del ecosistema para recuperarse al haber traspasado un umbral físico.

La función hidrológica también ha sido afectada ya que el suelo desnudo incrementa escorrentía lo que significa una disminución en el agua que ingresa al perfil del suelo y la pérdida o degradación del horizonte superficial también afecta la función hidrológica (Chartier y Rostagno, 2006) por la pérdida de materia orgánica del suelo que usualmente está en mayores porcentajes en los horizontes superiores, lo que reduce la tasa de infiltración y la capacidad de retención de humedad, la función hidrológica también se ve afectada negativamente con la presencia significativa de una capa de compactación al reducir la infiltración.

Finalmente, la pérdida o degradación del horizonte superior y la capa de compactación pueden afectar a la integridad biótica del pastizal, al alterar el hábitat de los microorganismos de suelo y su rol en el mantenimiento de la estructura del suelo y en la degradación de la materia orgánica, ciclaje de nutrientes y fertilidad del suelo (Kassahum et al., 2012). La pérdida del horizonte superficial y la capa de compactación influyen negativamente en el ambiente para la germinación y establecimiento de especies, desarrollo de raíces y capacidad para explorar y extraer agua y nutrientes del suelo lo que restringe su potencial de crecimiento.

3.2.3. Complementariedad entre Indicadores de la Condición e Indicadores del Estado de Salud del Pastizal

Los resultados revelaron que solamente el 11 de las 85 posibles correlaciones fueron significativas indicando que ambos métodos brindan información ecológica diferente, lo que muestra la complementariedad de los indicadores de condición y salud por lo que ambos métodos en combinación podrían ser incluidos en programas orientados a la mejora del estado del pastizal. En las correlaciones negativas encontradas destacan indicadores asociados al rol que desempeña la cobertura vegetal en la protección del suelo contra la erosión (Renard and Foster, 1985) como lo revela la significancia estadística

que hubo entre la cobertura vegetal como indicador de protección del suelo y la presencia de plantas en pedestal, suelo desnudo, deposición de suelo por el viento y movimiento de mantillo lo que sugiere que cuando se trata de estimar el impacto de prácticas de manejo y otros factores sobre el estado de conservación del suelo, la cuantificación de estos indicadores podría jugar un rol clave en el diseño de estrategias de recuperación de suelos degradados (FAO, 2013). En relación al grado de asociación de la composición florística y vigor de las plantas con indicadores del estado de salud destaca la correlación negativa de ambos con suelo desnudo y deposición del suelo por el viento resultado que es consistente con la asociación que existe entre la cobertura que brindan plantas deseables perennes y el grado de erosión del suelo (Snyman, 1998). Un hallazgo interesante es la correlación positiva entre la presencia de plantas invasoras con el indicador de riesgo de erosión pues se trata mayormente de plantas anuales que brindan cobertura y protección del suelo por periodos relativamente cortos dada la naturaleza de su ciclo de vida, plantas anuales o efímeras que germinan y desarrollan cuando las condiciones de humedad, temperatura y nutrientes son favorables (Barbour et al., 1999); en contraste con plantas perennes que lo hacen de modo permanente en una magnitud dependiente del valor de los indicadores de vigor (cobertura de canopia, cobertura basal y altura). En consistencia con la pérdida de suelo que ocurre cuando el pastizal se deteriora (Chartier y Rostagno, 2006) hubo una asociación positiva entre erosión actual con la presencia de plantas en pedestal, aquellas que exhiben su corona cuando el horizonte superior del suelo es removido por las fuerzas erosivas causadas por el agua y el viento.

CONCLUSIONES

1. Condición del pastizal

- Los pastizales del Fundo Sorani están en condición buena, lo que indica la existencia de un adecuado balance entre los indicadores del estatus ecológico de la vegetación (cobertura, composición florística, vigor) y los del suelo (riesgo de erosión y erosión actual).
- Los indicadores más sensibles al cambio, en la condición del pastizal de excelente a regular fueron erosión actual y composición florística confirmando la estrecha relación existente entre la condición de la vegetación y del suelo.

2. Estados de salud del pastizal

- El estado de salud general de los pastizales al igual que el de los tres atributos, integridad biótica, estabilidad de sitio y función hidrológica, se encontraron en estado saludable revelando que los procesos y funciones ecosistémicas y en consecuencia la provisión de servicios ambientales estaría siendo mantenidos adecuadamente por el sistema de manejo actual de los pastizales.

3. Complementariedad entre indicadores de condición y estado de salud del pastizal

- Los indicadores de la condición y el estado de salud mostraron una escasa correlación, lo que sugiere que ambos métodos se complementan y estarían brindando información ecológica diferente contribuyendo a mejorar la comprensión del estado de los procesos ecológicos y funcionalidad del ecosistema.

RECOMENDACIONES

- Todo programa de monitoreo de la condición del pastizal debería poner especial énfasis en la medición de la florística y erosión dada la sensibilidad de estos dos indicadores a perturbaciones bióticas y abióticas.
- Incorporar en los estudios de evaluación de pastizales los indicadores de salud del pastizal a fin de brindar información que permita orientar de manera más precisa el diseño de mejora del estado de conservación de los pastizales.
- Los indicadores de condición y salud del pastizal deberían ser usados simultáneamente para evaluar cambios en la integridad del ecosistema pastizal a nivel de sus componentes estructurales y funcionales.
- Unir esfuerzos institucionales para construir un sistema de áreas de referencia para los diferentes ecosistemas de pastizal, pajonal húmedo, pajonal seco, arbustales y bofedales.
- Construir un mapa del estado de salud y condición para facilitar el diseño de políticas y planes de manejo y conservación de pastizales por parte de instituciones del estado responsables de la conservación de recursos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen, C.R., Angeler, D. G., Angeler, D.G., Fontaine, J. J., Garmestani A. S., Hart, N. M., Pope, K.L., and Twidwell, D. *Adaptive Management of Rangeland Systems*. En: *Briske, D.D. (2017). pp 373 – 394*. DOI:[10.1007/978-3-319-46709-2_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2_11)
- Kassahun, A., Tegegne, A., & Aberra, D. (2012). *Impacts of rangeland degradation on soil physical, chemical and seed bank properties along a gradient in three rangeland vegetation types in Somali region, eastern Ethiopia*. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 22(1), 84-101. <https://doi.org/10.20372/eiar-rdm/JM0LKG>
- Barker, S. & Egen, K.M. (1993). *Range trend monitoring in southern Arizona-Rangelands* 15(4): 166-167.
<https://journals.uair.arizona.edu/index.php/rangelands/article/viewFile/11158/10431>
- Barbour, MG;Burk, JH; Pitts, WD; Gillian, FS; Schwartz, MW. (1999). *Terrestrial plant ecology*.
- Bestelmeyer, B. T. (2006). *Threshold concepts and their use in rangeland management and restoration: the good, the bad, and the insidious*. *Restoration Ecology*, 14(3), 325-329. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00140.x>
- Bestelmeyer, B. T., Goolsby, D. P. & Archer, S. R. (2011). *Spatial perspectives in state-and transition models: a missing link to land management?* *Journal of Applied Ecology* 48, 746-757. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01982.x>
- Biondini, M. E., & Manske, L. (1999). *Grazing frequency and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA*. *Ecological Applications*, 6(1), 239-256. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0469:GIAEPI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0469:GIAEPI]2.0.CO;2)
- Blair, J., Nippert, J., & Briggs, J. (2014). *Grassland ecology 14. Ecology and the Environment*, 389, 389-423. DOI:[10.1007/978-1-4614-7501-9_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_14)

- Briske, D. D., Fuhlendorf, S. D., & Smeins, F. E. (2003). *Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms*. *Journal of Applied Ecology*, 601-614. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00837.x>
- Briske, D. D., Fuhlendorf, SD., Smeins, F. E. (2005). *State-and-transition models, thresholds, and rangeland health: A synthesis of ecological concepts and perspectives*. *Rangeland Ecology and Management*, 58(1): 1-10. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58<1:SMTARH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58<1:SMTARH>2.0.CO;2)
- Briske, D.D., J.D. Derner, D.G. Milchunas, and K.W. Tate. (2011). *An evidence-based assessment of prescribed grazing practices*. In *Conservation benefits of rangeland practices: Assessment, recommendations, and knowledge gaps*, ed, D.D. Briske, 21-74. Washington, DC: USDA Natural Resource Conservation Service. <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/1354/77.%20Chapter%201%20-%20Rangeland%20CEAP.pdf>
- Briske, D. D. (2017). *Rangeland systems: processes, management and challenges* (p. 661). Springer Nature. DOI:[10.1007/978-3-319-46709-2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2)
- Briske, D. D., Archer, S. R., Burchfield, E., Burnidge, W., Derner, J. D., Gosnell, H., ... & Stackhouse-Lawson, K. R. (2023). *Supplying ecosystem services on US rangelands*. *Nature Sustainability*, 6(12), 1524-1532. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01194-6>
- British Columbia. Ministry of Forests. Forest Practices Branch. (2002). *Understanding ecosystem processes*. For. Prac. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. *Rangeland Health Brochure 3*. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/rangelands/rangeland_health_brochure3.pdf

- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., ... & Hauser, M. 2023. IPCC, (2023): Climate Change 2023: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. (No Title). https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Cabrejos, C. (2017). *Evaluación de metodologías para estimar la condición y tendencia de pastizales altoandinos. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.* <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4243>
- Cabrejos, C. (2019). *Evaluación de estados de salud de pastizales altoandinos empleando técnicas multivariadas. Tesis MSc. Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.* <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4100>
- Caudle, D., J. DiBenedetto, M. Karl, H. Sanchez, and C. Talbot. (2013). *Interagency Ecological Site Handbook for Rangelands. Bureau of Land Management, U.S. Forest Service, and Natural Resources Conservation Service.* https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/uploads/Media_Library_BLM_Policy_Handbook_H-1734-1.pdf
- Chartier M.P. y Rostagno, C. M. (2006). *Soil Erosion Thresholds and Alternative States in Northeastern Patagonian Rangelands. Rangeland Ecology Management* 59:616–624 | November 2006. <https://doi.org/10.2111/06-009R.1>
- Chapin, F. S., Walker, L. R., Fastie, C. L., & Sharman, L. C. (1994). *Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. Ecological Monographs*, 64(2), 149-175. DOI:[10.2307/2937039](https://doi.org/10.2307/2937039)
- Condori-Mamani, G. (2024). *Evaluación de la condición y tendencia del pastizal tipo pajonal en la Comunidad de Pongobamba- Distrito de Chinchero microcuenca Piuray-2023. Tesis de Ing. Zootecnista. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.* <https://hdl.handle.net/20.500.12918/8901>

