

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**



**Tesis para optar por el Grado Académico de Maestra en  
Ecología y Gestión ambiental**

**Efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal  
Conococha, Ancash**

Autor: Bach. Deustua Aris, Iris

Asesor: Dra. Yábar Torres, Guisela

LIMA-PERÚ

2019

## **Página del Jurado**

A continuación se presentan a los Miembros del Jurado Examinador de la Tesis:

**Presidente:** Dr. Jorge Tam Málaga

**Miembro:** Dr. Rodrigo Arce Rojas

**Miembro:** Mg. Tito Vílchez Vílchez

**Asesor:** Dra. Guisela Yábar Torres

## **Dedicatoria**

A mis seres queridos y colegas.

## **Agradecimiento**

A la Dra. Guisela Yábar Torres, el Dr. Jorge Tam Málaga y el MSc. Roger Siguayro Pascaja.

A los pobladores de la Comunidad Campesina de Huambo y de los Centros Poblados Conococha y Chiquián.

A mi esposo Ing. Aldo López Iturriaga.

# Índice de Contenido

<b>1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Descripción del problema</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Formulación del problema</b> .....	<b>5</b>
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
<b>1.3 Importancia y Justificación del estudio</b> .....	<b>6</b>
<b>1.4 Delimitación del estudio</b> .....	<b>7</b>
<b>1.5 Objetivos de la investigación</b> .....	<b>10</b>
1.5.1 Objetivo general .....	10
1.5.2 Objetivos específicos .....	10
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Marco histórico</b> .....	<b>11</b>
2.1.1 Teoría de la perturbación de ecosistemas .....	11
2.1.2 Teoría del ordenamiento territorial .....	12
2.1.3 Teoría de la participación ciudadana .....	14
2.1.4 Teoría de la ética ambiental .....	15
2.1.5 Teoría ecológica para la conservación de la biodiversidad.....	17
2.1.6 Teoría del desarrollo sostenible .....	18
2.1.7 Teoría de la gestión ambiental .....	20
<b>2.2 Investigaciones relacionadas con el tema</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio</b> .....	<b>26</b>
2.3.1 Sobrepastoreo .....	28
2.3.2 Estado de conservación.....	36
<b>2.4 Definición de términos básicos</b> .....	<b>46</b>
2.4.1 Sobrepastoreo .....	46
2.4.2 Condición del pastizal .....	46
2.4.3 Producción de forraje.....	46
2.4.4 Capacidad de carga animal .....	47
2.4.5 Estado de conservación.....	47
2.4.6 Integridad biótica.....	47
2.4.7 Función hidrológica.....	47
2.4.8 Estabilidad del sistema .....	47
<b>2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis</b> .....	<b>48</b>
2.5.1 Relación entre sobrepastoreo y estado de conservación del bofedal .....	48
2.5.2 Relación entre condición del pastizal y estado de conservación del bofedal .....	50
2.5.3 Relación entre producción de forraje y estado de conservación del bofedal.....	51
2.5.4 Relación entre capacidad de carga animal y estado de conservación del bofedal .....	53
<b>2.6 Hipótesis</b> .....	<b>54</b>
2.6.1 Hipótesis general .....	54
2.6.2 Hipótesis específicas.....	54
<b>2.7 Variables</b> .....	<b>55</b>
2.7.1 Variables.....	55
2.7.2 Relación entre variables.....	55
<b>3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>57</b>
<b>3.1 Tipo, método y diseño de investigación</b> .....	<b>57</b>
<b>3.2 Población y muestra</b> .....	<b>59</b>
3.2.1 Universo .....	59
3.2.2 Unidad de muestreo .....	59
3.2.3 Población, sujetos de estudio .....	60

<b>3.3</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>61</b>
3.3.1	Determinación de la integridad biótica .....	62
3.3.2	Determinación de la función hidrológica .....	63
3.3.3	Determinación de la estabilidad del sistema .....	64
3.3.4	Determinación de la condición del pastizal .....	65
3.3.5	Determinación de la producción de forraje .....	66
3.3.6	Estimación de la capacidad de carga animal .....	67
3.3.7	Aplicación de encuestas a la población.....	68
<b>3.4</b>	<b>Descripción de procedimientos de análisis .....</b>	<b>69</b>
3.4.1	Determinación de la integridad biótica .....	69
3.4.2	Determinación de la función hidrológica .....	76
3.4.3	Determinación de la estabilidad del sistema .....	77
3.4.4	Determinación de la condición del pastizal .....	80
3.4.5	Determinación de la producción de forraje .....	84
3.4.6	Estimación de la capacidad de carga animal .....	85
3.4.7	Aplicación de encuestas a la población.....	86
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS... 87</b>	
<b>4.1</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>87</b>
4.1.1	Parámetros meteorológicos.....	87
4.1.2	Estaciones de muestreo.....	92
4.1.3	Determinación de la integridad biótica .....	96
4.1.4	Determinación de la función hidrológica.....	122
4.1.5	Determinación de la estabilidad del sistema .....	128
4.1.6	Determinación de la condición del pastizal .....	143
4.1.7	Determinación de la producción de forraje.....	153
4.1.8	Estimación de la capacidad de carga animal.....	158
4.1.9	Encuestas a la población.....	166
<b>4.2</b>	<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>177</b>
4.2.1	Relación entre la condición del pastizal y la carga animal.....	177
4.2.2	Relación entre la producción de forraje y la carga animal .....	178
4.2.3	Efecto de la condición del pastizal en la integridad biótica .....	179
4.2.4	Efecto de la condición del pastizal en la función hidrológica .....	187
4.2.5	Efecto de la condición del pastizal en la estabilidad del sistema .....	193
4.2.6	Efecto de la producción de forraje en la integridad biótica.....	199
4.2.7	Efecto de la producción de forraje en la función hidrológica .....	208
4.2.8	Efecto de la producción de forraje en la estabilidad del sistema.....	214
4.2.9	Efecto de la carga animal en la integridad biótica .....	220
4.2.10	Efecto de la carga animal en la función hidrológica .....	228
4.2.11	Efecto de la carga animal en la estabilidad del sistema .....	233
4.2.12	Correlaciones de los resultados de las encuestas .....	239
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>245</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>245</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>248</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>251</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>262</b>

## Listado de Tablas

Tabla 2.1	Variable independiente y sus indicadores.....	56
Tabla 2.2	Variable dependiente y sus indicadores.....	56
Tabla 3-1:	Niveles de interpretación del índice de Shannon (H') o diversidad alfa ( $\alpha$ ) .....	72
Tabla 3-2:	Criterios categorización de especies amenazadas de flora.....	74
Tabla 3-3:	Metodología de análisis de suelos .....	78
Tabla 3-4:	Índices para la clasificación de la condición de pastizal.....	83
Tabla 3-5:	Determinación de la condición del pastizal (%) .....	84
Tabla 3-6:	Carga animal óptima según condición de pastizal (ha/año).....	85
Tabla 4-1:	Temperatura media mensual (°C) en la estación Chiquián.....	87
Tabla 4-2:	Precipitación total mensual (mm) en la estación Chiquián.....	89
Tabla 4-3:	Ubicación de transectos de muestreo de flora.....	92
Tabla 4-4:	Ubicación de estaciones de muestreo de agua .....	94
Tabla 4-5:	Ubicación de estaciones de muestreo de suelo .....	95
Tabla 4-6:	Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época húmeda (febrero, 2019) .....	105
Tabla 4-7:	Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época seca (julio, 2019).....	107
Tabla 4-8:	Especies de flora con estatus de conservación.....	113
Tabla 4-9:	Porcentaje de especies invasoras por sitio de pastizal (febrero, 2019).....	115
Tabla 4-10:	Porcentaje de especies invasoras por sitio de pastizal (julio, 2019).....	115
Tabla 4-11:	Tendencia del pastizal en época húmeda (febrero, 2019) .....	118
Tabla 4-12:	Tendencia del pastizal en época seca (julio, 2019).....	120
Tabla 4-13:	Disponibilidad de agua en época húmeda (febrero, 2019).....	122
Tabla 4-14:	Caudal de agua en época seca (julio, 2019).....	123
Tabla 4-15:	Calidad de agua en época húmeda (febrero, 2019).....	124
Tabla 4-16:	Calidad de agua en época seca (julio, 2019).....	126
Tabla 4-17:	Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época húmeda (febrero, 2019) .....	135
Tabla 4-18:	Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época seca (julio, 2019)	136
Tabla 4-19:	% de materia orgánica en los suelos del bofedal Conococha.....	138
Tabla 4-20:	Carbono total (t C/ha) en los suelos del bofedal Conococha .....	140
Tabla 4-21:	Índice de especies decrecientes (% ED) en época húmeda (febrero, 2019).....	145
Tabla 4-22:	Índice de especies decrecientes (% ED) en época seca (julio, 2019).....	145
Tabla 4-23:	Índice forrajero (% IF) en época húmeda (febrero, 2019) .....	146
Tabla 4-24:	Índice forrajero (% IF) en época seca (julio, 2019) .....	147
Tabla 4-25:	Índice de desnudez del suelo (% ID) en época húmeda (febrero, 2019).....	147
Tabla 4-26:	Índice de desnudez del suelo (% ID) en época seca (julio, 2019).....	148
Tabla 4-27:	Especies claves en la determinación del índice de vigor (% IV) .....	149
Tabla 4-28:	Índice de vigor (% IV) en época húmeda (febrero, 2019) .....	149
Tabla 4-29:	Índice de vigor (% IV) en época seca (julio, 2019) .....	150
Tabla 4-30:	Condición del pastizal en época húmeda (febrero, 2019).....	150
Tabla 4-31:	Condición del pastizal en época seca (julio, 2019).....	152
Tabla 4-32:	Disponibilidad de materia verde en época húmeda (febrero, 2019).....	153
Tabla 4-33:	Disponibilidad de materia verde en época seca (julio, 2019).....	154

Tabla 4-34:	Disponibilidad de materia seca en época húmeda (febrero, 2019).....	155
Tabla 4-35:	Disponibilidad de materia seca en época seca (julio, 2019).....	155
Tabla 4-36:	Relación entre la disponibilidad de materia verde y materia seca en época húmeda (febrero, 2019) .....	156
Tabla 4-37:	Relación entre la disponibilidad de materia verde y materia seca en época seca (julio, 2019) .....	157
Tabla 4-38:	Capacidad de carga animal óptima (UA/ha/año) en el bofedal Conococha .....	158
Tabla 4-39:	Soportabilidad óptima de vacunos por hectárea/año y su equivalencia en número de vientres en el bofedal Conococha.....	160
Tabla 4-40:	Soportabilidad óptima de ovinos por hectárea/año y su equivalencia en número de vientres en el bofedal Conococha.....	160
Tabla 4-41:	Soportabilidad óptima de alpacas por hectárea/año y su equivalencia en número de vientres en el bofedal Conococha.....	161
Tabla 4-42:	N° de cabezas de ganado avistados en época húmeda (febrero, 2019) .....	162
Tabla 4-43:	Carga animal actual en UAO en época húmeda (febrero, 2019).....	162
Tabla 4-44:	Balance forrajero en UAO en época húmeda (febrero, 2019).....	163
Tabla 4-45:	N° de cabezas de ganado avistados en época seca (julio, 2019).....	163
Tabla 4-46:	Carga animal actual en UAO en época seca (julio, 2019) .....	164
Tabla 4-47:	Balance forrajero en UAO en época seca (julio, 2019).....	164
Tabla 4-48:	Balance forrajero anual en UAO en el bofedal Conococha .....	164
Tabla 4-49:	Efecto de la Condición del pastizal en la Integridad biótica (época húmeda).....	185
Tabla 4-50:	Efecto de la Condición del pastizal en la Integridad biótica (época seca) .....	186
Tabla 4-51:	Efecto de la Condición del pastizal en la Función hidrológica (época húmeda).....	191
Tabla 4-52:	Efecto de la Condición del pastizal en la Función hidrológica (época seca).....	192
Tabla 4-53:	Efecto de la Condición del pastizal en la Estabilidad del sistema (época húmeda) .....	197
Tabla 4-54:	Efecto de la Condición del pastizal en la Estabilidad del sistema (época seca) .....	198
Tabla 4-55:	Efecto de la Producción de forraje en la Integridad biótica (época húmeda).....	205
Tabla 4-56:	Efecto de la Producción de forraje en la Integridad biótica (época seca).....	206
Tabla 4-57:	Efecto de la Producción de forraje en la Función hidrológica (época húmeda).....	212
Tabla 4-58:	Efecto de la Producción de forraje en la Función hidrológica (época seca).....	213
Tabla 4-59:	Efecto de la Producción de forraje en la Estabilidad del sistema (época húmeda) .....	217
Tabla 4-60:	Efecto de la Producción de forraje en la Estabilidad del sistema (época seca) .....	219
Tabla 4-61:	Efecto de la Carga animal en la Integridad biótica (época húmeda).....	226
Tabla 4-62:	Efecto de la Carga animal en la Integridad biótica (época seca).....	227
Tabla 4-63:	Efecto de la Carga animal en la Función hidrológica (época húmeda).....	231
Tabla 4-64:	Efecto de la Carga animal en la Función hidrológica (época seca).....	232
Tabla 4-65:	Efecto de la Carga animal en la Estabilidad del sistema (época húmeda) .....	236
Tabla 4-66:	Efecto de la Carga animal en la Estabilidad del sistema (época seca) .....	237
Tabla 4-67:	Correlación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 1 vs pregunta 12) .....	239
Tabla 4-68:	Correlación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 1 vs pregunta 13) .....	240
Tabla 4-69:	Correlación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 3 vs pregunta 13) .....	240

Tabla 4-70:	Correlación entre la condición del pastizal y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 5 vs pregunta 12) .....	241
Tabla 4-71:	Correlación entre la producción de forraje y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 7 vs pregunta 12) .....	242
Tabla 4-72:	Correlación entre la carga animal y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 9 vs pregunta 12) .....	243

## Listado de Figuras

Figura 1-1:	Ubicación geográfica del bofedal Conococha .....	9
Figura 3-1:	Unidad de muestreo – Transecto lineal radial.....	63
Figura 3-2:	Unidad de muestreo – Distribución de cortes para forraje.....	67
Figura 4-1:	Temperatura media, máxima y mínima (°C) en la estación Chiquián .....	89
Figura 4-2:	Precipitación mensual multianual (mm) en la estación Chiquián .....	91
Figura 4-3:	Ubicación de transectos de muestreo de flora.....	93
Figura 4-4:	Ubicación de los sitios de pastoreo.....	93
Figura 4-5:	Ubicación de estaciones de muestreo de agua .....	94
Figura 4-6:	Ubicación de estaciones de muestreo de suelo .....	95
Figura 4-7:	Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo I (febrero, 2019) .....	97
Figura 4-8:	Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo I (julio, 2019) .....	97
Figura 4-9:	Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo II (febrero, 2019).....	98
Figura 4-10:	Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo II (julio, 2019) .....	99
Figura 4-11:	Riqueza de especies por familias registradas (febrero, 2019).....	100
Figura 4-12:	Riqueza de especies por familias registradas (julio, 2019) .....	101
Figura 4-13:	Abundancia de especies registrada en el bofedal Conococha (febrero, 2019) .....	101
Figura 4-14:	Abundancia de especies registrada en el bofedal Conococha (julio, 2019) .....	102
Figura 4-15:	Riqueza de especies por sitio de pastizal evaluado (febrero, 2019).....	103
Figura 4-16:	Riqueza de especies por sitio de pastizal evaluado (julio, 2019) .....	103
Figura 4-17:	Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época húmeda (febrero, 2019) .....	105
Figura 4-18:	Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época seca (julio, 2019) .....	108
Figura 4-19:	Índice de similitud Morisita entre sitios de pastizal en época húmeda (febrero, 2019) ..	109
Figura 4-20:	Índice de similitud Morisita entre sitios de pastizal en época seca (julio, 2019) .....	110
Figura 4-21:	Tendencia del pastizal en época húmeda (febrero, 2019) .....	119
Figura 4-22:	Tendencia del pastizal en época seca (julio, 2019).....	121
Figura 4-23:	Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época húmeda (febrero, 2019) .....	136
Figura 4-24:	Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época seca (julio, 2019)	137
Figura 4-25:	Porcentaje de materia orgánica en los suelos del bofedal Conococha .....	139
Figura 4-26:	Carbono total (t C/ha) en los suelos del bofedal Conococha .....	142
Figura 4-27:	% Deseabilidad de especies forrajeras en el bofedal Conococha.....	144
Figura 4-28:	Condición del pastizal en época húmeda (febrero, 2019) .....	151
Figura 4-29:	Condición del pastizal en época seca (julio, 2019).....	152
Figura 4-30:	Disponibilidad de materia verde y materia seca en época húmeda (febrero, 2019) .....	156

Figura 4-31:	Disponibilidad de materia verde y materia seca en época seca (julio, 2019) .....	157
Figura 4-32:	Soportabilidad óptima del ganado según sitio de pastizal (ha/año) .....	161
Figura 4-33:	¿Considera Ud. que existe sobrepastoreo en el área de estudio? .....	166
Figura 4-34:	¿Puede Ud. indicar la magnitud de pastoreo que existe en el área de estudio? .....	167
Figura 4-35:	¿Cree Ud. que el sobrepastoreo genera el deterioro ambiental en el área de estudio? ....	167
Figura 4-36:	¿Considera que es necesario aplicar medidas de control de sobrepastoreo en el área de estudio?.....	168
Figura 4-37:	¿Cómo considera el estado actual de la condición del pastizal en el área de estudio? ....	168
Figura 4-38:	¿Considera que es necesario aplicar medidas de control para mejorar la condición de pastizal en el área de estudio?.....	169
Figura 4-39:	¿Cómo considera el estado actual de la producción de forraje en el área de estudio? ....	169
Figura 4-40:	¿Considera que es necesario aplicar medidas de control para mejorar la producción de forraje en el área de estudio? .....	170
Figura 4-41:	¿Cómo considera el estado actual de la carga animal en el área de estudio? .....	170
Figura 4-42:	¿Considera que es necesario aplicar medidas para controlar la capacidad de carga animal en el área de estudio?.....	171
Figura 4-43:	¿Considera Ud. que es importante la conservación del bofedal en el área de estudio?... 171	
Figura 4-44:	¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?172	
Figura 4-45:	¿Cree Ud. que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo?.....	172
Figura 4-46:	¿Cree Ud. que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar el estado de conservación del bofedal en el área de estudio? .....	173
Figura 4-47:	¿Considera Ud. que es importante mantener la integridad biótica del bofedal en el área de estudio?.....	173
Figura 4-48:	¿Considera que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar la integridad biótica del bofedal en el área de estudio? .....	174
Figura 4-49:	¿Considera Ud. que es importante mantener la función hidrológica del bofedal en el área de estudio?.....	174
Figura 4-50:	¿Considera que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar la función hidrológica del bofedal en el área de estudio? .....	175
Figura 4-51:	¿Considera Ud. que es importante mantener la estabilidad del bofedal en el área de estudio? .....	175
Figura 4-52:	¿Considera que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar la estabilidad del bofedal en el área de estudio?.....	176
Figura 4-53:	¿Estaría de acuerdo en pagar un determinado monto mensual para implementar un Programa de mejoramiento y conservación del bofedal en el área de estudio? .....	176
Figura 4-54:	Correlación entre condición de pastizal y la carga animal actual .....	177
Figura 4-55:	Correlación entre producción de forraje y la carga animal actual.....	178
Figura 4-56:	Correlación entre condición de pastizal y riqueza de especies .....	179
Figura 4-57:	Correlación entre condición de pastizal y diversidad de especies.....	180
Figura 4-58:	Correlación entre condición de pastizal y especies con estatus de conservación .....	181
Figura 4-59:	Correlación entre condición de pastizal y especies invasoras .....	182
Figura 4-60:	Correlación entre condición de pastizal y vigor.....	183
Figura 4-61:	Correlación entre condición de pastizal y tendencia.....	184
Figura 4-62:	Correlación entre condición de pastizal y disponibilidad de agua .....	187

Figura 4-63:	Correlación entre condición de pastizal y pH .....	188
Figura 4-64:	Correlación entre condición de pastizal y C.E. ....	189
Figura 4-65:	Correlación entre condición de pastizal y STD .....	190
Figura 4-66:	Correlación entre condición de pastizal y signos de erosión.....	193
Figura 4-67:	Correlación entre condición de pastizal y cobertura vegetal.....	194
Figura 4-68:	Correlación entre condición de pastizal y materia orgánica.....	195
Figura 4-69:	Correlación entre condición de pastizal y carbono total .....	196
Figura 4-70:	Correlación entre producción de forraje y riqueza de especies .....	199
Figura 4-71:	Correlación entre producción de forraje y diversidad de especies .....	200
Figura 4-72:	Correlación entre producción de forraje y especies con estatus de conservación .....	201
Figura 4-73:	Correlación entre producción de forraje y especies invasoras .....	202
Figura 4-74:	Correlación entre producción de forraje y vigor.....	203
Figura 4-75:	Correlación entre producción de forraje y tendencia .....	204
Figura 4-76:	Correlación entre producción de forraje y disponibilidad de agua.....	208
Figura 4-77:	Correlación entre producción de forraje y pH .....	209
Figura 4-78:	Correlación entre producción de forraje y C.E. ....	210
Figura 4-79:	Correlación entre producción de forraje y STD .....	211
Figura 4-80:	Correlación entre producción de forraje y signos de erosión.....	214
Figura 4-81:	Correlación entre producción de forraje y cobertura vegetal .....	215
Figura 4-82:	Correlación entre producción de forraje y materia orgánica .....	216
Figura 4-83:	Correlación entre producción de forraje y carbono total.....	217
Figura 4-84:	Correlación entre carga animal actual y riqueza de especies .....	220
Figura 4-85:	Correlación entre carga animal actual y diversidad de especies .....	221
Figura 4-86:	Correlación entre carga animal actual y especies con estatus de conservación .....	222
Figura 4-87:	Correlación entre carga animal actual y especies invasoras.....	223
Figura 4-88:	Correlación entre carga animal actual y vigor .....	224
Figura 4-89:	Correlación entre carga animal actual y tendencia .....	225
Figura 4-90:	Correlación entre carga animal actual y disponibilidad de agua.....	228
Figura 4-91:	Correlación entre carga animal actual y pH.....	229
Figura 4-92:	Correlación entre carga animal actual y C.E.....	230
Figura 4-93:	Correlación entre carga animal actual y STD .....	231
Figura 4-94:	Correlación entre carga animal actual y signos de erosión .....	233
Figura 4-95:	Correlación entre carga animal actual y cobertura vegetal .....	234
Figura 4-96:	Correlación entre carga animal actual y materia orgánica .....	235
Figura 4-97:	Correlación entre carga animal actual y carbono total.....	236

## RESUMEN

El pastoreo es una de las principales fuentes de presión en los ecosistemas altoandinos. La presente investigación tiene como objetivo analizar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal Conococha. Se planteó la hipótesis de que el sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal. Para la evaluación del sobrepastoreo se analizaron tres variables: condición del pastizal, producción de forraje y carga animal, mientras que para la evaluación del estado de conservación del ecosistema se evaluaron las siguientes variables: integridad biótica, función hidrológica y estabilidad.

El trabajo de campo fue realizado en época húmeda (febrero, 2019) y en época seca (julio, 2019), donde se evaluaron 6 sitios de muestreo en el bofedal de Conococha ubicado en el departamento de Ancash. En el proceso de desarrollo del trabajo de investigación se utilizaron metodologías de: observación directa, muestreo de campo, método gravimétrico, método químico y aplicación de encuestas. Para la contrastación de las hipótesis se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Rho).

No se puede afirmar de manera cuantitativa que el sobrepastoreo en el bofedal Conococha esté afectando significativamente su estado de conservación. Sin embargo, se observan efectos cualitativamente negativos con algunos indicadores estudiados. De los resultados de las encuestas se concluye que el sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha, donde los pobladores manifiestan que la existencia de sobrepastoreo en el área de estudio trae como consecuencia que actualmente su estado de conservación se encuentre en un nivel medio o regular.

Se proponen estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la recuperación y sostenibilidad del bofedal como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

**Palabras claves:** bofedal, sobrepastoreo, estado de conservación.

## **ABSTRACT**

Grazing is one of the main sources of pressure in the high Andean ecosystems. This research aims to analyze the effect of overgrazing on the state of conservation of the Conococha bofedal. The hypothesis was raised that overgrazing has a negative effect on the conservation status of the bofedal. For the evaluation of overgrazing, three variables were analyzed: grassland condition, forage production and animal load, while the following variables were evaluated for the evaluation of the conservation status of the ecosystem: biotic integrity, hydrological function and stability.

The field work was carried out in the wet season (february, 2019) and in the dry season (july, 2019), where 6 sampling sites were evaluated in the Conococha bofedal located in the Ancash department. In the research work development process, methodologies were used: direct observation, field sampling, gravimetric method, chemical method and survey application. The Spearman correlation coefficient (Rho) was used to test the hypotheses.

It cannot be stated quantitatively that overgrazing in the Conococha bofedal is significantly affecting its conservation status. However, qualitatively negative effects are observed with some indicators studied. From the results of the surveys, it is concluded that overgrazing has a negative effect on the state of conservation of the Conococha bofedal, where the residents state that the existence of overgrazing in the study area results in the current state of conservation of the bofedal being medium or regular level.

Management strategies are proposed that contribute to improving the recovery and sustainability of the bofedal as a source of ecosystem services, to foment a better quality of life for the High Andean communities.

**Keywords:** bofedal, overgrazing, conservation status.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de vegetación hidromórficos son también conocidos como bofedales o humedales altoandinos en el Perú. Son asociaciones de vegetación sobre suelos siempre húmedos, pueden ser sostenidos por diferentes fuentes de agua como manantiales, agua de deshielo, ríos y lluvia. Están ubicados y distribuidos en forma dispersa en la ecorregión altoandina; generalmente en áreas de terreno, horizontales o poco inclinados, que se ubican entre 3200 y 5000 msnm (Squeo et al., 2006).

Son ecosistemas muy productivos pues son fuente de forraje, que es un recurso valioso para el sustento de las poblaciones ganaderas domésticas y silvestres. En el país, abarcan aproximadamente cerca del 2% del territorio altoandino y se utilizan comúnmente para el pastoreo del ganado doméstico como alpacas, llamas y ovejas, que constituyen la base económica de las comunidades campesinas (MINAM, 2014). Por lo tanto, son una fuente de ingreso muy importante para la población andina, que desde épocas prehispánicas los aprovechan como recurso alimenticio natural para el ganado (Caro, 2010).

Se caracterizan además por ser ecosistemas que fomentan la sostenibilidad del ciclo hidrológico, siendo zonas donde se originan los cursos de agua, siendo importantes en la formación de las cuencas andinas. Debido a su peculiar ubicación en la ecorregión altoandina, donde la precipitación es mayor y la evaporación menor; cumplen un rol muy trascendental en la regulación del ciclo hídrico y en el almacenamiento de carbono (Crispin, 2015). Según la Convención de Ramsar (2010) son considerados ambientes frágiles, pues su alta fragilidad está asociada a las temporadas de sequías en las zonas altoandinas.

Son comúnmente conocidos y valorados por proveer servicios ecosistémicos vitales como: regulación hídrica, forraje, hábitat de flora y fauna generalmente endémica y refugio de aves migratorias (Convención de Ramsar & Grupo de Contacto EHAA, 2008).

Actualmente, son ecosistemas que han perdido parte de su capacidad para proveer bienes y servicios ambientales debido a actividades como la agricultura, sobrepastoreo, contaminación, entre otros (MINAM, 2014). Según Tapia & Flores (1984), las actividades antropogénicas sin un manejo adecuado ocasionan gradualmente su pérdida.

Estas comunidades vegetales son altamente dependientes de las interacciones entre los componentes bióticos (flora y fauna) y los componentes abióticos, como el suelo, agua, clima, entre otros (Squeo et al., 2006). En consecuencia, analizar cambios en estas comunidades a través de variaciones locales en los factores abióticos y bióticos es fundamental para estimar su estado de conservación (Meneses, Loza Herrera, Lliully, Palabral, & Anthelme, 2014).

Salvador, Monerri, & Rochefort (2014), plantean que los bofedales son vulnerables a los efectos del cambio climático, las temporadas de sequías prolongadas y la intervención antropogénica, como el sobrepastoreo. Siendo este último, una importante causa humana que está afectando su dinámica desde hace muchos años.

A pesar de que constituyen un recurso de gran valor biológico, ecológico, económico, social, cultural y recreativo, han recibido muy poca atención por parte de los gobiernos y el sector privado, convirtiéndose rápidamente en uno de los ambientes más amenazados de las zonas altoandinas (León, 2016). En ese sentido, su estado actual de conservación está siendo afectado a causa de malas prácticas; por lo que, es necesario plantear acciones rápidas y oportunas para detener su degradación y promover su uso sostenible (AIGACAA, 2001).

La presente investigación tiene como objetivo analizar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal Conococha, con el propósito de proponer estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la recuperación y sostenibilidad del bofedal como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

En la primera parte del trabajo se presenta el Capítulo I: Planteamiento del problema, el Capítulo II: Marco teórico y el Capítulo III: Marco metodológico, donde se realiza la contextualización y formulación del problema, el análisis de las bases teóricas que sustentan el estudio de investigación y la descripción de los diferentes métodos de investigación aplicados, respectivamente.

En la segunda parte del trabajo se presenta el Capítulo IV: Resultados y Análisis de resultados, el Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones y los Anexos, donde se exponen y analizan las evidencias obtenidas como consecuencia de la investigación, se hace énfasis en las implicancias de los hallazgos obtenidos y la significancia del logro de los objetivos, se sugieren estudios futuros, y se adjuntan los formatos de los instrumentos de recolección de información y diversas evidencias que sustentan el estudio de investigación, respectivamente.

# **1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción del problema**

A nivel mundial, actualmente la ganadería es una actividad económica que no contribuye al desarrollo sostenible, debido a su baja rentabilidad en muchas zonas rurales, siendo socialmente considerada como inequitativa entre los estratos de la población. Además, genera importantes impactos ambientales como la degradación de suelos, el incremento del calentamiento global, contaminación atmosférica, contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad (Zalapa, 2012).

El sobrepastoreo y/o pastoreo continuo producen la compactación de suelo y de la capa orgánica debido al pisoteo de los animales; además, las plantas son consumidas muy jóvenes, sin poder completar su ciclo vegetativo; por lo tanto, la producción de semillas es insuficiente (Cárdenas & Encina, 2002). Asimismo, en las zonas altoandinas, es común que el productor ganadero incremente la cantidad del ganado por encima de la capacidad de carga de los pastizales, dificultando el manejo sostenible de los bofedales (Florez, 2005).

La presencia de los herbívoros en los bofedales altoandinos altera la diversidad y composición de las especies (Cesa & Paruelo, 2011), así como la heterogeneidad de la flora dominante, modificando los procesos de colonización de especies (Adler, Raff & Lauenroth, 2001). Además, los herbívoros afectan las interacciones entre las especies (Catorci, Cesaretti, Velásquez, Burrascano & Zeballos, 2013), en consecuencia perturban la dinámica del ecosistema.

El sobrepastoreo ha disminuido la integridad biótica y la función hidrológica de los bofedales, afectando considerablemente su capacidad para proveer servicios ecosistémicos; por lo que, es necesario que el estado implemente políticas y estrategias para reducir estas amenazas (Flores, Barrantes, & Tacuna, 2014). En consecuencia, analizar cambios en estas comunidades a través de variaciones locales en los factores abióticos y bióticos es fundamental para estimar su estado de conservación (Meneses, et al., 2014).

## **1.2 Formulación del problema**

Los problemas sociales que genera el sobrepastoreo están ligados al empobrecimiento generado por el deterioro ambiental progresivo.

El bofedal Conococha se encuentra sometido al sobrepastoreo del ganado doméstico (ovejas, vacas y alpacas). La actividad ganadera es la base económica de la Comunidad de Huambo; sin embargo, constituye una importante amenaza para su uso sostenible (Ramírez, 2011).

El sobrepastoreo ha disminuido la integridad biótica y la función hidrológica de los bofedales, afectando considerablemente su capacidad para proveer servicios ecosistémicos; por lo que, es necesario que el Estado implemente políticas y estrategias para reducir estas amenazas (Flores, et al., 2014).

Por lo tanto, la presente investigación pretende analizar y evaluar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación de los bofedales altoandinos, con la finalidad de establecer estrategias de manejo para reducir esta amenaza y fomentar su uso sostenible.

### **1.2.1 Problema general**

¿Qué efecto tiene el sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal Conococha?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Qué efecto tiene la condición del pastizal en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conococha?

¿Qué efecto tiene la producción del forraje en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conococha?

¿Qué efecto tiene la carga animal actual en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conococha?

### **1.3 Importancia y Justificación del estudio**

Es necesario generar información sobre el estado de conservación de los bofedales altoandinos y conocer los efectos negativos del sobrepastoreo, ya que esta práctica de manera inadecuada es una de las principales causas de su afectación y reducción de su capacidad para suministrar beneficios y servicios ambientales. Por tal motivo, esta investigación se convierte en una importante herramienta, porque aporta al desarrollo sostenible y conservación de los bofedales como ecosistemas frágiles y vulnerables a las actividades antropogénicas como es el sobrepastoreo de ganado doméstico. Asimismo, responde a las demandas actuales ambientales, sociales y económicas, que ayude a tomar decisiones más eficientes para beneficiar a las comunidades campesinas a lograr una gestión sostenible de los bofedales.

Po lo tanto, esta investigación es de relevancia ambiental con importancia ecológica y social, pues a partir de esta se podrá determinar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal, con la finalidad de proponer estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la recuperación y sostenibilidad del bofedal como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

A continuación, se detalla cada una de las importancias del estudio.

#### **Importancia científica**

La investigación aporta conocimiento científico a partir de la utilización de las teorías de las diferentes escuelas y corrientes como la biología, gestión ambiental y gestión social, para analizar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación de los bofedales altoandinos.

#### **Importancia metodológica**

La investigación hace referencia a la utilización de metodologías generales y particulares mediante la revisión de bases de datos (libros, tesis, artículos, guías, etc.), tanto en la biblioteca virtual como en Google.

En el proceso de desarrollo del trabajo de investigación se utilizaron metodologías como la observación documental, la observación directa, análisis-síntesis, métodos deductivo e inductivo; además de métodos particulares como: determinación de la cobertura y composición vegetal mediante el método de transecto, métodos de corte y separación manual para la estimación de la producción de biomasa forrajera, muestreo con kit multiparámetro para analizar la calidad del agua, método gravimétrico y químico para la caracterización del suelo, estimación de la capacidad de carga animal mediante la observación directa y estimación de índices, entre otros.

### **Importancia empírica**

La investigación aporta alternativas de solución a través de estrategias de manejo para reducir la amenaza del sobrepastoreo y fomentar el uso sostenible y la conservación de los bofedales altoandinos. Además, sirve de antecedente para futuras investigaciones y constituye una línea de base en el área de estudio para intervenciones ambientales.

### **Importancia ambiental**

La investigación analiza problemas ambientales actuales como es el efecto del sobrepastoreo en la conservación de los bofedales altoandinos, con la finalidad de aportar alternativas de solución a través de estrategias de manejo para reducir esta amenaza y fomentar el uso sostenible mediante la estimación de índices e indicadores de seguimiento, validando así los métodos y técnicas de la gestión ambiental.

## **1.4 Delimitación del estudio**

El bofedal de Conococha se ubica en el departamento de Ancash, provincia de Recuay, distrito de Catac, al sur de la ciudad de Huaraz, en localidad de Conococha en tierras de la Comunidad Campesina de Huambo, donde se encuentra la meseta de Conococha, conformada por la laguna del mismo nombre.

Está ubicado en la vertiente hidrográfica del Pacífico, en las cuencas de los ríos Santa, Fortaleza y Pativilca, a 10 km del Parque Nacional Huascarán, dentro de la zona de amortiguamiento, en las coordenadas UTM - Datum WGS 84, en la zona geográfica 18 S (hemisferio sur): 248,822 E / 8'879,398 N, a una altitud aproximada de 4020 msnm.

El principal afluente de la laguna de Conococha es el nevado Tuco en la cordillera blanca. Los ríos que nacen en esta zona son los ríos Pativilca y Fortaleza. La laguna presenta un amplio espejo de agua de 2.5 km de largo por 1.3 km de ancho con un área aproximada de 170 hectáreas.

El área de estudio se encuentra en una amplia planicie protegida por cerros de mediana pendiente (40°). En las partes bajas se presentan pequeñas zonas pantanosas que forman bofedales con presencia de abundante materia orgánica con un área aproximada de 355.07 ha, siendo una zona regularmente pastoreada por ganado doméstico como vacas, ovejas y alpacas. En los lados adyacentes al bofedal se identificaron otras formaciones vegetales como céspedes de puna y pajonales que no fueron materia del presente estudio.

El trabajo de campo fue realizado en época húmeda (febrero, 2019) y en época seca (julio, 2019), donde la temporalidad ha sido sustentada mediante el análisis histórico del régimen de precipitación para un periodo de 35 años, en la estación meteorológica Chiquián, que se encuentra a 12 km del área de estudio.

El acceso a la zona se realizó desde la ciudad de Lima-Pativilca-Conococha, por una vía asfaltada por un periodo de 4 horas aproximadamente.

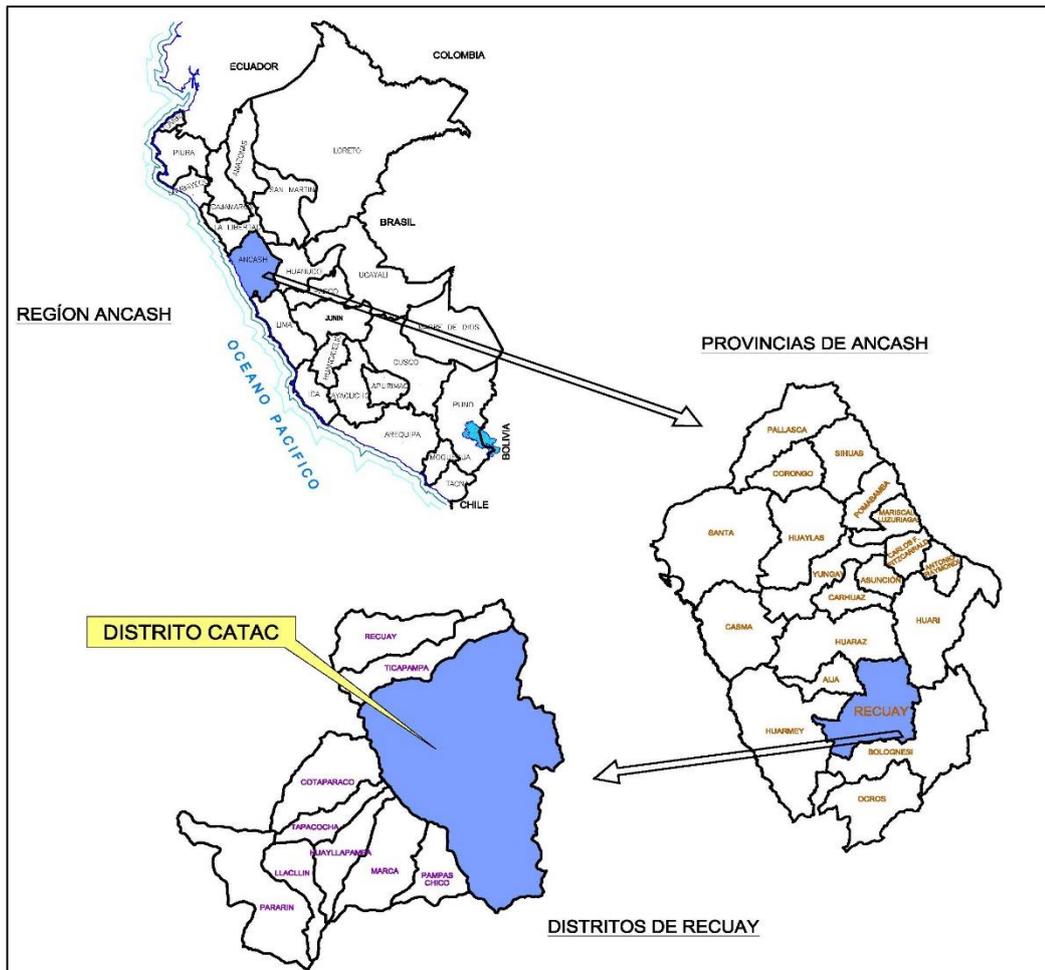


Figura 1-1: Ubicación geográfica del bofedal Conococha

Fuente: Elaboración propia

En principio no existieron limitaciones para desarrollar la investigación; sin embargo, ocurrieron ciertas dificultades al acceso del área de estudio durante la temporada de lluvias (diciembre a marzo) por la posibilidad de huaicos y/o derrumbes. Asimismo, existió cierta dificultad de acceder a la población responsable de las prácticas ganaderas por factores externos como viajes, migración, fiestas tradicionales, entre otros.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Analizar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal Conocochoa.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Explicar el efecto de la condición del pastizal en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conocochoa según la temporada de muestreo.
- Analizar el efecto de la producción de forraje en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conocochoa según la temporada de muestreo.
- Determinar el efecto de la carga animal actual en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conocochoa según la temporada de muestreo.

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco histórico**

#### **2.1.1 Teoría de la perturbación de ecosistemas**

Las perturbaciones dentro de un ecosistema pueden ser naturales o producto de actividades antropogénicas. Una perturbación en el medio ambiente se manifiesta cuando una variable biótica o abiótica se cambia del nivel original, alejándose de sus condiciones normales o del equilibrio (Caro, 2010).

Estas perturbaciones pueden afectar la integridad de los ecosistemas en diferentes niveles; por lo tanto, es importante relacionarlas con la estabilidad de los ecosistemas. Existen 6 estados para analizar la estabilidad, cada una de las cuales está relacionada con la ocurrencia de alguna función ecológica (Volker & Wissel, 1997), como constancia (permanecer esencialmente incambiable), resiliencia (retomar al estado de referencia o dinámica después de una temporal perturbación), persistencia (existencia a través del tiempo), resistencia (permanecer esencialmente incambiable), elasticidad (velocidad de retomo al estado de referencia después de una temporal perturbación) y dominio de atracción (conjunto de estados, de los cuales el estado de referencia puede ser alcanzado después de una perturbación).

Es necesario reconocer que los sistemas varían y son sensibles a los cambios. Una perturbación, según su magnitud, podría ocasionar que el sistema pierda estabilidad o punto de equilibrio.

No todas las perturbaciones son negativas, incluso algunas de ellas pueden ser estabilizadoras, si se manifiestan en forma gradual, pudiendo propiciar incluso la adaptación de algunas especies, lo que desarrolla un mayor grado de madurez del ecosistema; por ejemplo, el fuego producido en el ecosistema de los chaparrales, se considera una perturbación estabilizante, pues especies podrían desaparecer si no se mantuviera el ciclo vegetativo periódico (Odum, 1997).