- Connell, J. H. & Slatyer, R. O. (1977). *Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. The American Naturalist* 111, 1119-1144. <https://www.jstor.org/stable/2460259>
- Daily, G. C. (1997). *Introducción: ¿Qué son los servicios ecosistémicos? Servicios de la naturaleza: Dependencia social de los ecosistemas naturales.* vol. 1, no 1. <https://www.researchgate.net/publication/37717461>
- Dutilly–Daine C. McCarthy N., Turkelboom F., Bruggeman A., Tiedemann J., Street K., (2007). *Could Payments for Environmental Services Improve Rangeland Management in Central Asia, West Asia and North Africa? CGIAR Systemwide Program on Collective Action and Property Rights (CAPRI).* <https://www.researchgate.net/publication/5057197>
- Dyksterhuis, E. J. (1949). *Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. Journal of Range Management.* 2:104 -115. https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/30501000/Dyksterhuis_JRM_1949.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Environment Programme. (2023). *Restoring Mountain Ecosystems: Challenges, case studies and recommendations for implementing the UN Decade Principles for Mountain Ecosystem Restoration.* Rome and Nairobi. <https://doi.org/10.4060/cc9044en>
- Flores, E. R. (2014). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales.* Ministerio del Ambiente. 12 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/2017>
- Flores, E. R. (2016). *Cambio climático: pastizales altoandinos y seguridad alimentaria.* *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, (1), 8-8. DOI:[10.36580/rgem.i1.73-80](https://doi.org/10.36580/rgem.i1.73-80)

- Flores D. (2004). *Tesis MSc. Producción Animal. Producción primaria y flujo de energía en praderas naturales de Festuca-Calamagrostis y cultivadas de Dactylis-Trebol rojo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.*
- Friedel M.H. (1991). Range condition assessment and the concept of thresholds: a viewpoint. *Journal of Range Management* vol. 44, pp. 422-426. <http://hdl.handle.net/10150/644771>
- Friedel, M. H., Laycock, W. A., & Bastin, G. N. (2000). *Assessing rangeland condition and trend. In Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (pp. 227-262). Wallingford UK: CABI Publishing. DOI:[10.1079/9780851993515.0227](https://doi.org/10.1079/9780851993515.0227)
- García-Llamas, P., Calvo, L., De la Cruz, M., & Suárez-Seoane, S. (2018). *Landscape heterogeneity as a surrogate of biodiversity in mountain systems: What is the most appropriate spatial analytical unit? Ecological Indicators*, 85, 285-294.
- Gillson, L., & Hoffman, M. T. 2007. *Rangeland ecology in a changing world. science*, 315(5808), 53-54. DOI:[10.1016/j.ecolind.2017.10.026](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.026)
- Grime, J. P. (1973). *Competitive exclusion in herbaceous vegetation. Nature* **242**, 344-347. <http://dx.doi.org/10.1038/242344a0>
- Gutierrez, J., & Hernandez, I. I. (1996). *Runoff and interrill erosion as affected by grass cover in a semi-arid rangeland of northern Mexico. Journal of Arid Environments*, 34(3), 287-295. <http://dx.doi.org/10.1038/242344a0>
- Havstad, K. M., Peters, D. P., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E., ... & Wright, J. (2007). *Ecological services to and from rangelands of the United States. Ecological Economics*, 64(2), 261-268. DOI:[10.1016/j.ecolecon.2006.12.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.001)
- Hankins, J., Launchbaugh, K., & Hyde, G. (2004). *Rangeland inventory as a tool for science education. Rangelands*, 26(1), 28-32. <http://hdl.handle.net/10150/640503>

- Herrick, J.E., W.G. Whitford, A.G. de Soyza, J.W. Van Zee, K.M. Havstad, C.A. Seybold, and M. Walton. (2001). *Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations*. *CATENA* 44: 27–35. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00173-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00173-9)
- Herrick, J. E., Brown, J. R., Tugel, A. J., Shaver, P. L., & Havstad, K. M. (2002). *Application of soil quality to monitoring and management: paradigms from rangeland ecology*. *Agronomy Journal*, 94(1), 3-11. DOI:[10.2134/agronj2002.0003](https://doi.org/10.2134/agronj2002.0003)
- Herrick, J. E., Lessard, V. C., Spaeth, K. E., Shaver, P. L., Dayton, R. S., Pyke, D. A., Jolley, L. & Goebel, J. J. (2010). *National ecosystem assessments supported by scientific and local knowledge*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(8), 403-408. <https://doi.org/10.1890/100017>
- Holdridge, L.R. (1967). “*Life Zone Ecology*” *Tropical Science Center. San José, Costa Rica*. (Traducción del inglés por Humberto Giménez “*Ecología Basada en Zonas de Vida*”, Costa Rica: IICA. 1982). <https://hdl.handle.net/11324/7936>
- IPCC. (2022): *Cambio climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [H.-O. Pörtner, DC Roberts, M. Tignor, ES Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]*. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., 3056 págs., DOI: [10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844) .
- Karl, J.W., Jeffrey E. Herrick, and David A. Pyke. (2017). *Monitoring Protocols: Options, Approaches, Implementation, Benefits Chapter 16 pp 527-568 In: Rangeland Systems. 2017. Ed. David D. Briske. Springer Series on Environment Management*. <https://jornada.nmsu.edu/files/bibliography/17-012.pdf>

- Karl, J.W., J.E. Herrick, and D. Browning. (2012). *A strategy for rangeland management based on best-available knowledge and information*. *Rangeland Ecology and Management* 65:638–646. <https://doi.org/10.2111/REM-D-12-00021.1>
- Karl, J. W., Herrick, J. E., and Pyke, D. A. (2017). *Monitoring Protocols: Options, Approaches, Implementation, Benefits*. En: *Briske 2017* pp 527 – 568. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2_16
- Karl, S., Kachergis, E., & Karl, J. W. (2016). *Bureau of Land Management rangeland resource assessment: 2011*. US Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operations Center, Information and Publishing Service. https://www.blm.gov/sites/default/files/documents/files/Final_BLM_2011_Rangeland_Resource_Assessment_September_2016.pdf
- Kachergis, E., Rocca, M. E., & Fernandez-Gimenez, M. E. (2011). *Indicators of ecosystem function identify alternate states in the sagebrush steppe*. *Ecological Applications*, 21(7), 2781-2792. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/47233/kachergis_etal_2011.pdf
- Laca, E. (2019). *New approaches and tools for grazing Management*. *Rangeland Ecology Management* 62: 407 – 417. DOI:[10.2111/08-104.1](https://doi.org/10.2111/08-104.1)
- Lacuaña, Y. (2016). *Evaluación agrostológica de la comunidad campesina de Phinaya – Pitumarca – Canchis – Cusco – 2016*. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/9527>
- Laycock, W. A. (1991). *Stable states and thresholds of range condition on North American rangelands: a viewpoint*. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 44(5), 427-433. <http://hdl.handle.net/10150/644783>
- LEUP. (2013). *Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. Guía Metodológica para la Evaluación de Pastizales – Documento Interno, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú*.

- LEUP. (2025). *Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales. Resumen Interno de Investigaciones en Ecología y Manejo de Pastizales.*
- Lohr, S.L. (2009). *Sampling: Design and analysis*, 2nd ed. Pacific Grove: Duxbury Press.
<https://doi.org/10.1201/9780429296284>
- Ludwig, J. A., & Tongway, D. J. (1995). *Desertification in Australia: an eye to grass roots and landscapes. Environmental monitoring and Assessment*, 37, 231-237. DOI: [10.1007/BF00546891](https://doi.org/10.1007/BF00546891)
- Lynn, F.J. et al., (2003). *A New Approach to Monitoring Rangelands. Arid Land Research and Management* 17: 319-328. DOI: [10.1080/713936118](https://doi.org/10.1080/713936118)
- Mamani, M. M. (2000). *Zonificación ecológica de estrategias para la aplicación de estrategias para el mejoramiento en praderas naturales de la Microcuenca de Rio Negro. Tesis Maestría en Producción Animal. UNA La Molina. Lima – Perú.*
- Mercado, A.M. (2025). *Estado de salud y conservación de los pajonales de ladera de puna húmeda con imágenes multiespectrales adquiridas con sistemas de vehículos aéreos no tripulados “DRONE” en el centro experimental “La Raya” – CUSCO – 2022. Tesis Maestro en cambio climático y desarrollo sostenible. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.* <https://hdl.handle.net/20.500.12918/10834>
- MA. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment (MA) synthesis report*. Washington, DC: Millennium Ecosystem Assessment.
<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Marengo, J. A., Pabón, J. D., Díaz, A., Rosas, G., Ávalos, G., Montealegre, E., ... & Rojas, M. (2011). *Climate change: evidence and future scenarios for the Andean region. Climate change and biodiversity in the tropical Andes*, 110-127.
https://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/PublicacionesDMA/2011/chapter7_ClimateChange.pdf

- MINAM -Ministerio del Ambiente. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309735/Memoria_descriptiva_mapa_Nacional_de_Ecosistemas.pdf
- Milton, SJ; Ean, R.; Du Plessis, M; Siegfried WR. (1994). *A conceptual model of arid rangeland degradation: the scaling cost of declining productivity*. *Bioscience*. 44:70 – 76. DOI:[10.2307/1312204](https://doi.org/10.2307/1312204)
- Miller, M. E. (2008). *Broad-scale assessment of rangeland health, grand Staircase–Escalante national monument, USA*. *Rangeland Ecology & Management*, 61(3), 249-262. <https://doi.org/10.2111/07-107.1>
- Mormontoy, M.A. (2024). *Estudio agrostológico edafológico de pastos naturales en seis comunidades campesinas (Kilkata, Ccaccaña, Yumiri, Huacullo, Vilcarana, Sonccoccocha) en la cuenca Totorá – Oropesa provincia de Antabamba, región Apurímac*. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8900>
- NRC National Research Council, Committee on Rangeland Classification, US. (1994). *Rangeland health: new methods to classify, inventory, and monitor rangelands*. National Academy Press. Washington D.C., US. 201 pp.
<https://doi.org/10.17226/2212>
- Odum E. P. (1969). *The strategy of ecosystem development*. Science, Vol. 164. DOI: [10.1126/science.164.3877.262](https://doi.org/10.1126/science.164.3877.262)
- Odum, E. P., Sarmiento F. (1998). *Ecología. El puente entre ciencia y sociedad*. McGraw-Hill.
https://www.academia.edu/21119521/Ecolog%C3%ADa_el_puente_entre_ciencia_y_sociedad_Eugene_P_Odum
- Parker, K.W. (1992). 3 – *Step method*. In: *Rangeland Inventory & Monitoring Supplemental Studies*. BLM Technical Reference 4400-5.
https://www.blm.gov/sites/default/files/documents/files/Library_BLMTechnicalReference4400-05.pdf

- Palmer, A. R., & Fortescue, A. (2004). *Remote sensing and change detection in rangelands. African Journal of Range and Forage Science*, 21(2), 123-128. <https://doi.org/10.2989/10220110409485843>
- Pellant, M., Herrick, J. E., Shaver, P. L., Busby, F., & Pyke, D. A. (2008). *A rapid assessment technique to evaluate rangeland health. Multifunctional Grasslands in a Changing World. XXI IGC/VIIIIRC Congress. Hohhot, CN. V. 1. 586 pp.* <https://www.researchgate.net/publication/43272700>
- Pellant, M. L. (2005). *Interpreting indicators of rangeland health: version 4.* US Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Division of Science Integration, Branch of Publishing Services. <https://www.researchgate.net/publication/284053853>
- Pellant, M., Shaver, PL, Pyke, DA, Herrick, JE, Lepak, N., Riegel, G., ... y Busby, FE (2020). *Interpretación de los indicadores de la salud de los pastizales, versión 5: Referencia técnica 1734-6 de la Oficina de Gestión de Tierras. Informe del USGS, 11.* <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70215720>
- Pillaca, S. (2008). *Impacto del manejo de vicuñas en cautiverio sobre la condición, tendencia y producción del pastizal. Tesis Mg. Sc. Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.*
- Pilliod, D. S., Beck, J. L., Duchardt, C. J., Rachlow, J. L., & Veblen, K. E. (2022). *Leveraging rangeland monitoring data for wildlife: from concept to practice. Rangelands*, 44(1), 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2021.09.005>
- Pulsford, S. A., Lindenmayer, D. B., & Driscoll, D. A. (2016). *A succession of theories: purging redundancy from disturbance theory. Biological Reviews*, 91(1), 148-167. DOI:[10.1111/brev.12163](https://doi.org/10.1111/brev.12163)

- Pyke, D. A., Herrick, J. E., Shaver, P., & Pellant, M. (2002). *Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. Journal of Range Management*, 55(6), 584-597.
- Stephanie A. Pulsford S.A., Lindenmayer D.B. & Driscoll D. A. 2014. *A succession of theories: purging redundancy from disturbance Theory. Article in Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society · November 2014.* DOI:[10.2111/1551-5028\(2005\)58<1:SMTARH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58<1:SMTARH>2.0.CO;2)
- Quintanilla, D. (2014). *Florística, producción y características físico-químicas del suelo en tres condiciones de pajonales en la comunidad de Tomas -Lima. Tesis Msc. Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina.* <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6725>
- Renard, K. G., & Foster, G. R. (1985). *Managing rangeland soil resources: The Universal Soil Loss Equation. Rangelands*, 7(3), 118-122. <http://hdl.handle.net/10150/638580>
- Ruyle G., Dyess, J. (2010). *Rangeland monitoring and the Parker 3-step method: Overview, perspectives and current applications. The University of Arizona Cooperative Extension. P. 1 – 9.* <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1525-2016.pdf>
- Sasaki, T. (2010). *Paradigm integration between equilibrium and non-equilibrium concepts for evaluating vegetation dynamics in rangeland ecosystems. Global Environmental Research*, 14(1), 17-22. https://doi.org/10.57466/ger.14.1_17
- Schalau, J. (2010). *Rangeland monitoring: Selecting key areas*, 3. Tucson, AZ: Arizona Cooperative Extension, University of Arizona. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1259.pdf>
- Schlesinger, W.H., J.F. Reynolds, G.L. Cunningham, L.F. Huenneke, W.M. Jarrell, R.A. Virginia, and W.G. Whitford. (1990). *Biological feedbacks in global desertification. Science* 247: 1043–1048. DOI: [10.1126/science.247.4946.1043](https://doi.org/10.1126/science.247.4946.1043)

- Soil Conservation Service. (1976). *National Range Handbook*. U.S. Dept. of Agric., Washington, D.C. https://rangelandsgateway.org/sites/default/files/2021-08/National_Range_and_Pasture_Handbook.pdf
- Stringham, T.K., W.C. Krueger, and P.L. Shaver. (2003). *State and transition modeling: An ecological process approach*. *Journal of Range Management* 56: 106-113. DOI:[10.2307/4003893](https://doi.org/10.2307/4003893)
- Sala Osvaldo E., O. E., Yahdjian, L., Havstad, K. and Aguiar. M. R. (2017). *Rangeland Ecosystem Services: Nature's Supply and Humans' Demand*. En: *Briske 2017* pp 467 -490. DOI:[10.1007/978-3-319-46709-2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2)
- SENAMHI, Muñani. (2025). *Plataforma del Estado Peruano*.
- Snyman H.A. (1998). *Dynamics and sustainable utilization of rangeland ecosystems in arid and semi-arid climates of southern Africa*. *Journal of Arid Environments* 39: 645–666 Article No. ae980387. DOI:[10.1006/jare.1998.0387](https://doi.org/10.1006/jare.1998.0387)
- Suter, G. (2001). *Applicability of indicator monitoring to ecological risk assessment*. *Ecological Indicators* 1: 101–112.
- Swanson, M. E., Franklin, J. F., Beschta, R. L., Crisafulli, C. M., DellaSala, D. A., Hutto, R. L., ... & Swanson, F. J. (2011). *The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites*. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(2), 117-125. <https://doi.org/10.1890/090157>
- Valderrábano, M., Nelson, C., Nicholson, E., Etter, A., Carwardine, J., Hallett, J. G., McBreen, J. and Botts, E. (2021). *Using ecosystem risk assessment science in ecosystem restoration: A guide to applying the Red List of Ecosystems to ecosystem restoration*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.19.en>

- Veblen, K. E., Pyke, D. A., Aldridge, C. L., Casazza, M. L., Assal, T. J., & Farinha, M. A. (2014). *Monitoring of livestock grazing effects on Bureau of Land Management land. Rangeland Ecology & Management*, 67(1), 68-77. <http://hdl.handle.net/10150/657033>
- Vila, P. F. U., Aguirre, L., & Tovar, F. D. U. (2022). *Impacto de la reducción de lluvias en los pastizales alto andinos de Junín-Perú: Impact of reduced rainfall in the high Andean grasslands of Junín-Peru. South Florida Journal of Development*, 3(1), 1151-1165. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-088>
- West, N. E. (2003). *Theoretical underpinnings of rangeland monitoring. Arid Land Research and Management* 17: 333–346. <https://doi.org/10.1080/713936112>
- Westoby, M., Walker, B., & Noy-Meir, I. (1989). *Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 42(4), 266-274. <http://hdl.handle.net/10150/645053>
- White, G. J. (2003). *Selection of ecological indicators for monitoring terrestrial systems. In Environmental Monitoring*, ed. G.B. Wiersma, 263–282. LLC, Boca Raton, Florida: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203495476.ch10>
- Yahdjian, L., & Sala, O. E. (2006). *Vegetation structure constrains primary production response to water availability in the Patagonian steppe. Ecology*, 87(4), 952-962. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[952:VSCPPR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[952:VSCPPR]2.0.CO;2)
- Yahdjian, L., & Sala, O. E. (2011). *El futuro de los pastizales sudamericanos. Interciencia*, 36(2), 153-158. <https://www.researchgate.net/publication/237033082>
- Ynguil D. (2024). Tesis MSc. *Producción Animal. Modelos de estados y transiciones para pajonal de Puna húmeda. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.*

- Zárate R. (2024). *Condición del pastizal, balance forrajero y capacidad de carga de la Reserva Nacional Pampa Galeras. Tesis Maestría en Producción Animal. UNA La Molina. Lima -Perú.* <https://hdl.handle.net/20.500.12996/7057>
- Zárate, R. and Flores, E. R. "Rangeland Health Status and Condition Two Different Yet Complementary Concepts: National Reserve Pampa Galeras Barbara D'Achille Case" (2023). *IGC Proceedings (1985-2023)*. 14. <https://doi.org/10.13023/xaft-s498>
- Zarria, M. (2015). *Inventario y estrategias de mejora de pastizales de los sistemas de producción de alpacas en la sierra central. Tesis Ingeniero Zootecnista. UNA La Molina. Lima – Perú.* <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2081>
- Zarria, M. R., & Flores, E. R. (2016). *An ecological site approach to select range improvement practices on Andean rangelands*. In *10th International Rangeland Congress* (p. 825). https://www.researchgate.net/profile/Solomon-Beyene-2/publication/305614599_Landscape_Assessment_of_Euryops_floribundus_Invasion_in_the_Communally_Used_Grasslands_of_South_Africa_and_Impacts_on_Herbaceous_and_Soil_Layer/links/59bd37670f7e9b48a293b198/Landscape-Assessment-of-Euryops-floribundus-Invasion-in-the-Communally-Used-Grasslands-of-South-Africa-and-Impacts-on-Herbaceous-and-Soil-Layer.pdf#page=848