En caso una perturbación de gran magnitud no pueda ser controlada, ya sea debido al incremento del nivel de afectación o la eliminación repentina de la misma, ante la cual una comunidad permanecía en estado de equilibrio, esta puede sufrir cambios drásticos, como llegar incluso a ser reemplazada por otra comunidad (Boccanelli & Lewis, 2006; citados por Villalobos, 2013).

Según la teoría ecológica, las especies más abundantes son aquellas que se encuentran más adaptadas a las condiciones del medio y por ende suelen ser más competitivas y persistir a las perturbaciones a largo plazo, mientras que las menos abundantes tienen mayor probabilidad de desaparecer por alguna eventualidad que afecte su estado de equilibrio (Grime, 1998). Es así, que muchos ecosistemas pueden desaparecer si la perturbación sobrepasa su capacidad de recuperación; por tanto, es importante conocer el nivel de perturbación que un ecosistema puede tolerar (Caro, 2010).

### **2.1.2 Teoría del ordenamiento territorial**

El objetivo principal de la planificación territorial es poder determinar las áreas idóneas para las actividades antropogénicas, de modo que en caso estas generen efectos negativos, se puedan desarrollar en un medio controlado que tenga la capacidad de estimular su rendimiento.

El ordenamiento territorial tiene como filosofía establecer factores que impulsen el desarrollo y la equidad del territorio. El hombre en búsqueda del parte de la idea de orden, que presupone una organización o planificación de las cosas.

Es una filosofía teórica porque estudia los razonamientos y criterios que permiten demostrar su validez o su corrección por medio del conocimiento científico, y es práctica: porque estudia la acción humana, los valores de la acción, el ambiente, el paisaje y su armonía (Galiana & Vinuesa, 2010).

Los antecedentes históricos del ordenamiento territorial se pueden dividir en 3 etapas: 1) El desarrollo de políticas territoriales desde finales del siglo XIX hasta 1945, particularmente desde 1920, originado por los efectos territoriales del liberalismo económico. 2) La etapa de corregir los daños causados por la Segunda Guerra Mundial y reconstruir las bases para el desarrollo, con la intervención del Estado. 3) La tercera etapa es la actual y abarca varios procesos como: la asimilación de las doctrinas neoliberales, la incorporación de consideraciones medio ambientales en las políticas de desarrollo (Gómez, 1994).

En las últimas tres o cuatro décadas el mundo ha experimentado un proceso de reorganización social cuya dimensión territorial es fundamental (Porto, 2001). En ese sentido, una de las grandes tendencias marcadas por el proceso de globalización es el redimensionamiento que ha adquirido la categoría territorio, revalorizando la escala local-regional en los procesos de desarrollo (Wong-González, 2010).

El ordenamiento territorial es una herramienta para el análisis y la planificación, con el cual se intenta conciliar los diferentes intereses implicados para lograr los resultados de la organización del territorio; puede activa si cambia el medio ambiente para obtener eficiencia y pasiva si cambia el comportamiento social para el logro de un desempeño eficiente.

Según Gómez (1994), es la proyección en el espacio de las políticas sociales, culturales, ambientales y económicas de una sociedad y responde a un intento de integrar la planificación socioeconómica con el medio físico. Por lo tanto, debe ser participativa, consensuada, articuladora e integradora (Guimarães, 2001).

### **2.1.3 Teoría de la participación ciudadana**

En los procesos de participación ciudadana se realiza la interacción entre el gobierno y la sociedad civil, mediante procesos participativos e informativos, basados en el diálogo y el establecimiento de alianzas para poder diseñar, evaluar y ejecutar las políticas y programas de desarrollo (OEA, 1999). En temas ambientales, la población interesada o afectada también forma parte en la toma de decisiones de los asuntos que puedan afectar su medio o la forma de vida.

Actualmente, las investigaciones científicas deben estar alineadas con los objetivos del desarrollo sostenible, considerando el comportamiento humano, pues son las actividades antropogénicas las que pueden afectar la dinámica y estabilidad de los ecosistemas (Jacobs, 1980). De igual manera, el bienestar del ser humano depende del manejo de los ecosistemas y del aprovechamiento de los recursos naturales. En ese sentido, se origina el sistema socio-ecológico, que integra el comportamiento social con el ambiental, los que se encuentran interconectados y retroalimentados entre sí, y representan la función y responsabilidad del hombre con su medio natural (Alianza para la Resiliencia, 2007).

Por lo tanto, realizar un estudio con enfoque ecosistémico debe delimitar el problema desde un inicio, definir objetivos alcanzables, e incluir al ser humano dentro del ecosistema como actor clave y responsable del manejo del mismo, cuyo nivel de información permitirá diseñar y evaluar estrategias de desarrollo.

Un estudio que incorpore el componente humano, que analice el comportamiento y promueva la participación del conocimiento tradicional, podrá garantizar la subsistencia de los ecosistemas promoviendo su desarrollo sostenible (Walker, Carpenter, Anderies, Abel, Cumming, Janssen, Lebel, Norberg, Peterson & Pritchard, 2002).

Cuando un ecosistema se encuentra fuertemente influenciado por las actividades del ser humano, como es el caso del pastoreo en los bofedales, es necesario comprender el problema no de forma aislada, sino con una perspectiva integradora, comprendiendo que se trata de un sistema socio-ecológico (Hoffmann, Tarquino, Corro, & Lavadenz, 2014).

Ninguna estrategia de manejo o propuesta de solución ante un problema ambiental podrá ejecutarse eficientemente sin el compromiso de los actores claves involucrados. La actuación conjunta permite que las decisiones sean más objetivas, producto de un mayor consenso entre los involucrados (Walker et al., 2002).

#### **2.1.4 Teoría de la ética ambiental**

Según la UNESCO (2010), la ética ambiental es una nueva subdisciplina de la filosofía que trata los problemas éticos en relación con la conservación del medio ambiente. Su objetivo consiste brindar una justificación ética y una motivación moral para la protección global del medio ambiente.

En los años sesenta y setenta se produjo una crisis ecológica a causa de la civilización industrial. Esta crisis trajo como consecuencia severos problemas de contaminación ambiental, escasez de recursos naturales y desequilibrios socio-ecológicos, lo que generó una gran inquietud mundial. Es así, que la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente celebrada en Estocolmo en 1972, simbolizó el despertar universal de la conciencia ambiental.

En los años siguientes, la elaboración y aprobación de leyes nacionales e internacionales con rigor ambiental se incrementó de manera acelerada. Estos hechos abrieron el camino hacia la ética ambiental.

En 1973 se publicaron tres documentos primordiales sobre la ética ambiental. El trabajo ¿Existe una ética ecológica? del filósofo estadounidense Holmes Rolston, publicado en la importante revista académica *Ethics* en 1975, hizo polémica en su época y con la aparición de la revista académica *Environmental Ethics* en 1979, la ética ambiental se estableció oficialmente como una subdisciplina de la filosofía.

En respuesta a los retos de la ética ambiental no antropocéntrica, muchos filósofos trataron de redefinir y reelaborar las implicaciones de la ética tradicional en la protección del medio ambiente. A comienzos de los años ochenta los problemas ambientales de la mayoría de los países desarrollados se habían resuelto con éxito; sin embargo, la contaminación ambiental y la crisis ecológica se propagaban a gran velocidad por todo el mundo.

Ante esta preocupante situación, los grupos internacionales emprendieron una serie de campañas para la protección del medio ambiente. Es así, que se realizó la promulgación de nuevas leyes más exigentes a nivel nacional, regional e internacional, donde la mayoría de los países han adoptado una política de acorde con los objetivos del desarrollo sostenible. De esta forma, la protección del medio ambiente se ha convertido en una causa común para la humanidad. Para mantenerse acorde con el movimiento mundial de protección del medio ambiente y participar más efectivamente en el mismo, desde comienzos de los años noventa muchos especialistas de la ética ambiental han perfeccionado y ampliado visiblemente su actividad generando nuevas tendencias.

### **2.1.5 Teoría ecológica para la conservación de la biodiversidad**

De acuerdo con la teoría de la diversidad ecológica la distribución de las abundancias de las especies que componen un ecosistema indica refleja su funcionalidad, en el sentido de que la presencia de unas pocas especies muy abundantes es propio de ecosistemas sometidos a variaciones y con gran disipación externa de la energía que circula a su través, mientras que la presencia de un número mayor de especies con una distribución más uniforme de sus abundancias es más propia de ecosistemas sometidos a condiciones ambientales más estables y en los que la energía se aprovecha más eficientemente en los propios componentes biológicos, aunque al variar la escala de observación o de comparación de ecosistemas pueda apreciarse que sean los ecosistemas con perturbaciones intermedias los que muestran mayor diversidad (Comín, Rodó, Romero & Menéndez, 1998).

La crisis de la biodiversidad requiere de acciones de conservación guiadas por nuestra comprensión de las leyes naturales que gobiernan los sistemas ecológicos. El gran crecimiento de la población humana está causando cambios profundos y generalizados en los ecosistemas (Sanderson, Jaiteh, Levy, Redford, Wannebo & Woolmer, 2002).

En particular, la pérdida, fragmentación y degradación de los ecosistemas naturales, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de las poblaciones, la contaminación y el cambio climático representan graves amenazas para la biodiversidad, tanto a nivel global como a escalas regionales y locales (Lawler, Aukema, Grant, Halpern, Kareiva, Nelson, Ohleth, Olden, Schlaepfer, Silliman & Zaradic, 2006).

Para mitigar esta crisis de la biodiversidad es necesario implementar estrategias de conservación, que deben basarse en acciones guiadas por el conocimiento científico de las leyes naturales que rigen los sistemas ecológicos.

Sin embargo, la identificación de estas leyes naturales ha sido una tarea difícil en Ecología (Vázquez, Gianoli, Gonzáles, Hierro, Pacheco & Valladares, 2011), especialmente a nivel de comunidades, donde la extrema complejidad de procesos e interacciones dificulta la identificación de mecanismos.

A nivel poblacional, el desarrollo de una teoría ecológica general ha sido relativamente exitoso (Lawton, 1999; Berryman, 2003) y la aplicación de esta teoría puede guiar acciones de manejo para resolver problemas concretos de conservación.

En este caso, la teoría, tanto a nivel general como local, nos ayuda a escoger los tratamientos de conservación más apropiados, a manera de hipótesis, para luego aplicarlos bajo un esquema de manejo experimental y adaptativo (Lee, 1999), que luego permita la predicción y aplicación de herramientas de manejo.

### **2.1.6 Teoría del desarrollo sostenible**

La historia del desarrollo sostenible inicia en 1972 cuando se publica el informe de límites al crecimiento económico, cuya autora principal fue Donella Meadows. Este informe presenta un modelo de dinámica de sistemas donde se estudia el comportamiento de 5 variables: la población, los recursos naturales, los alimentos, la inversión y la contaminación, con la finalidad de cuantificar los límites productivos y demográficos que el medio ambiente le fija al hombre.

A este informe se le atribuye el llamado de atención sobre la conservación del medio ambiente; sin embargo, resalta la importancia del hombre por encima de otras especies (Gutiérrez, 2007).

Paralelamente, se celebra la primera conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como la Primera Cumbre de la Tierra en Estocolmo 1972. En esta se da más importancia al crecimiento económico y se propone el desarrollo tecnológico como una solución a la contaminación. En 1980 se publica la Estrategia Mundial para la Conservación realizado por WWF, UICN y PNUMA. Fue el primer documento en proponer una relación entre conservación y desarrollo económico y proponer recomendaciones.

Con este, la estrategia mundial para la conservación da un giro a la literatura ambiental, ya que su punto focal no corresponde al hombre ni a la satisfacción de sus necesidades, sino la conservación de la biodiversidad del planeta como una condición necesaria para el desarrollo.

Por lo tanto, la Estrategia Mundial para la Conservación establece las bases para lo que en 1982 se denominó “desarrollo sostenible”, concepto que fue incluido por primera vez dentro del informe Nuestro Futuro Común realizado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, también conocido como informe Brundtland (1982), al cual se le atribuye la inclusión de las generaciones futuras dentro del desarrollo, definiendo desarrollo sostenible como el que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Esta definición de desarrollo incorpora el concepto de necesidades haciendo énfasis en los pobres, dejando claro la importancia de darles prioridad dentro del sistema, lo que propone un claro avance en la visión de este concepto. Sin embargo, este informe no continúa con la visión conservacionista de desarrollo presente en la Estrategia Mundial para la Conservación (1980), sino que se centra en temas como la población, la seguridad alimentaria y la industria, todos ellos enfocados al desarrollo de la especie humana y su bienestar.

En 1992 se celebra en Río de Janeiro (Brasil) la Segunda Cumbre de la Tierra. En esta se elaboran varios documentos importantes basados en el enfoque adoptado por la Primera Cumbre de la Tierra. El primero de estos fue la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, donde se presentó una propuesta técnica y financiera para alcanzar el desarrollo sostenible.

La Agenda 21 fue otro de los documentos formulados, en el que se postula como un programa de desarrollo para el siglo XXI, proponiendo una adaptación del modelo de desarrollo vigente para que no supere la capacidad de carga del planeta, teniendo en cuenta la tasa de renovación de los recursos naturales para el desarrollo de las actividades económicas. La Cumbre de Río se considera la más importante hasta el momento, ya que en ella se realizaron grandes avances en la inclusión del medio ambiente en la política mundial.

La Tercera Cumbre de la Tierra fue celebrada en Johannesburgo 2002 y la Cuarta Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro 2012 y fue denominada Río+20. Estos dos eventos no significaron cambios representativos en materia ambiental; por el contrario, representaron retrocesos con respecto a lo avanzado en 1992, pues en los últimos años las políticas gubernamentales han enfocado su principal objetivo al crecimiento económico, dejando de lado el enfoque sistémico del desarrollo sostenible, el cual debe integrar, buscar el equilibrio y evitar la incompatibilidad entre sus 3 dimensiones: ambiente, sociedad y economía, mediante el uso razonable de los recursos naturales y la generación del mínimo impacto ambiental (ONU, 2000).

### **2.1.7 Teoría de la gestión ambiental**

La gestión ambiental es una disciplina relativamente joven. La gestión ambiental desde sus comienzos hasta la primera mitad del siglo XX fue exclusivamente “incidental”; es decir, interpretaba los deterioros ambientales como fenómenos aislados, fortuitos e inevitables, causados por un comportamiento dañino en el curso normal de las actividades humanas.

A partir de la década de los 70 se empieza a vivir una nueva era en la gestión ambiental, que va pasando paulatinamente a una gestión que por sus características puede ser denominada operacional, ya que al igual que la gestión ambiental incidental, interpreta los problemas ambientales como involuntarios, pero causados por errores en política, planificación y ejecución de programas; es decir, a una gestión ineficaz en los asuntos económicos y públicos, como consecuencia de una información insuficiente o defectuosa y en muchos casos a procedimientos poco éticos.

Este tipo de gestión es la que actualmente se desarrolla y aplica en la política ambiental, caracterizada por el uso de instrumentos de comando y control, con leyes y normas de tipo correctivas, donde se rectifica el comportamiento sin intentar alterar los acuerdos económicos o institucionales actuales y por ende la preocupación sobre el deterioro ambiental sigue cobrando preocupación a nivel mundial.

A partir de la década de los 90, a consecuencia de los enormes beneficios de la aplicación del enfoque sistémico en la gestión empresarial moderna, se consolida en la comunidad internacional el reconocimiento al paralelismo y analogía existente entre la gestión de calidad y la gestión ambiental. Según Flores (2011), el desarrollo de políticas de conservación y mejora en el manejo de los recursos naturales requiere de la asignación de recursos económicos y normas por parte del Estado para regular su uso, conservación y el compromiso tanto de los usuarios de las tierras de pastoreo como de la sociedad en general.

Por ende, los beneficios de utilizar el enfoque sistémico en esta última década, ha dado paso a una gestión ambiental sistémica, que aborda de manera integral el medio ambiente como objeto de gestión y a las organizaciones sociales como actores responsables de su uso, constituyéndose en una nueva disciplina de amplio espectro y de difícil delimitación, que involucra el seguimiento continuo de la realidad para la toma de decisiones reales y eficientes (Vega, 2001).

## 2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

De acuerdo con los estudios realizados por Pillaca, S. (2008), ha estimado la condición ecológica del pastizal de los sistemas de manejo de vicuñas en cautiverio, evaluando la tendencia de este pastizal, para determinar la producción del mismo. Identificó que existe una diferencia de 12% a favor del encierro de vicuñas en la condición ecológica del pastizal en el bofedal; tanto dentro como fuera del encierro, hay una mejor condición de pastizal, que en el pajonal o césped de puna. No encontró una relación entre el estatus ecológico de un pastizal y la producción de forraje. Por lo tanto, la condición del pastizal dentro del encierro fue superior a aquella encontrada fuera. Las diferencias en condición y vigor a favor del encierro se reflejan a una tendencia positiva en la producción de biomasa y forraje. Plantea que, con un buen manejo de las vicuñas y los animales domésticos, la situación económica de las comunidades campesinas puede mejorar drásticamente.

El autor Maldonado, M. (2010), evaluó la composición botánica y diversidad de los bofedales e identificó especies y elementos claves para el manejo ecológico y ganadero de estos. Identificó que la contribución de las especies registradas solo durante la época húmeda a la cobertura repetida total de esta época es de al menos 29.34% en todos los bofedales. Las dominancias fueron bajas y las especies tienden a tener abundancias similares. En algunos transectos, encontró que la composición botánica o la diversidad (H) son más altas durante la época seca. Por lo tanto, concluye que los cambios en la composición botánica entre épocas no resultaron significativos. En todos los bofedales la tendencia es que la diversidad vegetal (H) aumente de la época seca a la época húmeda de forma altamente significativa.

El científico Ramos, A. (2011), desarrolló un trabajo donde evaluó el estado actual de los bofedales a través del diagnóstico, determinando las características y la utilización por parte de las comunidades locales, identificando los problemas y potencialidades de los bofedales, describiendo los sistemas de manejo y uso que tienen las diferentes comunidades, para promover la conservación, manejo y uso sustentable de los recursos naturales y culturales de bofedales, los bienes y servicios asociados a estos. Concluye que el sobrepastoreo y/o pastoreo continuo, ocasionan la compactación del suelo y la pérdida de la capa orgánica; por otra parte, las vegetaciones existentes en los bofedales son consumidas por los animales de forma muy tierna (antes de que completen su ciclo vegetativo).

Los estudios realizados por Andrade, J. (2016), permitieron la identificación de los rasgos bióticos y abióticos clave de los bofedales de la RPFCH, para describir sus procesos claves y amenazantes, su distribución, clasificación ecológica y extensión, y determinar la condición de amenaza. Plantea que las amenazas identificadas son significativas para asignar una categoría de riesgo UICN a los bofedales de la RPFCH. Realizó una primera versión de evaluación de la Lista Roja de Ecosistemas para el ecosistema bofedal. Los criterios de clasificación dominantes en la categorización fueron la distribución geográfica actual de este ecosistema, como resultado del análisis multitemporal de extensión, las presiones sobre los bofedales y la caracterización in situ de las áreas consideradas y la estimación de la probabilidad de que el ecosistema desaparezca en los próximos 50- 100 años en función a su extensión y distribución. Concluye, que los bofedales están atravesando por un proceso muy serio de degradación, en virtud de las amenazas consecuentes del desarrollo de actividades antrópicas sobre ellos, como la pérdida de hábitat, reducción de cobertura vegetal, deterioro de afluentes naturales de agua, acumulación de desechos inorgánicos y finalmente la conversión del ecosistema.

Los autores Medrano, R., Chupan, L. & M. Vila (2012), evaluaron la cantidad de carbono almacenado en las especies vegetales predominantes del lago Chinchaycocha. La investigación fue de tipo básica, de corte transversal y con un nivel exploratorio-comparativo.

El estudio se realizó en tres ecosistemas dentro del humedal: bofedal, pajonal y totoral, identificadas con apoyo de imágenes satelitales Landsat. El procedimiento estuvo basado en la recolección de muestras divididas en: biomasa aérea, biomasa radicular y muestras de suelo, hallándose el contenido de carbono de cada una. Concluyen que en el lago Chinchaycocha el ecosistema que brinda mayor almacenamiento de carbono es el totoral, seguido por el pajonal y en menor proporción el bofedal. Asimismo, los suelos son considerados los mayores sumideros de carbono.

De acuerdo con los estudios realizados por los autores Meza, M. & Y. Díaz (2014), existe una relación entre las fluctuaciones de la superficie del bofedal de Caquena, la variabilidad climática y la actividad ganadera de la zona entre los años 1990 y 2011, considerando datos meteorológicos y el análisis de imágenes satelitales para los periodos de primavera y otoño. La menor y mayor superficie del bofedal cubierta por vegetación se registró en años con presencia del fenómeno El Niño fuerte y La Niña fuerte, respectivamente; sin embargo, al comparar los valores de vigor vegetacional, correlacionados con la precipitación, observaron que no siempre responden a esta dinámica opuesta. Concluyen que al disminuir la continuidad e intensidad del pastoreo en el bofedal, se produce una menor compactación de sus suelos, evitando la perturbación del ciclo de crecimiento vegetacional, producción de semillas y pérdida de suelo, dinámicas que contribuyen a mantener las funciones propias de bofedal.

Los científicos Barrantes, A. & E. Flores (2013), realizaron la valoración económicamente de la existencia de los pastizales por el método de valoración contingente, preguntándoles a los pobladores cuanto estarían dispuestos a pagar por la implementación de un programa de conservación y mejoramiento de praderas, asegurando así la continuidad en el suministro de los bienes y servicios ambientales que ofrecen los pastizales. La mayoría de los pobladores consideran que los pastizales son importantes para el desarrollo de sus actividades sociales y económicas, y que están bajo amenaza por lo que deberían protegerse. Concluyeron que los pobladores estarían dispuestos a pagar un promedio S/.3.94/familia/mes, en el recibo de luz destinado a la formación de un fondo para la implementación de un programa de conservación y mejora de pastizales.

El autor León, A. (2016), evaluó 9 bofedales en las regiones de Ancash, Arequipa, Huancavelica y Puno durante la época seca y húmeda, donde evaluó la condición para pastoreo, la composición florística y la cantidad de carbono, así como la calidad de la materia orgánica almacenada en el suelo en cada uno de ellos. Concluye que los bofedales con mejor condición de patizal, presentaron menor cantidad de carbono almacenado, lo que podría estar relacionado con la cantidad de especies deseables que son más pastoreados y por tanto un mayor consumo ocasiona un menor retorno de carbono al suelo y promueve una mayor incorporación de nitrógeno soluble.

El estudio realizado por Portal, E. (2019), determinó la influencia de la napa freática sobre la vegetación y la capacidad de carga animal en los humedales altoandinos. Instaló una red de muestreo compuesta de 31 piezómetros en el bofedal Minas Corral, en Ayacucho. Cada piezómetro midió la profundidad del agua subterránea, el pH y la conductividad eléctrica durante el 2015. Los resultados mostraron la existencia de una alta heterogeneidad en la riqueza de especies y la abundancia de plantas, diferenciándose tres tipos de vegetación: hidromórfica, méstica y limítrofe, que están directamente relacionadas con la profundidad del agua subterránea. Concluye que existe una relación negativa entre la profundidad del agua subterránea y la capacidad de carga animal. Los valores de pH y la conductividad eléctrica del agua mostraron valores muy variables condicionados por la temporalidad. Los tres tipos de vegetación no mostraron diferencias significativas entre ellos. Las características de la textura del suelo, materia orgánica, humedad gravimétrica, densidad aparente, saturación relativa y permeabilidad del suelo se encuentran relacionadas y varían según la profundidad del perfil del suelo, cuyos valores son propios a cada tipo de vegetación identificada en el bofedal.

### **2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

En la actualidad, el crecimiento económico, demográfico y el incremento de la contaminación ambiental están repercutiendo en la sostenibilidad mundial, a través del agotamiento de recursos, cambio climático, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, entre otros; por lo que, se debe considerar los objetivos propuestos para lograr el desarrollo sostenible. Ante este nuevo enfoque del desarrollo, la actividad de la ganadería desarrollada actualmente no debe ser ajena a esta contextualización; por lo que, es necesario determinar las causas y consecuencias de su manejo en relación con la sustentabilidad.

Según FAO (2006), la ganadería ocupa el 30% de la superficie mundial y es la actividad antropogénica con mayor uso de la superficie terrestre, es considerada también como una actividad altamente contaminante y como la principal causa de la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, la ganadería es una actividad que genera empleo para 1,300 millones de habitantes (20% de la población mundial) y a 987 millones de personas con escasos ingresos económicos.

El término desarrollo sostenible fue utilizado por primera vez en 1987 en el informe Brundtland, definido como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. Por lo tanto, este nuevo concepto implica un cambio muy importante en cuanto a la idea de sustentabilidad, la que incorpora no solo criterios económicos, sino también ambientales y sociales de manera integrada (ONU, 2000).

Este nuevo paradigma consiste en que los aspectos sociales y ambientales tienen la misma relevancia que los aspectos económicos para la creación de políticas y estrategias de desarrollo de un país o región. Los sistemas productivos bajo un esquema de desarrollo sostenible deben ser económicamente rentables, socialmente aceptables y ambientalmente viables (Maass, 2007).

Por lo tanto, el desarrollo sostenible es una iniciativa de un programa planificado, cuyo propósito es reducir las tensiones provocadas por el crecimiento económico y la crisis ambiental, por medio de un compromiso global, asegurando el desarrollo económico óptimo, la conservación de los recursos ambientales para su uso racional y equitativo de las generaciones futuras (García, 2008).

Es conocido, que la actividad ganadera genera una gran cantidad de impactos ambientales significativos en el territorio, como contaminación ambiental, afectación al cambio climático, cambio de uso de suelos, deforestación de hábitats, pérdida de biodiversidad, entre otros; por lo que, representa una amenaza (WWF, IUCN).

En la actualidad, el panorama mundial refleja la escasez de agua dulce y agotamiento de los acuíferos, se prevé que para el 2025 el 64% de la población mundial vivirá en cuencas con estrés hídrico. El sector ganadero es responsable del consumo mundial del 8% de este recurso, principalmente para el riego de los pastos forrajeros. Además, es una fuente importante de contaminación del agua, pues contribuye a la eutrofización (Zalapa, 2012).

En cuanto a la biodiversidad de las especies, las amenazas actuales son altas debido a la pérdida de especies y ecosistemas que proporcionan servicios ambientales están cada vez más escasos. La ganadería constituye cerca del 20% total de la biomasa animal terrestre y el 30% de la superficie terrestre que antes fue habitada por la fauna silvestre. Esta actividad económica puede considerarse como la principal responsable de la pérdida de biodiversidad y fuente de presión en los ecosistemas, como consecuencia de la destrucción de hábitats de especies amenazadas y tiene una alta participación en el cambio de uso del suelo, la sobreexplotación de recursos naturales y la propagación de especies invasoras (FAO, 2006). Además, genera conflictos entre los usuarios de las tierras.

Debido a la presión de pastoreo se generan cambios en la composición de las especies. La vegetación se consume en distintos grados y proporciones, que pueden variar según el tipo de animal doméstico. Además, el pastoreo influye en otras partes del ecosistema, como el suelo y el agua (García, Meneses, Naoki, Anthelme, 2014).

En resumen, se puede indicar que a nivel mundial las prácticas ganaderas actuales, no van a acorde con los objetivos del desarrollo sostenible, pues genera baja rentabilidad para los pequeños productores cuya actividad es de subsistencia familiar, socialmente es una actividad considerada inequitativa, tanto en estratos de la población, como en el caso de la participación de niños y mujeres, que se vuelven empleados de la actividad, pero que no reciben los beneficios que deberían y además las malas prácticas generan efectos negativos al medio ambiente.

Sin embargo, esta actividad económica también presenta aspectos positivos, pues un alto porcentaje de la población vive de este sector, y en su mayoría, es la población clasificada como en estado de pobreza, que contribuye con la estrategia alimenticia del país, proveyendo productos de origen animal alto en proteína que es básico y estratégico para el consumo familiar.

Por lo tanto, siendo la ganadería una actividad necesaria, se deben promover medidas y programas sustentables que permitan que la actividad ganadera de nuestro país pueda incorporarse con los objetivos del desarrollo sostenible, en búsqueda de encontrar un equilibrio que favorezca el progreso económico, la viabilidad ambiental y el beneficio social, con la finalidad de mejorar la calidad de vida para las comunidades y conservar los ecosistemas altoandinos.

### **2.3.1 Sobrepastoreo**

A nivel mundial, actualmente la ganadería es una actividad económica que no contribuye al desarrollo sostenible, debido a su baja rentabilidad en muchas zonas rurales, siendo socialmente considerada como inequitativa entre los estratos de la población. Además, genera importantes impactos ambientales como la degradación de suelos, el incremento del calentamiento global, contaminación atmosférica, contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad (Zalapa, 2012).

El sobrepastoreo es una actividad que genera impactos ambientales que repercuten en el deterioro y/o emprobecimiento del estado de conservación de los bofedales. En la actualidad, los pastizales soportan una sobrecapitalización ganadera, traducida como un estado de sobrepastoreo, al no adecuarse el tipo y número de animal a lo que ofrecen los pastizales por unidad de superficie.

Por lo tanto, al manejar una carga animal superior a la conveniente, se genera sobrepastoreo. Este se puede presentar en diferentes grados como producto de las malas prácticas de manejo, debido al sistema de posesión de tierra, especialmente de las comunidades campesinas. En ese sentido, un buen manejo de las praderas nativas está basado en aplicar principios socio-ecológico (Florez, 2005).

Para determinar las variables proxys al sobrepastoreo, se ha tomado en cuenta los siguientes enunciados y/o correlaciones, según Florez (2005):

- Existe una correlación significativa entre la condición del pastizal y la producción de forrajes. La producción de forraje aumenta con un aumento en la condición.
- Se tiene una relación entre la condición del pastizal y el promedio de la capacidad de carga animal óptima, lo que permite el uso de sistemas adecuados de pastoreo.
- Un aumento de carga reduce la cantidad de forraje ofrecido al ganado y el nivel de consumo de materia orgánica.
- La determinación del óptimo de carga animal se realiza en función a la producción y a las condiciones de pastizal a lo largo del año, para asegurar que la cantidad de forraje ofrecida a los animales por día sea adecuada a sus necesidades.

Sin embargo, esto puede ser una representación teórica, porque cada sitio pastoreado se comportará en forma diferente, dependiendo del sitio en el cual ocurre, el animal que pastorea y la estación de uso, donde lo que es un buen alimento para un tipo de animal puede ser pobre para otro (Florez, 2005, p.19).

El pastoreo del ganado doméstico produce efectos directos e indirectos sobre la dinámica de los pastizales (Villalobos, 2013). En el Perú, todos los bofedales han sido o están siendo pastoreados, el grado de afectación puede variar de acuerdo con el tipo y número de animales (Maldonado-Fonken, 2015). Varios autores indican que los bofedales se encuentran sobrepastoreados (Maldonado-Fonken, 2015; Salvador et al., 2014; Ramírez, 2011; citados por León, 2016); sin embargo, estudios sobre los efectos del pastoreo en los bofedales peruanos son aún insuficientes (Salvador et al., 2014).

León (2016) afirma: “Que un pastoreo continuo ocasiona la compactación del suelo, especialmente en la capa orgánica, (...), asimismo, se reduce la cobertura vegetal, dejando al suelo más susceptible a la erosión, mientras que la selectividad animal, induce a un cambio en la composición botánica del mismo” (p.15).

El sobrepastoreo y las actividades productivas de las poblaciones locales tienen generalmente un impacto negativo sobre la vegetación, los suelos y el agua (Swinton & Quiroz, 2003; citado por Zorogastúa-Cruz, et al., 2012, p.64).

Diversas investigaciones indican que los herbívoros pueden afectar la composición y riqueza de las especies en una comunidad vegetal. En bofedales, el pastoreo además de tener un efecto directo sobre la estructura de la comunidad puede tener un efecto indirecto a través de cambios en las interacciones entre las especies dominantes y las especies acompañantes (García, et al., 2014).

El bofedal Conococha se encuentra sometido al sobrepastoreo del ganado doméstico (ovejas, vacas y alpacas). La actividad ganadera es la base económica de la Comunidad de Huambo; sin embargo, constituye una importante amenaza para su uso sostenible (Ramírez, 2011).

Por lo tanto, es necesario analizar y evaluar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal, con la finalidad de establecer estrategias de manejo para reducir esta amenaza y fomentar su uso sostenible, contribuyendo a mejorar la recuperación de los bofedales, como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

### **2.3.1.1 Condición del pastizal**

La evaluación de la condición del pastizal permite determinar el potencial de producción de forraje como fuente de información previa a la estimación de la capacidad de carga de un sitio de pastoreo.

Las malas prácticas ganaderas generan que la condición del pastizal se deteriore, provocando una menor producción forrajera. Es una medida de respuesta ecológica de la vegetación al pastoreo, pues se analiza en función de la composición botánica (AIGACAA, 2011). Sin embargo, no solo depende de esta, sino también de la condición del suelo (Huerta, 2001).

Para su evaluación se debe tener en cuenta la presencia relativa de las plantas, que son clasificadas en deseables, poco deseables e indeseables para el ganado. Cuando se tenga una proporción más grande de plantas deseables, la condición será mejor (Flores, 2000).

En determinado momento, existirá en un mismo pastizal una condición muy pobre, pobre, regular y buena, en comparación con una definida condición de excelente, a estas se les llama clases de condición (Florez, 2005, p.16).

Una planta forrajera, en su estado natural, sin ser consumida puede crecer hasta su estado clímax; pero crecerá menos si el pastoreo es manejado; sin embargo, si el daño es continuo por sobrepastoreo, la planta será pequeña en comparación con su clímax.

Existe una comparación de la condición del pastizal con el inventario de una tienda. Si la tienda está llena de productos y tiene buen aspecto, el cliente tiene mucho para escoger. En cambio, si la tienda tiene pocos productos, los armarios semivacíos dan un aspecto pobre, pues los mejores productos se han agotado y solo quedan los de menor calidad para los clientes, entonces la condición de la tienda es pobre (Florez, 2005, p.16).

Esta comparación reflejaría que si la condición del pastizal es excelente o buena podrá ser pastoreada por el ganado; sin embargo, un pastizal de condición regular o pobre ofrecerá menos recursos para el ganado. Por lo tanto, se mantiene una relación entre la condición del pastizal y el promedio de la capacidad de carga animal óptima, que permite el uso de sistemas apropiados para el pastoreo (Florez, 2005).

Pillaca (2008) afirma: “Que es de vital importancia evaluar la condición de los pastizales para tener una mejor apreciación del estado del hábitat, (...), asimismo evaluar las tendencias de los pastizales para tener idea si los pastos (especies vegetales) están sufriendo alguna alteración en su crecimiento por un mal manejo del hábitat” (p.24).

El descanso de pastoreo aumenta la captación de energía radiante al vigorizarse las plantas. Este aumento puede traducirse en una mayor receptividad o carga animal por hectárea y, por ello, en un mayor flujo de energía hacia los animales. En cambio, si se excede el período de descanso, las plantas envejecen y pierden palatabilidad, lo que reduce la energía transferida a los animales de pastoreo (Florez, 2005, p.14).

Por otro lado, la tendencia del pastizal se refiere al cambio de la condición de esta, donde si las especies siguen desapareciendo por el consumo excesivo del ganado, entonces la tendencia también será negativa.

En este caso, bajará el número de especies forrajeras deseables para los animales, se incrementará la erosión del suelo y habrá más áreas desnudas. La medición de la tendencia debe hacerse, de preferencia, cada año en lo que se llama áreas claves dentro del sitio de pradera. Un área clave es el lugar dentro del sitio que promedie el aspecto general de este (Florez, 2005, p.20).

Las intervenciones antrópicas ocurren con diferentes intensidades de pastoreo. Esta intensidad de pastoreo a su vez está relacionada con la clase de animales en pastoreo y la época de pastoreo. Por lo tanto, la condición también afecta a la capacidad de carga del bofedal. En ese sentido, la condición y capacidad de carga pueden ser modificadas a través del manejo (AIGACAA, 2011).

Debido a que la condición determina el estado de salud del pastizal y tiene como objetivo determinar el potencial de producción de forraje como información previa a la estimación de la capacidad de carga de un sitio de pastoreo, es de vital importancia conocer su correlación con el estado de conservación del bofedal, ya que las mejores condiciones para el pastoreo no necesariamente sean las más saludables en términos de biodiversidad y de procesos ecológicos.

### **2.3.1.2 Producción de forraje**

Los bofedales constituyen un ecosistema muy importante, proveen forraje y agua para el ganado en épocas críticas y suministran importantes servicios de aprovisionamiento y regulación al conjunto de la sociedad (MINAM, 2014).

Hay que tener presente que cada sitio de pastizal tiene un potencial productivo en particular, que puede ir cambiando dependiendo de la temporalidad y del uso que los animales hagan de la vegetación, donde el pastoreo mixto aplicado por algunos pastores en la puna implica la combinación de especies con diferentes estrategias de alimentación.

Los animales compiten por el forraje disponible y las cargas bajas permiten mayor selectividad del forraje. Cuando la carga aumenta, la oportunidad de selección disminuye y baja la calidad de la dieta ingerida; por lo tanto, la tasa de crecimiento y senescencia de la pastura como la composición botánica son sensibles a la carga animal. Un aumento de carga reduce la cantidad de forraje ofrecido al ganado (Ibrahim, 2011).

En las plantas, los cambios en su tasa de crecimiento están determinados por diferentes factores fisiológicos y ecológicos. La herbivoría y las interacciones entre especies pueden modificar el estado fisiológico de las plantas de bofedales, modificando la producción de biomasa de la comunidad directamente o a través de cambios de productividad de los cojines dominantes (García, et al., 2014, p.94).

El pastoreo intensivo debido a su frecuencia y severidad reduce el área foliar de las especies botánicas y afecta su capacidad de crecimiento. Por lo tanto, disminuyen su eficiencia para el proceso de fotosíntesis, reduce la superficie de transpiración y la actividad de las raíces, comprimiendo la producción de semillas, acrecentando la muerte de los individuos y la susceptibilidad a otros disturbios (Archer, 1995; Fahnestock & Detling, 2000; citados por Villalobos, 2013).

El sobrepastoreo del ganado fomenta la aparición de especies leñosas de hojas resinosas u otras especies indeseables (malezas o invasoras) que podrían aparecer cuando un suelo presenta signos de degradación. Entonces, el sobrepastoreo y la sequía tienen consecuencias negativas sobre los pastizales y un mal manejo de los pastos puede llevar a la desertificación del hábitat (Hoffman, Otte, Ponce, & Ríos, 1983; Lichtenstein Oribe, Grieg & Mazzucchelli, 2002). Por otro lado, un buen manejo de pastos permitirá más recursos disponibles para las poblaciones y esto redituará en una más alta tasa de crecimiento poblacional (forraje).

Zorogastúa-Cruz, Quiroz & Garatuza-Payan (2012) afirman: “Que el recurso forrajero en el Altiplano es muy dinámico y es afectado por el pastoreo itinerante por bovinos, ovinos y camélidos sudamericanos, (...) criados en forma extensiva. La mayor defoliación se produce en las asociaciones más palatables para el ganado, como los bofedales, que son utilizados intensivamente en la época seca, cuando la biomasa disminuye ostensiblemente” (p.71).

Durante la época húmeda, se mejora la oferta de forraje, debido a la humedad causada por las precipitaciones. En cambio, en la época seca es cuando comienza a escasear el forraje, siendo los bofedales los principales oasis para el pastoreo de alpacas, ovinos y llamas (Florez, 2005).

La menor y mayor superficie del bofedal cubierta por vegetación se registró en años con presencia del fenómeno El Niño fuerte y La Niña fuerte, respectivamente; sin embargo, al comparar los valores de vigor vegetacional, correlacionados con la precipitación, se observó que no siempre responden a esta dinámica opuesta, pues los comportamientos a nivel local no necesariamente responden a las tendencias globales (Meza Aliaga & Díaz Villalobos, 2014, p.651).

Los rendimientos de los pastizales dependen de una compleja interacción de factores que incluyen la calidad de los suelos, el manejo de las tierras y el clima. Cualquier relación entre la productividad y el suelo depende más de la calidad del suelo remanente en el terreno que de la cantidad de suelo eliminado por la erosión (Hellín, 2004; citado por Pillaca, 2008).

Florez (2005) afirma:

Comparando las praderas irrigadas con aquellas sin irrigar, se ha medido un incremento en el porcentaje de especies forrajeras palatables para la alpaca (74 por ciento) y en el rendimiento de biomasa (55 por ciento) favorable a las primeras. Así mismo, ha habido un incremento de la carga animal de 0,5 unidades alpaca/hectárea/año en pradera sin irrigar de condición pobre, a 1,5 unidades alpaca/hectárea/año en pradera irrigada, donde mejoró la condición a la categoría de condición regular en un período de dos años (p.39).

Por lo tanto, cada sitio de pastizal proveerá forraje de acuerdo con el número de animales que pastorean, y su duración dependerá del manejo que se realice pues es muy común que exista una mayor presión de pastoreo sobre los pastizales cuando se presentan sequías. En ese sentido, es de vital importancia conocer su correlación con el estado de conservación del bofedal, ya que los pastos con mejores ofertas de forraje no necesariamente sean los más saludables en términos de biodiversidad y de procesos ecológicos.

### **2.3.1.3 Capacidad de carga animal**

La capacidad de carga establece como capacidad de carga animal, en el bofedal, la necesidad de guardar un equilibrio entre la dotación de animales y la regeneración natural del bofedal. Con la determinación de la carga animal óptima por sitio de pastoreo, se conoce la cantidad de vacunos, ovinos o alpacas que un pastizal puede soportar sin verse afectado.

“Existe una relación entre la condición del pastizal y el promedio de la capacidad de carga animal óptima, la cual permite el uso de sistemas adecuados de pastoreo” (Florez, 2005, p.17). Por lo tanto, la carga óptima es aquella que genera una producción animal sostenible por hectárea cada año, sin inducir el deterioro ambiental. Sin embargo, muchos ecosistemas pueden desaparecer si la perturbación sobrepasa su capacidad de recuperación; por tanto, es importante conocer el nivel de perturbación que un ecosistema puede tolerar (Caro, 2010).

Al manejar una carga animal superior a la conveniente, se genera sobrepastoreo. Este se puede presentar en diferentes grados como producto de las malas prácticas de manejo, debido al sistema de posesión de tierra, especialmente de las comunidades campesinas. En ese sentido, un buen manejo de las praderas nativas está basado en aplicar principios socio-ecológico (Florez, 2005).