ANEXOS

Anexo 1. Lista de especies del Fundo Sorani-Puno clasificadas en función a su deseabilidad para alpacas

Nº	Nombre científico	Familia	Grupo funcional
01	<i>Alchemilla pinnata</i>	Rosaceae	D
02	<i>Bidens andicola</i>	Asteraceae	PD
03	<i>Bidens sp</i>	Asteraceae	PD
04	<i>Oroya peruviana</i>	Cactaceae	I
05	<i>Plantago serícea</i>	Plantaginaceae	PD
06	<i>Calamagrostis glacialis</i>	Poaceae	PD
07	<i>Calamagrostis rigida</i>	Poaceae	PD
08	<i>Calamagrostis antoniana</i>	Poaceae	PD
09	<i>Calamagrostis rigida</i>	Poaceae	PD
10	<i>Carex sp.</i>	Cyperaceae	D
11	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Poaceae	PD
12	<i>Paspalum pygmaeum</i>	Poaceae	D
13	<i>Azorella diapensioides</i>	Apiaceae	I
14	<i>Plantago tubulosa</i>	Plantaginaceae	D
15	<i>Werneria heteroloba</i>	Asteraceae	PD
16	<i>Festuca dolichophylla</i>	Poaceae	D
17	<i>Festuca rigescens</i>	Poaceae	PD
18	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Asteraceae	PD
19	<i>Stipa ichu-Jarava ichu</i>	Poaceae	PD
20	<i>Bidens andicola</i>	Asteraceae	PD
22	<i>Muhlenbergia sp</i>	Poaceae	D
23	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Poaceae	D
24	<i>Minthostachys mollis</i>	Lamiaceae	I
25	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Poaceae	D
26	<i>Parastrephya sp</i>	Asteraceae	I
27	<i>Pycnophyllum sp</i>	Cariophyllaceae	I
28	<i>Bromus catharticus</i>	Poaceae	D
29	<i>Lepechinia meyenii</i>	Lamiaceae	PD
30	<i>Scirpus rigidus</i>	Cyperaceae	PD
31	<i>Senecio sp</i>	Asteraceae	I
32	<i>Senecio sp</i>	Asteraceae	I
33	<i>Taraxacum officiinale</i>	Asteraceae	PD
34	<i>Azorella sp.</i>	Apiaceae	I
35	<i>Paspalum pygmaeum</i>	Poaceae	D
37	<i>Senecio sp.</i>	Asteraceae	I
38	<i>Urtica flabellata</i>	Urticaceae	I
39	<i>Valeriana sp</i>	Valerianaceae	I
40	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Asteraceae	PD
41	<i>Hypochoeris sp</i>	Asteraceae	PD

Anexo 2. Formato de Registro de Relevamiento Rápido

A. INFORMACION GENERAL

1. Comunidad o Granja				
2. Sitio N°	Geología	Coordenadas GPS (WGS-84)	Latitud (UTM)	Longitud
3 Zona de Vida			Altitud	Exposición
4. Uso Actual de la Tierra	Agricultura	Pastoreo	Protección	Otras

B. ECOLOGIA DE LA VEGETACIÓN

5. Tipo pastizal	Tolarr	Canllar	Juncal	Bofedal	Arbustal	Pajonal	Césped de puna
6. Especie dominante	Dominante		Subdominante		SS Dominante		
7. Cobertura Vegetal (%)							
8. Mantillo Cantidad	Abundante		Poco Abundante		Escaso		Nulo
9. Condición clase	Ovinos		Alpacas		Vacunos		Llamas
10. Intensidad de Uso	Ligera		Moderada		Pesada		Destruyivo
11. Tendencia (Si y No)	Plántulas		Plantas en Pedestal		Variedad de Plantas perennes		
	Mantillo		Vigor de plantas		Malezas <10%		

C. MORFOLOGIA DE SUELOS

12. Posición topográfica	15. Pedregosidad (%)		18. Estructura	
13. Paisaje circundante	16. Afloramiento rocoso (%)		19. Profundidad de Suelo	
14. Pendiente (%)	17. Textura			
20. Signos de erosión	Laminar	Surcos	Cárcavas	
21. Grados de erosión	Nula	Ligera	Moderada	Alta

D. AGUA

22. Fuentes de agua	Ojo de agua	Río	Riachuelo	Laguna
	Manantial	Canal de riego	Represa	Lluvia
23. Tipo	Permanente		Temporal	

Laboratorio de Utilización de Pastizales

Anexo 4. "Score Card: Range Condition Transect"

I. Vegetación

A. Densidad de la cobertura vegetal	Puntaje
40% o más = 10 30-40% = 8 20-30% = 6 10-20% = 4 Menos del 10% = 2	
Verifique si los datos se obtuvieron de más de un transecto y si son el número promedio de aciertos por cada 100 lecturas. ☐	
Determinar directamente de las partes A y B del registro del transecto lineal. No registre más de 1 resultado por medición a pesar de que tanto el sotobosque como los impactos excesivos estaban ligados.	
B. Composición y clase de edad (Basado en datos del transecto más una estimación ocular del área adyacente).	
Con referencia al potencial del sitio, enumere la vegetación presente o que debería presentarse debajo de las siguientes categorías	
(1) Plantas perennes deseables	
(2) Plantas perennes de valor medio o anuales de alta calidad	
(3) Anuales e indeseables o perennes sin valor forrajero	
*Consulte la lista de plantas del sitio	

B. Composición y Clase de Edad (Basada en datos de transectos más una estimación ocular del área contigua) - Continuación	Puntaje
1. Las plantas del punto (1) anterior representen más del 50 % del total del tipo; Plantas del punto (2) generalmente están presentes y pueden ser moderadamente abundantes, pero no superiores al 40 % del total del tipo; Plantas del punto (3) ausentes y nunca excedan al 10 % del total del tipo. (16-20)	
2. Plantas perennes en (1) anterior, presentes en una cantidad moderada generalmente del 30 a 50%, del tipo de cobertura; planta en (2) arriba generalmente iguala o supera al porcentaje de aquellos en el grupo (1); las plantas menos deseables son también las del punto (3) anterior en mayor cantidad, pero sin exceder el 30% de la composición total del tipo. Plantas jóvenes presentes y cierta reproducción de plantas perennes deseables. (11-15)	
3. Deseables perennes en grupo (1) y (2) muy reducido, juntos representan del 20 a 60% de la cobertura; las plantas anuales y perennes indeseables presentes en concentraciones mucho mayores, que rara vez representan del 40 a 80 % de la vegetación total, pueden aparecer coberturas puras de anuales palatables. Pueden ser plantas jóvenes pero poca o ninguna reproducción de especies deseables. (6-10)	
4. Predominan las plantas nocivas y de bajo valor forrajero, sólo quedan restos de especies forrajeras deseables. No hay reproducción de especies deseables. (0-5)	
C. Vigor y Condición de las Principales Plantas Forrajeras	Puntaje
1. Pastos y hierbas palatables, robustas, de hojas numerosas, tallos de semillas altos y abundantes. El césped firme, busque abundante crecimiento de hojas, flores o frutos y crecimiento foliar actual abundante; las plantas no muestran ningún efecto de pastoreo. Generalmente se encuentran plantas jóvenes de diferentes edades en todo el tipo. (9-10)	

2. Pastos y hierbas palatables y fuertes con una cantidad moderada de tallos de semillas y hojas. El césped y los matorrales están firmes. Busque abundante crecimiento de hojas, flores o frutos actuales; ligero efecto del uso de pastoreo; arbustos bajos erguidos, sin evidencia de seto o línea de ramoneo. (7-8)	
3. Pastos y hierbas palatables aparentemente saludables, pero con poca producción de forraje, evidencia de raleo, algunos pastos sueltos (ligero pedestal de plantas generalmente característico de esta clase). Explorar, crecimiento actual, flores o frutos escasos; arbustos altos con forma de línea de ramoneo; arbustos bajos cubiertos. (5-6)	
4. Los pastos y las hierbas palatables son débiles, la producción de forraje es pobre, los tallos de las semillas son pocos y cortos, las plantas se arrancan con facilidad, los pastos de césped definitivamente se rompen (un pedestal distintivo y una pérdida por muerte anormal son a menudo característicos de esta clase). Explorar, crecimiento actual leve o nulo, arbustos altos con una línea de ramoneo distintiva, arbustos bajos postrados o rechonchos. (3-4)	
5. Pasturas extremadamente débiles y enanas, hojas y tallos de semillas pocos o ninguno; adelgazamiento excesivo de tallo y deterioro de las coronas de las raíces del pasto; la supervivencia de gran parte de la cobertura es dudosa. Hierbas palatables generalmente ausentes (la exposición de las raíces debido a la erosión de los pedestales y la alta pérdida por muerte son generalmente características de esta clase). Explorar, no hay crecimiento actual; las especies inferiores fueron pastoreadas intensamente, muchas ramas se desmoronaron y algunas plantas murieron inmediatamente. (0-2)	
Total, de puntaje para vegetación	