Cuando los herbívoros nativos son drásticamente reemplazados por herbívoros domésticos, los hábitos alimenticios y el comportamiento de estos últimos difiere del de sus predecesores, ocasionando alteraciones en el ecosistema como cambios en la composición y estructura de las especies (Archer, 1994; citado por Villalobos, 2013).

La presencia de los herbívoros en los bofedales altoandinos altera la diversidad y composición de las especies (Cesa & Paruelo, 2011), así como la heterogeneidad de la flora dominante, modificando los procesos de colonización de especies (Adler, Raff & Lauenroth, 2001). Además, los herbívoros afectan las interacciones entre las especies (Catorci, Cesaretti, Velásquez, Burrascano & Zeballos, 2013), en consecuencia perturban la dinámica del ecosistema. Sin embargo, el efecto de los herbívoros puede ser diferente en cada sitio, según las condiciones ambientales y la intensidad del pastoreo (Olf & Ritchie, 1998).

Una perturbación puede ocasionar que el sistema pierda su estabilidad, según su magnitud (Ludwig, Walker & Holling, 1997). Sin embargo, no todas las perturbaciones son negativas, incluso algunas de ellas pueden ser estabilizadoras, si se manifiestan en forma gradual, pudiendo propiciar incluso la adaptación de algunas especies, lo que desarrolla un mayor grado de madurez del ecosistema (Odum, 1997).

Por lo tanto, es necesario conocer la capacidad de carga animal (óptima y actual) de los diferentes sitios de pastizal para determinar su efecto en el estado de conservación del bofedal.

### **2.3.2 Estado de conservación**

Los ecosistemas han venido sufriendo una serie de deterioros en los últimos años, debido a las malas prácticas antropogénicas, que han llevado a acelerar los procesos de inestabilidad de los ecosistemas. En consecuencia, se ha afectado la capacidad de respuesta de los ecosistemas frente a las presiones naturales y/o antropogénicas. Según Martínez (2002) “uno de los principales procesos responsables de la pérdida de biodiversidad es la sobreexplotación de los recursos” (p.410).

La diversidad de comunidades y ecosistemas no es solo una cuestión de cuántos tipos diferentes de seres vivos los conforman, sino de qué tipos de procesos ecológicos se producen en ellos.

Los procesos evolutivos y ecológicos que han originado y mantienen la diversidad biológica forman parte del concepto de biodiversidad en sí mismos, en especial en el contexto de la teoría y práctica de la conservación, asumiendo la postura de que para conservar las especies y variedades de animales y plantas necesitamos conservar los procesos en que estos se encuentran inmersos.

Dentro de la controversia conservacionista acerca de qué es prioritario conservar, apostamos por la idea de que son los procesos y no los objetos (genes, especies, ecosistemas) los que deben conservarse prioritariamente (Soulé, 1991; Primarck, 1995). Las especies son piezas básicas de los ecosistemas.

Son responsables de los flujos de materia y energía que configuran la vida en nuestro planeta, generando los servicios ambientales básicos de los que dependemos. La progresiva pérdida de estas entidades tiene consecuencias evidentes. Por motivos fundamentalmente prácticos, la conservación está enfocada hacia la preservación de las especies a través de la actuación sobre las poblaciones que las componen, y casi todos los esfuerzos de conservación de especies en peligro tienen como objetivo la protección de sus poblaciones (Sutherland, 2000).

Un estudio en el que se analizó un centenar de investigaciones sobre este aspecto observó que las respuestas variaban en función de los ecosistemas analizados y las funciones consideradas (se analizaba el efecto de la pérdida de especies sobre la productividad, biomasa, resiliencia), aunque en un 71% de los casos se detectó algún tipo de relación (Srivastava & Vallend, 2005, p.273).

Esto se podría explicar considerando la existencia de grupos de especies que realizan una función ecológica similar (los grupos funcionales) de forma que, solo cuando se pierde el último representante de un grupo, la función se resiente (Mooney, Lubchenco, Dirzo, & Sala, 1995).

Las especies clave (antítesis de las redundantes) son las que desempeñan un papel fundamental, muy por encima de su abundancia o biomasa, en el mantenimiento del sistema ecológico al que pertenecen (Paine, 1969). Estas ideas han llevado a clasificar a las especies según su papel en un determinado sistema ecológico. “Una perturbación en el ecosistema ocurre cuando una variable se mueve de un nivel de referencia que se considera como un estado normal hacia otro estado; es decir, una perturbación es un alejamiento de las condiciones normales” (Caro, 2010, p.53). Por lo tanto, se debe entender que los ecosistemas son propensos a sufrir cambios, siendo los bofedales ecosistemas frágiles, son más sensibles aún a estos.

Según, MINAM (2014):

Los bofedales son sistemas ecológicos extremadamente frágiles por su dependencia del agua, sensibles a los cambios climáticos y vulnerables a la alteración que resulta de la actividad minera, el pastoreo y el retroceso glaciar; por lo que, se requiere desarrollar programas de manejo y conservación con sólidas bases científicas y de conocimiento, a fin de asegurar la continuidad de los servicios que estos ecosistemas proveen (p.2).

En consecuencia, analizar cambios en estas comunidades a través de variaciones locales en los factores abióticos y bióticos es fundamental para estimar su estado de conservación (Meneses, et al., 2014).

Aponte & Ramírez (2011), proponen que la estructuración de las comunidades vegetales es un potencial bioindicador del estado de conservación, a considerar dentro de los planes de manejo y monitoreo de los humedales.

En ese sentido, su estado actual de conservación está siendo afectado a causa de malas prácticas; por lo que, es necesario plantear acciones rápidas y oportunas para detener su degradación y promover su uso sostenible (AIGACAA, 2001).

Por lo tanto, es necesario analizar y evaluar el efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación del bofedal, con la finalidad de establecer estrategias de manejo para reducir esta amenaza y fomentar su uso sostenible, contribuyendo a mejorar la recuperación de los bofedales, como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

### **2.3.2.1 Integridad biótica**

La integridad biótica de un ecosistema revela su capacidad para mantener los procesos ecológicos claves como: el ciclo de nutrientes, la captura de energía, la regulación del ciclo hídrico y la resistencia a la pérdida de sus funciones causadas por perturbaciones ambientales en una condición normal.

Los ecosistemas que poseen una alta diversidad de especies son más productivos, más resistentes y eficientes ante las perturbaciones (Tilman & Downing, 1994). Incrementos en la intensidad de pastoreo, acompañado por el consumo preferencial de los animales domésticos, puede disminuir la diversidad de las especies botánicas (Tilman, 1997; citado por Villalobos, 2013), aunque algunas investigaciones sugieren que el pastoreo podría incrementar o no influir sobre la diversidad de un ecosistema, dependiendo siempre de su intensidad (Milchunas et al., 1988).

De igual manera, dependiendo de la riqueza de especies, el ecosistema podrá ser será más o menos resiliente (Bascompte & Jordano, 2007); es decir, más o menos capaz de tolerar perturbaciones sin producir cambios en su estabilidad y procesos ecológicos.

Shear (2000) afirma: “Algunos experimentos demuestran que en un ecosistema la diversidad tiende a estar correlacionada positivamente con la estabilidad de la comunidad de plantas, ya que esta aumenta debido una mejor respuesta a un impacto cuanto más variable sea” (p.229).

García, et al., (2014) afirman:

En bofedales, el pastoreo además de tener un efecto directo sobre la estructura de la comunidad puede tener un efecto indirecto a través de cambios en las interacciones entre las especies dominantes y las especies acompañantes (p.91).

Con la disminución de los hervíboros en un pastizal, se espera un aumento de la abundancia de los cojines dominantes de los bofedales, como también el resto de otras plantas que crece entre las hojas y ramas de estos (Ostria, 1987). Sin embargo, diferentes especies de cojines tienen efectos distintos sobre las comunidades vegetales de bofedales. Además, en época seca las especies en cojín perduran durante todo el ciclo anual, así como algunas de sus especies acompañantes (Meneses, et al., 2014).

El sobrepastoreo ha disminuido la integridad biótica y la función hidrológica de los bofedales, afectando considerablemente su capacidad para proveer servicios ecosistémicos; por lo que, es necesario que el estado implemente políticas y estrategias para reducir estas amenazas (Flores, et al., 2014).

Según, MINAM (2014):

Los bofedales saludables son aquellos cuya estructura y función ecosistémica no ha sido alterada, y en los cuales el nivel de manejo es adecuado, mientras que en los bofedales saludables con problemas de manejo, la estructura y función ecosistémica ha sido alterada moderadamente por deficiencias de manejo y la ausencia de prácticas adecuadas de conservación (p.7 y 8).

Las comunidades vegetales de los bofedales están conformadas principalmente por plantas en cojín (cojines) de la familia Juncaceae y Cyperaceae. Algunas especies representativas son *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Zameioscirpus muticus*, *Phylloscirpus deserticola*, *Plantago tubulosa*, *Oreobolus obtusangulus* y *Patosia clandestina*, que difieren en abundancia y presencia según su área de distribución a lo largo de los Andes (Ruthsatz, 2012).

Debido a su función crucial en la estructura del ecosistema, esas especies pueden ser consideradas como especies fundadoras. Por consiguiente, se espera que tengan efectos positivos sobre otras especies dentro de los bofedales (Callaway, 2007).

En el caso específico de los bofedales, para examinar el efecto del pastoreo sobre la organización y la dinámica de las comunidades vegetales se necesita tomar en consideración las variaciones de las características de las especies fundadoras (García, et al., 2014, 100 p.).

Las especies vegetales dominantes en una comunidad bajo una determinada presión de pastoreo, pueden convertirse en subordinadas o desaparecer de la comunidad cuando la intensidad de pastoreo aumenta (Sternberg et al., 2000).

Cuando el pastoreo es continuo, la abundancia de las plantas deseables y forrajeras altamente productivas e importantes que crecen en la comunidad clímax original decrecen y las plantas invasoras se introducen en la comunidad (Florez, 2005).

Ramírez (2011) afirma: “Que la laguna Conococha y sus ambientes húmedos adyacentes presentan una importante riqueza florística que debe ser protegida o manejada racionalmente, junto con sus otros valores biológicos, ecológicos e hídricos” (p.76).

Por lo tanto, es necesario evaluar el efecto del sobrepastoreo en la integridad biótica del bofedal, con la finalidad de proponer estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la recuperación y sostenibilidad del bofedal como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

### **2.3.2.2 Función hidrológica**

Los bofedales son unidades hidromórficas que albergan una amplia diversidad de especies vegetales que constituyen su estructura vegetacional, las cuales tienen como característica su excelente volumen y su calidad de nutriente. Pero estas condiciones dependen de la abundancia de agua en la época, así como de la calidad de esta en cuanto al contenido de sales (Coaguila, Machaca, Lizárraga, Ocsa, Quispe & Zeballos, 2010).

Se caracterizan además por ser ecosistemas que fomentan la sostenibilidad del ciclo hidrológico, siendo zonas donde se originan los cursos de agua, siendo importantes en la formación de las cuencas andinas. Debido a su peculiar ubicación en la ecorregión altoandina, donde la precipitación es mayor y la evaporación menor; cumplen un rol muy trascendental en la regulación del ciclo hídrico y en el almacenamiento de carbono (Crispin, 2015). Por lo tanto, son importantes para la conservación de la flora y fauna de las zonas altoandinas, ya que son las únicas áreas que presentan humedad en la época seca del ciclo hídrico.

En comparación con otras formaciones vegetales, poseen alta capacidad para almacenar agua, funcionan como esponjas que liberan el agua cuando las precipitaciones reducen drásticamente en época seca (Squeo et al., 2006; Benavides et al., 2013; Zeballos, 2013; citados por Loza-Hererra, Meneses & Anthelme, 2015).

En la mayoría de los humedales, las fuentes de ingresos de agua (precipitación, flujo superficial, flujo de agua subterránea, mareas) y salidas (evapotranspiración, flujo superficial, flujo de agua subterránea, mareas) se modifican con el tiempo (Cherry, 2011; citado por León, 2016).

Los humedales funcionan como esponjas naturales que atrapan y liberan lentamente el agua superficial, subterránea, lluvias y otros flujos. La vegetación de los humedales también puede disminuir los flujos de agua sobre el suelo (EPA, 2002; citado por León, 2016).

Generalmente, los bofedales se encuentran al costado de las descargas de agua subterránea a los cursos de agua y ambas son salidas del sistema. Descargan sus aguas subterráneas por evapotranspiración, mientras que los cursos de agua lo hacen como flujo base.

Son zonas de descarga de aguas subterráneas y su extensión es fluctuante a lo largo de la época seca. Al principio de la época seca, los bofedales están en su máxima extensión porque el reservorio de aguas subterráneas está lleno luego de la época de lluvias. A medida que transcurre la época seca, el reservorio de aguas subterráneas va disminuyendo, los niveles de la napa freática también disminuyen y por ende la extensión de los bofedales.

Florez, (2005) afirma:

El descanso del pastizal aumenta la disponibilidad de agua, pues las plantas más vigorosas penetran sus raíces a una mayor profundidad. La mayor vegetación intercepta el agua de lluvia, lo que reduce el efecto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo; de esta forma, se reduce el escurrimiento y la evaporación del agua contenida en el estrato superficial del suelo (p.14).

Por lo tanto, al mantener activa la vegetación herbácea, se reduce la percolación del agua de lluvia a horizontes más profundos; asimismo, se reduce el periodo de anegamientos, pues los rebrotes transpiran más que las plantas adultas.

La ocurrencia de perturbaciones naturales, generalmente asociadas a fenómenos climáticos, provoca discontinuidad en el volumen de agua que contienen los ecosistemas. Otros síntomas de la pérdida de calidad del agua son la disminución del oxígeno que contienen y la pérdida de componentes biológicos, muchas veces de forma masiva. Los procesos de eutrofización pueden ser estimulados también por disminuir las tasas de renovación del agua en los ecosistemas (Comín, Rodó, Romero & Menéndez, 1998).

Según Loza-Hererra et al., 2015:

Existe una estrecha relación entre bofedales y agua. Las comunidades de *Distichia spp.*, que conforman el corazón del bofedal, son menos tolerantes al déficit hídrico; por lo que, estarían directamente amenazadas, a diferencia de las comunidades dominadas por gramíneas, que no tienen la misma capacidad de almacenar agua y formar suelos orgánicos (p.50).

La adaptación de las actividades humanas a las perturbaciones naturales puede contribuir a la gestión de la cantidad del agua, a la regeneración de ecosistemas y paisajes degradados y a la restauración de sus funciones (Comín et al., 1998).

Según, MINAM (2014):

En los bofedales saludables la lluvia penetra el perfil del suelo con facilidad; el agua aflora en la superficie gran parte del año, las aguas de puquios, ojos de agua y riachuelos que discurren por la quebrada son claras y regulares en caudal año tras año, mientras que en los bofedales saludables con problemas de manejo, el agua no se acumula en la superficie como antes, aunque las diferentes fuentes de agua presentes y colindantes al bofedal son claras (p.7 y 8).

Debido a que la gestión del agua no puede aislarse de los ecosistemas que forma parte, del sustrato físico en el que está inmersa y de las interacciones que forma parte y a las que contribuye con sus flujos, es necesario evaluar el efecto del sobrepastoreo en la función hidrológica del bofedal, con la finalidad de proponer estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la recuperación y sostenibilidad del bofedal como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

### **2.3.2.3 Estabilidad del sistema**

El pastoreo intenso puede alterar las características estructurales y propiedades fisicoquímicas del suelo (Wondzell & Ludwig, 1995; Reid et al., 1999; citados por Villalobos, 2013). Cuando la intensidad de pastoreo es alta o muy alta se produce una reducción de la fertilidad del suelo, debido a la pérdida de nutrientes por efectos de la erosión hídrica y/o eólica al disminuir la biomasa vegetal herbácea capaz de retenerlos en el ecosistema (Rietkerk & van de Koppel, 1997; Scholes & Archer, 1997; citados por Villalobos, 2013).

La defoliación intensa y el pisoteo reducen la cobertura del estrato herbáceo y la capacidad de infiltración del suelo, e incrementan la proporción de suelo desnudo y la compactación (Villalobos, 2013, p.55).

La erosión del suelo reduce de forma directa, su capacidad funcional. La pérdida de los horizontes más superficiales afecta al crecimiento de las plantas, al disminuir la profundidad efectiva, reducir su fertilidad por el lavado de gran parte de los nutrientes y aminorar la capacidad de almacenamiento de agua. La pérdida del poder filtrante del suelo o de su capacidad de regulación del ciclo hidrológico son otros de los impactos directos de la erosión, siendo mayor los efectos a grandes escalas (Hellín, 2004; citado por Pillaca, 2008).

Según, MINAM (2014):

En los bofedales saludables la cobertura es uniforme, hay pocos signos de erosión, no se observan signos de fragmentación y la conectividad entre unidades de vegetación presentes es alta, mientras que en los bofedales saludables con problemas de manejo, la cobertura no es completamente uniforme, se observan ligeros signos de fragmentación y la erosión es ligera a moderada (p.7 y 8).

Las condiciones desfavorables en la superficie del suelo afectan la tendencia y condición del pastizal. Si no hay mantillo en la superficie del suelo, las gotas de lluvia caen directamente sobre el suelo y lo deterioran. El resultado es el apelmazamiento del suelo y la pérdida de este, pues el agua que discurre sobre su superficie no penetra fácilmente el horizonte superficial del suelo.

Por lo tanto, severos cambios en la superficie del suelo indican un mal manejo del pastizal y una tendencia negativa (Florez, 2005).

La vegetación de los bofedales que es postrada y forma almohadillas, reducen la compactación del suelo causada por el pastoreo (Zorogastúa-Cruz, et al., 2012, p.64).

Por otro lado, es de conocimiento, que los bofedales son ecosistemas capaces de almacenar grandes cantidades de carbono gracias a la acción fotosintética de la flora y a los procesos lentos de descomposición de la materia muerta que ocurren en el suelo, ayudando a la retención de estos gases por más tiempo (Medrano, et al., 2012).

Los suelos de los humedales se encuentran saturados de agua, en consecuencia, la presencia de oxígeno es escasa o nula, generándose un ambiente anaeróbico, donde las tasas de descomposición son bajas y favorecen la acumulación de grandes cantidades de carbono (Hernández, 2010).

Más del 90% del carbono almacenado en los humedales se encuentra fijado a través del suelo según el IPCC (2000).

“Los efectos del pastoreo sobre la cantidad de carbono almacenado son particularmente muy controversiales. De acuerdo con estudios realizados por diferentes autores, indican que el pastoreo puede aumentar, disminuir o no tener efecto alguno sobre el contenido de la materia orgánica” (León, 2016, p.15).

Milchunas & Lauenroth (1993) después de revisar 236 estudios no encontraron una relación clara entre la cantidad de carbono almacenado y otras características, en los suelos de áreas pastoreadas y no pastoreadas. Por su parte, Herderson et al., (2004) tampoco indica una respuesta sólida entre la cantidad de carbono fijado en el suelo frente al pastoreo. Sin embargo, Jurado et al., (2013); citado por León, 2016, recomienda la implementación de buenas prácticas de manejo para incrementar el almacenamiento de carbono en el suelo.

Por lo tanto, es necesario evaluar el efecto del sobrepastoreo en la estabilidad del bofedal, con la finalidad de proponer estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la recuperación y sostenibilidad del bofedal como fuente de servicios ecosistémicos, para fomentar una mejor calidad de vida para las comunidades altoandinas.

## **2.4 Definición de términos básicos**

### **2.4.1 Sobrepastoreo**

Se define como el pastoreo que supera la capacidad de renovación de los pastos del lugar (Diccionario de la naturaleza: hombre, ecología, paisaje, 1987). Al manejar una carga animal superior a la conveniente, se genera sobrepastoreo. Este se puede presentar en diferentes grados como producto de las malas prácticas de manejo, debido al sistema de posesión de tierra, especialmente de las comunidades campesinas (Florez, 2005).

### **2.4.2 Condición del pastizal**

Se define como la productividad de tejido vegetal útil en un momento determinado, en relación con el potencial del sitio. Se determina mediante cuatro índices: índice de especies decrecientes, índice forrajero, índice de suelo desnudo e índice de vigor, pudiéndose determinar hasta 5 categorías: excelente, muy buena, buena, regular y pobre. Determina el estado de salud del pastizal y tiene como objetivo determinar el potencial de producción de forraje como información previa a la estimación de la capacidad de carga de un sitio de pastoreo (Florez, 2005).

### **2.4.3 Producción de forraje**

El forraje es la parte aprovechada una planta con valor nutritivo para su consumo. Está disponible para los animales en pastoreo (Florez, 2005). El pasto natural es el recurso forrajero más abundante y a la vez económico para la producción de carne y fibra en el animal, así la biomasa vegetal es un indicador de la capacidad de la vegetación para acumular material orgánico si se llega a conocer el estado de desarrollo de la comunidad y su uso como alimento para los animales (Tuppia, Aliaga, Malpartida & Arias, 1997).

#### **2.4.4 Capacidad de carga animal**

Se refiere al número de unidades animales (UA) pastoreando una superficie conocida a través del año. Es la cantidad de animales que un campo natural de pastoreo puede sostener en buena condición sin deteriorar la pradera (AIGACAA, 2001). Normalmente se expresa como UA/ha/año.

#### **2.4.5 Estado de conservación**

El estado de conservación se define como el grado o condición en que se encuentra o que refleja en términos de la estructura, procesos y funciones ecológicas del ecosistema y es medido a través de tres atributos: integridad biótica, función hidrológica y estabilidad (Pyke et al., 2002; Aguirre et al., 2013).

#### **2.4.6 Integridad biótica**

Revela la capacidad del área para mantener los procesos ecológicos claves y la resistencia a la pérdida de sus funciones causadas por perturbaciones ambientales en un contexto de variabilidad normal. Las variables para su estimación están directamente relacionadas con la función y estructura de los ecosistemas, en un determinado espacio y tiempo (MINAM, 2014).

#### **2.4.7 Función hidrológica**

Representa la capacidad del bofedal para capturar, almacenar y regular la provisión de agua en cantidad y calidad a lo largo del año, asegurando un adecuado abastecimiento a las fuentes claves, como ríos, quebradas, puquiales y manantiales (MINAM, 2014).

#### **2.4.8 Estabilidad del sistema**

Es la capacidad del bofedal para reducir la pérdida de suelo, nutrientes y materia orgánica, necesarios para poseer un adecuado nivel de tolerancia a las perturbaciones naturales o antrópicas (MINAM, 2014).

## **2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis**

### **2.5.1 Relación entre sobrepastoreo y estado de conservación del bofedal**

A nivel mundial, actualmente la ganadería es una actividad económica que no contribuye al desarrollo sostenible, debido a su baja rentabilidad en muchas zonas rurales. Además, genera importantes impactos ambientales como la degradación de suelos, el incremento del calentamiento global, contaminación atmosférica, contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad (Zalapa, 2012).

Por lo tanto, al manejar una carga animal superior a la conveniente, se genera sobrepastoreo. Este se puede presentar en diferentes grados como producto de las malas prácticas de manejo, debido al sistema de posesión de tierra, especialmente de las comunidades campesinas. En ese sentido, un buen manejo de las praderas nativas está basado en aplicar principios socio-ecológico (Florez, 2005).

Los bofedales son sistemas ecológicos extremadamente frágiles por su dependencia del agua, sensibles a los cambios climáticos y vulnerables a la alteración que resulta de la actividad minera, el pastoreo y el retroceso glaciar; por lo que, se requiere desarrollar programas de manejo y conservación con sólidas bases científicas y de conocimiento, a fin de asegurar la continuidad de los servicios que estos ecosistemas proveen (MINAM, 2014).

El sobrepastoreo ha disminuido la integridad biótica y la función hidrológica de los bofedales, afectando considerablemente su capacidad para proveer servicios ecosistémicos; por lo que, es necesario que el estado implemente políticas y estrategias para reducir estas amenazas (Flores, et al., 2014). En consecuencia, analizar cambios en estas comunidades a través de variaciones locales en los factores abióticos y bióticos es fundamental para estimar su estado de conservación (Meneses, et al., 2014).

El pastoreo del ganado doméstico produce efectos directos e indirectos sobre la dinámica de los pastizales (Villalobos, 2013). En el Perú, todos los bofedales han sido o están siendo pastoreados, el grado de afectación puede variar de acuerdo con el tipo y número de animales (Maldonado-Fonken, 2015).

El bofedal Conococha se encuentra sometido al sobrepastoreo del ganado doméstico (ovejas, vacas y alpacas). La actividad ganadera es la base económica de la Comunidad de Huambo; sin embargo, constituye una importante amenaza para su uso sostenible (Ramírez, 2011).

En cuanto a la función hidrológica, en los bofedales saludables la lluvia penetra el perfil del suelo con facilidad; el agua aflora en la superficie gran parte del año, las aguas de puquios, ojos de agua y riachuelos que discurren por la quebrada son claras y regulares en caudal año tras año, mientras que en los bofedales saludables con problemas de manejo, el agua no se acumula en la superficie como antes, aunque las diferentes fuentes de agua presentes y colindantes al bofedal son claras (MINAM, 2014).

El pastoreo intenso puede alterar las características estructurales y propiedades fisicoquímicas del suelo (Wondzell & Ludwig, 1995; Reid et al., 1999; citados por Villalobos, 2013).

Milchunas & Lauenroth (1993) después de revisar 236 estudios no encontraron una relación clara entre la cantidad de carbono almacenado y otras características, en los suelos de áreas pastoreadas y no pastoreadas. Por su parte, Herderson et al., (2004) tampoco indica una respuesta sólida entre la cantidad de carbono fijado en el suelo frente al pastoreo. Sin embargo, Jurado et al., (2013); citado por León, 2016, recomienda la implementación de buenas prácticas de manejo para incrementar el almacenamiento de carbono en el suelo.

En cuanto a la estabilidad del sistema, en los bofedales saludables la cobertura es uniforme, hay pocos signos de erosión, no se observan signos de fragmentación y la conectividad entre unidades de vegetación presentes es alta, mientras que en los bofedales saludables con problemas de manejo, la cobertura no es completamente uniforme y se observan ligeros signos de fragmentación, con una erosión ligera a moderada (MINAM, 2014).

Por tales motivos, se fundamenta que la relación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal es negativa.

### **2.5.2 Relación entre condición del pastizal y estado de conservación del bofedal**

Las especies son piezas básicas de los ecosistemas. Son responsables de los flujos de materia y energía que configuran la vida en nuestro planeta, generando los servicios ambientales básicos de los que dependemos. La progresiva pérdida de estas entidades tiene consecuencias evidentes (Sutherland, 2000).

Según Florez (2005), determina el estado de salud del pastizal y tiene como objetivo determinar el potencial de producción de forraje como información previa a la estimación de la capacidad de carga de un sitio de pastoreo. Se determina mediante cuatro índices: índice de especies decrecientes, índice forrajero, índice de suelo desnudo e índice de vigor, pudiéndose determinar hasta 5 categorías: excelente, muy buena, buena, regular y pobre.

Por lo tanto, no solo depende de la composición botánica sino también de la condición del suelo (Huerta, 2001). Para su evaluación se debe tener en cuenta la abundancia relativa de las especies clasificadas como deseables, poco deseables e indeseables para el ganado. Cuando la proporción plantas deseables es mayor, la condición será mejor (Flores, 2000).

Existe una comparación de la condición del pastizal con el inventario de una tienda. Si la tienda está llena de productos y tiene buen aspecto, el cliente tiene mucho para escoger. En cambio, si la tienda tiene pocos productos, los armarios semivacíos dan un aspecto pobre, pues los mejores productos se han agotado y solo quedan los de menor calidad para los clientes, entonces la condición de la tienda es pobre (Florez, 2005, p.16). Esta comparación reflejaría que si la condición del pastizal es excelente o buena será pastoreada por el ganado; sin embargo, un pastizal de condición regular o pobre ofrecerá menos recursos para el ganado.

Esto puede ser una representación teórica, porque cada sitio pastoreado se comportará en forma diferente, dependiendo del sitio en el cual ocurre, el animal que pastorea y la estación de uso, donde lo que es un buen alimento para una clase de animal puede ser pobre para otra clase (Florez, 2005, p.19).

“Existe una relación entre la condición del pastizal y el promedio de la capacidad de carga animal óptima, la cual permite el uso de sistemas adecuados de pastoreo” (Florez, 2005, p.17), pero si la carga actual es mayor a la carga óptima, se indicará que existe sobrepastoreo.

Aponte & Ramírez (2011), proponen que la estructuración de las comunidades vegetales es un potencial bioindicador del estado de conservación, a considerar dentro de los planes de manejo y monitoreo de los humedales. En ese sentido, su estado actual de conservación está siendo afectado a causa de malas prácticas; por lo que, es necesario plantear acciones rápidas y oportunas para detener su degradación y promover su uso sostenible (AIGACAA, 2001).

Las condiciones desfavorables en la superficie del suelo afectan la tendencia y condición del pastizal. Si la condición del pastizal disminuye, entonces la tendencia será negativa. En este caso, si se reduce el número de especies forrajeras deseables para los animales, se incrementará la erosión del suelo y habrá más áreas desprovistas de suelo. Por lo tanto, severos cambios en la superficie del suelo revelan un mal manejo del pastizal y una tendencia negativa (Florez, 2005).

Por tale motivos, se fundamenta que la relación entre la condición del pastizal y la capacidad de carga animal es positiva, pero si se utilizan cargas superiores a la adecuada, se genera sobrepastoreo, lo que está ligado al empobrecimiento generado por el deterioro ambiental progresivo; por lo que, se plantea que la relación entre la condición del pastizal y el estado de conservación del bofedal es negativa.

### **2.5.3 Relación entre producción de forraje y estado de conservación del bofedal**

Los animales compiten por el forraje disponible y las cargas bajas permiten mayor selectividad del forraje. Cuando la carga aumenta, la oportunidad de selección disminuye y baja la calidad de la dieta ingerida; por lo tanto, la tasa de crecimiento y senescencia de la pastura como la composición botánica son sensibles a la carga animal. Un aumento de carga reduce la cantidad de forraje ofrecido al ganado (Ibrahim, 2011).

Los hervíboros y sus interacciones con las especies botánicas pueden modificar el estado fisiológico de las plantas de bofedales, alterando la producción de biomasa de la comunidad directamente o a través de cambios en la productividad de los cojines dominantes (García, et al., 2014).

Incrementos en la intensidad de pastoreo, acompañado por el consumo preferencial de los animales domésticos, puede disminuir la diversidad de las especies botánicas (Tilman, 1997; citado por Villalobos, 2013), aunque algunas investigaciones sugieren que el pastoreo podría incrementar o no influir sobre la diversidad de un ecosistema, dependiendo siempre de su intensidad (Milchunas et al., 1988).

Los vacunos comen especies forrajeras del estrato alto, por tener que envolver con la lengua antes de arrancarlo para el consumo. En cambio, los ovinos y alpacas, compiten por el estrato bajo, mordiendo las especies forrajeras que desean ingerir y son altamente selectivos (Florez, 2005, p.27).

El sobrepastoreo del ganado fomenta la aparición de especies leñosas de hojas resinosas u otras especies indeseables (malezas o invasoras) que podrían aparecer cuando un suelo presenta signos de degradación. Entonces, el sobrepastoreo tiene consecuencias negativas sobre los pastizales y un mal manejo de los pastos puede llevar a la desertificación del hábitat (Hoffman, Otte, Ponce, & Ríos, 1983; Lichtenstein Oribe, Grieg & Mazzucchelli, 2002).

Cuando la intensidad de pastoreo es alta o muy alta se produce una reducción de la fertilidad del suelo, debido a la pérdida de nutrientes por efectos de la erosión hídrica y/o eólica al disminuir la biomasa vegetal herbácea capaz de retenerlos en el ecosistema (Rietkerk & van de Koppel, 1997; Scholes & Archer, 1997; citados por Villalobos, 2013).

Por tale motivos, se fundamenta que la relación entre la producción de forraje y la capacidad de carga animal es negativa, así como también entre la producción de forraje y el estado de conservación del bofedal.

#### **2.5.4 Relación entre capacidad de carga animal y estado de conservación del bofedal**

Al manejar una carga animal superior a la conveniente dentro de un pastizal, se genera sobrepastoreo. Este se puede presentar en diferentes grados como producto de las malas prácticas de manejo, debido al sistema de posesión de tierra, especialmente de las comunidades campesinas. En ese sentido, un buen manejo de las praderas nativas está basado en aplicar principios socio-ecológico (Florez, 2005). “Muchos ecosistemas pueden desaparecer si es que la perturbación sobrepasa su capacidad de recuperación” (Caro, 2010, p.55).

Según Martínez (2002) “uno de los principales procesos responsables de la pérdida de biodiversidad es la sobreexplotación de los recursos” (p.410). La presencia de los herbívoros en los bofedales altoandinos altera la diversidad y composición de las especies (Cesa & Paruelo, 2011) así como la heterogeneidad de la flora dominante, alterando los procesos de colonización de especies (Adler, Raff & Lauenroth, 2001). Además, los herbívoros afectan las interacciones entre las especies (Catorci, Cesaretti, Velásquez, Burrascano & Zeballos, 2013) y en consecuencia afectan la dinámica del ecosistema. Sin embargo, el efecto de los herbívoros puede diferir según las condiciones del sitio e intensidad de pastoreo (Olf & Ritchie, 1998).

En bofedales, el pastoreo además de tener un efecto directo sobre la estructura de la comunidad puede tener un efecto indirecto a través de cambios en las interacciones entre las especies dominantes y las especies acompañantes (García, et al., 2014). Las especies vegetales dominantes en una comunidad bajo una determinada presión de pastoreo pueden convertirse en subordinadas o desaparecer de la comunidad cuando la intensidad de pastoreo aumenta (Sternberg et al., 2000).

Cuando un pastizal se encuentra en un periodo sin pastoreo, la disponibilidad de agua se incrementa, pues las plantas más vigorosas penetran sus raíces a una mayor profundidad (Florez, 2005).

Por otro lado, la defoliación intensa y el pisoteo reducen la cobertura del estrato herbáceo y la capacidad de infiltración del suelo, e incrementan la proporción de suelo desnudo y la compactación (Villalobos, 2013, p.55).

Sin embargo, la vegetación de los bofedales que es postrada y en forma de almohadillas amortigua la compactación del suelo causada por el pastoreo (Zorogastúa-Cruz, et al., 2012).

Por tale motivos, se fundamenta que la relación entre carga animal y el estado de conservación del bofedal es negativa.

## **2.6 Hipótesis**

### **2.6.1 Hipótesis general**

El sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococho.

### **2.6.2 Hipótesis específicas**

- La condición del pastizal en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conococho.
- La producción de forraje en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conococho.
- La carga animal actual en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del bofedal Conococho.

## 2.7 Variables

### 2.7.1 Variables

Las variables del estudio son:

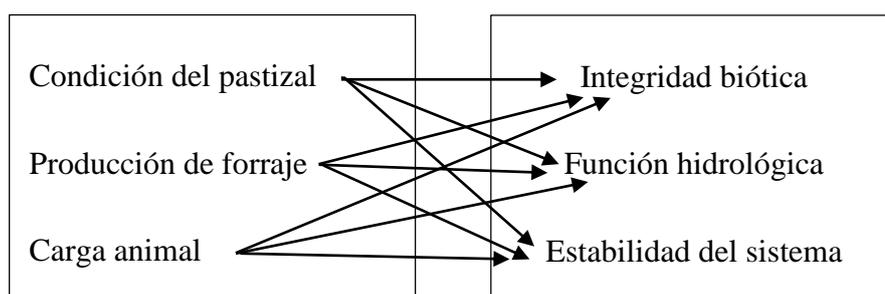
VI: Sobrepastoreo		VD: Estado de Conservación
Condición del pastizal	— <sup>-</sup> →	Integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del sistema
Producción de forraje	— <sup>-</sup> →	Integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del sistema
Carga animal	— <sup>-</sup> →	Integridad biótica, función hidrológica y estabilidad del sistema

Nota: VI = Variable independiente / VD = Variable dependiente

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.2 Relación entre variables

Se relacionará la variable independiente sobrepastoreo con la variable dependiente estado de conservación, como se muestra a continuación.



En la siguiente tabla se presentan los respectivos indicadores de las variables de estudio.

Tabla 2.1 Variable independiente y sus indicadores

<b>VI Sobrepastoreo</b>	<b>Indicadores</b>
Condición del pastizal	Índice de especies decrecientes (%)
	Índice forrajero (%)
	Índice de desnudez del suelo (%)
	Índice de vigor (%)
Producción de forraje	Disponibilidad de materia seca (kg/ha)
Carga animal	Carga animal actual (UA)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2 Variable dependiente y sus indicadores

<b>VD Estado de Conservación</b>	<b>Indicadores</b>
Integridad biótica	Riqueza de especies (S)
	Índice de diversidad (bits/indv)
	Especies con estatus de conservación (n°)
	Especies invasoras (%)
	Vigor (cm)
	Tendencia del pastizal (%)
Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)
	Calidad del agua (pH, C.E., STD)
Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)
	Cobertura vegetal (%)
	Materia orgánica (%)
	Carbono total (t C/ha)

Fuente: Elaboración propia

### 3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo, método y diseño de investigación

El desarrollo de la investigación empleó distintas fases en su proceso, desde la toma de datos hasta el análisis de resultados.

**Tipo de investigación:** Básico porque aporta conocimiento a partir de las teorías de análisis de las variables de estudio.

**Diseño:** No experimental porque no se manipula la variable independiente, no se generan condiciones.

**Nivel:** Explicativo porque establece una relación de causalidad entre la variable independiente y las variables dependientes.

**Alcance:** Correlacional porque la investigación medirá la relación negativa entre dos variables.

**Investigaciones mixtas:** En el proceso de desarrollo del trabajo de investigación se utilizaron métodos generales y particulares (cualitativos y/o cuantitativo) para la determinación de la cobertura y composición vegetal mediante el método de transecto lineal radial, métodos de corte y separación manual para la estimación de la producción de biomasa forrajera, análisis in situ de la calidad del agua con kit multiparámetro, análisis de laboratorio para la caracterización del suelo, estimación de índices agrostológicos y biológicos, entre otros.

**Método de observación directa:** Se realizó la observación directa del objeto de estudio, así como de las unidades de análisis, ya que no se realizó la manipulación de la variable independiente.

**Métodos generales:** Generación de información primaria en campo y uso de información secundaria obtenida en gabinete. Además, de los datos obtenidos durante el trabajo de campo, se obtuvieron resultados de laboratorio para la caracterización del suelo.

**Método para el análisis de la diversidad:** para evaluar la composición de la vegetación en cada unidad de muestreo se realizaron tres transectos lineales radiales de 30 m de longitud cada uno (Parker 1951; Arias, 1987; Siguayro, 2008; Pillaca, 2008), método utilizado para muchos estudios extensivos gracias a su rapidez y precisión. Se registraron un total de 100 lecturas con un anillo de censura de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro. La cobertura del suelo fue asignada a una de las siguientes categorías: especie vegetal, mantillo u hojarasca, musgo, suelo desnudo, roca o pavimento de erosión. Para el análisis cuantitativo se estimaron los siguientes índices: índice de Simpson (1-D), índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ ), diversidad beta ( $\beta$ ), índice de Equidad de Pielou (J) e índice de diversidad de Margalef (DMG), índice de similitud de Morisita (Krebs, 1989; Magurran, 2004).

**Método para la estimación de biomasa vegetal:** Para determinar la producción de biomasa por hectárea del área en estudio se utilizó el método de corte y separación manual de plantas (Flores, 1992), donde se realizaron cortes de pastos de manera aleatoria en cada transecto lineal, evaluada dentro de una cuadrícula de  $0.0225 \text{ m}^2$  al ras del suelo ( $0.15 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$ ). Los pesos fueron registrados inicialmente luego del trabajo de campo para obtener el peso de la materia verde y posteriormente se utilizó una estufa eléctrica a temperatura de  $65^\circ\text{C}$  por 48 horas con el propósito de hacer que las muestras de materia verde pierdan humedad a causa del calor, para obtener finalmente el peso de materia seca (Siguayro, 2008; Pillaca, 2008).

**Métodos para analizar la cantidad y calidad de agua:** Para conocer la disponibilidad hídrica se realizó la medición de caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) en zonas representativas mediante el método del flotador (ANA, 2016), cuyo cálculo se realizó al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V). Mediante el método químico aprobado por la APHA (American Public Health Association), con el apoyo de un kit multiparámetro debidamente calibrado y siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (ANA, 2016) se obtuvieron los resultados de los parámetros in situ como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos.

**Métodos para la caracterización del suelo:** Mediante el método gravimétrico y el método químico, de acuerdo con la clasificación natural de suelos de los Estados Unidos de América de 2014 y el Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos (D.S. N° 013-2010-AG) se tomaron muestras de suelos para el análisis de parámetros como: textura, salinidad, carbonatos, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y CIC. Las muestras fueron analizadas por el Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Método estadístico:** Para el análisis de pruebas de correlación de variables físicas y biológicas se utilizó el software PAST VERSIÓN 2.17, donde para la contrastación de las hipótesis se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Rho). Por otro lado, para el procesamiento de la información social se utilizó el software IBMS STATISTICS SPSS 25, donde para la contrastación de las hipótesis también se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Rho).

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Universo**

El bofedal Conococha tiene un área aproximada de 355.07 ha, la que fue calculada con el apoyo de imágenes satelitales (Google Earth, 2019) y corroborado con el trabajo de campo realizado. Está ubicado al sur de la ciudad de Huaraz; en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, departamento de Ancash.

### **3.2.2 Unidad de muestreo**

El tipo de muestreo aplicado fue del tipo aleatorio estratificado. Para el cálculo del número de transectos para la evaluación del bofedal se utilizó la ecuación del tamaño mínimo de muestra de la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación (MINAM, 2015):

$$N = a + b(S)$$

Donde:

N = superficie total de la muestra (ha)

$S$  = superficie total a evaluar del área de estudio (ha)

$a = 5$

$b = 0.001$

De la fórmula se obtiene un total de 5.4 unidades de muestreo. Debido a que el área total del bofedal Conococha es de 355.07 ha, se determinaron en total 6 unidades muestrales (6 sitios de pastizal), en cada unidad se realizó una evaluación compuesta por 3 transectos radiales, dando un total de 18 transectos lineales para el análisis de la composición florística.

### **3.2.3 Población, sujetos de estudio**

Para complementar la investigación, es importante tener en cuenta la opinión y percepción de la población que se ubica próximo al área del bofedal. A partir de esta premisa, se realizaron encuestas a los pobladores que tienen uso directo o indirecto del bofedal (hombres y/o mujeres), donde se tomaron en cuenta las siguientes variables: el uso y manejo del bofedal, características de la actividad ganadera, aprovechamiento de los recursos naturales en la zona, importancia ambiental y sociocultural del bofedal, los bienes y servicios que ofrece este ecosistema, estrategias de manejo para su conservación, entre otros.

En este sentido, las unidades de análisis son los pobladores que viven alrededor del bofedal, o en su defecto a todos aquellos los que realizan actividades económicas cerca al área de estudio. Según información del Sistema Nacional de Información Geográfica – SAYHUIITE de la Presidencia del Consejo de Ministros indica que aproximadamente 20 familias se encuentran alrededor del bofedal. Sin embargo, con apoyo de imágenes satelitales (Google Earth) y por observación directa durante el trabajo de campo realizado se identificaron únicamente 6 estancias en los alrededores del bofedal.

A todos los pobladores de las estancias identificadas y/o pastores que se encontraban en el área de estudio, pertenecientes a la Comunidad Campesina de Huambo, se les realizó la encuesta y también entrevistas a profundidad a manera de conversación. Estos actores locales, están involucrados de manera directa con el uso de los recursos naturales de la zona de estudio.

Además, se realizó la aplicación de encuestas a los pobladores del Centro Poblado Conococha, que se encuentra a 350 m de distancia del bofedal, cuyos pobladores también pertenecen a la Comunidad Campesina de Huambo, que en su mayoría se dedican a las actividades comerciales, con la finalidad de tener una mayor representatividad en los resultados y porque representan el área de influencia indirecta de la zona de estudio, donde los actores directos se relacionan e intercambian o comercializan los recursos. Estas zonas son claves para entender las relaciones sociales, económicas y políticas, que mantienen directa e indirectamente a diferentes escalas (Zoomers, 1999; citado por Hoffmann, et al., 2014).

Por lo tanto, para obtener la opinión y percepción de la población que tiene uso directo o indirecto del bofedal Conococha, se realizaron en total 40 encuestas.

### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos del objeto de estudio se utilizaron los siguientes instrumentos, los que se detallan en cada ítem correspondiente:

- Hoja de censo de vegetación en el transecto al paso (**Anexo 3**).
- Ficha de campo (**Anexo 4**).
- Ficha de encuesta (**Anexo 5**).
- Resultados de laboratorio (**Anexo 6**).

### 3.3.1 Determinación de la integridad biótica

En cada unidad de muestreo se realizaron tres transectos lineales radiales de 30 m de longitud cada uno (Parker, 1951; Arias, 1987; Siguayro, 2008; Pillaca, 2008), para determinar la composición florística del bofedal, método utilizado para muchos estudios extensivos gracias a su rapidez y precisión. El tipo de muestreo fue aleatorio estratificado.

Se realizaron en total 6 unidades muestrales, cada una compuesta por 3 transectos radiales, dando un total de 18 transectos lineales.

El método consistió en instalar tres líneas rectas horizontales y transversales de 30 m. La disposición y distribución de las líneas horizontales siguió un orden definido respecto a la orientación y los puntos fijos, como se muestra en la siguiente figura. A lo largo de cada transecto lineal establecido sobre una cinta métrica extendida, se realizaron un total de 100 lecturas con un anillo censador de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro, cuyos contactos o pisadas se anotaron cada 30 cm a partir del punto cero, cuidando de colocar el anillo siempre en el mismo lado de la cinta todas las veces (Siguayro, 2008; Pillaca, 2008).

La cobertura del suelo fue asignada a una de las siguientes categorías: especie vegetal, mantillo u hojarasca, musgo, suelo desnudo, roca o pavimento de erosión.

Los datos de la composición florística fueron registrados en la hoja de censo de vegetación en el transecto al paso, que se adjunta en el **Anexo 3**.

La nomenclatura de las especies se basó en el Catálogo de Gimnospermas y Angiospermas de la Flora Peruana (Brako & Zarucchi, 1993), actualizado en la base de datos TROPICOS del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>).

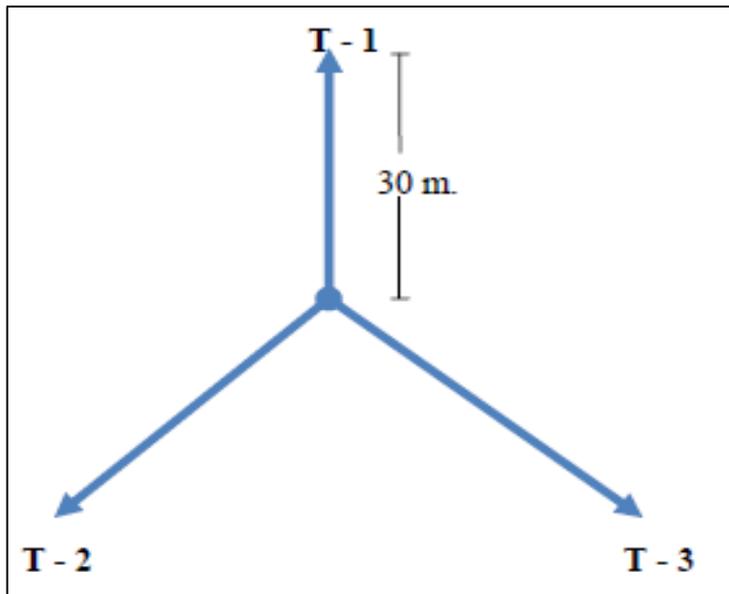


Figura 3-1: Unidad de muestreo – Transecto lineal radial

Fuente: Siguayro, 2008

Por otro lado, para determinar la tendencia del pastizal o dirección de la sucesión, se realizó la observación directa de la composición florística de cada sitio de pastizal evaluado.

### 3.3.2 Determinación de la función hidrológica

La evaluación fue realizada tanto en época húmeda (febrero, 2019) como en época seca (julio, 2019).

La función hidrológica del bofedal fue evaluada mediante dos indicadores: la calidad del agua y la disponibilidad de agua. Las estaciones de muestreo fueron establecidas en campo, según las condiciones propias del sitio y dependiendo de la existencia de cuerpos de agua cercanos a las unidades de muestreo de vegetación.

Con el apoyo de un kit multiparámetro debidamente calibrado y siguiendo el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos (ANA, 2016), se evaluó la calidad del agua en los bofedales. Los parámetros in situ evaluados fueron: temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos.

Los datos obtenidos fueron registrados en una ficha de campo, la que se adjunta en el **Anexo 4**.

### **3.3.3 Determinación de la estabilidad del sistema**

Según las características de la zona de estudio, donde los suelos de los bofedales son del tipo hidromórficos y de acuerdo con la clasificación natural de suelos de los Estados Unidos de América de 2014 y el Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos (D.S. N° 013-2010-AG) se realizaron 5 calicatas de muestreo de 1 m de ancho por 1.2 m de longitud.

El tipo de muestreo fue aleatorio estratificado, donde cada calicata fue ubicada en cada sitio de pastizal identificado. Debido a que la caracterización de los suelos no depende de la estacionalidad, el muestreo fue realizado únicamente en época seca (julio, 2019).

En las paredes de cada calicata se evaluó y describió el perfil del suelo por medio de sus capas u horizontes genéticos, los cuales son estratos más o menos paralelos a la superficie del terreno.

A cada estrato, se le asignó una o dos letras mayúsculas y en casos especiales un subíndice, según las características particulares que mostraba el horizonte, así como también números arábigos. Estos últimos, se utilizaron como sufijos para subdividir verticalmente las capas. La nomenclatura para nombrar a los estratos es la establecida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2014).

La división del perfil en capas se efectuó cuando se sentía un cambio en la consistencia del suelo al raspar este con la picota. Otras propiedades que ayudaron a esta delimitación fueron el color, textura y la presencia de fragmentos muy gruesos.

Las propiedades del perfil que se analizaron en campo fueron, según lo determinado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1993), textura, profundidad, color, estructura, presencia y cantidad de fragmentos muy gruesos, consistencia, raíces, límite de horizonte o capa, drenaje y permeabilidad. Luego se tomaron muestras de suelo de las capas y horizontes representativos para llevarlos al laboratorio y ser analizados.

Como características externas del suelo, se evaluaron la pendiente, relieve, erosión, vegetación, altitud y pedregosidad superficial.

Los datos obtenidos fueron registrados en una ficha de campo, la que se adjunta en el **Anexo 4**.

#### **3.3.4 Determinación de la condición del pastizal**

La evaluación agrostológica se realizó a través del método de transecto al paso (Florez, 2005), debido a que es un método que se aplica a tipo de hábitat evaluado. Entre sus ventajas son la rapidez en el levantamiento de información en campo que permite evaluar grandes extensiones en corto tiempo; además, es preciso porque considera variables como la densidad, composición de la vegetación, vigor de las especies deseables, grado de erosión del suelo, topografía, presencia del recurso agua, entre otros.

Se realizaron en total 6 unidades muestrales, cada una compuesta por 3 transectos radiales, dando un total de 300 puntos de evaluación por sitio de pastizal. El método consistió en el registro de vegetación por señalamiento o toques en un punto fijo con un anillo censador de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro en su proyección vertical. A lo largo de cada transecto lineal establecido sobre una cinta métrica extendida, se realizaron un total de 100 lecturas, cuyos contactos o pisadas se anotaron cada 30 cm a partir del punto cero, cuidando de colocar el anillo siempre en el mismo lado de la cinta todas las veces (Siguyro, 2008; Pillaca, 2008).

Los datos fueron registrados en la hoja de censo de vegetación en el transecto al paso, que se adjunta en el **Anexo 3**.

### **3.3.5 Determinación de la producción de forraje**

Para determinar la producción de biomasa por hectárea del área en estudio se utilizó el método de corte y separación manual de plantas (Flores, 1992), donde se realizaron cortes de pastos de manera aleatoria en cada transecto lineal.

Para la toma de muestras se establecieron 3 parcelas cuadradas (a, b y c), a los costados de cada transecto lineal de 30 m, los mismos que fueron establecidos para evaluar la composición florística del sitio, como se muestra en la siguiente figura. Con el apoyo de una pala recta se extrajeron tres muestras de cobertura vegetal de 0.0225 m<sup>2</sup> (0.15 m x 0.15 m), con su respectivo pan de tierra.

Con unas tijeras se procedió a cosechar al ras todas las especies de pastos y hierbas, simulando el corte a nivel de la superficie del suelo que hace el ganado al pastar libremente. Luego con una balanza digital se pesó el contenido en forma conjunta de cada una de las muestras, obteniendo así la materia verde disponible.

Para obtener la disponibilidad de materia seca, se utilizaron las muestras cosechadas de materia verde, las cuales fueron llevadas a una estufa eléctrica con una temperatura de 65°C durante 48 horas, con el propósito de que las muestras de materia verde pierdan humedad a causa del calor y poder obtener finalmente el peso de materia seca (Siguayro, 2008; Pillaca, 2008).

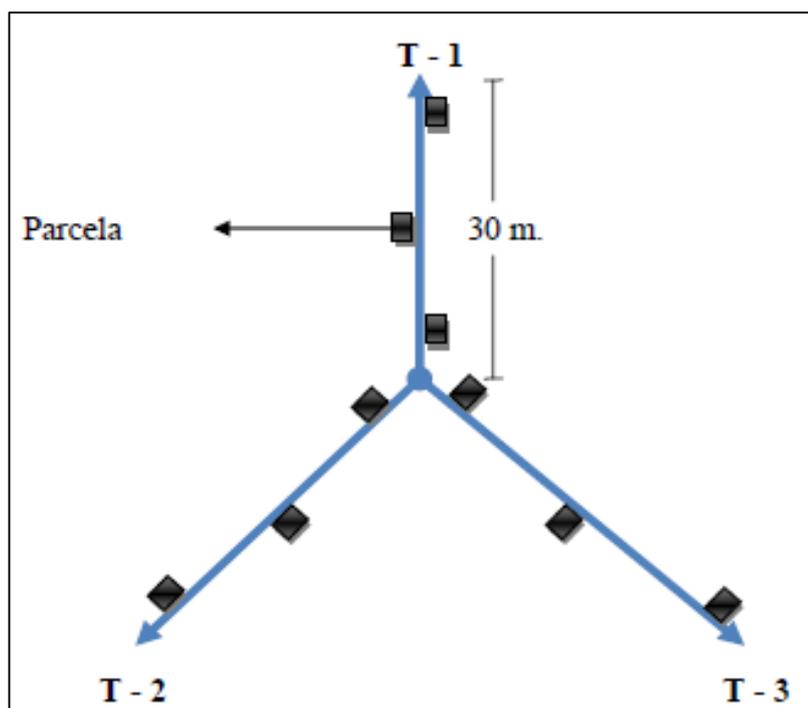


Figura 3-2: Unidad de muestreo – Distribución de cortes para forraje

Fuente: Siguyro, 2008

### 3.3.6 Estimación de la capacidad de carga animal

Las áreas de cada sitio de pastizal evaluado fueron estimadas con el apoyo de imágenes satelitales (Google Earth, 2019). La estimación de la capacidad de carga animal óptima fue estimada en base a los resultados obtenidos en la determinación de la condición del pastizal en base al método de transecto al paso (Florez, 2005),

Para determinar la carga animal actual en el bofedal se realizó la observación directa del objeto de estudio durante el trabajo de campo, obteniendo el conteo aproximado del N° de cabezas de ganado que hace uso del pastizal. Esta información fue también corroborada con los datos proporcionados por los pobladores encuestados.

### 3.3.7 Aplicación de encuestas a la población

Para obtener la opinión y percepción de la población que tiene uso directo o indirecto del bofedal Conococha, se realizaron en total 40 encuestas. Las encuestas fueron realizadas de manera personal, confidencial, interactiva y de fácil comprensión con cada uno de los pobladores, haciéndoles una breve presentación de los objetivos del estudio. Se tomaron en cuenta las siguientes variables: el uso y manejo del bofedal, características de la actividad ganadera, aprovechamiento de los recursos naturales en la zona, importancia ambiental y sociocultural del bofedal, los bienes y servicios que ofrece este ecosistema, estrategias de manejo para su conservación, entre otros.

Es importante indicar, que con apoyo de imágenes satelitales (Google Earth) y por observación directa durante el trabajo de campo realizado se identificaron únicamente 6 estancias en los alrededores del bofedal. A todos los pobladores de las estancias identificadas y/o pastores que se encontraban en el área de estudio, pertenecientes a la Comunidad Campesina de Huambo, se le realizó la encuesta y también entrevistas a profundidad a manera de conversación. Estos actores locales, están involucrados de manera directa con el uso de los recursos naturales de la zona de estudio. Además, se realizó la aplicación de encuestas a los pobladores del Centro Poblado Conococha, que se encuentra a 350 m de distancia del bofedal, cuyos pobladores también pertenecen a la Comunidad Campesina de Huambo, que en su mayoría se dedican a las actividades comerciales, con la finalidad de tener una mayor representatividad en los resultados y porque representan el área de influencia indirecta de la zona de estudio, donde los actores directos se relacionan e intercambian o comercializan los recursos. Estas zonas son claves para entender las relaciones sociales, económicas y políticas, que mantienen directa e indirectamente a diferentes escalas (Zoomers, 1999; citado por Hoffmann, et al., 2014).

Los datos obtenidos fueron registrados en un formato de encuesta, elaborado previamente, que se adjunta en el **Anexo 5**.

### **3.4 Descripción de procedimientos de análisis**

Para el análisis y procesamiento de resultados se utilizaron los siguientes instrumentos y técnicas de procesamiento, los que se detallan en cada ítem correspondiente:

- Google Earth
- Gráficos y diagramas
- Software: PAST VERSIÓN 2.17
- Software: IBMS STATISTICS SPSS 25
- Datos secundarios bibliografía y web bibliografía (recolectados por otros investigadores)
- Pruebas de correlación de variables y análisis estadístico de Prueba Rho de Spearman

#### **3.4.1 Determinación de la integridad biótica**

Para el análisis cuantitativo se estimaron los siguientes índices de diversidad, según lo recomendado en la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación (MINAM, 2015): índice de Simpson (1-D), índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ ), diversidad beta ( $\beta$ ), índice de Equidad de Pielou (J) e índice de diversidad de Margalef (DMG), índice de similitud de Morisita (Krebs, 1989; Magurran, 2004), los que se detallan a continuación.

La evaluación fue realizada tanto en época húmeda (febrero, 2019) como en época seca (julio, 2019). Para la obtención de resultados se utilizó Excel y el software: PAST VERSIÓN 2.17.

#### **Riqueza Específica (S)**

La riqueza específica se expresa a través de listas de especies registradas en las diferentes unidades evaluadas. La riqueza específica (S) es la forma más sencilla y más comparable de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes en un área determinada, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas.

## Abundancia y Cobertura

En cada unidad de muestreo y por tipo de formación vegetal se evaluó la cobertura vegetal en términos relativos (%) y en función de los resultados de cobertura se analizan las especies abundantes, comunes, frecuentes, ocasionales y raras.

### Índice de Simpson (1-D)

También conocido como índice de dominancia es usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Deriva de la teoría de probabilidades, y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos extracciones sucesivas al azar sin reposición. En principio esto constituye una propiedad opuesta a la diversidad.

El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Krebs, 1989). Este índice da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras. Los valores cercanos a cero corresponden a poblaciones homogéneas, mientras que valores cercanos a uno corresponden a poblaciones heterogéneas.

$$S_{i_D} = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2 = 1 - D_{Si}$$

Donde:

- $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### Índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ )

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Es la diversidad del hábitat homogéneo o dentro del hábitat. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

Este índice asume que los individuos son aleatoriamente muestreados de una población infinitamente grande. También asume que todas las especies están representadas, por lo que su uso debe realizarse con cuidado.

Permite complementar la caracterización de los tipos de vegetación resultantes del inventario y puede demostrar que en una misma unidad de análisis o tipo de vegetación pueden existir distintas comunidades vegetales. Asimismo, estos valores pueden ser uno de los indicadores para definir el estado de los ecosistemas.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde:

- $H'$  = índices de diversidad de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ ).
- $p_i$  = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Con la finalidad de analizar el índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ ), se interpretarán los resultados según 3 niveles, donde valores iguales o inferiores a 1.59 se consideran como de diversidad baja, valores entre 1.60 y 3.09 se consideran como de diversidad media y valores iguales o superiores a 3.10 se consideran como de diversidad alta, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3-1: Niveles de interpretación del índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ )

Valor (bits/individuo)	Nivel	Color
$\geq 3.10$	alto	
1.60 a 3.09	medio	
$\leq 1.59$	bajo	

Fuente: Elaboración propia

### Diversidad beta ( $\beta$ )

Se analizó mediante el índice de Whittaker (1960). Se refiere al recambio en la composición de especies al movernos de un sitio al otro y expresa la diversidad de hábitats, así como la amplitud de nicho de las especies. Por lo tanto, este índice mide cuántas especies se ganan y cuántas se pierden por cada estación de muestreo realizada en una localidad o ecosistema. Este recambio será mayor en zonas con mayor diversidad. A mayor recambio, mayor será la diversidad beta. Estudios de diversidad beta involucran generalmente gradientes ecológicos y/o ambientales. Es un concepto clave para entender el funcionamiento de los ecosistemas, para la conservación de la biodiversidad y para el manejo de los ecosistemas (Legendre et al., 2005).

### Índice de Equidad de Pielou (J)

Es una relación entre la diversidad observada y el valor máximo de diversidad esperada. Este valor está comprendido entre 0 y 1, de este modo el valor de 1 representa situaciones en donde todas las especies presentan la misma abundancia.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

- $J'$  = índice de equidad de Pielou.
- $H'_{\max} = \log_2(S)n(S)$ .
- $S$  = número de especies.
- $H'$  = es el valor del índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ )

### **Índice de Diversidad de Margalef ( $D_{MG}$ )**

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Magurran, 2004). Es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

Valores inferiores a 2 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad, mientras que valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

$$D_{MG} = \frac{S - 1}{1nN}$$

Donde:

- $S$  = número de especies.
- $N$  = número total de individuos.

### **Índice de Similitud de Morisita**

Permite determinar diferencias o semejanzas entre comunidades; es decir, que tan semejante es una localidad con respecto a otras. Este índice a diferencia de muchos otros es ventajoso porque es un índice basado en la abundancia de las especies, no está influido por el tamaño de muestra o riqueza. Sin embargo, es muy sensible a cambios en la abundancia de las especies dominantes (Ramírez, 2006). El índice varía de 0 (no hay similitud) a 1 (hay similitud).

Por otro lado, para la identificación de las especies florísticas con estatus de conservación se utilizaron dispositivos legales vigentes (nacionales e internacionales) como la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre en el Perú (D.S. N° 043-2006-AG), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2019) y Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN, 2019), como se muestra en la siguiente tabla.

Para la determinación de las especies endémicas se empleó el libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú (León et al., 2006) y publicaciones recientes sobre la flora peruana (Beltrán, 2008).

De igual manera, para la determinación de especies invasoras se realizó la revisión de bibliografía específica y se determinó mediante la lista de especies reportadas para el área de estudio y el método de observación directa en campo.

Tabla 3-2: Criterios categorización de especies amenazadas de flora

DS N° 043-2006-AG	UICN (2019)	CITES (2019)
	EX = Extinto	Apéndice I: Incluye todas las especies en peligro de extinción. Su comercio está restringido solo a casos excepcionales.
	EW = Extinto en Estado Silvestre	
CR = Peligro Crítico	CR = En Peligro Crítico	Apéndice II: Incluye especies que no están necesariamente bajo peligro de extinción, aunque están amenazadas. Su comercio debe controlarse para mantener su supervivencia.
EN = En Peligro	EN = En Peligro	
VU = Vulnerable	VU = Vulnerable	Apéndice III: Incluye a especies protegidas en al menos un país, el que ha solicitado a otros países suscriptores ayuda para controlar su comercio.
NT = Casi amenazado	NT = Casi Amenazado	
	LC = Preocupación Menor	
	DD = Datos Insuficientes	
	NE = No Evaluado	

Fuente: Elaboración propia

La información del vigor de las especies se recogió a lo largo de los sitios de pastizal evaluados, cada 10 pasos midiendo la altura de la canopia de la planta clave más próxima al punto del censo en centímetros.

Finalmente, para determinar la tendencia del pastizal o dirección de la sucesión, se utilizó el formato de determinación de tendencia propuesto por Flores (1992), la cual se basa en la observación directa de seis criterios en la composición florística del sitio, como se muestra a continuación:

- La presencia de plántulas o plantas jóvenes.
- La existencia de hojarasca o mantillo en el suelo, que representa la materia orgánica caída o la biomasa vegetal en leve estado de descomposición.
- La condición de la superficie del suelo, presencia de erosión (laminar o en cárcavas).
- Variedad de plantas perennes.
- El vigor de las plantas en términos de altura de la canopia de la planta.
- La abundancia relativa de malezas.

De manera cualitativa, si se responde sí a todas las preguntas, la tendencia del pastizal está mejorando, si se responde no a todas las preguntas la tendencia del pastizal está declinando, mientras que si se responde sí a la mitad y no a la otra mitad, la tendencia del pastizal se mantiene estable.

De manera cuantitativa, un promedio de los resultados por encima del 50% indica una tendencia positiva, un promedio igual al 50% representa una tendencia estable, mientras que un promedio por debajo del 50% indica una tendencia negativa.

Los datos de tendencia del pastizal fueron registrados en la hoja de censo de vegetación en el transecto al paso, que se adjunta en el **Anexo 3**.

### 3.4.2 Determinación de la función hidrológica

Para conocer la disponibilidad hídrica se realizó la medición de caudal ( $m^3/s$ ) en zonas representativas mediante el método del flotador (ANA, 2016), cuyo cálculo se realizó al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

Donde:

$$Q = V * A$$

- Q = caudal ( $m^3/s$ )
- V = velocidad obtenida (m/s).
- A = área de la sección transversal ( $m^2$ ).

Para la medición de la velocidad (V):

- Se seleccionó un tramo homogéneo.
- Se estimó una longitud apropiada que represente el espacio recorrido por el flotador que varía según el caudal y tamaño del recurso.
- Se contó con el apoyo de un flotador visible.
- Se inició la operación lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado.
- Se estimó el tiempo utilizado por el flotador en completar el espacio seleccionado.
- Se realizaron 3 mediciones en cada zona para descartar valores errados, lo que permite obtener un valor constante.
- La unidad de medida es en m/s.

Para la medición de la sección transversal (A):

- Se extendió una cinta métrica entre ambas orillas para medir la longitud.
- Se midieron las profundidades a lo largo del cauce tomando como referencia la cinta métrica.

- Se estimó el área de la sección transversal en m<sup>2</sup>.

Por otro lado, los resultados de la medición de los parámetros in situ evaluados (temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos), fueron obtenidos directamente con apoyo de un kit multiparámetro debidamente calibrado. Estos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), aprobados el 7 de junio de 2017, para las siguientes categorías según la R.J. N°056-2018-ANA:

- Categoría 3, Riego de vegetales y bebida de animales:
  - D1: Parámetros para riego de vegetales (agua para riego restringido y no restringido).
  - D2: Parámetros para bebida de animales.
- Además, debido a que las estaciones de muestreo se encuentran cercanas a la Laguna Conococha, los resultados también fueron comparados con la Categoría 4, Conservación del ambiente acuático:
  - E1: Lagunas y lagos

### **3.4.3 Determinación de la estabilidad del sistema**

En cada muestra de suelo se analizaron parámetros como: textura, salinidad, carbonatos, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y CIC. Las muestras fueron analizadas por el Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Las muestras de suelo antes de ser analizadas fueron secadas al aire, molidas para desterronar los agregados y tamizadas a través de un cernidor de malla de 2 mm. El suelo que pasó por el tamiz es llamado tierra fina seca al aire (TFSA), y comprende las fracciones minerales (partículas de arena, limo y arcilla) y orgánica. La TFSA de cada horizonte se analizó en el laboratorio, llevándose a cabo los siguientes métodos de análisis.

Tabla 3-3: Metodología de análisis de suelos

Análisis	Método
Textura	Hidrómetro
Conductividad eléctrica	Lectura del extracto de relación suelo-agua 1:1
Reacción o pH	Potenciométrico
Calcáreo total (Carbonatos)	Gasovolumétrico
Materia Orgánica	Walkley & Black
Fósforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Extractor Acetato de Amonio 1N pH 7,0
Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de Amonio 1N pH 7,0
Bases cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio)	Determinaciones en extracto amónico Espectrofotometría de absorción atómica
Acidez cambiante	Cloruro de Potasio 1N

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2019

Además, en base a los resultados de la caracterización de los suelos se estimó la cantidad de carbono almacenado a partir de los resultados obtenidos del % materia orgánica, según la Guía metodológica de la investigación de la contaminación del suelo de la Sociedad Pública de Gestión Ambiental (IHOBE, 1998) y Mendrano et al., 2012, como se muestra a continuación.

### Porcentaje de carbono

$$\% C = \% M.O * K_i$$

Donde:

- % C = porcentaje de carbono.
- % M.O = porcentaje de materia orgánica (según el método Walkey & Black (1934), obtenida por el laboratorio).
- $K_i = 1.72$  (constante correspondiente al contenido medio de carbono en la materia orgánica, según la Guía metodológica de la investigación de la contaminación del suelo de la Sociedad Pública de Gestión Ambiental (IHOBE, 1998)).

### **Peso del suelo**

$$Ps = V * Dap$$

Donde:

- Ps = peso del suelo (kg)
- V = volumen del suelo (m<sup>3</sup>), se utilizó como dato 2,000 m<sup>3</sup> que equivale a (100 m x 100 m x 0.2 m)
- Dap = densidad aparente del suelo. En suelos orgánicos la Dap varía de 100 a 600 kg/m<sup>3</sup>, se utilizó como dato el promedio (350 kg/m<sup>3</sup>)

### **Carbono total**

$$C = Ps * \%C$$

Donde:

- C = carbono total capturado t C / ha.
- Ps = peso del suelo (t)
- % C = porcentaje de carbono.

Por otro lado, la cobertura y disposición espacial de las manchas de vegetación perenne pueden proporcionar información valiosa sobre el funcionamiento del paisaje, permitiendo establecer las principales bases estructurales de la vegetación.

La cobertura vegetal es una de las medidas de abundancia, dentro de la estructura horizontal, y es definida como la porción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos (Matteucci & Colma, 1982), por lo general se expresa como porcentaje.

Una cobertura de 100% implica que el área está cubierta en su totalidad, valores mayores al 100% corresponden a áreas donde la vegetación tiene más de un estrato; es decir, existe sobreposición de cobertura, mientras que un valor menor significará que existen espacios no cubiertos de vegetación. Este último caso permite determinar el grado y los signos de erosión en el área de estudio.

#### **3.4.4 Determinación de la condición del pastizal**

Durante la evaluación se consideraron las siguientes características de la cobertura vegetal del suelo, según la metodología planteada por Florez (2005) y utilizada en diversas investigaciones como Siguyro (2008), Pillaca (2008), Maldonado (2010), entre otros:

- Vegetación herbácea perenne: cuando la corona de la raíz o parte de ella se encuentra dentro del anillo. Se registra la especie con una clave de cuatro a cinco letras.
- Mantillo (M): cuando más de la mitad del anillo es cubierto por materia orgánica o estiércol.
- Musgo (L): cuando ocurre en más de la mitad del anillo.
- Suelo desnudo (S): suelo sin vegetación.
- Roca (R): cuando más de la mitad del anillo es cubierto por roca que es más grande que el anillo.
- Pavimento de erosión (P): cuando más de la mitad del anillo es cubierto por pequeñas partículas de suelo o piedras pequeñas dentro del anillo. Las especies anuales deben ser registradas como mantillo.

En gabinete se realizó el procesamiento de datos, con el cual se determinó el promedio de especies decrecientes, índice forrajero, suelo, roca, pavimento de erosión y vigor de las especies escogidas representativas para cada especie animal de pastoreo.

La clasificación de la condición de los pastizales se realizó teniendo en cuenta que, para cada sitio o subtipo de vegetación, la valoración está en razón directa a la composición florística que posee y a la especie animal de pastoreo, para la cual se determina la condición de pastizal, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Especies deseables (D): son importantes de acuerdo con su deseabilidad por los animales y relativamente importantes en la condición clímax del sitio de pastizal. Estas especies tienden a declinar en abundancia y/o vigor, a medida que el aspecto ecológico del pastizal está siendo alterado.
- Especies poco deseables (PD): son especies secundarias que aumentan inicialmente a medida que las especies decrecientes comienzan a declinar o desaparecer, pero tienden a decrecer a partir de un cierto punto en que las especies invasoras o indeseables comienzan a incrementar.
- Especies indeseable (I): son plantas que no se encuentran presentes en la condición clímax del pastizal. En la práctica, pocas especies están en esta categoría. Estas plantas muchas veces son indicadoras de alteraciones o perturbación de la asociación vegetal o del sitio en el pastizal.

Las condiciones de los sitios de pastizal en el área de estudio se determinan en base a la información obtenida en los censos de vegetación, utilizando la metodología descrita por Florez (2005) y utilizada en diversas investigaciones como Siguyro (2008), Pillaca (2008), Maldonado (2010), entre otros, presentando cuatro índices para efectuar la clasificación de condición del pastizal:

- Índice de especies decrecientes (ED): este índice indica el porcentaje de todas las especies decrecientes (deseables o de mayor palatabilidad) que se encuentran en la asociación vegetal y su importancia es de primer orden en la clasificación de un pastizal. Se calcula sumando los porcentajes de las especies decrecientes, obtenidas en cada sitio de pastizal evaluado.
- Índice forrajero (IF): el índice forrajero se obtiene sumando los porcentajes de las especies deseables (D), especies poco deseables (PD) y especies indeseables (I) encontrados en cada sitio de pastizal evaluado.

- Índice de desnudez del suelo (ID): es el porcentaje de las observaciones obtenidas de suelo desnudo (D), roca (R) y pavimento de erosión (P). Este índice constituye un indicador indirecto de la cobertura del suelo y su grado de erosión. Para determinar este índice, se suman los porcentajes de D, R y P observados en los sitios de pastizal evaluados.
- Índice de vigor (IV): para este índice se consideraron las especies vegetales indicadoras de vigor. Se usa como un patrón de medida de altura de la especie clave en su condición de óptimo desarrollo bajo las mejores condiciones del medio. Asignado a esta dimensión el valor de 100, se compara porcentualmente las alturas halladas en el campo, en referencia a cada sitio de pastizal evaluado según la metodología planteada por Florez (2005) y utilizada en diversas investigaciones como Siguayro (2008), Pillaca (2008), Maldonado (2010), entre otros. Una vez recolectada la información de campo, se procedió a calcular el vigor hallando el promedio de las medidas de la planta clave. Se definió como el porcentaje de la altura máxima de dicha especie en una condición clímax. Su cálculo se muestra en la siguiente fórmula:

$$Vigor = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n h}{n}}{H} \times 100 \%$$

Donde:

- Vigor = vigor de la planta clave (%).
- n = número de datos.
- h = altura de la planta clave.
- H = altura máxima de la planta clave en condición clímax.

Para calificar la condición del sitio, se debe tener los valores reales de los cuatro índices, cuyos puntajes referenciales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3-4: Índices para la clasificación de la condición de pastizal

Índice de Especies Decrecientes (ED)		Índice Forrajero (IF)	
% Especies decrecientes	Puntaje (0.5 valor por punto)	% Índice forrajero	Puntaje (0.2 valor por punto)
70 – 100	35.0 – 50.0	90 – 100	18.0 – 20.0
40 -69	20.0 – 34.5	70 -89	14.0 – 17.8
25 -39	12.5 – 19.5	50 -69	10.0 – 13.8
10 – 24	5.0 – 12.0	40 – 49	8.0 – 9.8
0 -9	0.0 – 4.5	39 o menos	0.0 – 7.8
Índice Desnudez del Suelo (ID)		Índice de Vigor (IV)	
% Índice ISRP	Puntaje (0.2 valor por punto)	% Índice de Vigor	Puntaje (0.1 valor por punto)
0 – 10	18.0 – 20.0	80 - 100	8.0 – 10.0
11 – 30	14.0 – 17.0	60 - 79	6.0 – 7.9
31 – 50	10.0 – 13.8	40 – 59	4.0 – 5.9
51 – 60	8.0 – 9.8	20 – 39	2.0 – 3.39
61 o más	0.0 – 7.8	Menos de 20	0.0 - 1.9

Fuente: Florez (2005)

La columna del índice se obtiene con los datos obtenidos del trabajo de campo, mientras que la columna de puntaje refleja el número que representa luego de su multiplicación por el puntaje correspondiente. Es así, que se determinan los porcentajes para cada índice y se procede a obtener los principales puntajes de cada uno de ellos, para sumarlos y hallar de este modo el puntaje total que tiene cada sitio de pastizal evaluado. Con este puntaje, se obtiene la condición del pastizal, expresada en la sumatoria de los respectivos índices, como se muestra en la siguiente fórmula.

$$\text{PUNTAJE} = 0.5 (\% \text{ ED}) + 0.2 (\% \text{ IF}) + 0.2 (\% \text{ ID}) + 0.1 (\% \text{ IV})$$

De acuerdo con los puntajes obtenidos, se clasifican en las siguientes clases de condición de pastizal:

- Excelente: son sitios protegidos, mantenidos o preservados, donde predominan especies perennes decrecientes o deseables. Su valor acumulado se encuentra entre 81 y 100 puntos de su condición.
- Buena: son sitios manejados adecuadamente, donde predominan especies perennes y anuales decrecientes o deseables para el ganado. Su valor acumulado se encuentra entre 61 y 80 puntos de su condición.

- Regular: son sitios en estado de tendencia retrogresiva, constituido por hierbas perennes y gramíneas anuales. Su valor acumulado se encuentra entre los 41 y 60 puntos de su condición.
- Pobre: son sitios dominados por especies vegetales invasoras perennes y anuales, plantas indeseables, el vigor de las especies deseables es bajo y la erosión se activa por falta de cobertura vegetal, y su valor acumulado se encuentra entre 21 y 40 puntos de su condición.
- Muy Pobre: son sitios muy degradados, su valor acumulado se encuentra entre 0 y 20 puntos de su condición.

Tabla 3-5: Determinación de la condición del pastizal (%)

Puntaje total (%)	Condición del pastizal	Color
81 a 100	Excelente	
61 a 80	Buena	
41 a 60	Regular	
21 a 40	Pobre	
0 a 20	Muy pobre	

Fuente: Florez (2005)

Es importante indicar, que la condición de pastizal se estimó de manera general para el ganado doméstico que hace uso del pastizal (vacunos, ovinos o alpacas).

### 3.4.5 Determinación de la producción de forraje

Con el apoyo de una balanza digital se pesó el contenido en forma conjunta de cada una de las muestras de los sitios de pastizal evaluados, obteniendo así el peso materia verde y seca en gramos. Con apoyo del Excel, se hicieron las respectivas conversiones, de gramos a kilogramos y de gramos por metros cuadrados a kilogramos por hectáreas. Es importante indicar, que la producción de forraje representa finalmente el contenido en materia seca disponible, esto debido a variabilidad en el contenido de humedad de la materia verde. En ese sentido, los resultados de materia verde son utilizados únicamente de manera cualitativa, ya que para obtener el resultado de materia seca, se debe obtener primero el de la materia verde.

### 3.4.6 Estimación de la capacidad de carga animal

La capacidad de carga animal óptima para el pastoreo de vacunos, ovinos o alpacas por hectárea/año, se estimó utilizando la metodología planteada por Florez (2005), y utilizada en diversas investigaciones como Siguyayro (2008), Pillaca (2008), Maldonado (2010), entre otros, la cual consiste en comparar la condición de cada sitio de pastizal con la carga animal recomendada para cada tipo de condición. Con estos datos y conocimiento del área del sitio de pastizal, se puede determinar la capacidad de carga total, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3-6: Carga animal óptima según condición de pastizal (ha/año)

Condición	Vacunos 1.0 UA	Ovinos 0.2 UA	Alpacas 0.30 UA
Excelente	1.0	4.0	2.7
Buena	0.75	3.0	2.0
Regular	0.38	1.5	1.0
Pobre	0.13	0.5	0.33
Muy pobre	0.07	0.25	0.17
Deteriorante	0.0	0.0	0.0

Fuente: Florez (2005)

Para determinar la soportabilidad óptima de vacunos, ovinos o alpacas por hectárea/año, se calculó multiplicando el área de cada sitio de pastizal evaluado en hectáreas por la carga recomendable para cada uno.

Para ajustar o transformar la capacidad de carga en número de vientres animales que un sitio de pastizal es capaz de albergar, se utilizó el Factor de Ajuste de Carga (FAC), para cada especie animal que hace uso del pastizal; siendo 1.6 para vacunos, 2 para ovinos y 2.3 para alpacas, según la metodología descrita por Flores (2009) y utilizada también por Alegría (2013). El cálculo del número de vientres se realizó en base a la siguiente fórmula.

$$\text{Número de Vientres (UA)} = \frac{\text{Unidad Animal Mes (UAM)}}{\text{Factor de Ajuste de Carga (UAM/Madre)}}$$

Por otro lado, para determinar la carga animal actual, que también equivale a la demanda actual de forraje en el bofedal, se realizó la observación directa del objeto de estudio durante el trabajo de campo, obteniendo el conteo aproximado del N° de cabezas de ganado que hace uso del pastizal, resultados que además fueron corroborados con los datos proporcionados por los pobladores encuestados. En ese sentido, para poder realizar el análisis del balance forrajero se llevaron los valores de oferta y demanda de forraje de unidad animal vacuno (UAV) y unidad animal alpaca (UAA) hacia unidad anual ovino (UAO), para poder tener toda la carga en un mismo tipo de animal, a través de las equivalencias ganaderas recomendadas por Florez (2005), donde:

- 1 vaca = 1 UA
- 5 ovinos = 1 UA
- 4 alpacas = 1 UA

Por lo tanto, el Factor de Conversión (UAO) para cada especie animal que hace uso del pastizal; fue de 4 para vacunos, 1 para ovinos y 1.5 para alpacas.

La oferta de forraje se calculó en función a la capacidad de carga óptima, de acuerdo con la condición de los pastizales y el número de hectáreas de cada sitio de pastizal evaluado, de la misma manera que la soportabilidad óptima; sin embargo, esta fue estimada en unidades ovinos para una mejor comparación con los resultados de la demanda de forraje.

Con la diferencia entre la oferta y la demanda de forraje se obtuvo el balance forrajero, con el que se determinará la existencia o no de sobrepastoreo en el área de estudio.

### **3.4.7 Aplicación de encuestas a la población**

Para la obtención de resultados se utilizó Excel y el software: IBMS STATISTICS SPSS 25.

## 4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Parámetros meteorológicos

Para determinar el periodo de muestreo en el bofedal Conococha, se realizó un análisis histórico de los resultados de los principales parámetros meteorológicos (temperatura y precipitación) en la estación meteorológica más cercana al área de estudio.

La estación meteorológica Chiquián se encuentra ubicada a 12 km del área de estudio, en el Distrito de Chiquián, Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash, en las coordenadas UTM (WGS 84): 264,417 E / 8'877,211 N a una altitud de 3350 msnm.

Esta estación cuenta con registros de temperatura (°C) desde 1964 hasta 1975 y desde 1987 hasta el 2015, sobre la base de estos registros se han determinado las temperaturas mensuales máximas, mínimas y promedios, como se muestra a continuación.