I. Suelo y Erosión

A. Índice de Riesgo de Erosión (Tasas basadas en el índice de cobertura del suelo en la línea del transecto)	Puntaje
80 a 100 lecturas = 13-15 60 a 80 lecturas = 10-12 0 a 20 lecturas = 0-3	40 a 60 lecturas = 7-9 20 a 40 lecturas = 4-6
B. Erosión Actual	
1. Erosión ninguna; todas las capas del suelo intactas y estabilizadas. (15)	
2. Erosión leve; puede detectarse por mantillo o pequeñas cantidades de sedimento o capa superficial del suelo depositados sobre o contra pastos o arbustos bajos; barrancos o drenajes ausentes o completamente curados. (11-14)	
3. Erosión moderada; puntos desnudos ocasionales que dan una apariencia irregular; pocas plantas en pedestal; los lados de barrancos o canales no son dinámicos, pero su completa estabilización es dudosa; mantillos escasos; compactación del suelo notoria pero no excesiva; a menudo es evidente la concentración de la escorrentía en canales diminutos; escalones y terrazas visibles en pendientes. (7-10)	
4. Erosión severa; en suelos ligeros son evidentes las numerosas zonas desnudas, erosión laminar y compactación del suelo; pavimento de erosión evidente en suelos pedregosos o cascajosos; deriva pronunciada en suelos arenosos; canales o barrancos, si los hubiera, con lados crudos; La mayoría de las plantas están en pedestales con algunas raíces expuestas. (3-6)	
5. Erosión muy severa o crítica; erosión laminar generalizada; subsuelo expuesto en muchos lugares; barrancos reducidos con lados crudos generalmente son comunes; a menudo hay grandes barrancos con cortes laterales y de cabeza activos; pavimento de erosión completa en suelos pedregosos; explosiones y acumulaciones excesivas en suelos arenosos, evidente rápido agotamiento de la cubierta vegetal. (0-2)	
Total de puntaje para suelo	

Interpretación de Puntaje

Clasificación	I. Vegetación	II. Suelo	III. Calificación Combinada
Excelente	32 o más	24 o más	56 a 70
Bueno	24 a 31	18 a 23	42 a 55
Regular	16 a 23	12 a 17	28 a 41
Pobre	9 a 15	7 a 11	16 a 27
Muy Pobre	0 a 8	0 a 6	0 a 15

Anexo 5. Fichas descriptivas de sitios ecológicos correspondientes al fundo Sorani-Puno

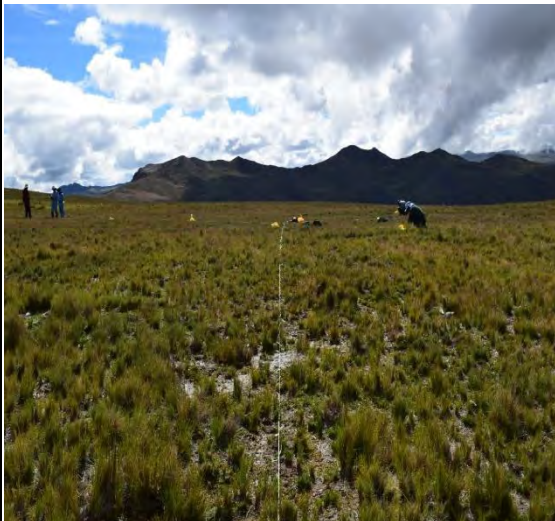
A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 1	
2. Extensión (ha)	129.67	
3. Geología	Ks-vi	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	392929	
Este	8377869	
5. Altitud (msnm)	4719.9	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	80%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Alchemilla pinnata</i>	
11. Subtipo	Fedo-Caan	
12. Mantillo	Escaso	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 129.67ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Calamagrostis antoniana</i> y sub sub dominante <i>Alchemilla pinnata</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 80. La textura es Arcillo limoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 2	
2. Extensión (ha)	458.11	
3. Geología	Ks-vi	
4. Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	393293	
Este	8375632	
5. Altitud (msnm)	4377.4	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	80%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Calamagrostis sp.</i>	
11. Subtipo	Fedo-Caan	
12. Mantillo	Escaso	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 458.11 ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Calamagrostis antoniana</i> y sub sub dominante <i>Calamagrostis sp.</i> El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 80. La textura es Arcillo limoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 3	
2. Extensión (ha)	368.22	
3. Geología	SD-ch	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	394674	
Este	8376847	
5. Altitud (msnm)	4612.7	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	70%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Pycnophillum weberbaueri</i>	
11. Subtipo	Caan-Fedo	
12. Mantillo	Escaso	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 368.22ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Calamagrostis antoniana</i>, subdominante <i>Festuca dolichophylla</i> y sub sub dominante <i>Pycnophillum weberbaueri</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 70. La textura es Arcillo limoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

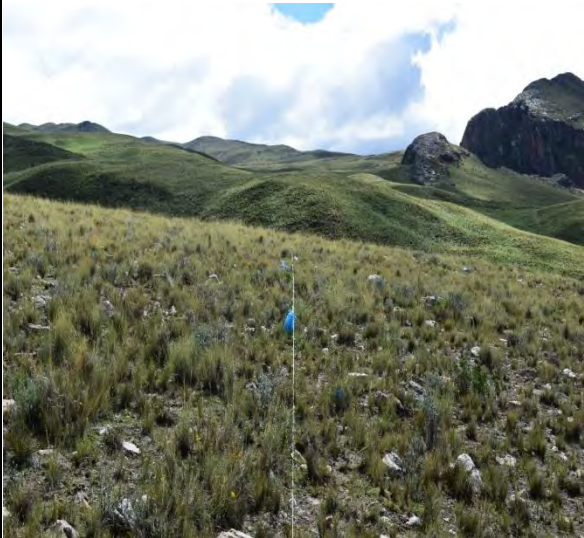
A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 4	
2. Extensión (ha)	220.34	
3. Geología	SD-ch	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	394326	
Este	8375503	
5. Altitud (msnm)	4452.2	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	60%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	
11. Subtipo	Fedo-Caan	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 220.34ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Calamagrostis antoniana</i> y sub sub dominante <i>Hypochoeris taraxacoides</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 60. La textura es Franco arcillo arenoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 5	
2. Extensión (ha)	327.97	
3. Geología	SD-ch	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	395551	
Este	8376449	
5. Altitud (msnm)	4612.0	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	65%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-Dominante	<i>Scirpus rigidus</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	
11. Subtipo	Caan-Scri	
12. Mantillo	Escaso	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 327.97ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Calamagrostis antoniana</i>, subdominante <i>Scirpus rigidus</i> y sub sub dominante <i>Muhlenbergia fastigiata</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 65. La textura es Franco arcilloso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 6	
2. Extensión (ha)	313.54	
3. Geología	Ki-hn	
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	396549	
Este	8376363	
5. Altitud (msnm)	4541.7	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	60%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-Dominante	<i>Distichia muscoides</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	
11. Subtipo	Caan-Dimu	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	

Síntesis
Este sitio abarca una superficie de 313.54ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Calamagrostis antoniana</i> , subdominante <i>Distichia muscoides</i> y sub sub dominante <i>Muhlenbergia fastigiata</i> . El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 60. La textura es Franco y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 7	
2. Extensión (ha)	105.16	
3. Geología	Ki-hn	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	391820	
Este	8375421	
5. Altitud (msnm)	4350.5	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	70%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Senecio sp.</i>	
11. Subtipo	Fedo-Mufa	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 105.16ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Muhlenbergia fastigiata</i> y sub sub dominante <i>Senecio sp.</i> El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 70. La textura es Franco arenoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 8	
2. Extensión (ha)	137.19	
3. Geología	Ks-vi	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	392075	
Este	8373995	
5. Altitud (msnm)	4174.0	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	40%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostos vicugnarum</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Senecio sp.</i>	
11. Subtipo	Fedo-Cavi	
12. Mantillo	Escaso	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 137.19ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Calamagrostos vicugnarum</i> y sub sub dominante <i>Senecio sp.</i> El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 40%. La textura es Franco arcilloso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 9	
2. Extensión (ha)	160.81	
3. Geología	Kis-mo	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	392673	
Este	8374082	
5. Altitud (msnm)	4179.9	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	70%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostos vicugnarum</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	
11. Subtipo	Fedo-Cavi	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Ligera	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 160.81ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Calamagrostos vicugnarum</i> y sub sub dominante <i>Muhlenbergia fastigiata</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 70%. La textura es Franco limoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 10	
2. Extensión (ha)	247.16	
3. Geología	Ki-hn	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	394586	
Este	8374197	
5. Altitud (msnm)	4311.3	
6. Zona de Vida	Bosque húmedo montano bajo subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	80%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Alchemilla pinnata</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostos vicugnarum</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Scirpus rigidus</i>	
11. Subtipo	Alpi-Cavi	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Esta Sitio abarca una superficie de 247.16 ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Alchemilla pinnata</i>, subdominante <i>Calamagrostos vicugnarum</i> y sub sub dominante <i>Scirpus rigidus</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 80%. La textura es Franco arenoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 11	
2. Extensión (ha)	167.48	
3. Geología	Ki-hn	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	396423	
Este	8373950	
5. Altitud (msnm)	4119.8	
6. Zona de Vida	Bosque húmedo montano bajo subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	70%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Senecio sp.</i>	
11. Subtipo	Fedo-Mufa	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 167.48ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Muhlenbergia fastigiata</i> y sub sub dominante <i>Senecio sp.</i> El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 70%. La textura es Franco y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 12	
2. Extensión (ha)	104.25	
3. Geología	Ki-hn	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	396927	
Este	8374979	
5. Altitud (msnm)	4122.9	
6. Zona de Vida	Bosque húmedo montano bajo subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	70%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Alchemilla pinnata</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Juncus sp.</i>	
11. Subtipo	Febl-Alpi	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 104.25 ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca blanca</i>, subdominante <i>Alchemilla pinnata</i> y sub sub dominante <i>Juncus sp.</i> El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 70%. La textura es Franco arenoso arcilloso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

A. Información General		
1. Área de estudio	Sitio 13	
2. Extensión (ha)	132.03	
3. Geología	Qh-al1	
Coordenadas		
4. Transecta		
Datum	(WGS-84)	
Proyección	UTM/Zona19	
Norte	392018	
Este	8373416	
5. Altitud (msnm)	4054.8	
6. Zona de Vida	Páramo muy húmedo subalpino subtropical	
7. Uso de la Tierra	Pastoreo con Alpacas	
B. Ecología de la Vegetación		
8. Tipo de Pastizal	Pajonal	
9. Cobertura Basal	60%	
10. Especies Dominantes		
Dominante	<i>Festuca dolichophylla</i>	
Sub-Dominante	<i>Calamagrostis antoniana</i>	
Sub-sub-dominante	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	
11. Subtipo	Fedo-Caan	
12. Mantillo	Poco abundante	
13. Intensidad de uso	Moderada	
Síntesis		
Este sitio abarca una superficie de 132.03 ha y está circundada por un paisaje montañoso insertado en la zona de vida Páramo muy húmedo subalpino subtropical. La vegetación es un Pajonal dominado por las especies dominante <i>Festuca dolichophylla</i>, subdominante <i>Calamagrostis antoniana</i> y sub sub dominante <i>Muhlenbergia fastigiata</i>. El suelo es profundo, su pendiente es moderadamente empinada y tiene una cobertura vegetal de 60%. La textura es Franco limoso y los afloramientos líticos y la pedregosidad están ausentes.		