Tabla 4-1: Temperatura media mensual (°C) en la estación Chiquián

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
1964	11.4	11.3	11.3	11.8	11.8	11.3	11.2	11.7	12.0	11.9	11.9	11.6	11.6
1965	11.0	11.3	11.1	10.7	11.5	11.7	11.3	11.3	12.0	12.1	12.2	12.0	11.5
1966	12.2	11.8	11.5	11.5	11.1	10.0	10.9	11.6	11.9	10.5	11.0	10.2	11.2
1967	10.5	9.6	9.8	10.8	11.0	9.7	10.1	11.2	11.8	10.9	11.1	11.7	10.7
1969	11.5	11.4	11.4	11.9	11.9	11.4	11.3	11.8	12.1	12.0	12.0	11.7	11.7
1970	10.7	11.5	11.2	11.5	10.6	11.1	10.3	11.6	11.3	11.5	10.8	10.9	11.1
1971	10.1	9.8	10.1	10.5	10.3	10.1	9.7	9.9	11.2	11.0	11.3	10.2	10.4
1973	12.1	11.7	11.5	11.4	11.7	11.1	10.1	10.8	11.6	11.2	11.6	9.7	11.2
1974	9.6	8.3	9.5	10.9	11.2	10.4	10.8	11.0	10.7	11.5	12.3	11.6	10.7
1975	10.9	10.5	10.5	11.1	10.8	10.9	10.4	10.9	11.1	11.8	11.2	10.7	10.9
1987	12.8	12.7	12.7	13.2	13.3	12.7	12.6	13.1	13.4	13.4	13.3	13.0	13.0
1988	12.0	12.8	12.7	12.3	13.4	12.6	12.6	12.9	12.9	12.8	12.9	12.6	12.7
1989	12.4	12.2	11.9	12.6	13.2	13.1	13.1	13.0	13.7	12.3	12.8	13.3	12.8
1990	12.9	12.4	12.8	13.1	13.4	13.1	12.9	13.2	12.9	12.6	13.0	13.0	12.9
1991	13.1	13.2	13.3	13.5	13.4	13.3	12.7	13.3	13.4	13.2	13.3	13.4	13.3

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>
1992	13.7	13.5	13.7	13.9	13.5	13.2	12.7	13.1	13.3	13.1	13.0	12.7	13.3
1993	12.6	13.0	12.3	12.6	12.9	13.3	13.1	13.7	13.4	13.1	12.8	12.4	12.9
1994	11.7	11.6	11.7	12.6	13.0	12.1	11.9	12.5	12.7	13.8	13.4	13.4	12.5
1995	12.9	12.2	11.9	12.7	12.6	12.3	12.2	12.5	13.3	12.8	12.7	12.6	12.6
1996	10.8	11.5	11.4	11.9	12.3	11.3	11.4	12.3	13.7	13.2	12.8	12.5	12.1
1997	12.6	12.5	12.5	13.0	13.1	12.5	12.4	12.9	13.2	13.1	13.1	12.8	12.8
1998	13.1	13.0	13.1	13.9	13.7	12.7	12.6	12.6	12.9	12.9	12.4	12.2	12.9
1999	11.5	10.8	10.8	12.3	12.1	11.2	11.1	12.7	12.4	12.7	12.2	11.4	11.8
2000	10.9	11.0	11.1	12.1	11.9	11.7	11.3	12.8	12.4	13.1	12.4	12.3	11.9
2001	12.1	12.0	12.0	12.5	12.5	12.0	11.9	12.4	12.7	12.6	12.6	12.3	12.3
2002	12.8	11.8	12.4	12.5	13.3	12.1	11.7	12.6	12.1	12.0	12.6	12.3	12.4
2003	11.9	12.0	11.6	12.3	12.2	11.2	11.6	12.1	12.4	12.6	12.9	12.6	12.1
2004	12.0	12.3	12.3	12.2	12.3	11.2	11.0	11.1	12.2	12.2	12.2	12.5	12.0
2005	12.3	13.0	12.4	12.9	13.0	12.0	11.5	12.7	12.8	12.5	12.1	11.9	12.4
2006	12.3	12.0	11.8	12.1	11.7	12.1	12.5	12.4	12.5	12.5	12.1	12.0	12.2
2007	12.5	12.5	11.8	12.4	11.8	11.3	11.3	11.9	13.2	12.9	12.8	12.2	12.2
2008	12.4	11.5	12.2	11.9	11.7	11.6	10.9	11.9	12.6	12.4	12.7	12.4	12.0
2009	12.0	12.0	12.2	12.3	12.5	12.0	12.5	11.9	12.9	12.6	12.8	12.5	12.4
2010	9.7	9.6	9.6	9.9	10.0	9.6	9.5	9.8	10.1	10.1	10.0	9.8	9.8
2011	9.4	9.3	9.3	9.6	9.7	9.3	9.2	9.5	9.8	9.8	9.7	9.5	9.5
2012	10.7	10.6	10.7	11.1	11.1	10.7	10.5	10.9	11.2	11.2	11.1	10.9	10.9
2013	10.3	10.1	10.2	10.5	10.6	10.2	10.1	10.4	10.7	10.7	10.6	10.4	10.4
2014	12.3	12.2	12.2	12.7	12.7	12.2	12.1	12.6	12.9	12.8	12.8	12.5	12.5
2015	11.5	11.4	11.4	11.9	11.9	11.4	11.3	11.8	12.1	12.0	12.0	11.7	11.7
Promedio	11.7	11.6	11.6	12.0	12.1	11.6	11.4	12.0	12.3	12.2	12.2	11.9	11.9
Máxima	13.7	13.5	13.7	13.9	13.7	13.3	13.1	13.7	13.7	13.8	13.4	13.4	13.3
Mínima	9.4	8.3	9.3	9.6	9.7	9.3	9.2	9.5	9.8	9.8	9.7	9.5	9.5

Fuente: SENAMHI

Los valores de la temperatura media mensual (°C) en la estación Chiquián, varían entre 9.5 a 13.3 °C, donde la temperatura promedio mensual multianual es de 11.9 °C.

En la siguiente figura se presenta el comportamiento de la temperatura mensual en la estación Chiquián, donde se observa que las temperaturas más altas para la región se registran entre los meses de marzo a mayo y entre agosto a octubre. En el caso de las temperaturas más bajas, estas se registran entre los meses de diciembre a febrero.

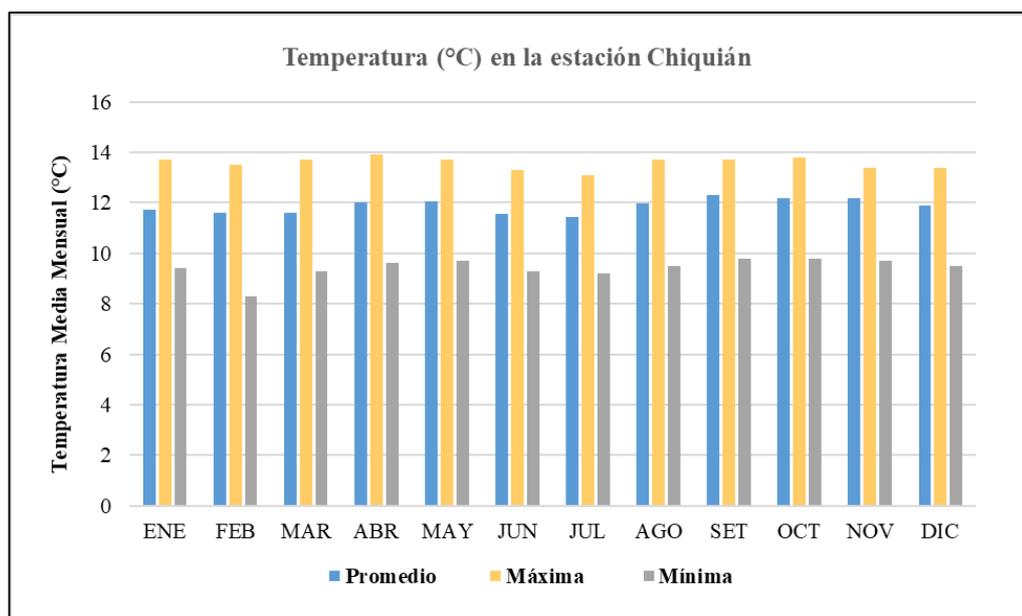


Figura 4-1: Temperatura media, máxima y mínima (°C) en la estación Chiquián

Fuente: Elaboración propia en función a SENAMHI

Por otro lado, la estación Chiquián cuenta con registros de precipitación (mm) desde 1981 hasta el 2015, sobre la base de estos registros se ha determinado la precipitación total mensual y la precipitación mensual multianual, como se muestra a continuación.

Tabla 4-2: Precipitación total mensual (mm) en la estación Chiquián

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1981	124.4	141.3	138.0	56.6	12.5	2.4	0.8	4.1	12.8	43.6	53.8	83.7	674.0
1982	78.1	88.8	86.7	35.5	7.8	1.5	0.5	2.6	8.0	27.4	33.8	52.6	423.3
1983	51.9	58.9	57.5	23.6	5.2	1.0	0.3	1.7	5.3	18.2	22.4	34.9	280.9
1984	119.1	135.3	132.1	54.1	11.9	2.3	0.8	3.9	12.3	41.7	51.5	80.1	645.1
1985	129.2	146.8	143.3	58.8	13.0	2.4	0.9	4.2	13.3	45.3	55.9	86.9	700.0
1986	88.7	100.8	98.4	40.3	8.9	1.7	0.6	2.9	9.1	31.1	38.4	59.7	480.6
1987	84.5	96.0	93.7	38.4	8.5	1.6	0.6	2.8	8.7	29.6	36.5	56.8	457.7
1988	118.7	134.9	131.7	54.0	11.9	2.2	0.8	3.9	12.2	41.6	51.3	79.9	643.1
1989	137.0	155.6	151.9	62.3	13.7	2.6	0.9	4.5	14.1	48.0	59.2	92.1	741.9
1990	92.1	104.6	102.2	41.9	9.2	1.7	0.6	3.0	9.5	32.3	39.8	61.9	498.8
1991	120.3	136.7	133.4	54.7	12.1	2.3	0.8	3.9	12.4	42.1	52.0	80.9	651.6
1992	54.9	62.3	60.9	24.9	5.5	1.0	0.4	1.8	5.6	19.2	23.7	36.9	297.1
1993	210.2	238.8	233.1	95.5	21.1	4.0	1.4	6.9	21.6	73.6	90.8	141.3	1138.3
1994	151.5	172.1	168.1	68.9	15.2	2.9	1.0	5.0	15.6	53.1	65.5	101.9	820.8
1995	116.5	132.4	129.2	53.0	11.7	2.2	0.8	3.8	12.0	40.8	50.4	78.4	631.2
1996	130.5	148.2	144.7	59.3	13.1	2.5	0.9	4.3	13.4	45.7	56.4	87.8	706.8

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
1997	119.4	135.6	132.4	54.3	12.0	2.3	0.8	3.9	12.3	41.8	51.6	80.3	646.7
1998	152.1	172.8	168.7	69.2	15.2	2.9	1.0	5.0	15.7	53.3	65.8	102.3	824.0
1999	146.0	165.9	161.9	66.4	14.6	2.8	1.0	4.8	15.0	51.1	63.1	98.2	790.8
2000	148.6	168.8	164.8	67.6	14.9	2.8	1.0	4.9	15.3	52.1	64.2	100.0	805.0
2001	188.6	214.3	209.2	85.7	18.9	3.6	1.3	6.2	19.4	66.1	81.5	126.8	1021.6
2002	160.2	182.0	177.7	72.8	16.1	3.0	1.1	5.3	16.5	56.1	69.3	107.7	867.8
2003	102.6	116.6	113.8	46.6	10.3	1.9	0.7	3.4	10.6	35.9	44.4	69.0	555.8
2004	100.7	114.4	111.7	45.8	10.1	1.9	0.7	3.3	10.4	35.3	43.5	67.7	545.5
2005	99.1	112.6	109.9	45.1	9.9	1.9	0.7	3.3	10.2	34.7	42.8	66.6	536.8
2006	145.3	165.1	161.1	66.0	14.6	2.8	1.0	4.8	15.0	50.9	62.8	97.7	787.1
2007	105.6	120.0	117.2	48.0	10.6	2.0	0.7	3.5	10.9	37.0	45.7	71.0	572.2
2008	119.5	135.8	132.6	54.3	12.0	2.3	0.8	3.9	12.3	41.9	51.7	80.4	647.5
2009	135.9	154.4	150.7	61.8	13.6	2.6	0.9	4.5	14.0	47.6	58.7	91.4	736.1
2010	101.3	115.1	112.4	46.1	10.2	1.9	0.7	3.3	10.4	35.5	43.8	68.1	548.8
2011	122.7	139.4	136.1	55.8	12.3	2.3	0.8	4.0	12.6	43.0	53.0	82.5	664.5
2012	144.6	164.2	160.3	65.7	14.5	2.7	1.0	4.7	14.9	50.6	62.5	97.2	782.9
2013	174.6	198.4	193.7	79.4	17.5	3.3	1.2	5.7	18.0	61.2	75.5	117.4	945.9
2014	181.9	206.6	201.7	82.7	18.2	3.4	1.2	6.0	18.7	63.7	78.6	122.3	985.0
2015	99.9	113.5	110.8	45.4	10.0	1.9	0.7	3.3	10.3	35.0	43.2	67.2	541.2
Promedio	124.5	141.4	138.0	56.6	12.5	2.4	0.8	4.1	12.8	43.6	53.8	83.7	674.2
Máximo	210.2	238.8	233.1	95.5	21.1	4.0	1.4	6.9	21.6	73.6	90.8	141.3	1138.3
Mínimo	51.9	58.9	57.5	23.6	5.2	1.0	0.3	1.7	5.3	18.2	22.4	34.9	280.9
Desv. Est.	35.1	39.9	38.9	15.9	3.5	0.7	0.2	1.2	3.6	12.3	15.2	23.6	190.0

Fuente: SENAMHI

Se observa que para un periodo de 35 años, la precipitación total media anual fue de 674.2 mm, la precipitación máxima mensual multianual fue de 238.8 mm y una precipitación mínima mensual multianual de 0.3 mm.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de la precipitación mensual multianual en la estación Chiquián, donde se observa que existen dos periodos, uno de mayores precipitaciones (época húmeda) iniciándose desde octubre e incrementándose notablemente hasta marzo, para luego ir disminuyendo en abril. No obstante, existe otro periodo de escasez de precipitaciones (época seca) que ocurre entre los meses de mayo a septiembre, esto debido a las características climáticas y topográficas de la zona de estudio.

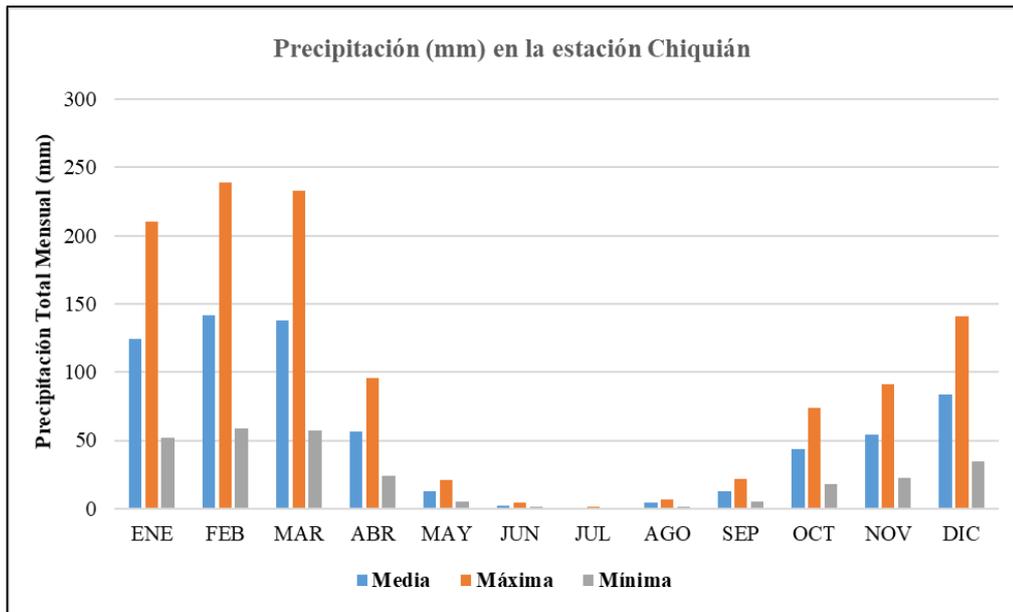


Figura 4-2: Precipitación mensual multianual (mm) en la estación Chiquián

Fuente: Elaboración propia en función a SENAMHI

Del análisis histórico de los principales parámetros meteorológicos y específicamente del régimen de precipitación en un año hidrológico, se demuestra que los meses de junio julio y agosto corresponden a la época seca, mientras que los meses de diciembre a marzo corresponden a la época húmeda. Los meses de abril, mayo septiembre y octubre pertenecen a los meses de transición.

Debido a la marcada estacionalidad que existe en las regiones andinas, donde se encuentra el área de estudio, es que el trabajo de campo fue realizado en época húmeda (febrero, 2019) y en época seca (julio, 2019).

#### 4.1.2 Estaciones de muestreo

En la siguiente tabla y figura se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo de vegetación realizadas para el análisis de la integridad biótica y condición del pastizal en el área de estudio.

Tabla 4-3: Ubicación de transectos de muestreo de flora

Unidad de muestreo	Transecto	Coordenadas UTM WGS 84 inicial (Zona 18 S)			Altitud (msnm)	Coordenadas UTM WGS 84 final (Zona 18 S)		Altitud (msnm)	Área (ha)
		Este		Norte		Este	Norte		
Sitio de pastizal 1 (UM1)	T1	248,858	8'879,445	4028	248,850	8'879,415	4023	6.81	
	T2	248,873	8'879,394	4025	248,850	8'879,415	4023		
	T3	248,822	8'879,398	4028	248,850	8'879,415	4023		
Sitio de pastizal 2 (UM2)	T4	248,893	8'879,103	4024	248,896	8'879,070	4024	21.50	
	T5	248,921	8'879,047	4023	248,896	8'879,070	4024		
	T6	248,870	8'879,056	4023	248,896	8'879,070	4024		
Sitio de pastizal 3 (UM3)	T7	250,363	8'878,995	4034	250,389	8'879,008	4030	29.23	
	T8	250,403	8'879,030	4029	250,389	8'879,008	4030		
	T9	250,418	8'879,002	4030	250,389	8'879,008	4030		
Sitio de pastizal 4 (UM4)	T10	249,443	8'880,481	4030	249,465	8'880,504	4036	7.24	
	T11	249,493	8'880,489	4034	249,465	8'880,504	4036		
	T12	249,472	8'880,534	4041	249,465	8'880,504	4036		
Sitio de pastizal 5 (UM5)	T13	250,572	8'879,869	4026	250,600	8'879,881	4025	143.38	
	T14	250,602	8'879,850	4024	250,600	8'879,881	4025		
	T15	250,577	8'879,902	4027	250,600	8'879,881	4025		
Sitio de pastizal 6 (UM6)	T16	250,096	8'880,490	4024	250,121	8'880,472	4026	146.91	
	T17	250,103	8'880,444	4025	250,121	8'880,472	4026		
	T18	250,145	8'880,488	4023	250,121	8'880,472	4026		

Fuente: Elaboración propia

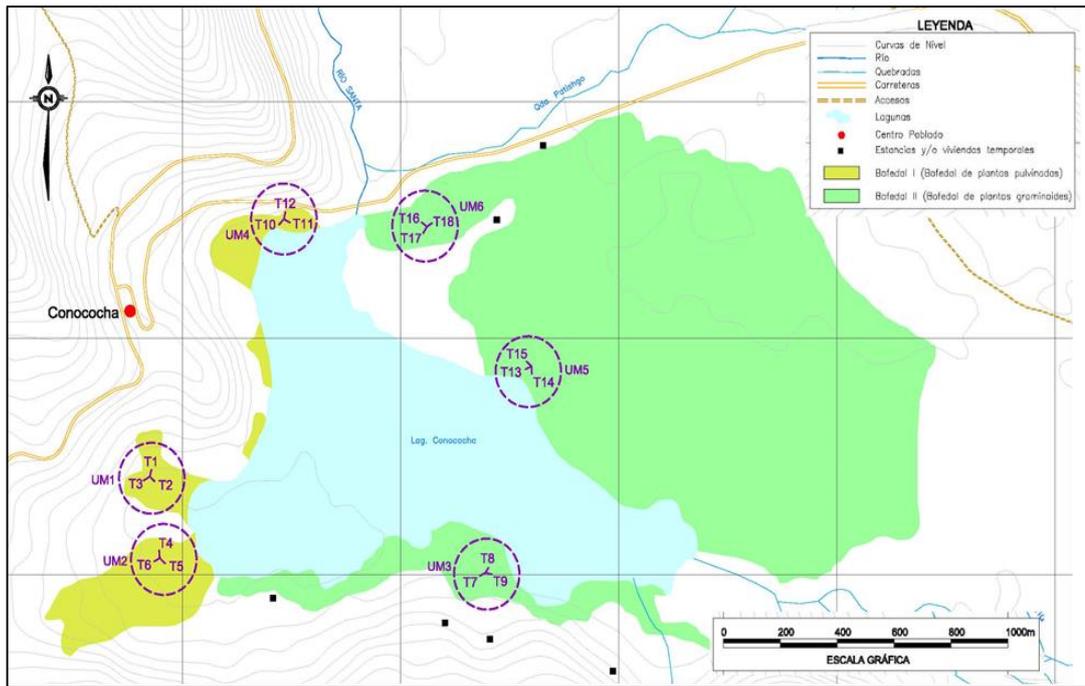


Figura 4-3: Ubicación de transectos de muestreo de flora

Fuente: Elaboración propia

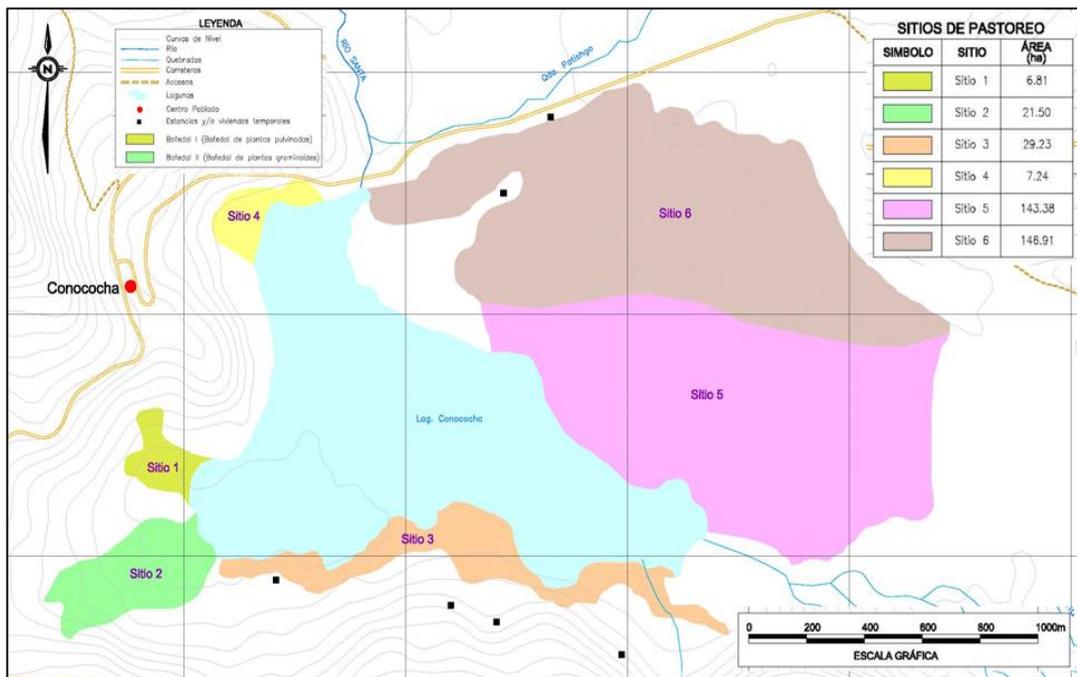


Figura 4-4: Ubicación de los sitios de pastoreo

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla y figura se presenta la ubicación de las estaciones de muestreo de cantidad y calidad de agua realizadas para el análisis de la función hidrológica en el área de estudio.

Tabla 4-4: Ubicación de estaciones de muestreo de agua

Estación de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18 S)		Altitud (msnm)	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18 S)		Altitud (msnm)
	Caudal de agua			Calidad de agua		
	Este	Norte		Este	Norte	
UM1	ND	ND	ND	248,853	8'879,348	4030
UM2	248,849	8'879,288	4029	248,892	8'879,076	4027
UM3	250,295	8'878,901	4036	250,444	8'879,131	4024
UM4	ND	ND	ND	249,794	8'880,531	4016
UM5	ND	ND	ND	250,604	8'879,841	4025
UM6	ND	ND	ND	250,145	8'880,398	4025

Nota: ND No determinado, pues no encontró caudal para realizar la medición.

Fuente: Elaboración propia

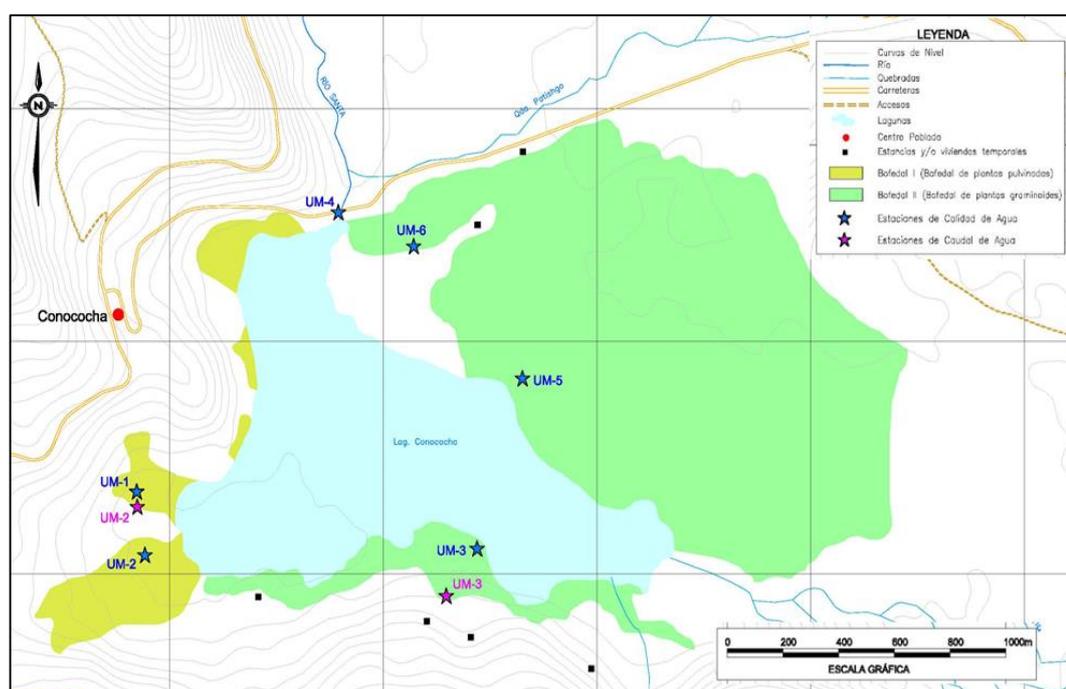


Figura 4-5: Ubicación de estaciones de muestreo de agua

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla y figura se presenta la ubicación de las calicatas de suelos realizadas para el análisis de la estabilidad del sistema en el área de estudio.

Tabla 4-5: Ubicación de estaciones de muestreo de suelo

Calicata	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 18 S)		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
C-1	248,834	8'879,387	4035
C-3	250,416	8'879,017	4039
C-4	249,472	8'880,487	4037
C-5	250,593	8'879,898	4030
C-6	250,135	8'880,456	4027

Fuente: Elaboración propia

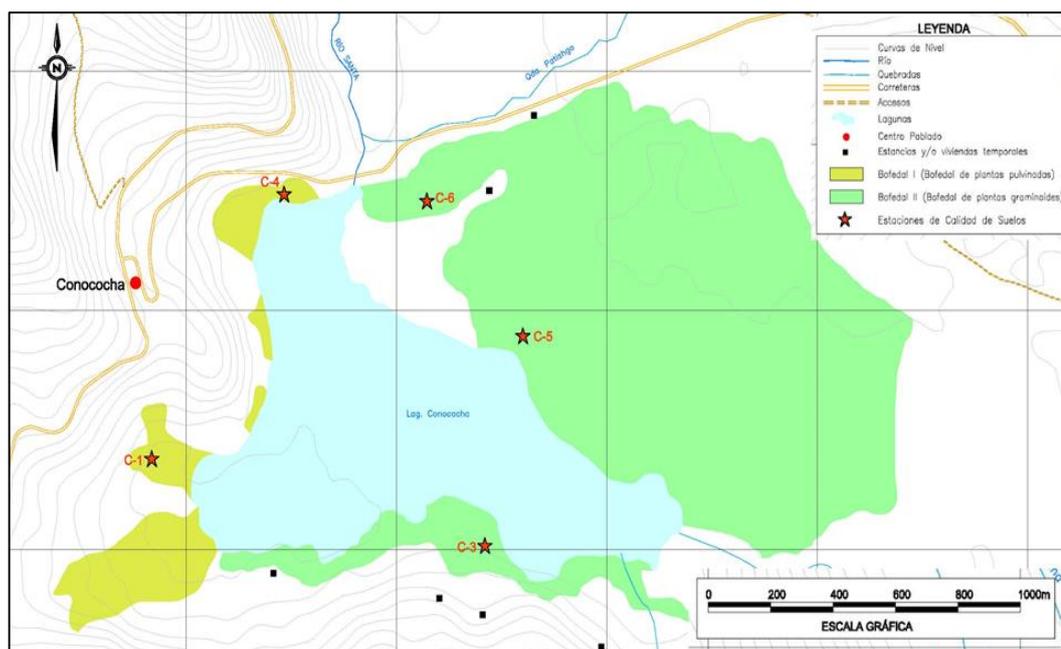


Figura 4-6: Ubicación de estaciones de muestreo de suelo

Fuente: Elaboración propia

### **4.1.3 Determinación de la integridad biótica**

Para determinar la integridad biótica del bofedal Conococha se ha analizado la composición florística, los índices de diversidad, las especies con estatus de conservación y las especies invasoras (%), como se muestra a continuación.

#### **4.1.3.1 Composición florística**

La formación vegetal de bofedal se desarrolla en laderas de baja inclinación y en las amplias planicies onduladas alrededor de la laguna Conococha. En los lados adyacentes al bofedal se identificaron otras formaciones vegetales como pequeños parches de céspedes de arroyo (alrededor de la laguna), céspedes de puna y/o pajonales, que no fueron materia del presente el estudio.

Esta comunidad de bofedales fue clasificada en 2 tipos, según las especies que lo componen, su dominancia, la forma de vida y el grado de inundación del suelo, de la misma manera que lo reportó Ramírez (2011) y se presenta a continuación:

#### **Bofedal de plantas pulvinadas (tipo I)**

Este tipo de bofedal se desarrolla en el sector noroeste de la laguna Conococha a manera de parches principalmente en relieves inclinados de pendientes bajas a medias (10-40°), presenta suelos inundados permanentemente con gran cantidad de materia orgánica semidescompuesta (mantillo). Ocupa una extensión de 35.6 ha. El perfil de vegetación en este tipo de bofedal muestra un estrato herbáceo de 20 cm de altura en promedio, dominado por *Distichia filamentosa*, acompañado por el pasto andino *Calamagrostis brevifolia* y *Werneria pygmaea*. Los sitios de pastizal evaluados en este tipo de bofedal fueron UM1, UM2 y UM4, con sus respectivos transectos.

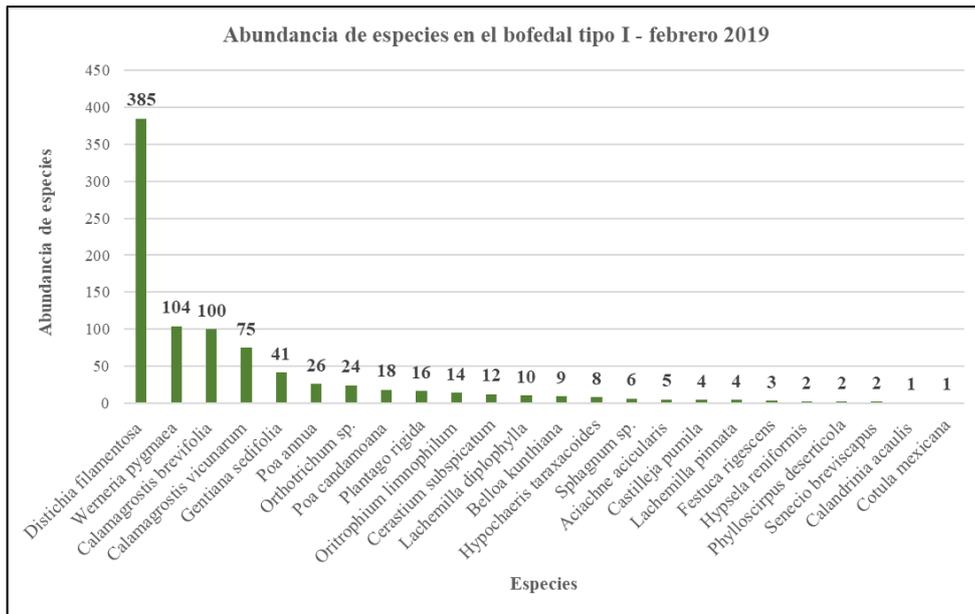


Figura 4-7: Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo I (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

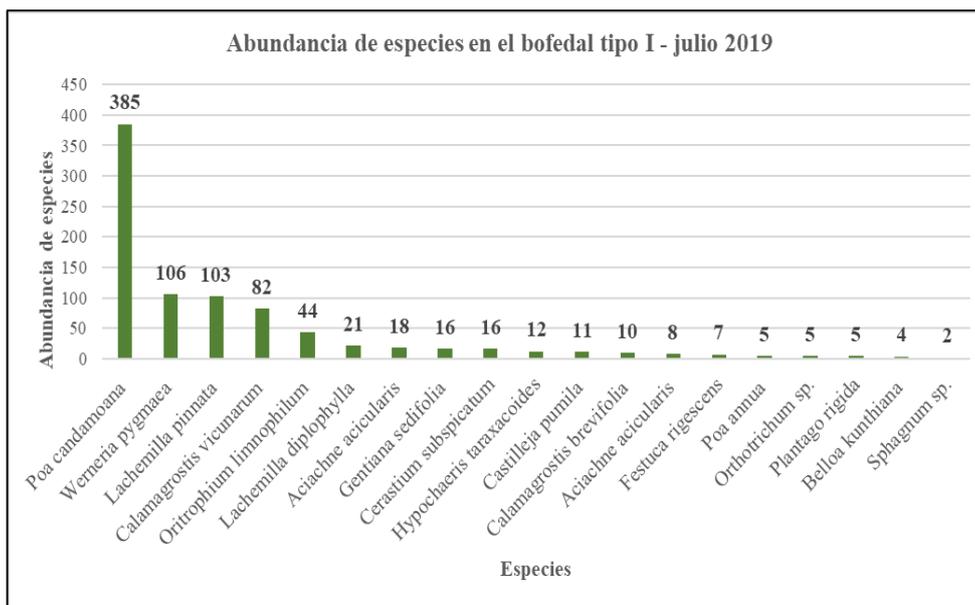


Figura 4-8: Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo I (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

## Bofedal graminoide (tipo II)

Este tipo de bofedal se desarrolla en el sector noreste de la laguna Conococha y se ubica en una planicie amplia de relieves planos a ligeramente ondulado. Ocupa la mayor extensión del área con 319.5 ha. El perfil de vegetación en este tipo de bofedal muestra un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, dominado por *Festuca rigescens* con una forma de vida graminoide. Los sitios de pastizal evaluados en este tipo de bofedal fueron UM3, UM5 y UM6, con sus respectivos transectos.

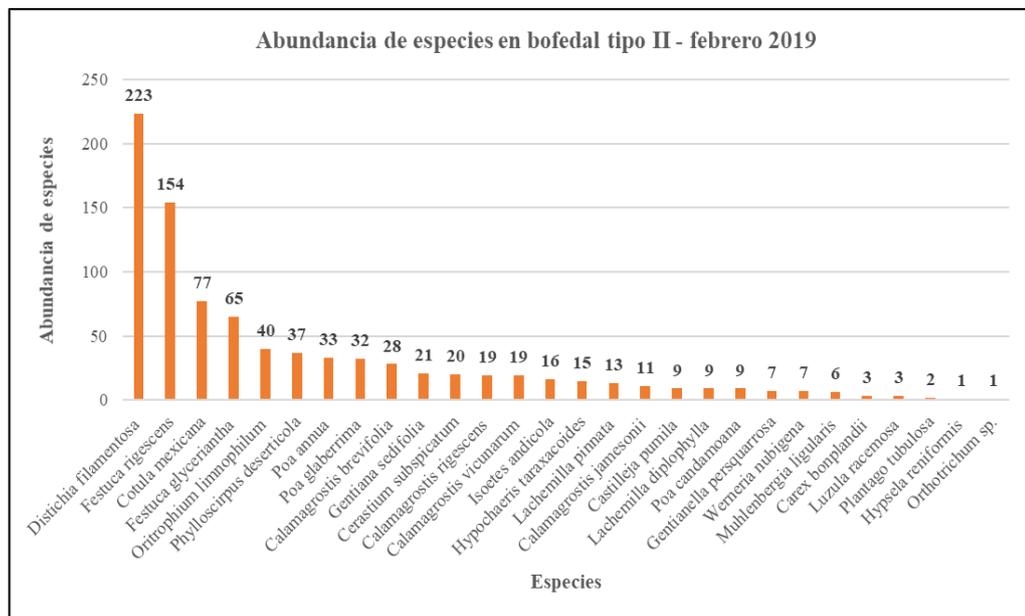


Figura 4-9: Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo II (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

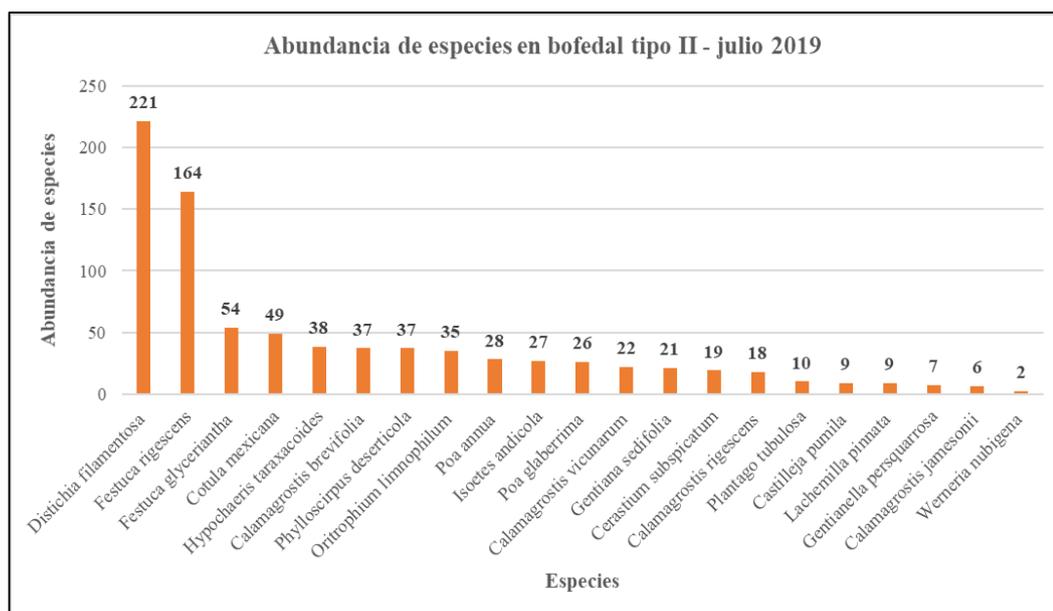


Figura 4-10: Composición y abundancia de especies en el bofedal tipo II (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

En la época húmeda (febrero, 2019), la flora vascular del bofedal Conococha estuvo conformada por 80 especies, agrupadas en 60 géneros y 29 familias botánicas. Del total, 2 especies (2.5%) fueron Briofitas (musgos), 1 especie de Lycofita (1.25%) y 77 especies (96.25%) fueron Magnoliófitas (espermatófitas). De los Magnoliófitos, 44 especies (57.14%) fueron de la clase Magnoliópsida (dicotiledóneas) y 33 (42.86%) fueron de la clase Liliópsida (monocotiledóneas). La familia mejor representada dentro de las dicotiledóneas fue la Asteraceae con 13 especies, mientras que de las monocotiledóneas fue la familia Poaceae con 17 especies. La forma de crecimiento predominante fueron las hierbas que representaron el 100% de la flora determinada, siendo característico de estos ecosistemas altoandinos que presentan vegetación baja y densa.

En la época seca (julio, 2019), la flora vascular del bofedal Conococha estuvo conformada por 53 especies, agrupadas en 42 géneros y 19 familias botánicas. Del total, 2 especies (3.8%) fueron Briofitas (musgos), 1 especie de Lycofita (1.9%) y 50 especies (94.3%) fueron Magnoliófitas (espermatófitas). De los Magnoliófitos, 29 especies (58%) fueron de la clase Magnoliópsida (dicotiledóneas) y 21 (42%) fueron de la clase Liliópsida (monocotiledóneas).

La familia mejor representada dentro de las dicotiledóneas fue la Asteraceae con 11 especies, mientras que de las monocotiledóneas fue la familia Poaceae con 13 especies. De igual manera, la forma de crecimiento predominante fueron las hierbas que representaron el 100% de la flora determinada, siendo característico de estos ecosistemas altoandinos que presentan vegetación baja y densa.

La lista detallada de las especies registradas en el bofedal Conococha según la época de evaluación se presentan en el **Anexo 7**.

Las familias con mayor riqueza de especies durante la época húmeda (febrero, 2019) fueron Poaceae (17 especies, 21.25%), Asteraceae (13 especies, 16.25%), Cyperaceae (8 especies, 10%), Gentianaceae (5 especies, 6.25%) y Juncaceae (4 especies, 5%), lo cual representó el 58.75% del total de especies registradas. El resto de las familias registró de una a tres especies, como se presenta en la siguiente figura.

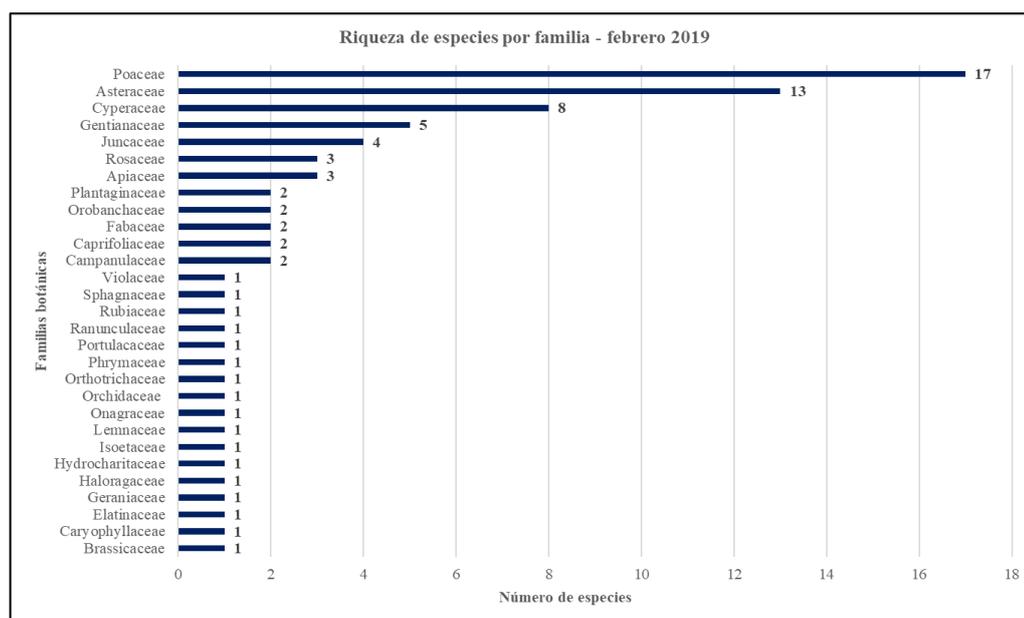


Figura 4-11: Riqueza de especies por familias registradas (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Las familias con mayor riqueza de especies durante la época seca (julio, 2019) fueron Poaceae (13 especies, 24.53%), Asteraceae (11 especies, 20.75%) y Cyperaceae (5 especies, 9.43%), lo cual representó el 54.72% del total de especies registradas. El resto de las familias registró de una a tres especies, como se presenta en la siguiente figura.