Anexo 6. Formato de categorización del estado de salud de indicadores (Pyke, 2002)

N° SITIO:	N° Transecto:	Evaluador:	Distrito:			Fecha:	
Atributo	Indicador	Grado de Alejamiento / Área de Referencia					
		Extremo	Moderado a extremo	Moderado	Ligero a moderado	Ninguno a ligero	
S, W	1. Erosión por surcos						
Comentarios:							
S, W	2. Patrones de flujo de agua						
Comentarios:							
S, W	3. Plantas en pedestal						
Comentarios:							
S, W	4. Suelo desnudo						
Comentarios:							
S, W	5. Cárcavas						
Comentarios:							
S	6. Áreas que han sido limpiadas/ depositadas por el viento						
Comentarios:							
W	7. Movimiento de mantillo						
Comentarios:							
S, B, W	8. Resistencia de la superficie del suelo a erosión						
Comentarios:							
S, B, W	9. Pérdida del suelo o degradación						
Comentarios:							
W	10. Composición de la comunidad de plantas y distribución relativa de la infiltración y escorrentía						
Comentarios:							
S, B, W	11. Capa de compactación						
Comentarios:							
B	12. Grupos funcionales o estructurales						
Comentarios:							
B	13. Mortalidad de plantas						
Comentarios:							
B, W	14. Cantidad de mantillo						
Comentarios:							
B	15. Producción anual						
Comentarios:							
B	16. Plantas invasoras						
Comentarios:							
B	17. Capacidad reproductiva de las plantas perennes						
Comentarios:							

Anexo 7. Matriz genérica para evaluación de indicadores de la salud del pastizal por el método de Pyke o Estado de salud del pastizal

N°	Indicador	Extremo a Total	Moderado a Extremo	Moderado	Ligero a Moderado	Ninguno a Ligero
1	Erosión por surcos	Formación de surcos es severa y bien definida en la mayor parte del sitio.	Formación de surcos es moderadamente activa y bien definida en la mayor parte del sitio.	Formación activa de surcos es ligera en intervalos no frecuentes; principalmente en áreas expuestas.	No hay formación reciente de surcos, los surcos viejos tienen características poco notorias.	Formación actual o pasada de surcos de acuerdo a la esperada para el área.
2	Patrones de flujo de agua	Excesivos y numerosos; inestables con erosión activa; comúnmente conectados.	Más numerosos y extensos de lo esperado; depósito y áreas de flujo frecuentes; ocasionalmente conectadas.	Muy parecido a lo esperado para el sitio; poca erosión con algo de inestabilidad y deposición.	Lo esperado para el sitio; alguna evidencia de erosión menor. Patrones de flujo de agua son estables y cortos.	Lo esperado para el sitio; mínima evidencia de depósito actual o pasado de suelo o erosión.
3	Plantas en pedestal	Pedestales abundantes y activos y numerosas terracetas. Muchas rocas y plantas en pedestal; exposición de las raíces de las plantas común.	Pedestales activos moderados; terracetas comunes. Algunas plantas y rocas en pedestal con raíces expuestas ocasionalmente.	Pedestales ligeramente activos; la mayoría de los pedestales están en las laderas expuestas y/o Inter espacios. Ocasionalmente terracetas presentes.	Rara presencia de pedestales activos o formación de terracetas; cierta evidencia de formación de pedestales en el pasado, especialmente en las laderas expuestas.	La evidencia de plantas o rocas en pedestal es la esperada para el sitio. Las terracetas están ausentes o son poco frecuentes.
4	Suelo desnudo	Mucho más alto de lo esperado para el sitio. Grandes áreas desnudas y generalmente conectadas.	Moderado a mucho más alto de lo esperado para el sitio. Grandes áreas desnudas y ocasionalmente conectadas.	Moderadamente alta a lo esperado para el sitio. Las áreas de suelo desnudo son de tamaño moderado y esporádicamente están conectadas.	Ligera a moderadamente más alta de lo esperado para el sitio. Las áreas de suelo desnudo son pequeñas y raramente se conectan.	La cantidad y tamaño de las áreas desnudas es lo esperado para el sitio.
5	Cárcavas	Común con indicadores de erosión activa y con desnivel en la base (escalón); frecuentemente la vegetación sobre	Moderada a común con indicadores de erosión activa; vegetación es intermitente en pendientes y/o en bases.	Moderadas en número con indicadores de erosión activa; vegetación es intermitente en base y pendientes. Ocasionalmente	No comunes con vegetación estabilizando la base y pendientes; sin signos de formación de desniveles,	De acuerdo a lo esperado para el sitio. Los drenajes están representados como canales naturales estables;

N°	Indicador	Extremo a Total	Moderado a Extremo	Moderado	Ligero a Moderado	Ninguno a Ligero
		pendientes y/o en bases. Hendiduras y cortes numerosos y activos.	Ocasionalmente puede estar presente desnivel en la base.	puede estar presente desnivel en la base.	hendiduras o erosión en la base.	vegetación común y sin signos de erosión.
6	Áreas que han sido limpiadas/ depositadas por el viento	Extensiva.	Común.	Ocasionalmente presente.	Infrecuente y poca.	De acuerdo a lo esperado para el sitio.
7	Movimiento de mantillo (por viento o agua)	Extremo; concentrado alrededor de obstrucciones. La mayoría de las clases de tamaño del mantillo han sido desplazadas.	Moderado a extremo; no compactado pero concentrado alrededor de las obstrucciones. Las porciones de mantillo de tamaño moderado y pequeño han sido desplazadas.	Movimiento moderado de pequeñas cantidades de mantillo en concentraciones no compactas alrededor de obstrucciones y depresiones.	Ligera a moderadamente más de lo esperado para el sitio. Pequeñas cantidades de mantillo desplazado.	Lo esperado para el sitio con distribución de mantillo bastante uniforme.
8	Resistencia de la superficie del suelo a erosión	Extremadamente reducida a través del sitio. Ausencia de agentes biológicos estabilizadores como el mantillo y costras biológicas.	Significativamente reducida en la mayoría de los Inter espacios de la cobertura vegetal y moderadamente reducida bajo la cobertura. Agentes estabilizadores presentes sólo en parches aislados.	Significativamente reducida en la mayoría de los Inter espacios de la cobertura vegetal y moderadamente reducida bajo la cobertura. Agentes estabilizadores presentes sólo en parches aislados.	Algo de reducción en la estabilidad de la superficie del suelo en los espacios entre plantas o ligera reducción a través del sitio. Agentes estabilizadores reducidos por debajo de lo esperado.	De acuerdo a lo esperado para el sitio. El suelo superficial es estabilizado por la descomposición de productos de materia orgánica y/o una costra biológica.
9	Pérdida del suelo o degradación	Horizonte de la superficie del suelo ausente. La estructura del suelo cerca de la superficie es similar o más	Pérdida de suelo o degradación severa a través del sitio. Mínima diferencia en el contenido de materia orgánica y estructura de la	Moderada pérdida de suelo o degradación en Inter espacios con algo de degradación debajo de la cobertura vegetal. La estructura del suelo está	Cierta pérdida del suelo ha ocurrido y/o la estructura del suelo muestra signos de degradación, especialmente entre los Inter espacios de las plantas.	Horizonte de la superficie del suelo intacto. Estructura del suelo y contenido de materia orgánica son los esperados para el sitio.

N°	Indicador	Extremo a Total	Moderado a Extremo	Moderado	Ligero a Moderado	Ninguno a Ligero
		degradada que los horizontes en la subsuperficie. No hay diferencia distinguible en el contenido de la materia orgánica.	superficie y las capas subsuperficiales.	degradada y el contenido de materia orgánica del suelo está significativamente reducido.		
10	Composición de la comunidad de plantas y distribución relativa de la infiltración y escorrentía	Infiltración severamente reducida debido a cambios adversos en la composición de la comunidad vegetal y/o distribución. Han ocurrido cambios adversos en la cobertura vegetal.	Infiltración severamente reducida debido a cambios adversos en la composición de la comunidad vegetal y/o distribución. Han ocurrido cambios negativos en la cobertura vegetal.	Infiltración moderadamente reducida por cambios adversos en la composición de la comunidad vegetal y/o distribución. Cambios en la cobertura vegetal han afectado negativamente la infiltración.	Infiltración ligera a moderadamente afectada por cambios menores en la composición de la comunidad vegetal y/o distribución. Cambios en la cobertura vegetal tienen efectos menores en la infiltración.	Infiltración y escorrentía no son afectados por ningún cambio en la comunidad vegetal. Cualquier cambio en la infiltración y escorrentía se puede atribuir a otros factores.
11	Capa de compactación	Extensivo; restringe severamente el movimiento de agua y la penetración de raíces.	Amplia distribución; Fuerte restricción en el movimiento de agua y penetración de raíces.	Moderadamente distribuido; restringe moderadamente el movimiento de agua y penetración de raíces.	Raramente presente o poco. Poca restricción el movimiento de agua y penetración de raíces.	Lo esperado para el sitio. Nulo a mínimo; no restringe el movimiento de agua ni la penetración de raíces.
12	Grupos funcionales o estructurales (F/E)	Número de grupos F/E altamente reducido y/o la dominancia relativa de los grupos F/E fue alterada dramáticamente; y/o el número de especies dentro	Número de grupos F/E reducido; y/o un grupo dominante y/o uno o más grupos subdominantes reemplazados por grupos F/E no comunes al sitio; y/o número de especies dentro	Número de grupos F/E reducido moderadamente; y/o uno o más grupos subdominantes de los grupos F/E reemplazados por grupos F/E no esperados en el sitio; y/o	Número de grupos F/E ligeramente reducido; y/o dominancia relativa de los grupos F/E ha sido modificada de la esperada para el sitio; y/o número de especies dentro de los	Grupos F/E y número de especies en cada grupo son iguales a lo esperado para el sitio.