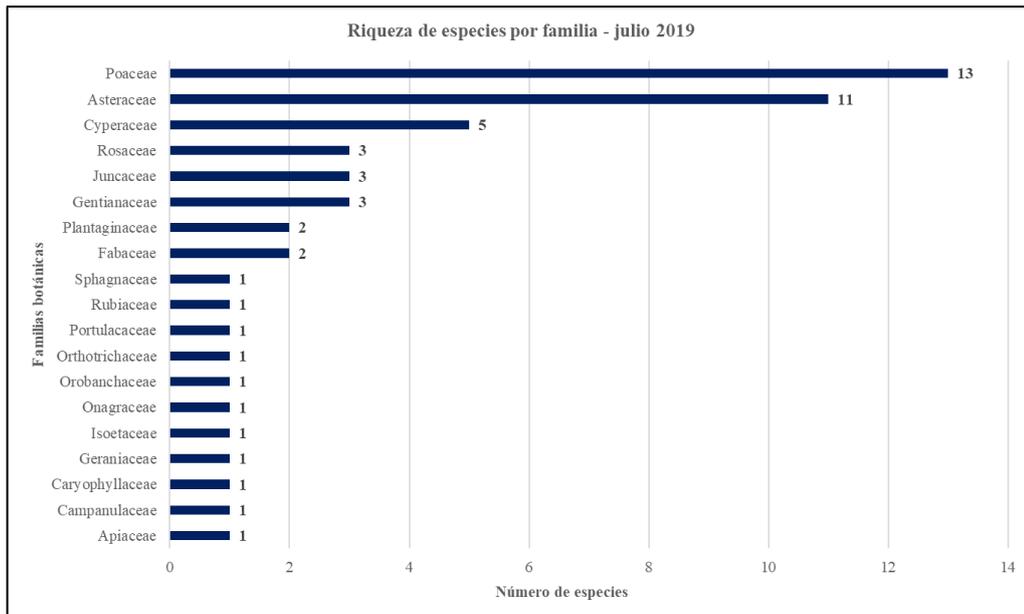


Figura 4-12: Riqueza de especies por familias registradas (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Las especies más abundantes en el área de estudio durante la época húmeda (febrero, 2019) fueron *Distichia filamentosa*, seguido de *Festuca rigescens*, *Calamagrostis brevifolia*, *Werneria pygmaea* y *Calamagrostis vicunarum*. Además, es importante indicar, que algunas especies obtuvieron únicamente de 1 a 2 registros, como *Calandrinia acaulis*, *Plantago tubulosa* y *Senecio breviscapus*, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 4-13: Abundancia de especies registrada en el bofedal Conococha (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Las especies más abundantes en el área de estudio durante la época seca (julio, 2019) fueron *Distichia filamentosa*, seguido de *Festuca rigescens*, *Calamagrostis brevifolia*, *Calamagrostis vicunarum* y *Werneria pygmaea*. Es importante indicar, que *Werneria nubigena* obtuvo el menor número de registros, como se muestra en la siguiente figura.

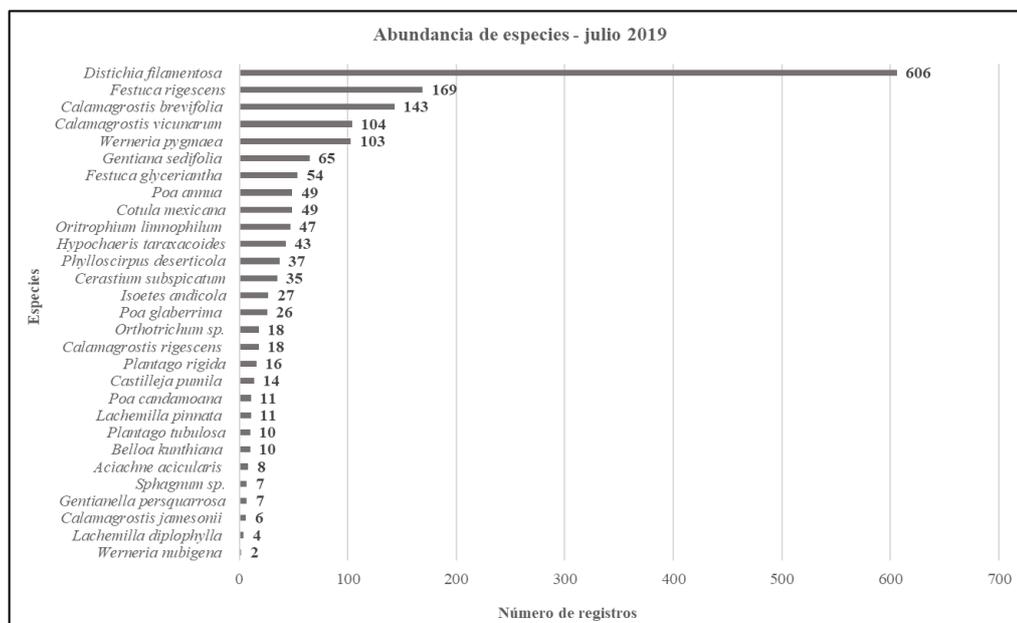


Figura 4-14: Abundancia de especies registrada en el bofedal Conococha (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de riqueza durante la época húmeda por sitio de pastizal evaluado (febrero, 2019), se observa que la mayor riqueza de especies se registró en el sitio de pastizal 5 (UM5) con 20 especies y 10 familias, seguido del sitio de pastizal 3 (UM3) con 19 especies y 10 familias, mientras que la menor cantidad de especies se presentó en el sitio de pastizal 4 (UM4) con 12 especies y 8 familias.

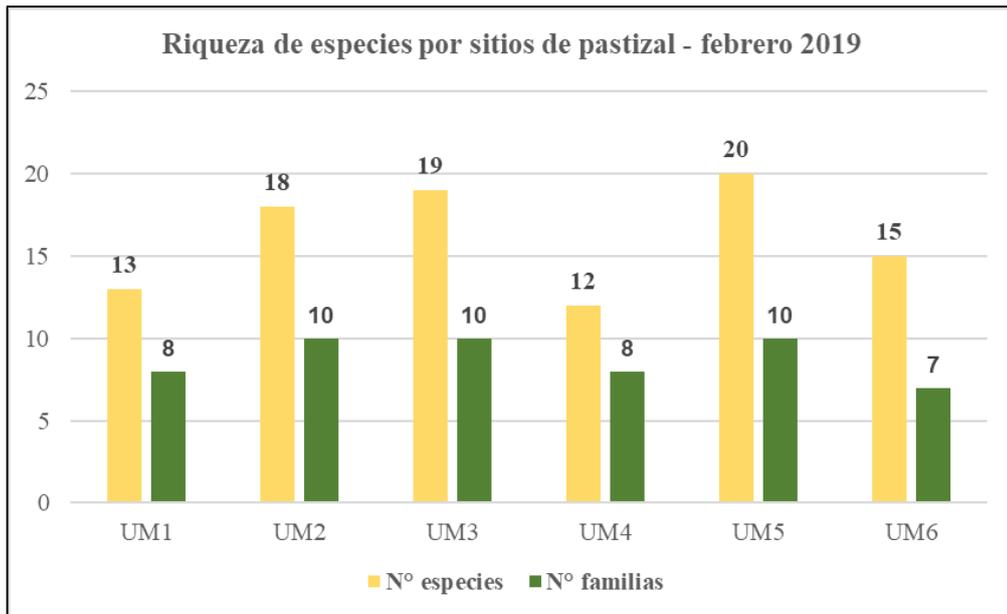


Figura 4-15: Riqueza de especies por sitio de pastizal evaluado (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de riqueza durante la época seca por sitio de pastizal evaluado (julio, 2019), se observa que la mayor riqueza de especies se registró en el sitio de pastizal 5 (UM5) con 14 especies y 7 familias, seguido del sitio de pastizal 2 (UM2) con 13 especies y 8 familias, mientras que la menor cantidad de especies se presentó en los sitios de pastizal 1 y 4 (UM1 y UM4) con 11 especies y de 6 a 7 familias, respectivamente.

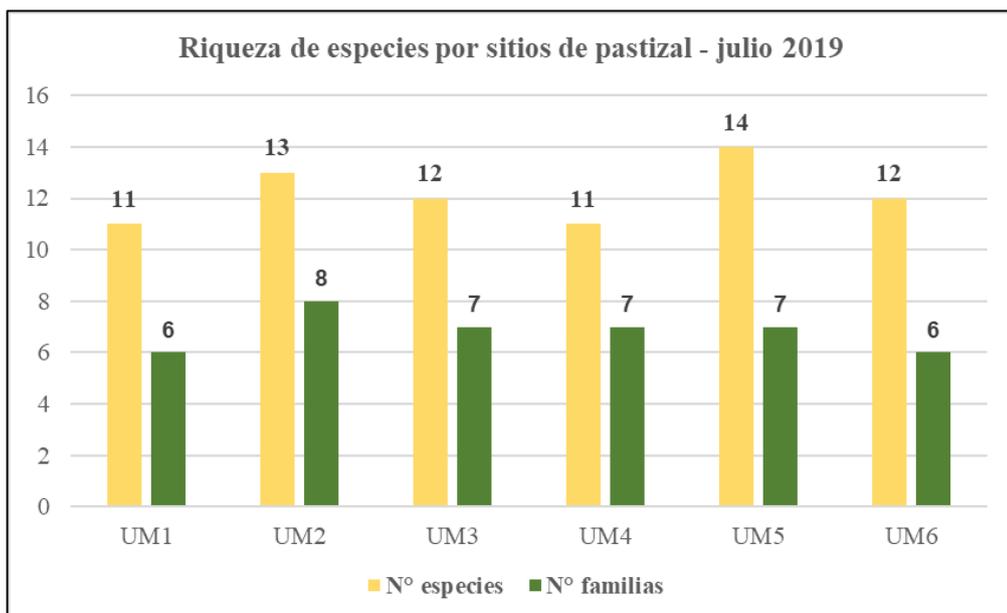


Figura 4-16: Riqueza de especies por sitio de pastizal evaluado (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3.2 Índices de diversidad

Del análisis de los índices de diversidad durante la época húmeda por sitio de pastizal (febrero, 2019), se tiene que el número de especies (S) varió de 12 a 20 especies, donde el sitio de pastizal UM5 presentó la mayor riqueza con 20 especies, mientras que el sitio UM4 presentó la menor riqueza con 12 especies.

En cuanto al índice de Simpson ( $1 - D$ ), los valores oscilaron de 0.66 a 0.89, donde el sitio de pastizal UM5 presentó el mayor valor con 0.89, mientras que el sitio UM1 presentó el menor valor con 0.66. Los 5 sitios evaluados presentaron valores cercanos a la unidad (mayores a 0.5), lo que indica que están formados por poblaciones heterogéneas en lugar de poblaciones homogéneas.

El índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ ), presenta resultados variables, en donde se refleja una diversidad de especies media a alta. Del total, ningún sitio de pastizal presentó un nivel bajo con valores menores a 1.59 bits/individuo, 5 sitios presentaron niveles medios con valores entre 1.60 a 3.09 bits/individuo (UM1, UM2, UM3, UM4 y UM6), mientras que 1 sitio presentó un nivel alto de diversidad con un valor mayor de 3.10 bits/individuo (UM5). El sitio de pastizal UM5 presentó la mayor diversidad con 3.65 bits/individuo, mientras que el sitio UM1 presentó la menor diversidad con 2.37 bits/individuo.

En términos del índice de equidad de Pielou (J), los valores fueron altos, todos los sitios presentaron valores mayores a 0.5, lo que demuestra una frecuencia relativa casi equivalente entre las especies, sin la existencia de una dominancia extrema. El sitio de pastizal UM5 presentó la mayor equidad de especies con 0.84, mientras que el sitio UM1 presentó la menor equidad con 0.64.

En cuanto al índice de diversidad de Margalef (DMG), los valores oscilaron de 4.49 a 7.69, lo que representa una diversidad mediana a alta. Al igual que lo ocurrido con el índice de Shannon ( $H'$ ), el sitio de pastizal UM5 presentó la mayor diversidad con 7.69, mientras que el sitio UM4 presentó la menor diversidad con 4.49.

Se puede observar que la diversidad estuvo siendo influenciada tanto por la riqueza de las especies como por su equidad. Esta relación se demuestra en el sitio de pastizal UM5, que presentó la mayor diversidad específica (3.65 bits/individuo), el mayor valor del índice de diversidad de Margalef (7.69), el mayor valor de riqueza (20) y el mayor valor de equidad (0.84), como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 4-6: Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	UM1	UM2	UM3	UM4	UM5	UM6
Número de especies (S)	13	18	19	12	20	15
Índice de Simpson (1 -D)	0.66	0.77	0.80	0.79	0.89	0.84
Índice de Shannon (H')	2.37	2.78	3.07	2.80	3.65	3.05
Índice de equidad de Pielou (J)	0.64	0.67	0.72	0.78	0.84	0.78
Índice de diversidad de Margalef (D <sub>MG</sub> )	4.87	6.86	7.34	4.49	7.69	5.65
Nivel de diversidad (*)	[Barra amarilla]				[Barra verde]	[Barra amarilla]

Nota:

(\*) Ver Tabla 3-1: Niveles de interpretación del Índice de Shannon (H') o diversidad alfa ( $\alpha$ )

Fuente: Elaboración propia

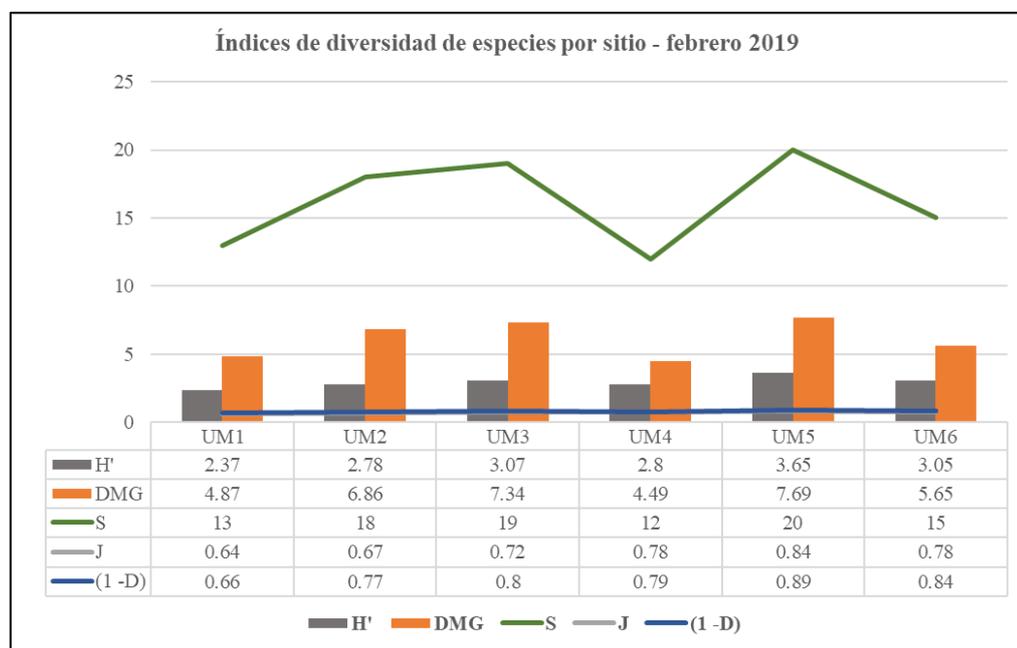


Figura 4-17: Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Además, con apoyo del software: PAST VERSIÓN 2.17 se determinó la diversidad beta ( $\beta$ ) en época húmeda, con un valor de 1.17 bits/individuo, que refleja una baja diversidad de recambio en la composición de las especies y/o una baja amplitud de nicho de las especies entre los sitios de pastizal evaluados.

Del análisis de los índices de diversidad durante la época seca por sitio de pastizal (julio, 2019), se tiene que el número de especies (S) varió de 11 a 14 especies, donde el sitio de pastizal UM5 presentó la mayor riqueza con 14 especies, mientras que los sitios UM1 y UM4 presentaron la menor riqueza con 11 especies.

En cuanto al índice de Simpson ( $1 - D$ ), los valores oscilaron de 0.65 a 0.88, donde el sitio de pastizal UM5 presentó el mayor valor con 0.88, mientras que el sitio UM1 presentó el menor valor con 0.65. Los 5 sitios evaluados presentaron valores cercanos a la unidad (mayores a 0.5), lo que indica que están formados por poblaciones heterogéneas en lugar de poblaciones homogéneas.

El índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ ), presenta resultados variables, en donde se refleja una diversidad de especies media a alta. Del total, ningún sitio de pastizal presentó un nivel bajo con valores menores a 1.59 bits/individuo, 5 sitios presentaron niveles medios con valores entre 1.60 a 3.09 bits/individuo (UM1, UM2, UM3, UM4 y UM6), mientras que 1 sitio presentó un nivel alto de diversidad con un valor mayor de 3.10 bits/individuo (UM5). El sitio de pastizal UM5 presentó la mayor diversidad con 3.36 bits/individuo, mientras que el sitio UM1 presentó la menor diversidad con 2.27 bits/individuo.

En términos del índice de equidad de Pielou (J), los valores fueron altos, todos los sitios presentaron valores mayores a 0.5, lo que demuestra una frecuencia relativa casi equivalente entre las especies, sin la existencia de una dominancia extrema. El sitio de pastizal UM5 presentó la mayor equidad de especies con 0.88, mientras que el sitio UM1 presentó la menor equidad con 0.65.

En cuanto al índice de diversidad de Margalef (DMG), los valores oscilaron de 4.07 a 5.30, lo que representa una diversidad mediana a alta. Al igual que lo ocurrido con el índice de Shannon ( $H'$ ), el sitio de pastizal UM5 presentó la mayor diversidad con 5.30, mientras que el sitio UM1 presentó la menor diversidad con 4.07.

Se puede observar que la diversidad estuvo siendo influenciada tanto por la riqueza de las especies como por su equidad. Esta relación se demuestra en el sitio de pastizal UM5, que presentó la mayor diversidad específica (3.36 bits/individuo), el mayor valor del índice de diversidad de Margalef (5.30), el mayor valor de riqueza (14) y el mayor valor de equidad (0.88), como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 4-7: Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	UM1	UM2	UM3	UM4	UM5	UM6
Número de especies (S)	11	13	12	11	14	12
Índice de Simpson (1-D)	0.65	0.76	0.77	0.79	0.88	0.84
Índice de Shannon ( $H'$ )	2.27	2.63	2.80	2.75	3.36	3.04
Índice de equidad de Pielou (J)	0.65	0.71	0.78	0.79	0.88	0.85
Índice de diversidad de Margalef ( $D_{MG}$ )	4.07	4.86	4.52	4.08	5.30	4.48
Nivel de diversidad (*)	Yellow				Green	Yellow

Nota:

(\*) Ver Tabla 3-1: Niveles de interpretación del Índice de Shannon ( $H'$ ) o diversidad alfa ( $\alpha$ )

Fuente: Elaboración propia

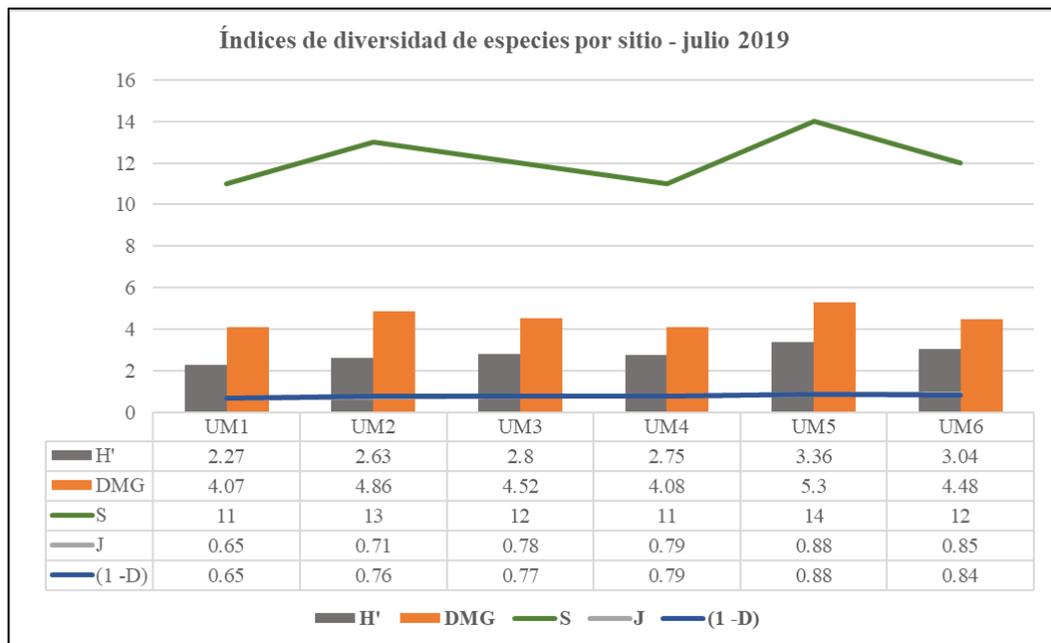


Figura 4-18: Índices de diversidad de especies por sitio de pastizal en época seca (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Además, con apoyo del software: PAST VERSIÓN 2.17 se determinó la diversidad beta ( $\beta$ ) en época seca, con un valor de 1.38 bits/individuo, que refleja una baja diversidad de recambio en la composición de las especies y/o una baja amplitud de nicho de las especies entre los sitios de pastizal evaluados.

La abundancia de especies para la estimación de los índices de diversidad en los transectos evaluados en el bofedal Conococha se presentan en el **Anexo 7**.

### 4.1.3.3 Índice de Similitud de Morisita

Considerando la abundancia de la composición de especies en casa sitio de pastizal evaluado, se obtuvo el dendrograma de similitud de Morisita para cada época de evaluación, como se presenta en las siguientes figuras.

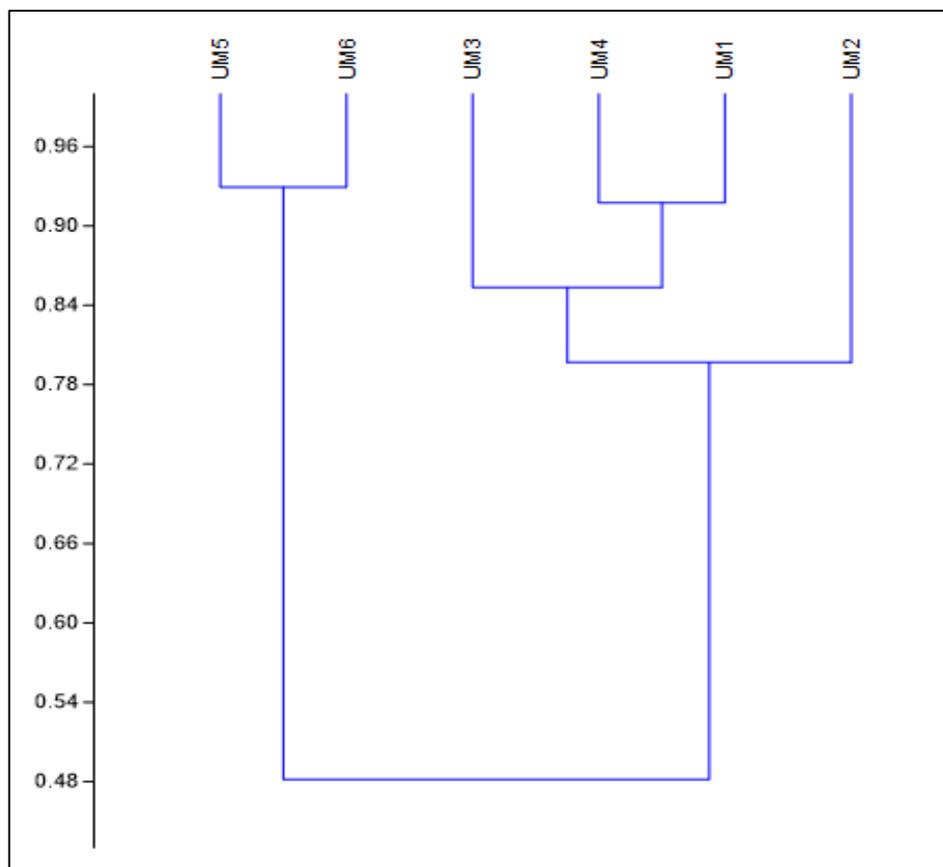


Figura 4-19: Índice de similitud Morisita entre sitios de pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa que la mayor similitud en la composición de especies se da entre los sitios de pastizal UM5 y UM6 con 93%, que corresponden al bofedal graminoide (tipo II), seguido por una similitud de 92% entre los sitios de pastizal UM1 y UM4 que corresponden al bofedal de plantas pulvinadas (tipo I). En ese sentido, para el análisis de similitud se observan dos subgrupos entre los sitios de pastizal en función a la composición de las especies, correspondientes al bofedal tipo I y al bofedal tipo II. La similitud entre estos dos subgrupos es de 49%.

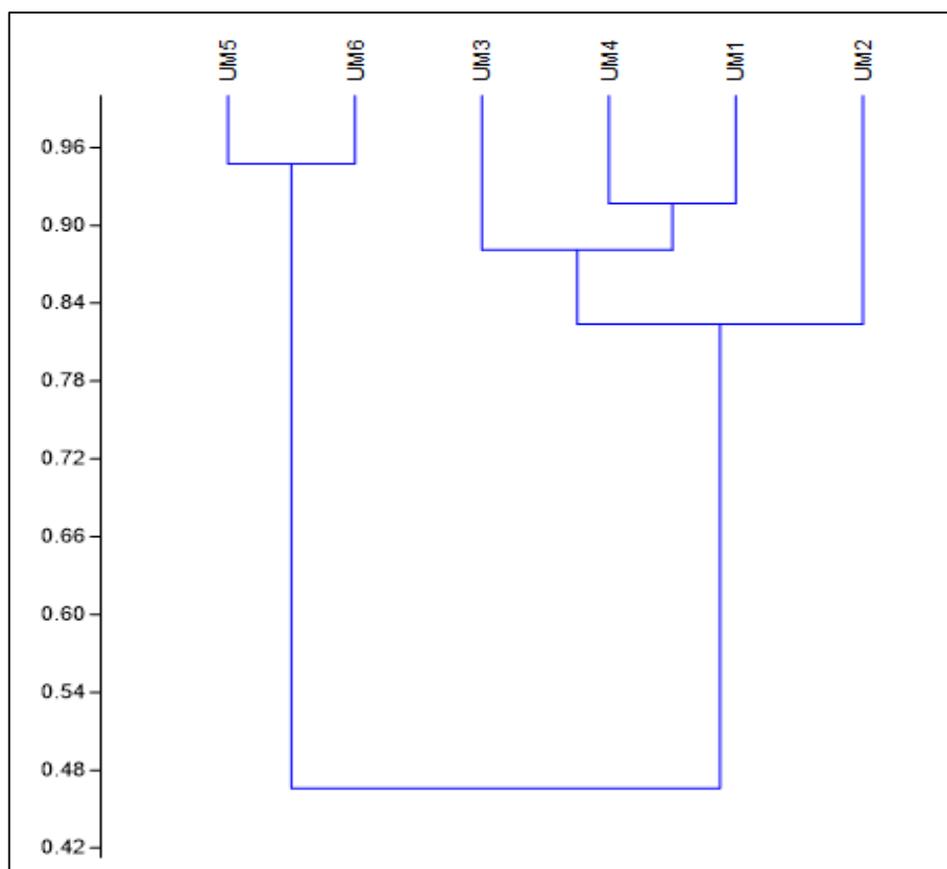


Figura 4-20: Índice de similitud Morisita entre sitios de pastizal en época seca (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

En época seca se observa que la mayor similitud en la composición de especies se da entre los sitios de pastizal UM5 y UM6 con 95%, que corresponden al bofedal graminoide (tipo II), seguido por una similitud de 92% entre los sitios de pastizal UM1 y UM4 que corresponden al bofedal de plantas pulvinadas (tipo I). En ese sentido, para el análisis de similitud se observan dos subgrupos entre los sitios de pastizal en función a la composición de las especies, correspondientes al bofedal tipo I y al bofedal tipo II. La similitud entre estos dos subgrupos es de 46%.

La abundancia de especies en los transectos evaluados en el bofedal Conococha se presentan en el **Anexo 7**.

#### 4.1.3.4 Especies con estatus de conservación

En la siguiente tabla se presenta la relación de las especies de flora con alguna categoría de conservación, identificadas en el área de estudio durante las diferentes etapas de evaluación (época húmeda y época seca), las cuales fueron determinadas mediante la normativa internacional según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN, 2019) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2019), mientras que en el ámbito nacional, se identificaron mediante el listado de especies de flora amenazadas para el Perú: Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre en el Perú (D.S. N° 043-2006-AG) y el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú (León et al., 2006).

En total, se han registrado 3 especies con algún interés para la conservación, de las cuales: 1 especie se encuentra en el Apéndice II de CITES (2019) y 3 especies en el D.S. N° 043- 2006-AG.

De las especies de flora determinadas en la zona de estudio, según el D.S. N° 043-2006-AG: *Azorella diapensioides* (Apiaceae) y *Valeriana nivalis* (Caprifoliaceae) son especies en situación Vulnerable (VU), mientras que *Myrosmodes nubigenum* (Orchidaceae) es una especie Casi Amenazada (NT).

No se registran especies según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN, 2019), mientras que según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2019), *Myrosmodes nubigenum* de la familia Orchidaceae identificada durante la época húmeda (febrero, 2019) se encuentra clasificada en el Apéndice II.

Asimismo, en total se han registrado 4 especies endémicas para el Perú según el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú (León et al., 2006): *Astragalus varus* (Fabaceae), *Festuca glyceriantha* (Poaceae), *Gentianella persquarrosa* (Gentianaceae) y *Gentianella poculifera* (Gentianaceae). Es importante indicar, que esta última se registró únicamente durante la época húmeda (febrero, 2019).

Los sitios de pastizal donde se han encontrado especies de flora con estatus de conservación durante ambas evaluaciones de campo fueron los sitios UM3, UM5 y UM6.

Ramírez (2011), en el área de estudio además registró 2 especies endémicas adicionales: *Dissanthelium rauhii* (Poaceae) y *Acaulimalva rhizantha* (Malvaceae); sin embargo, estas especies no fueron registradas durante la presente evaluación, aunque no se descarta su presencia. De igual manera, el autor registró dos taxones nuevos para el Perú: *Distichia filamentosa* (Juncaceae) y *Rorippa beckii* (Brassicaceae), los que también fueron registrados durante el trabajo de campo.

En la siguiente tabla se presentan las especies de flora silvestre endémicas identificadas en el área de estudio, en los diferentes periodos de evaluación.

Tabla 4-8: Especies de flora con estatus de conservación

Especie	D.S.043-2006-AG	IUCN (2019)	CITES (2019)	Endemismo	Transecto	Sitio de pastizal	Época
<i>Astragalus varus</i>				E			EH ES
<i>Azorella diapensioides</i>	VU						EH ES
<i>Festuca glyceriantha</i>				E	T13, T14, T15, T16, T17 y T18	UM5 y UM6	EH ES
<i>Gentianella persquarrosa</i>				E	T9, T13, T14, T16 y T17	UM3, UM5 y UM6	EH ES
<i>Gentianella poculifera</i>				E			EH -
<i>Myrosmodes nubigenum</i>	NT		II				EH -
<i>Valeriana nivalis</i>	VU						EH -

Nota:

E: Endémica según León *et al.*, (2006)

D.S. N° 046-2006-AG Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre en el Perú

- (CR) = En Peligro Crítico

- (EN) = En Peligro

- (VU) = Vulnerable.

- (NT) = Casi Amenazado

CITES (2019) Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 2019

- (I) = Apéndice I:

- (II) = Apéndice II

- (III) = Apéndice III

Fuente: Elaboración propia

EH: Época húmeda (febrero, 2019)

ES: Época seca (julio, 2019)

IUCN (2019) Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión

Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, 2019

- (E) = Extinto

- (EW) = Extinto en estado salvaje

- (CR) = En Peligro Crítico

- (EN) = En Peligro

- (VU) = Vulnerable

- (NT) = Casi Amenazado

- (LC) = Mínima preocupación

- (DD) = Datos insuficientes

- (NE) = No evaluado

#### 4.1.3.5 Especies invasoras (%)

Entre las amenazas a la biodiversidad y a la conservación de los ecosistemas y sus servicios ambientales, son las invasiones biológicas, junto con la destrucción del hábitat, quienes representan los factores de riesgo más significativos, más extendidos y de mayor impacto (Aguirre-Muñoz et al., 2009).

En los sitios de pastizal evaluados se han registrado algunas especies nativas consideradas oportunistas y/o invasoras, que no son representativas de bofedales y que deben su presencia a perturbaciones antrópicas en un ecosistema como el sobrepastoreo y/o eutrofización del suelo, como: *Astragalus varus*, *Trifolium amabile* y *Geranium sessiliflorum* consideradas especies ruderales y conocidas como “nitrófilas” (Tovar & Oscanoa, 2002; Pestalozzi, 1998; citados por Ramírez, 2011).

Además, según lo reportado por Ramírez (2011), en el área de estudio también se han registrado especies tolerantes, consideradas oportunistas y/o invasoras, que no son representativas de bofedales y que deben su presencia a perturbaciones antrópicas, siendo indicadoras de ecosistemas disturbados por sobrepastoreo como: *Chaerophyllum andicola*, *Gamochaeta humilis*, *Paranephelius ovatus*, *Astragalus varus*, *Trifolium amabile*, *Geranium sessiliflorum*, *Aciachne acicularis*, *Muhlenbergia fastigiata* y *Muhlenbergia ligularis*.

De estas especies, se puede indicar que la presencia de *Aciachne pulvinata* es un buen indicador de pastizales no muy bien manejados, pues para la mayoría de las especies pastoreables es considerada indeseable, pues el ganado no la consume (Alegría, 2013).

Por lo tanto, de las 80 especies registradas en la época húmeda (febrero, 2019) en el bofedal Conococha, se han determinado 9 especies oportunistas y/o invasoras, que no son representativas de bofedales, agrupadas en 8 géneros y 5 familias botánicas, que representan el 11.3% de la flora total.

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de especies invasoras por sitio de pastizal evaluado en la época húmeda (febrero, 2019). Es importante indicar, que en los sitios UM1, UM3, UM4 y UM6 no se registraron especies invasoras, mientras que en el sitio UM2 se registró un 1.67% de la especie *Aciachne pulvinata* y en el sitio UM5 un 2.03% de la especie *Muhlenbergia ligularis*.

Tabla 4-9: Porcentaje de especies invasoras por sitio de pastizal (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	% especies invasoras
UM1	0.00
UM2	1.67
UM3	0.00
UM4	0.00
UM5	2.03
UM6	0.00

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de las 53 especies registradas en la época seca (julio, 2019) en el bofedal Conocochoa, se han determinado 6 especies oportunistas y/o invasoras, que no son representativas de bofedales, agrupadas en 6 géneros y 4 familias botánicas, que también representan el 11.3% de la flora total.

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de especies invasoras por sitio de pastizal evaluado en la época seca (julio, 2019). Es importante indicar, que el único sitio de pastizal que registró a la especie *Aciachne pulvinata* fue UM2 con 1.37%.

Tabla 4-10: Porcentaje de especies invasoras por sitio de pastizal (julio, 2019)

Sitio de pastizal	% especies invasoras
UM1	0.00
UM2	2.67
UM3	0.00
UM4	0.00
UM5	0.00
UM6	0.00

Fuente: Elaboración propia

La lista de especies registradas en los transectos evaluados en el bofedal Conocochoa se presentan en el **Anexo 7**.

Como se indicó, en los lados adyacentes al bofedal se identificaron otras formaciones vegetales como es el césped de puna, que no ha sido materia del presente el estudio. Sin embargo, es importante indicar, que cerca de los sitios de pastizal UM5 y UM6 esta formación vegetal caracterizada por encontrarse en zonas planas y presentar especies cuyas formas de crecimiento predominante son hierbas de porte bajo y gramíneas, registra una mayor cobertura y dominancia de especies invasoras, nativas, indeseables e indicadoras de sobrepastoreo y/o pastizales no muy bien manejados como: *Aciachne pulvinata* (Poaceae), *Astragalus garbancillo* (Fabaceae), *Austrocylindropuntia floccosa* (cactaceae), *Perezia pinnatifida* (Asteraceae) y *Urtica flabellata* (Urticaceae).

En ese sentido, si no se realizan estrategias de manejo sostenibles en el área de estudio, esta formación vegetal de césped de puna con presencia de especies invasoras podría prontamente reemplazar la cobertura vegetal típica del bofedal, disminuyendo su conectividad y potencialmente podría generar una pérdida de diversidad.

#### 4.1.3.6 Vigor

La determinación del vigor se realizó considerando la medida de altura de la canopia (cm) de las especies vegetales claves o indicadoras en su estadio clímax para cada sitio de pastizal. Este indicador refleja el vigor de las plantas dominantes y el potencial del sitio para sostener un crecimiento adecuado de las plantas.

Para los sitios de pastizal UM1 y UM3 la especie clave fue *Distichia filamentosa*, para los sitios de pastizal UM2 y UM4 fue *Calamagrostis brevifolia*, mientras que para los sitios UM5 y UM6 fue *Festuca rigescens*.

En época húmeda, el vigor de las especies varió de 13.1 cm a 38.1 cm. El sitio UM5 presentó el mayor vigor con 38.1 cm, mientras que el sitio UM1 presentó el menor vigor con 13.1. En promedio se obtuvo un vigor de 22.37cm.

Por otro lado, en época seca, el vigor de las especies varió de 9.8 cm a 27 cm. El sitio UM6 presentó el mayor vigor con 27 cm, mientras que el sitio UM1 presentó el menor vigor con 9.8 cm. En promedio se obtuvo un vigor de 18.27 cm.

Estos resultados evidencian que el porcentaje de vigor de las especies fue menor en época seca, que en la época húmeda.

La estimación de la altitud promedio de las especies claves según el sitio de pastizal se presenta en el **Anexo 7**.

#### 4.1.3.7 Tendencia del pastizal

La tendencia se refiere a la direccionalidad que experimenta la condición del pastizal en el tiempo.

De los 6 sitios de pastizal evaluados durante la época húmeda (febrero, 2019), todos presentaron una tendencia positiva, todos por encima del 50%, teniendo en cuenta los criterios propuestos por Flores (1992). En ese sentido, se determinó teniendo en cuenta los cambios en la florística, presencia de plántulas jóvenes, existencia de hojarasca o mantillo en el suelo, erosión laminar y cárcavas, existencia de plantas en pedestal, consideraciones del vigor de las plantas y composición del pastizal.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en la época húmeda sobre el análisis de sucesión vegetal y dinámica poblacional de la vegetación.

Tabla 4-11: Tendencia del pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	Promedio (%)	Tendencia
UM1	77.78	Positiva
UM2	76.38	Positiva
UM3	91.65	Positiva
UM4	76.29	Positiva
UM5	71.28	Positiva
UM6	60.82	Positiva

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la tendencia del pastizal presentó valores que van desde 60.82% a 91.65%, teniendo un promedio total de 75.65%. Se observa que el sitio de pastizal UM3 presentó el mayor valor de tendencia con 91.65%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM6 con 60.82%. Si bien estos valores son positivos, solo el sitio UM3 presentó un valor alto (mayor a 90%), mientras que los demás presentaron valores medianos-altos (entre 60% y 80%).

Todos los sitios de pastizal reportaron la presencia de plántulas o plantas jóvenes en su composición, lo que indica que la condición del pastizal podría mejorar en el tiempo. La presencia de mantillo se reportó en casi todos los sitios evaluados. Además, se reportaron algunas plántulas de *Distichia filamentosa* en pedestal o que exponen sus raíces ante la pérdida de suelo.

Se reportó una variedad mediana-alta de especies perennes y el porcentaje de especies indeseables o malezas fue menor al 20% en todos los sitios evaluados.

Por lo tanto, el bofedal Conococha en época húmeda (febrero, 2019) presentó una tendencia positiva; sin embargo, si no se realizan estrategias de manejo sostenibles en el área de estudio, su situación podría volverse negativa en el tiempo.

Los resultados con el compilado de los criterios para la determinación de la tendencia según la época de evaluación se presentan en el **Anexo 7**.

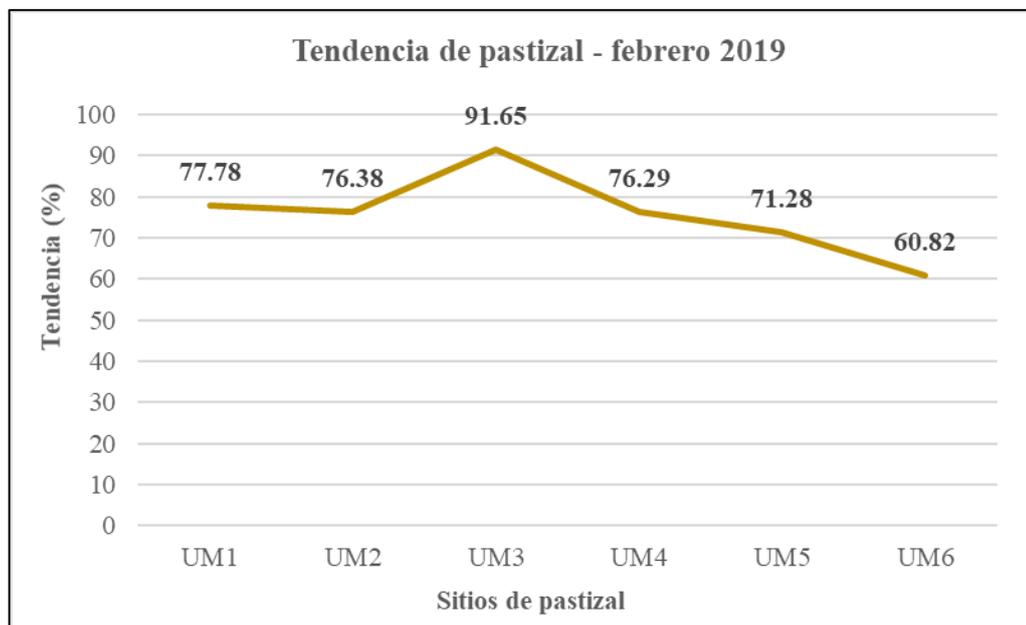


Figura 4-21: Tendencia del pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de los 6 sitios de pastizal evaluados durante la época seca (julio, 2019), todos presentaron una tendencia positiva, todos por encima del 50%, teniendo en cuenta los criterios propuestos por Flores (1992), teniendo en cuenta los cambios en la florística, como presencia de plántulas jóvenes, existencia de hojarasca o mantillo en el suelo, erosión laminar y cárcavas, existencia de plantas en pedestal, consideraciones del vigor de las plantas y composición del pastizal.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en la época seca sobre el análisis de sucesión vegetal y dinámica poblacional de la vegetación.