N°	Indicador	Extremo a Total	Moderado a Extremo	Moderado	Ligero a Moderado	Ninguno a Ligero
		de los grupos F/E se ha reducido dramáticamente.	de los grupos F/E se ha reducido significativamente.	número de especies dentro de los grupos F/E moderadamente reducido.	grupos F/E ligeramente reducida.	
13	Mortalidad de plantas	Plantas muertas o decadentes son comunes.	Plantas muertas o decadentes son algo comunes.	Plantas muertas o decadentes están presentes.	Ligera mortalidad de plantas y/o decadencia.	Mortalidad de plantas y decadencia son lo esperado para el sitio.
14	Cantidad de mantillo	Altamente ausente o dominante en relación al potencial del sitio y clima.	Generalmente reducido o incrementado en relación al potencial del sitio y clima.	Generalmente reducido o incrementado en relación al potencial del sitio y clima.	Ligeramente más o menos relativo al potencial del sitio y clima.	La cantidad de mantillo es lo esperado para el potencial del sitio y el clima.
15	Producción anual	Menos de 20% del potencial de producción basado en el clima reciente.	Del 20 al 40% del potencial de producción basado en el clima reciente.	Del 40 al 60% del potencial de producción basado en el clima reciente.	Del 60 al 80% del potencial de producción basado en el clima reciente.	Excede el 80% de la producción potencial para el sitio basado en el clima reciente.

N°	Indicador	Extremo a Total	Moderado a Extremo	Moderado	Ligero a Moderado	Ninguno a Ligero
16	Plantas invasoras	Dominan el sitio	Comunes en todo el sitio.	Dispersos por el sitio.	Presentes principalmente en áreas de disturbio del sitio.	Si es que están presentes, su composición es de acuerdo a lo esperado.
17	Capacidad reproductiva de las plantas perennes	Capacidad de producir semillas o macollos (reproducción vegetativa) severamente reducida, relativa a recientes condiciones climáticas	Capacidad de producir semillas o macollos (reproducción vegetativa) altamente reducida, relativa a recientes condiciones climáticas.	Capacidad de producir semillas o macollos (reproducción vegetativa) moderadamente limitada, relativa a recientes condiciones climáticas.	Capacidad de producir semillas o macollos (reproducción vegetativa) ligeramente limitada en relación a recientes condiciones climáticas.	Capacidad de producir semillas o macollos (reproducción vegetativa) no está limitada en relación a recientes condiciones climáticas.

Anexo 8. Valor de los indicadores por atributo según condición

Atributo	Indicador	Condición		
		Excelente	Bueno	Regular
Vegetación	Cobertura vegetal	10.0 (100%)	10.0 (100%)	10.0 (100%)
	Composición florística	14.2 (71%)	12.7 (64%)	07.0 (35%)
	Vigor	08.2 (82%)	06.6 (66%)	05.0 (50%)
Suelo	Riesgo de erosión	13.4 (89%)	11.4 (76%)	11.0 (73%)
	Erosión actual	13.0 (87%)	10.3 (69%)	06.0 (40%)

Nota: Entre paréntesis porcentaje del máximo puntaje otorgado por cada indicador.

Anexo 9. Cobertura y composición florística funcional promedio en respuesta a cambios en la condición

Condición	Cobertura vegetal (%)	Especies deseables (%)	Especies poco deseables (%)	Especies invasoras (%)
Excelente	79.1	30.1	66.8	03.4
Buena	63.0	30.0	62.5	08.5
Regular	45.0	06.6	62.8	30.6

Anexo 10. Grado de alejamiento de la referencia de los indicadores para los sitios en estado saludable

[illegible]

Anexo 11. Grado de alejamiento de la referencia de los indicadores para los sitios en estado de riesgo

Sitio	Indicador	Sitio 2	Sitio 7	Sitio 8	Promedio
1	Erosión por surcos	1	3	4	3
2	Patrones de flujo de agua	1	2	3	2
3	Plantas en pedestal	1	4	4	3
4	Suelo desnudo	3	4	4	4
5	Cárcavas	1	1	1	1
6	Áreas que han sido limpiadas/depositadas por el viento	2	4	4	3
7	Movimiento de mantillo	2	4	4	3
8	Resistencia de la superficie del suelo a la erosión	3	4	3	3
9	Pérdida del suelo o degradación	3	4	4	4
10	Composición de la comunidad de plantas y distribución relativa de la infiltración y escorrentía	3	3	4	3
11	Capa de compactación	3	4	4	4
12	Grupos funcionales o estructurales	3	2	3	3
13	Mortalidad de plantas	1	2	3	2
14	Cantidad de mantillo	3	2	4	3
15	Producción anual	4	2	4	3
16	Plantas invasoras	2	4	4	3
17	Capacidad reproductiva de las plantas perennes	4	2	1	2

Anexo 12. Valor promedio de los 17 indicadores para los sitios en estado saludable y en riesgo

			Riesgo
Sitio	Indicador	Promedio sitios saludables	Promedio sitios en riesgo
1	Erosión por surcos	2	3
2	Patrones de flujo de agua	2	2
3	Plantas en pedestal	1	3
4	Suelo desnudo	2	4
5	Cárcavas	1	1
6	Áreas que han sido limpiadas/depositadas por el viento	1	3
7	Movimiento de mantillo	1	3
8	Resistencia de la superficie del suelo a la erosión	2	3
9	Pérdida del suelo o degradación	2	4
10	Composición de la comunidad de plantas y distribución relativa de la infiltración y escorrentía	3	3
11	Capa de compactación	2	4
12	Grupos funcionales o estructurales	2	3
13	Mortalidad de plantas	2	2
14	Cantidad de mantillo	2	3
15	Producción anual	3	3
16	Plantas invasoras	2	3
17	Capacidad reproductiva de las plantas perennes	1	2

Anexo 13. Coeficientes de correlación Spearman entre indicadores de condición y salud del pastizal