Tabla 4-12: Tendencia del pastizal en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	Promedio (%)	Tendencia
UM1	72.69	Positiva
UM2	70.07	Positiva
UM3	67.8	Positiva
UM4	81.98	Positiva
UM5	62.73	Positiva
UM6	57.22	Positiva

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la tendencia del pastizal presentó valores que van desde 57.22% a 81.98%, teniendo un promedio total de 68.75%. Se observa que el sitio de pastizal UM4 presentó el mayor valor de tendencia con 81.98%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM6 con 57.22%. Si bien estos valores son positivos, solo el sitio UM4 presentó un valor alto (mayor a 80%), mientras que los demás presentaron valores medianos-altos (entre 55% y 75%).

Todos los sitios de pastizal reportaron la presencia de plántulas o plantas jóvenes en su composición, pero en menor proporción que durante la época húmeda. La presencia de mantillo se reportó en casi todos los sitios evaluados. Además, se reportaron algunas plántulas de *Distichia filamentosa* en pedestal o que exponen sus raíces ante la pérdida de suelo. Se reportó una variedad mediana-alta de especies perennes y el porcentaje de especies indeseables o malezas fue menor al 20% en todos los sitios evaluados.

Por lo tanto, el bofedal Conococha en época seca (julio, 2019) también presentó una tendencia positiva; sin embargo, si no se realizan estrategias de manejo sostenibles en el área de estudio, su situación podría volverse negativa en el tiempo. Esto se refleja al comparar los resultados de la tendencia entre ambas épocas, donde en la época seca el valor promedio es mucho menor (68.75%), que durante la época húmeda (75.65%), que puede estar asociado a la estacionalidad, debido a la escasez de agua en época seca.

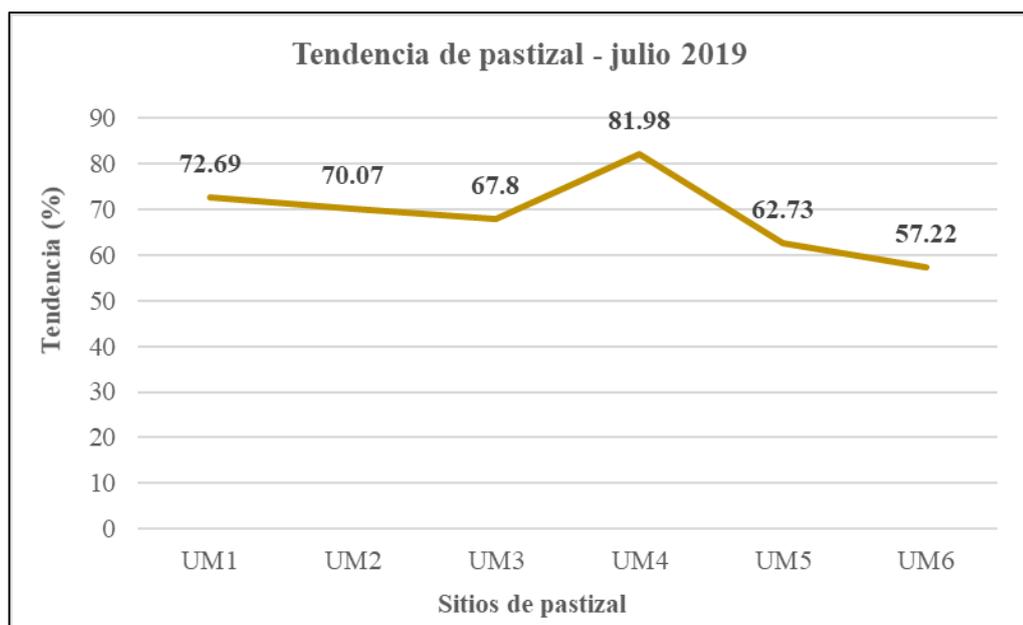


Figura 4-22: Tendencia del pastizal en época seca (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados con el compilado de los criterios para la determinación de la tendencia según la época de evaluación se presentan en el **Anexo 7**.

Según los resultados obtenidos del análisis de la integración biótica del bofedal Conococho, se puede indicar, que el ecosistema se encuentra en estado saludable pero con problemas de manejo; por lo que en el **Anexo 9** se presenta la propuesta de estrategias de manejo para reducir las amenazas, fomentar la conservación y uso sostenible del bofedal, además de intentar contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la Comunidad Campesina de Huambo y los pobladores del Centro Poblado Conococho.

#### 4.1.4 Determinación de la función hidrológica

Para determinar la función hidrológica del bofedal Conococha se ha analizado la disponibilidad y calidad del agua, como se muestra a continuación.

##### 4.1.4.1 Disponibilidad de agua

La laguna Conococha recibe agua de tres fuentes principales: precipitación, aguas superficiales de origen glaciar y aguas subterráneas (manantiales) termales y frías, dándole características fisicoquímicas particulares.

El nivel del agua en la laguna Conococha se encuentra influenciado por las precipitaciones de la época de lluvias, las cuales ocurren de diciembre a abril, mientras que en la época seca (junio-noviembre), el nivel del agua baja considerablemente debido a la disminución o ausencia de lluvias, retrocediendo en hasta 15 m en algunos sectores. Otro factor que influencia el nivel del agua en la laguna son los canales y arroyos provenientes de los glaciares de la Cordillera Blanca y las fuentes subterráneas de aguas termales y frías que llegan a la laguna, abasteciéndola de agua durante todo el año (Ramírez, 2011).

Durante el trabajo campo realizado en la época húmeda (febrero, 2019), se evidenciaron varios espejos de agua en el estrato subterráneo; por lo que, las zonas evaluadas mantenían la humedad saturada del suelo; sin embargo, únicamente en dos estaciones de muestreo (UM2 y UM3) se encontraron aguas discurriendo por la superficie del suelo, lo que permitió la estimación de la disponibilidad o caudal de agua, tal como se muestra en la siguiente tabla. Los demás sitios presentaron zonas con escaso drenaje de agua; por lo que, los resultados fueron nulos.

Tabla 4-13: Disponibilidad de agua en época húmeda (febrero, 2019)

Variables	UM2	UM3
Promedio área de la sección transversal (A) m <sup>2</sup>	0.21	0.03
Largo total del tramo (m)	10	4
Tiempo promedio (s)	43	11.3
Velocidad obtenida (m/s)	0.23	0.35
Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	0.049	0.009
Caudal Q (L/s)	48.97	9.11

Fuente: Elaboración propia

De los 2 sitios evaluados en época húmeda, el sitio de pastizal 2 (UM2), presentó el mayor caudal con 48.97 L/s o 0.049 m<sup>3</sup>/s, mientras que el sitio de pastizal 3 (UM3), presentó un menor caudal con 9.11 L/s o 0.009 m<sup>3</sup>/s. Además, se observa que en la estación UM2 el largo total del tramo evaluado (m) fue mayor que en la estación UM3; sin embargo, UM3 registró una mayor velocidad obtenida (m/s) que en UM2.

De igual manera, en la época seca (julio, 2019), se evidenciaron espejos de agua en el estrato subterráneo y algunos sectores desecados, únicamente en dos estaciones de muestreo (UM2 y UM3) se encontraron aguas discurriendo por la superficie del suelo, lo que permitió la estimación de la disponibilidad o caudal de agua, tal como se muestra en la siguiente tabla. Los demás sitios presentaron zonas con escaso drenaje de agua; por lo que, los resultados fueron nulos.

Tabla 4-14: Caudal de agua en época seca (julio, 2019)

<b>Variables</b>	<b>UM2</b>	<b>UM3</b>
Promedio área de la sección transversal (A) m <sup>2</sup>	0.21	0.03
Largo total del tramo (m)	10	4
Tiempo promedio (s)	45.7	11.3
Velocidad obtenida (m/s)	0.22	0.35
Caudal Q (m <sup>3</sup> /s)	0.046	0.009
Caudal Q (L/s)	46.08	9.09

Fuente: Elaboración propia

De los 2 sitios evaluados en época húmeda, el sitio de pastizal 2 (UM2), presentó el mayor caudal con 46.08 L/s o 0.046 m<sup>3</sup>/s, mientras que el sitio de pastizal 3 (UM3), presentó un menor caudal con 9.09 L/s o 0.009 m<sup>3</sup>/s. Además, se observa que en la estación UM2 el largo total del tramo evaluado (m) fue mayor que en la estación UM3; sin embargo, UM3 registró una mayor velocidad obtenida (m/s) que en UM2.

Es importante indicar, que la formación de charcos profundos con agua detenida (estancada) puede generar varios problemas dentro del ecosistema como la muerte de plantas que no toleran agua detenida, muerte de ganado por inmersión y/o proliferación de parásitos (PNUD, 2001).

#### 4.1.4.2 Calidad del agua

Según la R.J. N°056-2018-ANA, los cursos de agua presentes en el área de estudio (quebradas y ríos) se encuentran dentro de la clasificación del río Santa (categoría 3), por lo que los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Durante el trabajo de campo en la época húmeda (febrero, 2019), se realizó la medición de parámetros in situ de la calidad de agua como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, en 6 estaciones de muestreo, los mismos que coinciden con los sitios de pastizal evaluados en el área de estudio, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-15: Calidad de agua en época húmeda (febrero, 2019)

Estación de muestreo	Parámetros in situ			
	T° (°C)	pH (Unid. de pH)	C.E. (µS/cm)	STD (ppm)
<b>ECA-Agua Cat. 3-D1</b>	<b>▲3</b>	<b>6.5-8.5</b>	<b>2,500</b>	<b>N.A.</b>
<b>ECA-Agua Cat. 3-D2</b>	<b>▲3</b>	<b>6.5-8.4</b>	<b>5,000</b>	<b>N.A.</b>
<b>ECA-Agua Cat. 4-E1</b>	<b>▲3</b>	<b>6.5-9.0</b>	<b>1,000</b>	<b>N.A.</b>
UM1	17.2	5.5	170	70
UM2	18.5	5.3	600	240
UM3	16.5	6.7	750	560
UM4	14.2	7.2	170	90
UM5	18.2	6.9	230	120
UM6	15.0	7.1	510	270

Nota:

ECA-Agua D.S. N° 004-2017-MINAM

▲3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

T°: Temperatura

pH: Potencial de hidrógeno

C.E.: Conductividad

STD: Sólidos Totales Disueltos

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos en época húmeda, se puede indicar que todas las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), para las categorías 3 y 4, a excepción del pH en las estaciones UM1 y UM2 que presentaron valores ligeramente ácidos.

La temperatura (°C) reporta valores que varían de 14.5 °C a 18.5 °C, reportándose el mayor valor en la estación UM2. Estos valores, reflejan las características fisicoquímicas particulares de la Laguna Conochocha, que presenta aguas ligeramente tibias en ciertos sectores, derivando de allí su nombre en quechua Coñi Cocha o Laguna caliente (Ramírez, 2011).

En general, los pH registrados en las aguas del bofedal Conochocha tienden a ser neutros con valores ligeramente ácidos. Los valores varían de 5.3 (u) a 7.3 (u), reportándose el menor valor en la estación UM2. Si bien, los resultados de pH están determinados por la geología de la cuenca, es importante indicar, que los resultados de calidad agua en el bofedal tienen relación con la caracterización de sus suelos, que presentan una reacción extremadamente ácida a ligeramente ácida, no salinos, sin carbonatos y fertilidad química muy alta a media, como se detalla en el ítem 4.1.5 Determinación de la estabilidad del sistema. Además, valores de pH muy bajos (alrededor de 5) pueden deberse a la descomposición de la materia orgánica (Meneses, et al., 2014).

Los valores de conductividad eléctrica (C.E.), indican la presencia de los iones y cationes solubles en el agua. Los resultados varían de 170  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , donde el mayor valor se presenta en la estación UM3. Los mayores resultados reflejan que el agua del bofedal tiene una alta conductividad por su mayor cantidad de sales.

Los sólidos totales disueltos (STD) representan la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Los resultados varían de 70 ppm a 560 ppm, donde el mayor valor se presenta en la estación UM3.

En general, los valores obtenidos para la calidad de las aguas superficiales dentro del bofedal Conochocha en la época húmeda (febrero, 2019), indican que las condiciones actuales se encuentran en niveles naturales o deseados, con ausencia de amenazas o daños.

De igual manera, en la época seca (julio, 2019), se realizó la medición de parámetros in situ de la calidad de agua como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, en 6 estaciones de muestreo, los mismos que coincidan con los sitios de pastizal evaluados en el área de estudio, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-16: Calidad de agua en época seca (julio, 2019)

Estación de muestreo	Parámetros in situ			
	T° (°C)	pH (Unid. de pH)	C.E. (μS/cm)	STD (ppm)
<b>ECA-Agua Cat. 3-D1</b>	<b>▲3</b>	<b>6.5-8.5</b>	<b>2,500</b>	<b>N.A.</b>
<b>ECA-Agua Cat. 3-D2</b>	<b>▲3</b>	<b>6.5-8.4</b>	<b>5,000</b>	<b>N.A.</b>
<b>ECA-Agua Cat. 4-E1</b>	<b>▲3</b>	<b>6.5-9.0</b>	<b>1,000</b>	<b>N.A.</b>
UM1	9.0	5.9	200	86
UM2	13.0	6.2	540	250
UM3	14.3	6.8	670	340
UM4	11.2	7.1	150	90
UM5	17.7	6.9	180	100
UM6	18.0	7.2	380	170

Nota:

ECA-Agua D.S. N° 004-2017-MINAM

▲3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

T°: Temperatura

pH: Potencial de hidrógeno

C.E.: Conductividad

STD: Sólidos Totales Disueltos

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos en época seca, se puede indicar que todas las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), para las categorías 3 y 4, a excepción del pH en las estaciones UM1 y UM2 que presentaron valores ligeramente ácidos.

La temperatura (°C) reporta valores que varían de 9.0 °C a 18.0 °C, reportándose el mayor valor en la estación UM6. Estos valores, reflejan las características fisicoquímicas particulares de la Laguna Conochocha, que presenta aguas ligeramente tibias en ciertos sectores, derivando de allí su nombre en quechua Coñi Cocha o Laguna caliente (Ramírez, 2011).

En general, los pH registrados en las aguas del bofedal Conococha tienden a ser neutros con valores ligeramente ácidos. Los valores varían de 5.9 (u) a 7.2 (u), reportándose el menor valor en la estación UM1. Si bien, los resultados de pH están determinados por la geología de la cuenca; es importante indicar, que los resultados de calidad agua en el bofedal tienen relación con la caracterización de sus suelos, que presentan una reacción extremadamente ácida a ligeramente ácida, no salinos, sin carbonatos y fertilidad química muy alta a media, como se detalla en el ítem 4.1.5 Determinación de la estabilidad del sistema. Además, valores de pH muy bajos (alrededor de 5) pueden deberse a la descomposición de la materia orgánica (Meneses, et al., 2014).

Los valores de conductividad eléctrica (C.E.), indican la presencia de los iones y cationes solubles en el agua. Los resultados varían de 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 670  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , donde el mayor valor se presenta en la estación UM3. Los mayores resultados reflejan que el agua del bofedal tiene una alta conductividad por su mayor cantidad de sales.

Los sólidos totales disueltos (STD) representan la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Los resultados varían de 86 ppm a 340 ppm, donde el mayor valor se presenta en la estación UM3.

En general, los valores obtenidos para la calidad de las aguas superficiales dentro del bofedal Conococha en la época seca (julio, 2019), indican que las condiciones actuales se encuentran en niveles naturales o deseados, con ausencia de amenazas o daños.

Según los resultados obtenidos del análisis de la función hidrológica del bofedal Conococha, se puede indicar, que el ecosistema se encuentra en estado saludable pero con problemas de manejo; por lo que en el **Anexo 9** se presenta la propuesta de estrategias de manejo para reducir las amenazas, fomentar la conservación y uso sostenible del bofedal, además de intentar contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la Comunidad Campesina de Huambo y los pobladores del Centro Poblado Conococha.

#### **4.1.5 Determinación de la estabilidad del sistema**

Para determinar la estabilidad del bofedal Conococha se han analizado los signos de erosión, la caracterización del suelo y los porcentajes de cobertura vegetal, materia orgánica y carbono, como se muestra a continuación.

##### **4.1.5.1 Signos de erosión**

Los suelos del área de estudio en época húmeda (febrero, 2019) se encontraron inundados con presencia de materia orgánica semidescompuesta (mantillo), así como varios espejos de agua clara y zonas con suelo desnudo, mientras que en la época seca (julio, 2019) se evidenciaron áreas con mantillo en estado de sequedad o áreas sin vegetación. Por lo tanto, la cobertura en el área de estudio no es completamente uniforme, sino que se observan ligeros signos de fragmentación y erosión.

El área de estudio se ha evidenciado la presencia de animales pastoreando libremente (vacunos, ovinos o alpacas), reportándose algunos sectores con suelo compactado, así como cantidades importante de estiércol, lo que ha ocasionado la presencia de algunas especies indeseables e indicadoras de sobrepastoreo y/o pastizales no muy bien manejados, como se describió en el ítem 4.1.3 Determinación de la integridad biótica.

Tal como se detalla en el ítem 4.1.5.3 Cobertura vegetal (%), únicamente en el sitio UM4 se registraron zonas con presencia de suelo desnudo y/o roca con un 2.33%; sin embargo, en varios sectores del área de estudios se han evidenciado zonas con presencia de materia orgánica semidescompuesta (mantillo), así como espejos de agua y suelo desnudo. A diferencia de la época húmeda, en la época seca todos los sitios de pastizal registraron suelos desnudos, variando entre 1% a 2.67%. El sitio UM6 presentó el mayor porcentaje de suelo desnudo con 2.67%, mientras que el sitio UM1 presentó el menor porcentaje de suelo desnudo con 1%. Estos valores indican leves signos de fragmentación y la presencia de un ligero grado de erosión en los suelos del área de estudio, siendo más evidente en época seca que en época húmeda.

#### **4.1.5.2 Caracterización del suelo**

El área de estudio se encuentra incluido dentro de la zona edáfica Andosólica, la cual comprende las punas o regiones de páramo, desde los 4000 hasta los 5000 msnm. Los suelos que conforman el bofedal Conococha proceden del material parental de tipo residual (orgánico). Son de incipiente desarrollo genético, con secuencia de capas O-W y O-C-W, todos con sus respectivas subdivisiones y subíndices. Según la clasificación natural de suelos de los Estados Unidos de América del 2014, pertenecen al orden de los Histosols, que comprende a los suelos orgánicos y como suborden a Hemists, que muestra materiales orgánicos en diferentes estados de descomposición.

En general, los suelos son moderadamente profundos, con niveles muy altos de materia orgánica y fósforo disponible en gran parte del perfil, contenidos altos a bajos de nitrógeno mineral y potasio disponible, reacción extremadamente ácida a ligeramente ácida, no salinos, sin carbonatos y fertilidad química muy alta a media.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) que refleja la fertilidad potencial de un suelo es alta a media, influyendo en estos valores los bajos contenidos de los coloides (arcilla y humus). Las capas superficiales son orgánicas, presentando por consiguiente los colores más oscuros del perfil, influyendo la materia orgánica de manera positiva sobre otras propiedades físicas como estructura, consistencia, y retención de agua. Las capas internas del perfil pertenecen a las clases texturales arcillosa y franco arenosa.

El grado de desarrollo de los suelos es escaso debido a las condiciones climáticas (temperaturas bajas y lluvias estacionales), que no favorecen una alta edafización, otras causas son el tipo de vegetación que son pastos, donde la actividad microbiana no es eficiente.

A continuación se realiza la caracterización del suelo para cada sitio de pastizal evaluado. Es importante indicar, que los resultados de la calicata CS-1 fueron representativos para los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2), debido a su cercanía y condiciones similares, motivo por el cual no se consideró necesario el muestreo en el sitio 2 (UM2).

### **Suelo del sitio de pastizal 1 (UM1)**

Según su clasificación taxonómica, este suelo pertenece al subgrupo Hydric Cryohemists, presentando una secuencia de horizontes Oe-Oa-W y epipedón Hístico (horizonte superficial) de naturaleza orgánica. Se ubica sobre planicies fluvio-glaciares, con relieves moderadamente inclinados y pendientes entre 4 y 8%.

Es un suelo moderadamente profundo (90 a 100 cm), puesto que la napa freática elevada y capas internas saturadas limitan su profundidad efectiva. No tiene textura por ser de las capas orgánicas, estructura migajosa y masiva, consistencia adhesiva, exhibe una baja aireación y capacidad retentiva de agua alta. Presenta colores pardos y pardo oscuros, no se observa pedregosidad superficial y muestra una permeabilidad lenta y drenaje pobre.

En cuanto a su composición química, este suelo se caracteriza por presentar una reacción extremadamente ácida (pH: 4.38 a 4.07); sin riesgo de salinidad (conductividad eléctrica (C.E.), menos de 0.3 dS/m); sin carbonatos; el contenido de materia orgánica (49.06 a 35.69%), nitrógeno mineral, potasio disponible (461 a 258 ppm) y fósforo disponible (114.5 a 165 ppm) son altos. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es muy alta a media (20.68 a 11.7 meq/100 g), siendo mayor cuando los niveles de materia orgánica son más altos. El calcio se halla en mayor cantidad en el complejo de cambio, en niveles medios a bajos (12.23 a 5.23 meq/100 g), seguido del magnesio, existiendo cationes ácidos en todas las capas por presentar una reacción extremadamente ácida. El porcentaje de saturación de bases (PSB) exhibe un rango de 31 a 17% de la CIC efectiva y la acidez cambiante entre 69 y 83%. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es bajo (menor de 15%), no representando por tanto problema el sodio. Estos valores determinan una fertilidad natural alta de los primeros 100 cm de profundidad.

### **Suelo del sitio de pastizal 3 (UM3)**

Según su clasificación taxonómica, este suelo también pertenece al subgrupo Hydric Cryohemists, presentando una secuencia de horizontes Oe-Oa-C-W y epipedón Hístico (horizonte superficial) de naturaleza orgánica. Se ubica sobre planicies fluvio-glaciares, con relieves fuertemente inclinados y pendientes entre 8 y 15%.

Las primeras capas son orgánicas, de color pardo rojizo oscuro, seguido debajo de un horizonte mineral de textura arcillosa, y color rojo claro. La estructura es migajosa en los horizontes superficiales y sin estructura (masiva) en la capa más profunda. La consistencia es adhesiva, baja aireación y alta capacidad retentiva de agua. Presenta permeabilidad moderadamente lenta y drenaje pobre. Es un suelo moderadamente profundo (50 a 55 cm), debido a la napa freática elevada y capas internas saturadas que limitan su profundidad efectiva.

En cuanto a su composición química, este suelo se caracteriza por presentar una reacción ligeramente ácida a fuertemente ácida (pH: 6.5 a 5.45); sin riesgo de salinidad (C.E., menos de 0.38 dS/m); sin carbonatos; el contenido de materia orgánica (60.16 a 5.23%) y fósforo disponible (219.4 a 23.7 ppm) son altos, y los de nitrógeno mineral y potasio disponible (410 a 98 ppm) son altos a bajos. Presenta una CIC efectiva muy alta (44.4 a 25.66 meq/100g), siendo mayor cuando los niveles de materia orgánica son más altos. El calcio se halla en mayor cantidad en el complejo de cambio, en niveles muy altos (38.5 a 22.03 meq/100 g), seguido del magnesio, existiendo además cationes ácidos en las últimas capas por presentar una reacción fuertemente ácida. El PSB varía de 76 a 46% de la CIC efectiva y la acidez cambiante entre 24 y 54%. El PSI es bajo (menor de 15%), no existiendo problemas de sodicidad. Estos valores determinan una fertilidad natural alta de los primeros 100 cm de profundidad.

#### **Suelo del sitio de pastizal 4 (UM4)**

Según su clasificación taxonómica, pertenece al subgrupo Hydric Cryohemists, presentando una secuencia de capas Oi-C-W y epipedón Hístico (horizonte superficial) de naturaleza orgánica. Se ubica sobre planicies fluvio-glaciares, con relieves fuertemente inclinados y pendientes entre 8 y 15%.

Las primeras capas son orgánicas, de colores pardo oscuro y pardo amarillento oscuro, seguido debajo de un horizonte mineral de textura franco arenosa y color gris. La estructura es migajosa en los horizontes superficiales y sin estructura (masiva) en la capa más profunda. La consistencia es adhesiva a fiabile, baja aireación y alta capacidad retentiva de agua. Presenta permeabilidad moderadamente lenta a moderada y drenaje pobre. Es un suelo moderadamente profundo (65 a 70 cm), debido a la napa freática elevada y capas internas saturadas que limitan su profundidad efectiva.

En cuanto a su composición química, este suelo se caracteriza por presentar una reacción muy fuertemente ácida a extremadamente ácida (pH: 4.65 a 4.15); sin riesgo de salinidad (C.E., menos de 0.34 dS/m); sin carbonatos; el contenido de materia orgánica (45.97 a 17.5%), fósforo disponible (41.3 a 34.8 ppm) y nitrógeno mineral son altos, y de potasio disponible (446 a 222 ppm) son altos a medios. Presenta una CIC efectiva baja (9.87 a 5.3 meq/100g), observándose que los valores mayores se encuentran en aquellas capas que muestran pH más altos. El calcio se halla en mayor cantidad en el complejo de cambio, en niveles bajos a muy bajos (4.53 a 2.98 meq/100 g), seguido del magnesio, existiendo además cationes ácidos en todas las capas por presentar una reacción muy fuertemente ácida a extremadamente ácida. El PSB varía entre 16 y 14% de la CIC efectiva y la acidez cambiante entre 84 y 86%. El PSI es bajo (menor de 15%), no existiendo problemas de sodicidad. Estos valores determinan una fertilidad natural alta de los primeros 70 cm de profundidad.

### **Suelo del sitio de pastizal 5 (UM5)**

Pertenece al subgrupo Hydric Cryohemists, presentando una secuencia de horizontes Oi-Oe-W y epipedón Hístico (horizonte superficial) de naturaleza orgánica. Se ubica sobre planicie fluvio-glaciaria, con relieves planos a ligeramente inclinados y pendientes menores de 4%.

Es un suelo moderadamente profundo (60 a 65 cm), puesto que la napa freática elevada y capas internas saturadas limitan su profundidad efectiva. No tiene textura por ser las capas orgánicas, estructura migajosa y masiva, consistencia adhesiva, exhibe una baja aireación y capacidad retentiva de agua alta. Presenta colores pardos y pardo oscuros, no se observa pedregosidad superficial y muestra una permeabilidad moderadamente lenta y drenaje pobre.

En cuanto a su composición química, este suelo se caracteriza por presentar una reacción ligeramente ácida a moderadamente ácida (pH: 6.37 a 5.96); sin riesgo de salinidad (C.E., menos de 0.43 dS/m); sin carbonatos; el contenido de materia orgánica (48.47 a 39.56%), nitrógeno mineral y fósforo disponible (150.1 a 44.5 ppm) son altos, y de potasio disponible (207 a 125 ppm) son medios. La CIC es muy alta (58.96 a 43.89 meq/100 g), siendo mayor cuando los niveles de materia orgánica son más altos. El calcio se halla en mayor cantidad en el complejo de cambio, en niveles muy altos (54.25 a 40.25 meq/100 g), seguido del magnesio, existiendo además cationes ácidos en la capa con reacción moderadamente ácida. El PSB exhibe un rango de 94 a 70% de la CIC efectiva y la acidez cambiante de 6 a 30%. El PSI es bajo (menor de 15%), no representando por tanto problema el sodio. Estos valores determinan una fertilidad natural alta de los primeros 65 cm de profundidad.

### **Suelo del sitio de pastizal 6 (UM6)**

Según su clasificación taxonómica, también pertenece al subgrupo Hydric Cryohemists, presentando una secuencia de horizontes Oe-Oe-W y epipedón Hístico (horizonte superficial) de naturaleza orgánica. Se ubica sobre planicies fluvioglaciares, con relieves planas a ligeramente inclinados y pendientes menores de 4%.

Es un suelo moderadamente profundo (85 a 90 cm), puesto que la napa freática elevada y capas internas saturadas limitan su profundidad efectiva. No tiene textura por ser de las capas orgánicas, estructura migajosa y masiva, consistencia adhesiva, exhibe una baja aireación y capacidad retentiva de agua alta. Presenta colores pardo rojizo oscuros y pardo rojizo, no se observa pedregosidad superficial y muestra una permeabilidad moderadamente lenta y drenaje pobre.

En cuanto a su composición química, este suelo se caracteriza por presentar una reacción moderadamente ácida (pH: 6.05 a 5.61); sin riesgo de salinidad (C.E., menos de 0.76 dS/m); sin carbonatos; el contenido de materia orgánica (64.29 a 36.64%), nitrógeno mineral y fósforo disponible (84.8 a 26.3 ppm) son altos, y de potasio disponible (365 a 146 ppm) son altos a medios. La CIC es muy alta (72.48 a 51.94 meq/100 g), siendo mayor cuando los niveles de materia orgánica son más altos. El calcio se halla en mayor cantidad en el complejo de cambio, en niveles muy altos (77.25 a 48.5 meq/100 g), seguido del magnesio, existiendo cationes ácidos en la última capa por presentar una reacción de más ácida. El PSB exhibe un rango de 93 a 64% de la CIC efectiva y la acidez cambiante entre 7 y 36%. El PSI es bajo (menor de 15%), no representando por tanto problema el sodio. Estos valores determinan una fertilidad natural alta de los primeros 90 cm de profundidad.

Los resultados de laboratorio se presentan en el **Anexo 6**, mientras que las tablas con las principales características de los suelos evaluados y sus perfiles modales se presentan en el **Anexo 7**.

#### 4.1.5.3 Cobertura vegetal (%)

La cobertura vegetal se refiere a la proporción de un área cubierta por plantas en la superficie del suelo, se considera como indicador de la significancia ecológica de la densidad y constituye una información representativa de la estructura real de la vegetación de una determinada área.

En cada época de evaluación, se estimó el porcentaje de cobertura total del suelo por cada sitio de pastizal, considerando además la presencia de mantillo, musgo y/o suelo desnudo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados en época húmeda.

Tabla 4-17: Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época húmeda (febrero, 2019)

Sitios de pastizal	Cobertura vegetal (%)	Mantillo (%)	Musgo (%)	Suelo desnudo (%)	Total
UM1	94.00	3.00	3.00	0.00	100.0
UM2	97.33	0.00	2.67	0.00	100.0
UM3	94.67	5.33	0.00	0.00	100.0
UM4	89.33	4.00	4.33	2.33	100.0
UM5	98.33	1.33	0.33	0.00	100.0
UM6	100.00	0.00	0.00	0.00	100.0

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda, se observa que el sitio de pastizal UM6 fue el único que presentó un 100% de cobertura vegetal de especies forrajeras sin presencia de áreas sin valor forrajero, mientras que el sitio UM4 presentó el menor porcentaje de cobertura vegetal de especies forrajeras con 89.33%. El mayor porcentaje de mantillo se registró en el sitio UM3 (5.33%), el mayor porcentaje de musgo se registró en el sitio UM4 (4.33%) y además este fue el único sitio de pastizal que registró zonas con presencia de suelo desnudo y/o roca con un 2.33% durante el muestreo; sin embargo, en varios sectores del área de estudios se han evidenciado zonas con presencia de materia orgánica semidescompuesta (mantillo), así como espejos de agua y suelo desnudo.

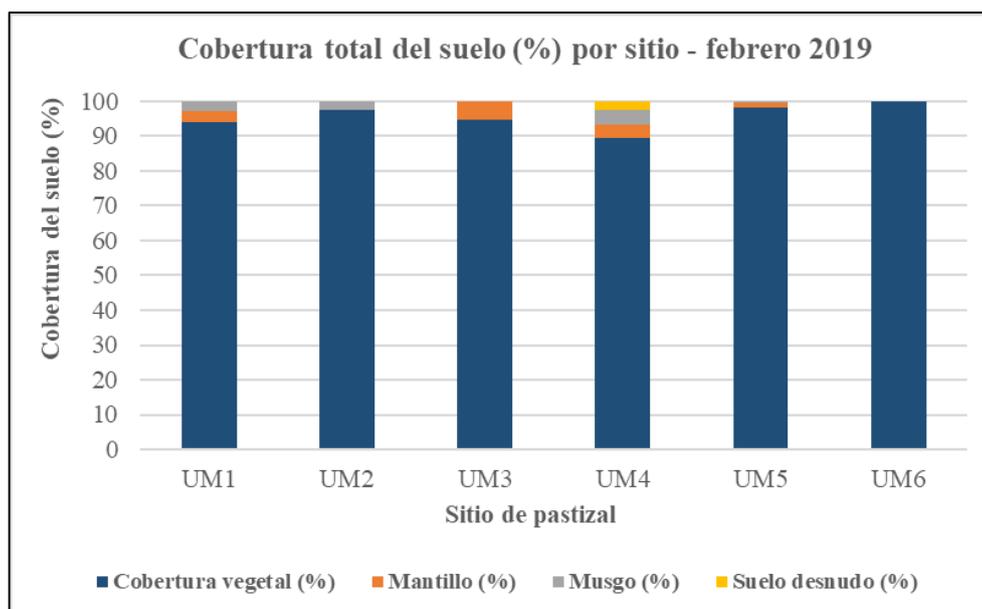


Figura 4-23: Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época húmeda (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran los resultados en época seca.

Tabla 4-18: Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época seca (julio, 2019)

Sitios de pastizal	Cobertura vegetal (%)	Mantillo (%)	Musgo (%)	Suelo desnudo (%)	Total
UM1	94.00	3.67	1.67	1.00	100.0
UM2	95.00	0.00	2.67	2.33	100.0
UM3	90.67	8.00	0.00	1.33	100.0
UM4	89.67	5.00	4.00	1.33	100.0
UM5	94.33	4.33	0.00	1.33	100.0
UM6	94.67	2.67	0.00	2.67	100.0

Fuente: Elaboración propia

En época seca, ninguno de los sitios de pastizal evaluados presentó un 100% de cobertura vegetal de especies forrajeras sin presencia de áreas sin valor forrajero. El sitio UM2 presentó el mayor porcentaje de cobertura vegetal de especies forrajeras con 95%, mientras que el sitio UM4 presentó el menor porcentaje de cobertura vegetal de especies forrajeras con 89.67%. El mayor porcentaje de mantillo se registró en el sitio UM3 (8%), el mayor porcentaje de musgo se registró en el sitio UM4 (4%). A diferencia de la época húmeda, en la época seca todos los sitios de pastizal registraron suelos desnudos, variando entre 1% a 2.67%.

El sitio UM6 presentó el mayor porcentaje de suelo desnudo con 2.67%, mientras que el sitio UM1 presentó el menor porcentaje de suelo desnudo con 1%.

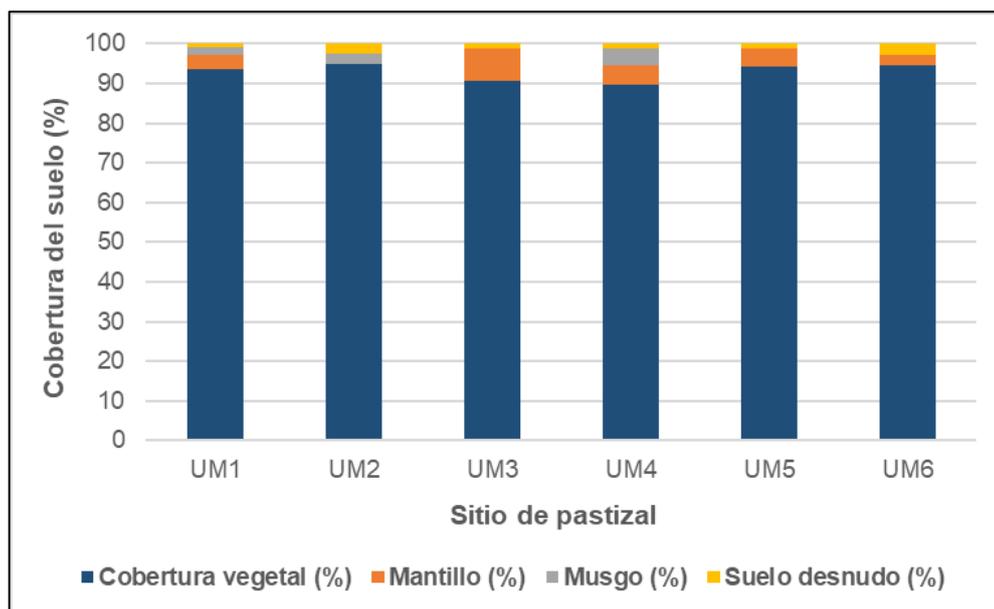


Figura 4-24: Cobertura total del suelo (%) por sitio de pastizal evaluado en época seca (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

La estimación del porcentaje de cobertura vegetal según el sitio de pastizal se presenta en el **Anexo 7**.

#### 4.1.5.4 Materia orgánica (%)

A partir de los resultados de la caracterización de los suelos se determinó el porcentaje promedio de materia orgánica, en los sitios de pastizal evaluados en el bofedal Conococha, como se muestra en la siguiente tabla. Es importante indicar, que los resultados de la calicata CS-1 fueron representativos para los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2), debido a su cercanía y condiciones similares, motivo por el cual no se consideró necesario el muestreo en el sitio 2 (UM2).

Tabla 4-19: % de materia orgánica en los suelos del bofedal Conococha

Sitio de pastizal	Calicata	Horizonte	% M.O por horizonte	Promedio % M.O.
UM1	CS-1	H-1	49.06	44.10
		H-2	47.54	
		H-3	35.69	
UM2	CS-1	H-1	49.06	44.10
		H-2	47.54	
		H-3	35.69	
UM3	CS-3	H-1	60.16	36.93
		H-2	45.41	
		H-3	5.23	
UM4	CS-4	H-1	45.97	36.15
		H-2	44.99	
		H-3	17.5	
UM5	CS-5	H-1	48.47	27.22
		H-2	5.96	
UM6	CS-6	H-1	6.05	5.91
		H-2	6.08	
		H-3	5.61	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la materia orgánica se encuentra con un mayor porcentaje en el primer horizonte del suelo y esta va disminuyendo gradualmente a mayor profundidad. En los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2) el porcentaje de materia orgánica varía de 49.06% a 35.69%, en el sitio de pastizal 3 (UM3) de 60.16% a 5.23%, en el sitio de pastizal 4 (UM4) de 45.97% a 17.5%, en el sitio de pastizal 5 (UM5) de 48.47% a 5.96% y en el sitio de pastizal 6 (UM6) de 6.05% a 5.61%.

El mayor porcentaje de materia orgánica en el primer horizonte se presentó en la calicata del sitio de pastizal 3 (UM3) con 60.16%, mientras que el sitio de pastizal 6 (UM6) para el mismo horizonte presentó el menor porcentaje con 6.05%. Por otro lado, el mayor porcentaje de materia orgánica en el último horizonte del suelo se presentó en los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2) con 35.69%, mientras que el sitio de pastizal 6 (UM6) para el mismo horizonte presentó el menor porcentaje con 5.61%.

Se observa que el porcentaje promedio de materia orgánica en los suelos varió de 5.91% a 44.10%. El mayor porcentaje se presentó en los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2), evaluados en el bofedal tipo I con especies pulvinadas dominado por *Distichia filamentosa*, mientras que el menor porcentaje se presentó en el sitio de pastizal 6 (UM6), evaluado en el bofedal tipo II con especies graminioides dominado por *Festuca rigescens*.

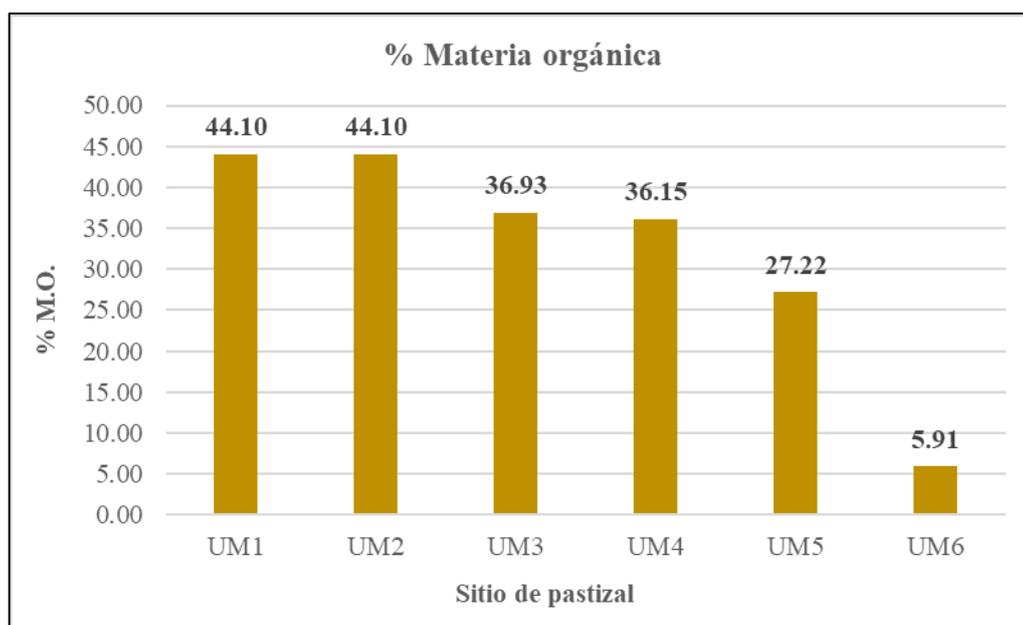


Figura 4-25: Porcentaje de materia orgánica en los suelos del bofedal Conococho

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de laboratorio se presentan en el **Anexo 6**.

#### 4.1.5.5 Carbono total (t C/ha)

En base a los resultados del porcentaje promedio de materia orgánica en los sitios de pastizal evaluados en el bofedal Conococha, se determinó el porcentaje de carbono en los suelos, según la fórmula detallada en el ítem 3.4.3 Determinación de la estabilidad del sistema, donde el % de materia orgánica fue multiplicado por una constante ( $K_i = 1.72$ ), como se muestra en la siguiente tabla.