Coeficientes de correlación Spearman, N = 13 Prob > r suponiendo H0: Rho=0																						
	COB_VE G	COM_FLO O	VIGOR	R_ERO	ERO_ACT T	ERO_SURCO CO	FLUJO_AGUA UA	PEDESTAL	S_DESNUDO DO	CARCAVA A	DEP_VIENTO TO	MOV_MANT NT	RESIS_ER RO	PERD_SUELO LO	COMP_PLANTA NTA	COMPACT CT	G_FUNCIONAL AL	MORT_PLANTAS TAS	MANT	PROD_ANUAL AL	INVASORA RA	CAP_REPROD OD
COB_VEG	1.00000	0.73144 0.0045	0.54245 0.0555	0.59248 0.0329	-0.39664 0.1796	-0.33227 0.2674	-0.32620 0.2767	-0.69767 0.0080	-0.63408 0.0199	0.39453 0.1822	-0.64825 0.0166	-0.55586 0.0486	-0.47977 0.0971	-0.47195 0.1035	-0.13574 0.6584	-0.15481 0.6136	0.04020 0.8962	0.08889 0.7727	-0.51037 0.0747	0.02705 0.9301	0.02648 0.9316	-0.08488 0.7828
COM_FLO	0.73144 0.0045	1.00000	0.57226 0.0410	0.31554 0.2936	-0.10986 0.7209	-0.45388 0.1193	-0.30632 0.3087	-0.33566 0.2622	-0.62028 0.0237	0.39228 0.1849	-0.75019 0.0031	-0.50523 0.0782	-0.10807 0.7253	-0.14464 0.6373	-0.01760 0.9545	0.06875 0.8234	0.15990 0.6018	0.04821 0.8757	-0.53079 0.0620	-0.04184 0.8920	-0.12286 0.6893	0.02665 0.9311
VIGOR	0.54245 0.0555	0.57226 0.0410	1.00000	0.34988 0.2412	-0.35891 0.2285	0.01088 0.9718	-0.11494 0.7085	-0.34934 0.2420	-0.77578 0.0018	-0.03951 0.8980	-0.61526 0.0252	-0.36854 0.2153	-0.33119 0.2690	-0.36904 0.2146	-0.10195 0.7403	-0.16708 0.5854	-0.05368 0.8617	0.20232 0.5074	-0.46851 0.1063	-0.12493 0.6843	-0.05598 0.8559	-0.34894 0.2426
R_ERO	0.59248 0.0329	0.31554 0.2936	0.34988 0.2412	1.00000	-0.10621 0.7298	0.20923 0.4927	-0.16984 0.5791	-0.26548 0.3807	-0.17656 0.5639	0.11992 0.6964	-0.00468 0.9879	0.12013 0.6959	-0.03933 0.8985	0.04094 0.8944	0.18088 0.5543	0.38833 0.1898	0.20367 0.5045	0.52403 0.0660	-0.25112 0.4079	0.08833 0.7742	0.57976 0.0378	0.36661 0.2179
ERO_ACT	-0.39664 0.1796	-0.10986 0.7209	-0.35891 0.2285	-0.10621 0.7298	1.00000	0.39342 0.1835	0.14145 0.6448	0.70053 0.0077	0.39560 0.1809	0.00000 1.0000	0.23683 0.4360	0.23683 0.4360	0.43475 0.1377	0.66929 0.0124	-0.29967 0.3199	0.53941 0.0571	0.21141 0.4881	-0.02390 0.9382	0.00868 0.9776	-0.26822 0.3756	0.30021 0.3190	0.44043 0.1320
ERO_SURCO	-0.33227 0.2674	-0.45388 0.1193	0.01088 0.9718	0.20923 0.4927	0.39342 0.1835	1.00000	0.56629 0.0436	0.40997 0.1641	0.20731 0.4968	-0.25581 0.3989	0.40101 0.1745	0.61733 0.0246	0.24329 0.4232	0.43491 0.1375	0.07334 0.8118	0.44179 0.7062	-0.11586 0.6603	0.49778 0.0834	0.14581 0.6346	0.00325 0.9916	0.50709 0.0769	0.00000 1.0000
FLUJO_AGUA	-0.32620 0.2767	-0.30632 0.3087	-0.11494 0.7085	-0.16984 0.5791	0.14145 0.6448	0.56629 0.0436	1.00000	0.44775 0.1250	-0.10313 0.7374	-0.29027 0.3360	-0.05017 0.8707	0.20878 0.4937	-0.09792 0.7503	0.20556 0.5005	-0.10390 0.7355	-0.11375 0.7114	-0.57752 0.0387	0.34826 0.2436	-0.21427 0.4821	-0.20695 0.4975	0.04020 0.8963	-0.17373 0.5703
PEDESTAL	-0.69767 0.0080	-0.33566 0.2622	-0.34934 0.2420	-0.26548 0.3807	0.70053 0.0077	0.40997 0.1641	0.44775 0.1250	1.00000	0.36045 0.2263	-0.22071 0.4687	0.26531 0.3810	0.26531 0.3810	0.29184 0.3333	0.59675 0.0313	-0.14692 0.6320	0.42209 0.1508	0.13495 0.6603	0.13563 0.6586	-0.02789 0.9279	-0.33465 0.2637	0.29295 0.3314	0.15494 0.6133
S_DESNUDO	-0.63408 0.0199	-0.62028 0.0237	-0.77578 0.0018	-0.17656 0.5639	0.39560 0.1809	0.20731 0.4968	-0.10313 0.7374	0.36045 0.2263	1.00000	0.16084 0.5996	0.86316 0.0001	0.64344 0.0177	0.63616 0.1772	0.39865 0.1951	0.33384 0.2649	0.39217 0.1851	0.20488 0.5019	-0.20592 0.4997	0.57250 0.0409	0.10723 0.7273	0.41080 0.1632	0.42798 0.1446
CARCAVA	0.39453 0.1822	0.39228 0.1849	-0.03951 0.8980	0.11992 0.6964	0.00000 1.0000	-0.25581 0.3989	-0.29027 0.3360	-0.22071 0.4687	0.16084 0.5996	1.00000	-0.25369 0.4030	-0.25369 0.4030	0.17054 0.5775	-0.22191 0.4662	0.08103 0.7924	0.12382 0.6870	0.00000 1.0000	-0.22191 0.4662	-0.36244 0.2236	-0.28890 0.3384	0.28275 0.3493	-0.12266 0.6897
DEP_VIENTO	-0.64825 0.0166	-0.75019 0.0031	-0.61526 0.0252	-0.00468 0.9879	0.23683 0.4360	0.40101 0.1745	-0.05017 0.8707	0.26531 0.3810	0.86316 0.0001	-0.25369 0.4030	1.00000	0.83498 0.0004	0.56242 0.0454	0.45728 0.1162	0.44590 0.1267	0.41236 0.1614	0.24416 0.4215	0.06062 0.8440	0.77800 0.0017	0.36404 0.2214	0.37519 0.2065	0.45001 0.1228
MOV_MANT	-0.55586 0.0486	-0.50523 0.0782	-0.36854 0.2153	0.12013 0.6959	0.23683 0.4360	0.61733 0.0246	0.20878 0.4937	0.26531 0.3810	0.64344 0.0177	-0.25369 0.4030	0.83498 0.0004	1.00000	0.74545 0.0034	0.64782 0.0167	0.58821 0.0345	0.57344 0.0405	0.10053 0.7438	0.32045 0.2858	0.65226 0.0157	0.36404 0.2214	0.37519 0.2065	0.45001 0.1228
RESIS_ER	-0.47977 0.0971	-0.10807 0.7253	-0.33119 0.2690	-0.03933 0.8985	0.43475 0.1377	0.24329 0.4232	-0.09792 0.7503	0.29184 0.3333	0.63616 0.0194	0.17054 0.5775	0.56242 0.0454	0.74545 0.0034	1.00000	0.67768 0.0109	0.48471 0.0932	0.64644 0.0170	0.15930 0.6032	0.02620 0.9323	0.42474 0.1480	0.07309 0.8124	0.20665 0.4982	0.48274 0.0947
PERD_SUELO	-0.47195 0.1035	-0.14464 0.6373	-0.36904 0.2146	0.04094 0.8944	0.66929 0.0124	0.43491 0.1375	0.20556 0.5005	0.59675 0.0313	0.39865 0.1772	-0.22191 0.4662	0.45728 0.1162	0.64782 0.0167	0.67768 0.0109	1.00000	0.26390 0.3836	0.76255 0.0024	0.40704 0.1675	0.43636 0.1360	0.38110 0.1989	0.14710 0.6315	0.30944 0.3036	0.54272 0.0553
COMP_PLANTA	-0.13574 0.6584	-0.01760 0.9545	-0.10195 0.7403	0.18088 0.5543	-0.29967 0.3199	0.07334 0.8118	-0.10390 0.7355	-0.14692 0.6320	0.33384 0.2649	0.08103 0.7924	0.44590 0.1267	0.58821 0.0345	0.48471 0.0932	0.26390 0.3836	1.00000	0.42600 0.1467	0.30277 0.3147	0.46473 0.1096	0.56929 0.0423	0.69765 0.0080	0.25831 0.3942	0.11927 0.6979
COMPACT	-0.15481 0.6136	0.06875 0.8234	-0.16708 0.5854	0.38833 0.1898	0.53941 0.0571	0.44179 0.1307	-0.11375 0.7114	0.42209 0.1508	0.39217 0.1851	0.12382 0.6870	0.41236 0.1614	0.57344 0.0405	0.64644 0.0170	0.76255 0.0024	0.42600 0.1467	1.00000	0.60283 0.0292	0.49878 0.0827	0.28076 0.3528	0.23742 0.4348	0.57860 0.0383	0.40656 0.1680
G_FUNCIONAL	0.04020 0.8962	0.15990 0.6018	-0.05368 0.8617	0.20367 0.5045	0.21141 0.4881	-0.11586 0.7062	-0.57752 0.0387	0.13495 0.6603	0.20488 0.5019	0.00000 1.0000	0.24416 0.4215	0.10053 0.7438	0.15930 0.6032	0.40704 0.1675	0.30277 0.3147	0.60283 0.0292	1.00000	0.22613 0.4575	0.39670 0.1796	0.43460 0.1378	0.38417 0.1950	0.29167 0.3336
MORT_PLANTAS	0.08889 0.7727	0.04821 0.8757	0.20232 0.5074	0.52403 0.0660	-0.02390 0.9382	0.49778 0.0834	0.34826 0.2436	0.13563 0.6586	-0.20592 0.4997	-0.22191 0.4662	0.06062 0.8440	0.32045 0.2858	0.02620 0.9323	0.43636 0.1360	0.46473 0.1096	0.49878 0.0827	0.22613 0.4575	1.00000	0.08249 0.7888	0.37197 0.2107	0.39714 0.1790	-0.02513 0.9351
MANT	-0.51037 0.0747	-0.53079 0.0620	-0.46851 0.1063	-0.25112 0.4079	0.00868 0.9776	0.14581 0.6346	-0.21427 0.4821	-0.02789 0.9279	0.57250 0.0409	-0.36244 0.2236	0.77800 0.0017	0.65226 0.0157	0.42474 0.1480	0.38110 0.1989	0.56929 0.0423	0.28076 0.3528	0.39670 0.1796	0.08249 0.7888	1.00000	0.74409 0.0035	-0.03754 0.9031	0.19607 0.5209
PROD_ANUAL	0.02705 0.9301	-0.04184 0.8920	-0.12493 0.6843	0.08833 0.7742	-0.26822 0.3756	0.00325 0.9916	-0.20695 0.4975	-0.33465 0.2637	0.10723 0.7273	-0.28890 0.3384	0.36404 0.2214	0.36404 0.2214	0.07309 0.8124	0.14710 0.6315	0.69765 0.0080	0.23742 0.4348	0.43460 0.1378	0.37197 0.2107	0.74409 0.0035	1.00000	-0.02924 0.9245	0.09814 0.7498
INVASORA	0.02648 0.9316	-0.12286 0.6893	-0.05598 0.8559	0.57976 0.0378	0.30021 0.3190	0.50709 0.0769	0.04020 0.8963	0.29295 0.3314	0.41080 0.1632	0.28275 0.3493	0.37519 0.2065	0.37519 0.2065	0.20665 0.4982	0.30944 0.3036	0.25831 0.3942	0.57860 0.0383	0.38417 0.1950	0.39714 0.1790	-0.03754 0.9031	-0.02924 0.9245	1.00000	0.33387 0.2649
CAP_REPROD	-0.08488 0.7828	0.02665 0.9311	-0.34894 0.2426	0.36661 0.2179	0.44043 0.1320	0.00000 1.0000	-0.17373 0.5703	0.15494 0.6133	0.42798 0.1446	-0.12266 0.6897	0.45001 0.1228	0.45001 0.1228	0.48274 0.0947	0.54272 0.0553	0.11927 0.6979	0.40656 0.3336	0.29167 0.3336	-0.02513 0.9351	0.19607 0.5209	0.09814 0.7498	0.33387 0.2649	1.00000