Además, se determinó el carbono total (t C/ha), según las fórmulas detalladas en el ítem 3.4.3 Determinación de la estabilidad del sistema. Es importante indicar, que la densidad aparente ( $D_{ap}$ ) utilizada fue de  $350 \text{ kg/m}^3$ , dato promedio para este tipo de suelo orgánico y el dato del volumen del suelo utilizado fue de  $2,000 \text{ m}^3$ , donde mediante una simple conversión de unidades y una regla de proporción se determinaron los resultados en toneladas por hectárea, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-20: Carbono total (t C/ha) en los suelos del bofedal Conococha

Sitio de pastizal	Calicata	Horizonte	% M.O por horizonte	% C por horizonte	kg C/ha	t C/ha	$\Sigma$ t C/ha
UM1	CS-1	H-1	49.06	84.38	590,682.4	590.68	1,592.77
		H-2	47.54	81.77	572,381.6	572.38	
		H-3	35.69	61.39	429,707.6	429.71	
UM2	CS-1	H-1	49.06	84.38	590,682.4	590.68	1,592.77
		H-2	47.54	81.77	572,381.6	572.38	
		H-3	35.69	61.39	429,707.6	429.71	
UM3	CS-3	H-1	60.16	103.48	724,326.4	724.33	1,334.03
		H-2	45.41	78.11	546,736.4	546.74	
		H-3	5.23	9.00	629,69.2	62.97	
UM4	CS-4	H-1	45.97	79.07	553,478.8	553.48	1,305.86
		H-2	44.99	77.38	541,679.6	541.68	
		H-3	17.5	30.10	210,700.0	210.70	
UM5	CS-5	H-1	48.47	83.37	583,578.8	583.58	655.34
		H-2	5.96	10.25	717,58.4	71.76	
UM6	CS-6	H-1	6.05	10.41	72,842.0	72.84	213.59
		H-2	6.08	10.46	73,203.2	73.20	
		H-3	5.61	9.65	67,544.4	67.54	

Nota:  $K_i$  = constante correspondiente al contenido medio de carbono en la materia orgánica, (IHOBE, 1998).

El peso del suelo estimado a partir de la densidad aparente fue de  $700,000 \text{ kg}$  que representa el 100% de carbono capturado

Fuente: Elaboración propia

Al igual que para la materia orgánica, se observa que el porcentaje de carbono se encuentra con una mayor concentración en el primer horizonte del suelo y este va disminuyendo gradualmente a mayor profundidad.

En los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2) el porcentaje de carbono varía de 84.38% a 61.39%, en el sitio de pastizal 3 (UM3) de 103.48% a 9%, en el sitio de pastizal 4 (UM4) de 79.07% a 30.10%, en el sitio de pastizal 5 (UM5) de 83.37% a 10.25% y en el sitio de pastizal 6 (UM6) de 10.41% a 9.65%.

El mayor porcentaje de carbono en el primer horizonte se presentó en la calicata del sitio de pastizal 3 (UM3) con 103.48%, mientras que el sitio de pastizal 6 (UM6) para el mismo horizonte presentó el menor porcentaje con 10.41%. Por otro lado, el mayor porcentaje de carbono en el último horizonte del suelo se presentó en los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2) con 61.39%, mientras que el sitio de pastizal 6 (UM6) para el mismo horizonte presentó el menor porcentaje con 9.65%.

Además, se observa una menor variación entre los porcentajes de carbono según los horizontes del suelo en los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2), evaluados en el bofedal tipo I con especies pulvinadas dominado por *Distichia filamentosa*, mientras que los sitios de pastizal 5 y 6 (UM5 y UM6), evaluados en el bofedal tipo II con especies graminoides dominado por *Festuca rigescens*, presentan una mayor variabilidad entre los horizontes o muestran menores porcentajes.

Por otro lado, realizando la sumatoria del carbono total en cada uno de los horizontes de las calicatas se observa que el carbono total capturado en los suelos varió de 213.59 t C/ha a 1,592.77 t C/ha. El mayor contenido de carbono se presentó en los sitios de pastizal 1 y 2 (UM1 y UM2), evaluadas en el bofedal tipo I con especies pulvinadas dominado por *Distichia filamentosa*, mientras que el menor porcentaje se presentó en el sitio de pastizal 6 (UM6), evaluado en el bofedal tipo II con especies graminoides dominado por *Festuca rigescens*.

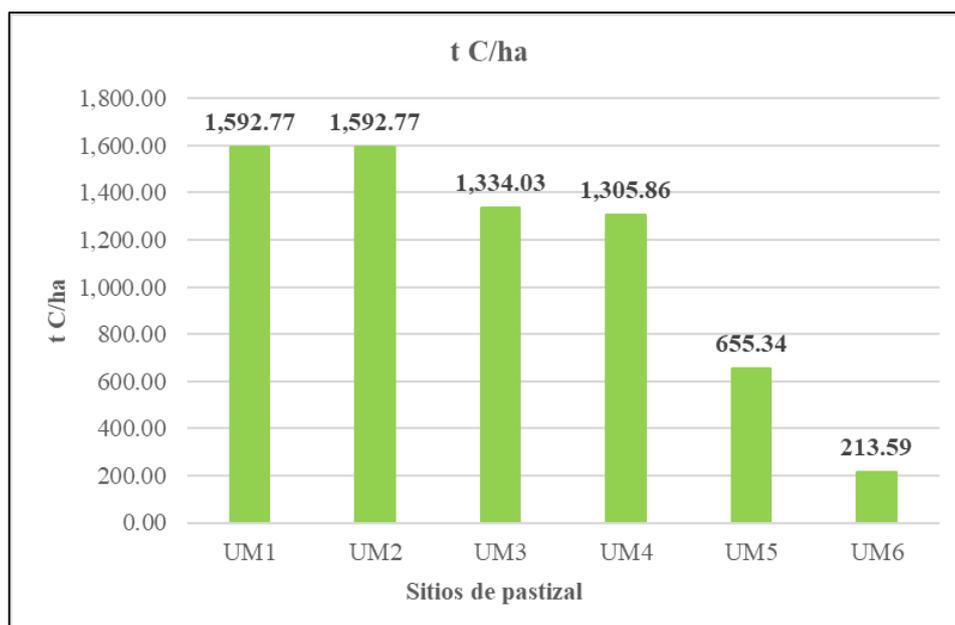


Figura 4-26: Carbono total (t C/ha) en los suelos del bofedal Conococha

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de laboratorio se presentan en el **Anexo 6**.

Según los resultados obtenidos del análisis de la estabilidad del bofedal Conococha, se puede indicar, que el ecosistema se encuentra en estado saludable pero con problemas de manejo; por lo que en el **Anexo 9** se presenta la propuesta de estrategias de manejo para reducir las amenazas, fomentar la conservación y uso sostenible del bofedal, además de intentar contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la Comunidad Campesina de Huambo y los pobladores del Centro Poblado Conococha.

#### **4.1.6 Determinación de la condición del pastizal**

Para determinar la condición de pastizal del bofedal Conococha se ha analizado la estimación de 4 índices, como se muestra a continuación.

##### **4.1.6.1 Deseabilidad de especies**

De la evaluación de la composición florística en los sitios de pastizal en ambas épocas de evaluación, de acuerdo con el grado de deseabilidad de las plantas para las especies animales al pastoreo (vacuno, ovino y alpaca), se tiene que las especies vegetales deseables están presentes en el ecosistema en un 41.3%, las especies poco deseables en un 18.8% y las especies indeseables en 40%, respectivamente. En general, se observa una ligera diferencia entre la presencia de especies deseables e indeseables para el ganado en el bofedal Conococha.

##### **Especies Deseables (D)**

Estas especies son las más importantes de acuerdo con su deseabilidad por los animales y relativamente importantes en la condición clímax de los sitios de pastizal. Además, tienden a declinar en abundancia y/o vigor a medida que el aspecto ecológico del pastizal está siendo alterado. En el área de estudio, estas especies constituyen el 6.3%, 42.5% y 43.8% para vacunos, ovinos o alpacas, respectivamente, del total de especies identificadas. De acuerdo con su deseabilidad y porcentaje de cobertura vegetal, las especies deseables más abundantes son: *Distichia filamentosa*, *Calamagrostis brevifolia*, *Calamagrostis jamesonii* y *Cotula mexicana*.

##### **Especies Poco Deseables (PD)**

Son especies secundarias que aumentan inicialmente a medida que las especies decrecientes comienzan a declinar o desaparecer, pero tienden a decrecer a partir de un cierto punto en que las especies invasoras y/o indeseables comienzan a incrementar. Están constituidas por el 42.5%, 17.5% y 18.8% para vacunos, ovinos o alpacas, respectivamente. De acuerdo con su deseabilidad y porcentaje de cobertura vegetal, las especies poco deseables más abundantes son: *Festuca rigescens*, *Festuca glyceriantha*, *Gentiana sedifolia* y *Cerastium subspicatum*.

## Especies Indeseables (I)

Son plantas que generalmente no se encuentran presentes en la condición clímax del pastizal y que dependen de los hábitos alimenticios del ganado. En la práctica, estas especies pueden ser indicadoras de alteraciones y/o perturbación del sitio en el pastizal. Del total de las especies identificadas, constituyen el 51.3%, 40% y 37.5% para vacunos, ovinos o alpacas, respectivamente. De acuerdo con su deseabilidad y porcentaje de cobertura vegetal, las especies indeseables más abundantes son: *Werneria pygmaea*, *Oritrophium limnophilum*, *Plantago rigida* y *Isoetes andicola*.

La deseabilidad y porcentaje de cobertura vegetal de las especies registradas en el bofedal Conococha se presentan en el **Anexo 7**.

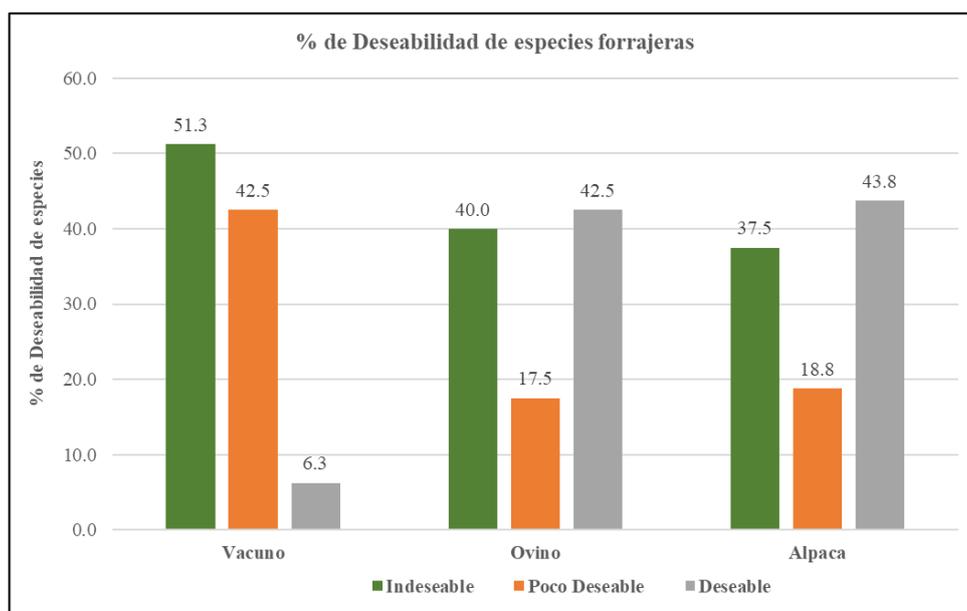


Figura 4-27: % Deseabilidad de especies forrajeras en el bofedal Conococha

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.6.2 Índice de especies decrecientes (% ED)

Este índice se calculó sumando el porcentaje de especies deseables para el ganado doméstico (vacunos, ovinos o alpacas), obtenido en los sitios de pastizal evaluados. El puntaje final se obtuvo multiplicando por 0.5, como se detalló en la fórmula del ítem 3.4.4 Determinación de condición del pastizal.

En la siguiente tabla se presenta la estimación del índice de especies decrecientes (% ED), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época húmeda.

Tabla 4-21: Índice de especies decrecientes (% ED) en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	Valor real (% ED)	Puntaje (% ED)
UM1	76.67	38.34
UM2	57.99	29.00
UM3	72.67	36.34
UM4	75.66	37.83
UM5	53.66	26.83
UM6	48.66	24.33

Fuente: Elaboración propia

El índice de especies decrecientes (% ED) durante la época húmeda, presentó valores que van desde 24.33% a 38.34%, teniendo un promedio de 32.11%. Se observa que el sitio de pastizal UM1 presentó el mayor % ED con 38.34%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM6 con 24.33%. Este índice obtenido en el nivel de especies clímax refleja una afectación moderada de los sitios evaluados, presumiblemente por el pastoreo del ganado doméstico.

Por otro lado, a continuación se presenta la estimación del índice de especies decrecientes (% ED), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época seca.

Tabla 4-22: Índice de especies decrecientes (% ED) en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	Valor real (% ED)	Puntaje (% ED)
UM1	75.34	37.67
UM2	56.34	28.17
UM3	70.66	35.33
UM4	73.67	36.84
UM5	47.33	23.67
UM6	43.66	21.83

Fuente: Elaboración propia

El índice de especies decrecientes (% ED) durante la época seca, presentó valores que van desde 21.83% a 37.67%, teniendo un promedio de 30.58%. Se observa que el sitio de pastizal UM1 presentó el mayor % ED con 37.67%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM6 con 21.83%.

Durante la época seca, todos los sitios de pastizal presentan un menor porcentaje de especies decrecientes (% ED), en comparación con la época húmeda, debido al pastoreo del ganado doméstico.

La deseabilidad y porcentaje de cobertura vegetal de las especies registradas en el bofedal Conococha se presentan en el **Anexo 7**.

#### 4.1.6.3 Índice forrajero (% IF)

Este índice se obtuvo sumando los porcentajes de las especies deseables (D), especies poco deseables (PD) y especies indeseables (I) encontrados en cada sitio de pastizal evaluado. El puntaje final se obtuvo multiplicando por 0.2, como se detalló en la fórmula del ítem 3.4.4 Determinación de condición del pastizal.

En la siguiente tabla se presenta la estimación del índice forrajero (% IF), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época húmeda.

Tabla 4-23: Índice forrajero (% IF) en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	Valor real (% IF)	Puntaje (% IF)
UM1	94.01	18.80
UM2	97.32	19.46
UM3	94.66	18.93
UM4	89.32	17.86
UM5	98.33	19.67
UM6	100.00	20.00

Fuente: Elaboración propia

El índice forrajero (% IF) durante la época húmeda, presentó valores que van desde 17.86% a 20%, teniendo un promedio de 19.12%. Se observa que el sitio de pastizal UM6 presentó el mayor % IF con 20%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM4 con 17.86%. Estos valores demuestran que los sitios de pastizal evaluados presentaron una buena cobertura forrajera.

Por otro lado, a continuación se presenta la estimación del índice forrajero (% IF), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época seca.

Tabla 4-24: Índice forrajero (% IF) en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	Valor real (% IF)	Puntaje (% IF)
UM1	93.67	18.73
UM2	95.01	19.00
UM3	90.66	18.13
UM4	89.67	17.93
UM5	94.33	18.87
UM6	94.66	18.93

Fuente: Elaboración propia

El índice forrajero (% IF) durante la época seca, presentó valores que van desde 17.93% a 19%, teniendo un promedio de 18.60%. Se observa que el sitio de pastizal UM2 presentó el mayor % IF con 19%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM4 con 17.93%. Estos valores demuestran que los sitios de pastizal evaluados presentaron una buena cobertura forrajera, pero en menor proporción que lo reportado en la época húmeda.

La deseabilidad y porcentaje de cobertura vegetal de las especies registradas en el bofedal Conococha se presentan en el **Anexo 7**.

#### 4.1.6.4 Índice de desnudez del suelo (% ID)

Para determinar este índice, se sumó el porcentaje del suelo desnudo (D), porcentaje de roca (R) y porcentaje de pavimento de erosión (P) observados en los sitios de pastizal evaluados. El puntaje final se obtuvo multiplicando por 0.2, como se detalló en la fórmula del ítem 3.4.4 Determinación de condición del pastizal. En la siguiente tabla se presenta la estimación del índice de desnudez del suelo (% ID), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época húmeda.

Tabla 4-25: Índice de desnudez del suelo (% ID) en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	Suelo desnudo (D)	Roca (R)	Pavimento de erosión (P)	Total N° de puntos	Valor real (% ID)	Puntaje (% ID)
UM1	0	0	0	0	0.00	20.00
UM2	0	0	0	0	0.00	20.00
UM3	0	0	0	0	0.00	20.00
UM4	5	2	0	7	2.33	19.53
UM5	0	0	0	0	0.00	20.00
UM6	0	0	0	0	0.00	20.00

Fuente: Elaboración propia

El índice de desnudez del suelo (% ID) durante la época húmeda, presentó valores que van desde 19.53% a 20%, teniendo un promedio de 19.92%. Se observa que el sitio de pastizal UM4 fue el único que registró zonas con presencia de suelo desnudo y/o roca (7) con un valor de % ID de 19.53%, mientras que los demás sitios reportaron un (0) que representa un % ID de 20%. Estos valores indican leves signos de fragmentación y la presencia de un ligero grado de erosión en los suelos.

Por otro lado, a continuación se presenta la estimación del índice de desnudez del suelo (% ID), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época seca.

Tabla 4-26: Índice de desnudez del suelo (% ID) en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	Suelo desnudo (D)	Roca (R)	Pavimento de erosión (P)	Total N° de puntos	Valor real (% ID)	Puntaje (% ID)
UM1	3	0	0	3	1.00	19.80
UM2	7	0	0	7	2.33	19.53
UM3	4	0	0	4	1.33	19.73
UM4	4	0	0	4	1.33	19.73
UM5	4	0	0	4	1.33	19.73
UM6	8	0	0	8	2.67	19.47

Fuente: Elaboración propia

El índice de desnudez del suelo (% ID) en época seca (julio, 2019), presentó valores que van desde 19.47% a 19.80%, teniendo un promedio de 19.67%. Se observa que el sitio de pastizal UM6 obtuvo el mayor número de registros de suelo desnudo (8) con un valor de % ID de 19.47%, mientras que el sitio de pastizal UM1 reportó el menor número de registros de suelo desnudo (3) con un valor de % ID de 19.80%. Estos valores reflejan mayores signos de fragmentación y la presencia de un mayor grado de erosión en los suelos, en comparación con la época húmeda.

La estimación del porcentaje de cobertura vegetal según el sitio de pastizal se presenta en el **Anexo 7**.

#### 4.1.6.5 Índice de vigor (%IV)

La determinación del vigor se realizó considerando a las especies vegetales claves o indicadoras en su estadio clímax para cada sitio de pastizal. En la siguiente tabla se presentan las especies claves utilizadas para determinar el vigor, durante ambas épocas de evaluación, lo que representa el porcentaje de la altura máxima de dicha especie en una condición clímax.

Tabla 4-27: Especies claves en la determinación del índice de vigor (% IV)

Especie	Altura clímax (cm)	Sitio de pastizal
<i>Distichia filamentosa</i>	26	UM1, UM3
<i>Calamagrostis brevifolia</i>	30	UM2, UM4
<i>Festuca rigescens</i>	50	UM5, UM6

Fuente: Elaboración propia

El índice de vigor se calculó dividiendo la altura promedio de cada especie de pastos deseable entre su máxima altura de planta multiplicada por 100. El puntaje final se obtuvo multiplicando por 0.1, como se detalló en la fórmula del ítem 3.4.4 Determinación de condición del pastizal.

En la siguiente tabla se presenta la estimación del índice de vigor (% IV), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época húmeda.

Tabla 4-28: Índice de vigor (% IV) en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	Altura promedio (cm)	Altura clímax (cm)	Valor real (% IV)	Puntaje (% IV)
UM1	13.1	26	50.38	5.04
UM2	19.4	30	64.67	6.47
UM3	15.0	26	57.69	5.77
UM4	21.6	30	72.00	7.20
UM5	38.1	50	76.20	7.62
UM6	27.0	50	54.00	5.40

Fuente: Elaboración propia

El índice de vigor (% IV) durante la época húmeda, presentó valores que van desde 5.04% a 7.62%, teniendo un promedio de 6.25%. Se observa que el sitio de pastizal UM5 presentó el mayor % IV con 7.62%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM1 con 5.04%. Estos valores indican que las especies clave de la composición florística no se encuentran en su óptimo desarrollo.

Por otro lado, a continuación se presenta la estimación del índice de vigor (% IV), obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época seca.

Tabla 4-29: Índice de vigor (% IV) en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	Altura promedio (cm)	Altura clímax (cm)	Valor real (% IV)	Puntaje (% IV)
UM1	9.8	26	37.69	3.77
UM2	14.7	30	49.00	4.90
UM3	15.1	26	58.08	5.81
UM4	19.8	30	66.00	6.60
UM5	23.2	50	46.40	4.64
UM6	27.0	50	54.00	5.40

Fuente: Elaboración propia

El índice de vigor (% IV) durante la época seca, presentó valores que van desde 3.77% a 6.60%, teniendo un promedio de 5.19%. Se observa que el sitio de pastizal UM5 presentó el mayor % IV con 6.60%, mientras que el menor valor se registró en el sitio UM1 con 3.77%. Estos valores indican que las especies clave de la composición florística no se encuentran en su óptimo desarrollo.

La estimación de la altitud promedio de las especies claves según el sitio de pastizal se presenta en el **Anexo 7**.

A continuación, se presenta la determinación de la condición del pastizal obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época húmeda, en función a la sumatoria de los: índice de especies decrecientes (% ED), índice forrajero (% IF), índice de desnudez del suelo (% ID) e índice de vigor (%IV), como se detalló en la fórmula del ítem 3.4.4 Determinación de condición del pastizal. Es importante indicar, que la condición de pastizal fue estimada de manera general para el ganado doméstico que hace uso del pastizal (vacunos, ovinos o alpacas).

Tabla 4-30: Condición del pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	% ED	% IF	% ID	% IV	Puntaje total (%)	Condición del pastizal	Color
UM1	38.34	18.80	20.00	5.04	82.18	Excelente	
UM2	29.00	19.46	20.00	6.47	74.93	Buena	
UM3	36.34	18.93	20.00	5.77	81.04	Excelente	
UM4	37.83	17.86	19.53	7.20	82.43	Excelente	
UM5	26.83	19.67	20.00	7.62	74.12	Buena	
UM6	24.33	20.00	20.00	5.40	69.73	Buena	

Fuente: Elaboración propia

En los sitios de pastizal evaluados en el bofedal Conococha en época húmeda se han determinado dos tipos de condiciones para el pastoreo: excelente y buena. Los sitios de pastizal UM1, UM3 y UM4 presentaron una condición excelente, mientras que los sitios UM2, UM5 y UM6 presentaron una condición buena.

De los sitios de pastizal con condición excelente, UM4 presentó el mayor puntaje con 82.43%, mientras que el menor puntaje se presentó en el sitio UM3 con 81.04%. Por otro lado, de los sitios con condición buena, UM2 presentó el mayor puntaje con 74.93%, mientras que el menor puntaje se presentó en el sitio UM6 con 69.73%.

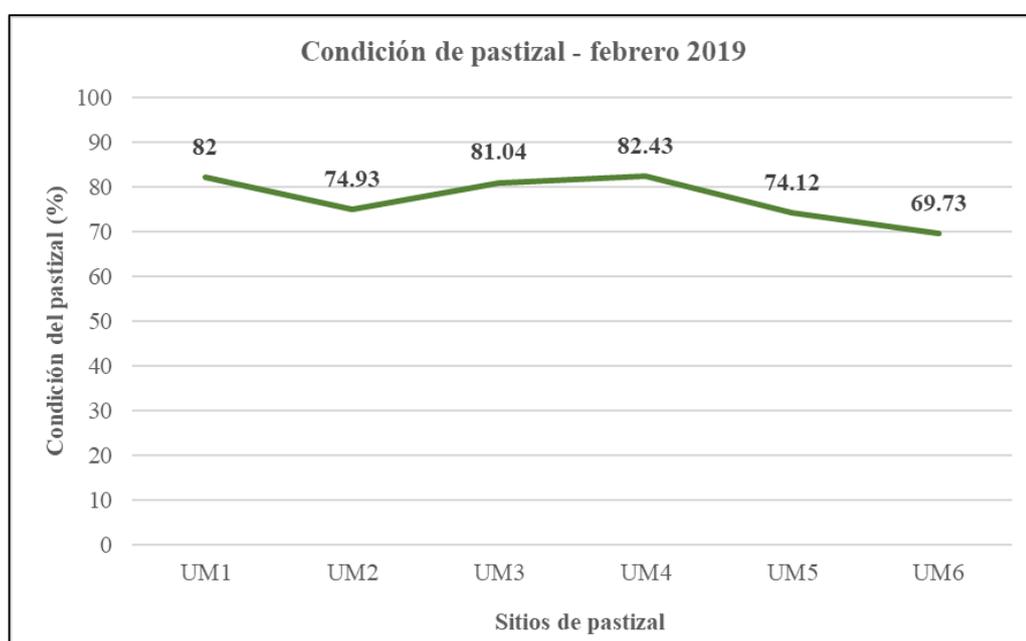


Figura 4-28: Condición del pastizal en época húmeda (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la determinación de la condición del pastizal obtenido en los sitios de pastizal evaluados durante la época seca, en función a la sumatoria de los: índice de especies decrecientes (% ED), índice forrajero (% IF), índice de desnudez del suelo (% ID) e índice de vigor (%IV).

Tabla 4-31: Condición del pastizal en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	% ED	% IF	% ID	% IV	Puntaje total (%)	Condición del pastizal	Color
UM1	37.67	18.73	19.80	3.77	79.97	Buena	[Color Verde]
UM2	28.17	19.00	19.53	4.90	71.61	Buena	
UM3	35.33	18.13	19.73	5.81	79.00	Buena	
UM4	36.84	17.93	19.73	6.60	81.10	Excelente	
UM5	23.67	18.87	19.73	4.64	66.90	Buena	
UM6	21.83	18.93	19.47	5.40	65.63	Buena	

Fuente: Elaboración propia

En los sitios de pastizal evaluados en el bofedal Conocochoa en época seca se han determinado dos tipos de condiciones para el pastoreo: excelente y buena. Únicamente el sitio de pastizal UM4 presentó una condición excelente, mientras que los demás sitios presentaron una condición buena.

El sitio de pastizal UM4 presentó el mayor puntaje con 81.10%, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM6 con 65.63%. En la época seca todos los sitios de pastoreo presentan una menor condición de pastizal en comparación con la época húmeda, presumiblemente por el pastoreo del ganado doméstico.

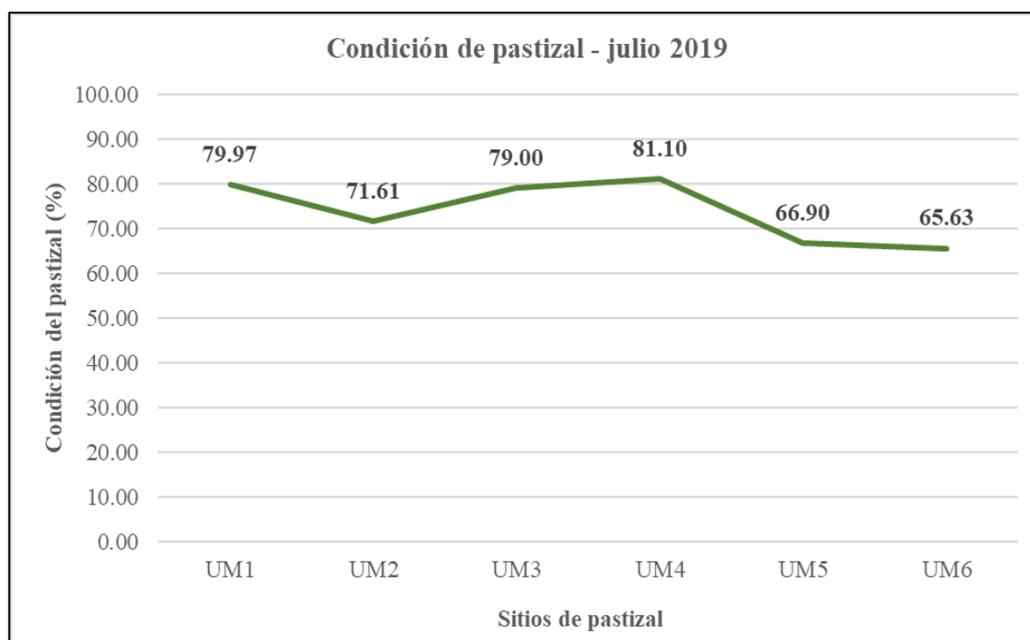


Figura 4-29: Condición del pastizal en época seca (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

En el **Anexo 9** se presenta la propuesta de estrategias de manejo para reducir las amenazas, fomentar la conservación y uso sostenible del bofedal, además de intentar contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la Comunidad Campesina de Huambo y los pobladores del Centro Poblado Conococha.

#### 4.1.7 Determinación de la producción de forraje

Para determinar la producción de forraje del bofedal Conococha se ha analizado la cantidad de biomasa materia verde y seca en kg/ha, como se muestra a continuación.

##### 4.1.7.1 Biomasa (kg) y disponibilidad de materia verde (kg/ha)

A partir del promedio total (g) de las muestras obtenidas de forraje en un área de muestreo de 0.0225 m<sup>2</sup> para cada sitio de pastizal, se obtuvo la cantidad de biomasa de materia verde en kg y su disponibilidad en kg/ha.

La cantidad promedio de biomasa de materia verde en la época húmeda (febrero, 2019) fue de 0.03 ± 0.01 kg. El mayor valor de biomasa se presentó en el sitio de pastizal UM6 con 0.046 kg, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 0.015 kg. En cuanto a su disponibilidad en época húmeda, en promedio se obtuvo un valor de 12,378.60 ± 5,748.51 kg/ha. El mayor valor de disponibilidad se presentó en el sitio de pastizal UM6 con 20,493.83 kg/ha, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 6,666.67 kg/ha.

Tabla 4-32: Disponibilidad de materia verde en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	MV (g)	MV (kg)	MV g/m <sup>2</sup>	MV kg/ha
UM1	15.00	0.015	666.67	6,666.67
UM2	22.22	0.022	987.65	9,876.54
UM3	24.44	0.024	1,086.42	10,864.20
UM4	17.67	0.018	785.19	7,851.85
UM5	41.67	0.042	1,851.85	18,518.52
UM6	46.11	0.046	2,049.38	20,493.83
<b>Promedio</b>	<b>27.85</b>	<b>0.03</b>	<b>1,237.86</b>	<b>12,378.60</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>12.93</b>	<b>0.01</b>	<b>574.85</b>	<b>5,748.51</b>

Fuente: Elaboración propia

La cantidad promedio de biomasa de materia verde en la época seca (julio, 2019) fue de  $0.02 \pm 0.01$  kg. El mayor valor de biomasa se presentó en el sitio de pastizal UM6 con 0.037 kg, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 0.019 kg. En cuanto a su disponibilidad en época seca, en promedio se obtuvo un valor de  $11,012.35 \pm 3,031.79$  kg/ha. El mayor valor de disponibilidad se presentó en el sitio de pastizal UM6 con 16,543.21 kg/ha, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 8,543.21 kg/ha.

Tabla 4-33: Disponibilidad de materia verde en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	MV (g)	MV (kg)	MV g/m <sup>2</sup>	MV kg/ha
UM1	19.22	0.019	854.32	8,543.21
UM2	23.67	0.024	1,051.85	10,518.52
UM3	21.33	0.021	948.15	9,481.48
UM4	19.67	0.020	874.07	8,740.74
UM5	27.56	0.028	1,224.69	12,246.91
UM6	37.22	0.037	1,654.32	16,543.21
<b>Promedio</b>	<b>24.78</b>	<b>0.02</b>	<b>1,101.23</b>	<b>11,012.35</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>6.82</b>	<b>0.01</b>	<b>303.18</b>	<b>3,031.79</b>

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar, que el sitio de pastizal UM1 presenta un perfil de vegetación de plantas pulvinadas, con un estrato herbáceo de 20 cm de altura en promedio, dominado por *Distichia filamentosa*, mientras que el sitio de pastizal UM6 presenta un perfil de vegetación graminoide, con un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, dominado por *Festuca rigescens*.

#### 4.1.7.2 Biomasa (kg) y disponibilidad de materia seca (kg/ha)

La cantidad promedio de biomasa de materia seca en la época húmeda (febrero, 2019) fue de  $0.008 \pm 0.003$  kg. El mayor valor de biomasa se presentó en los sitios de pastizal UM5 y UM6 con 0.012 kg, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 0.005 kg.

En cuanto a su disponibilidad en época húmeda, en promedio se obtuvo un valor de  $3,465.02 \pm 1,468.06$  kg/ha. El mayor valor de disponibilidad se presentó en el sitio de pastizal UM5 con 5,432.10 kg/ha, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 2,123.46 kg/ha. Al igual que el sitio de pastizal UM6, el sitio UM5 también presenta un perfil de vegetación graminoide.

Tabla 4-34: Disponibilidad de materia seca en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	MS (g)	MS (kg)	MS g/m <sup>2</sup>	MS kg/ha
UM1	4.78	0.005	212.35	2,123.46
UM2	5.89	0.006	261.73	2,617.28
UM3	6.44	0.006	286.42	2,864.20
UM4	5.67	0.006	251.85	2,518.52
UM5	12.22	0.012	543.21	5,432.10
UM6	11.78	0.012	523.46	5,234.57
<b>Promedio</b>	<b>7.80</b>	<b>0.008</b>	<b>346.50</b>	<b>3,465.02</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>3.30</b>	<b>0.003</b>	<b>146.81</b>	<b>1,468.06</b>

Fuente: Elaboración propia

La cantidad promedio de biomasa de materia seca en la época seca (julio, 2019) fue de  $0.008 \pm 0.002$  kg. El mayor valor de biomasa se presentó en el sitio de pastizal UM6 con 0.011 kg, mientras que el menor valor se presentó en los sitios UM1 y UM4 con 0.006 kg.

En cuanto a su disponibilidad en época seca, en promedio se obtuvo un valor de  $3,374.49 \pm 857.42$  kg/ha. El mayor valor de disponibilidad se presentó en el sitio de pastizal UM6 con 4,938.27 kg/ha, mientras que el menor valor se presentó en el sitio UM1 con 2,814.81 kg/ha. Al igual que el sitio de pastizal UM6, el sitio UM5 también presenta un perfil de vegetación graminoide.

Tabla 4-35: Disponibilidad de materia seca en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	MS (g)	MS (kg)	MS g/m <sup>2</sup>	MS kg/ha
UM1	6.33	0.006	281.48	2,814.81
UM2	6.78	0.007	301.23	3,012.35
UM3	7.00	0.007	311.11	3,111.11
UM4	5.89	0.006	261.73	2,617.28
UM5	8.44	0.008	375.31	3,753.09
UM6	11.11	0.011	493.83	4,938.27
<b>Promedio</b>	<b>7.59</b>	<b>0.008</b>	<b>337.45</b>	<b>3,374.49</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1.93</b>	<b>0.002</b>	<b>85.74</b>	<b>857.42</b>

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la relación entre la disponibilidad de materia verde y materia seca en época húmeda (febrero, 2019), se observa que en los sitios de pastizal UM1, UM4 y UM5 se tiene una relación de 3:1, mientras que en los sitios UM2, UM3 y UM6 la relación es de 4:1, lo que refleja un mayor contenido de humedad en las especies que lo componen. En general, la relación entre los promedios de la disponibilidad de materia verde y materia seca en época húmeda es de 4:1.

Tabla 4-36: Relación entre la disponibilidad de materia verde y materia seca en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	Relación
UM1	6,666.67	2,123.46	3:1
UM2	9,876.54	2,617.28	4:1
UM3	10,864.20	2,864.20	4:1
UM4	7,851.85	2,518.52	3:1
UM5	18,518.52	5,432.10	3:1
UM6	20,493.83	5,234.57	4:1

Fuente: Elaboración propia

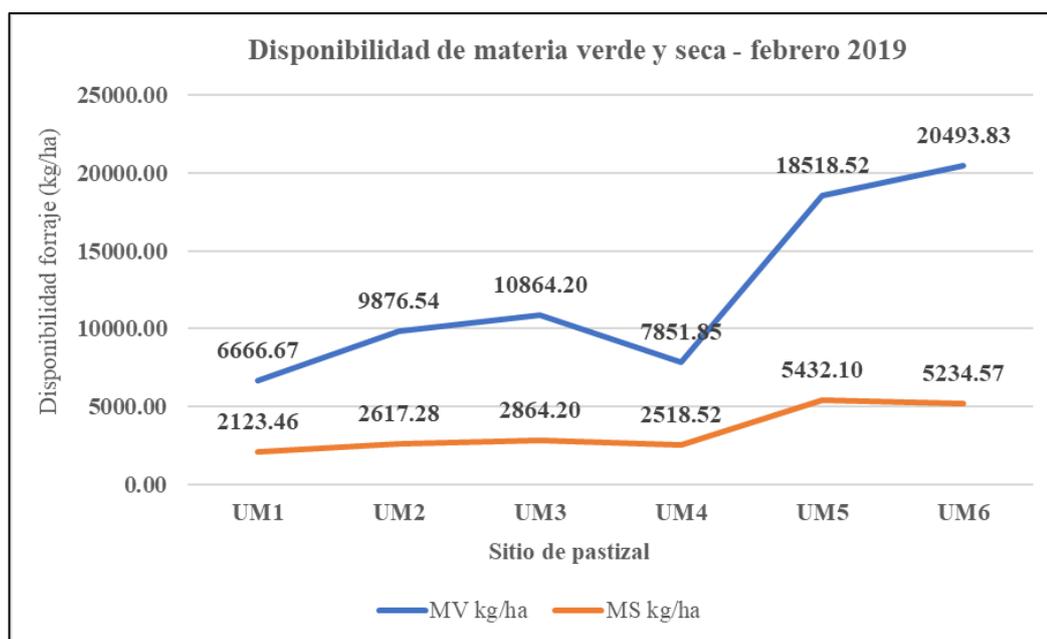


Figura 4-30: Disponibilidad de materia verde y materia seca en época húmeda (febrero, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la relación entre la disponibilidad de materia verde y materia seca en época seca (julio, 2019), se observa que todos los sitios de pastizal tienen una relación de 3:1, lo que refleja un menor contenido de humedad en las especies que lo componen, en comparación con la época húmeda.

Tabla 4-37: Relación entre la disponibilidad de materia verde y materia seca en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	Relación
UM1	8,543.21	2,814.81	3:1
UM2	10,518.52	3,012.35	3:1
UM3	9,481.48	3,111.11	3:1
UM4	8,740.74	2,617.28	3:1
UM5	12,246.91	3,753.09	3:1
UM6	16,543.21	4,938.27	3:1

Fuente: Elaboración propia

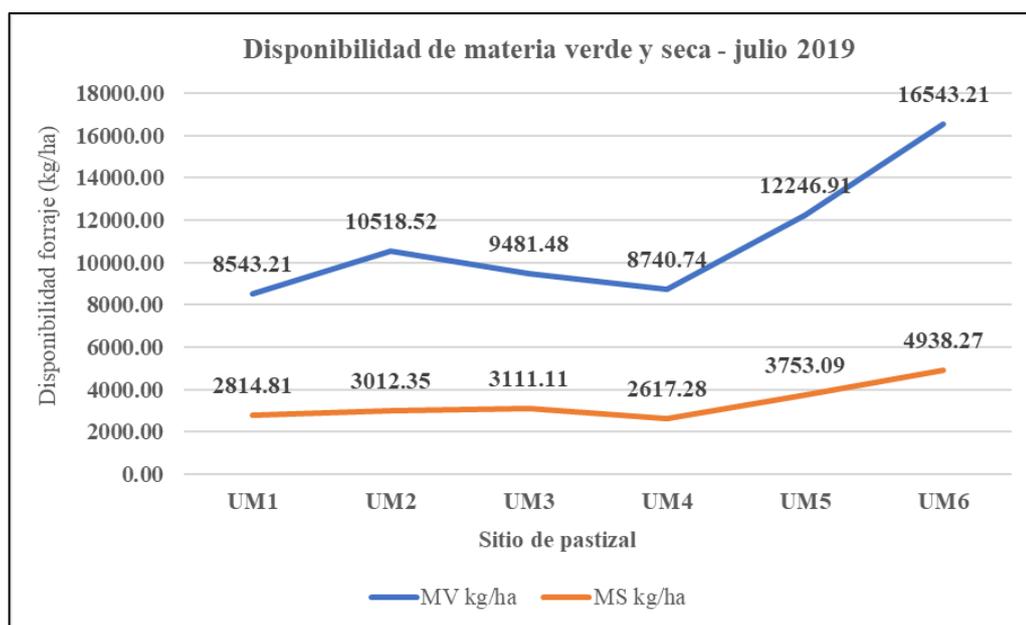


Figura 4-31: Disponibilidad de materia verde y materia seca en época seca (julio, 2019)

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados están asociados a la composición de las especies en cada sitio de pastizal evaluado. Es así, que se observa que los sitios evaluados en el bofedal graminoide (tipo II), como son UM5 y UM6, presentan mayores resultados en ambas épocas, pues el perfil de vegetación en este tipo de bofedal muestra un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, mientras que los sitios evaluados en el bofedal de plantas pulvinadas (tipo I), como son UM1 y UM4, presentan menores resultados, pues el perfil de vegetación en este tipo de bofedal muestra un estrato herbáceo de 20 cm de altura en promedio.

Es importante indicar, que la producción de forraje está representada finalmente por el contenido en materia seca disponible, esto debido a variabilidad en el contenido de humedad de la materia verde. En ese sentido, los resultados de materia verde son utilizados únicamente de manera cualitativa, ya que, para obtener el resultado de materia seca, se debe obtener primero el de la materia verde.

En el **Anexo 9** se presenta la propuesta de estrategias de manejo para reducir las amenazas, fomentar la conservación y uso sostenible del bofedal, además de intentar contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la Comunidad Campesina de Huambo y los pobladores del Centro Poblado Conococha.

#### **4.1.8 Estimación de la capacidad de carga animal**

Para la estimación de la capacidad de carga animal del bofedal Conococha se ha analizado la carga animal óptima, la carga animal actual y la tendencia del pastizal, como se muestra a continuación.

##### **4.1.8.1 Carga animal óptima**

La capacidad de carga animal óptima para el pastoreo de vacunos, ovina o alpacas por hectárea/año, se estimó utilizando la metodología descrita por Florez (2005), a partir de la condición promedio de cada sitio de pastizal, tal como se detalló en el ítem 3.4.6 Estimación de la capacidad de carga animal. En la siguiente tabla se presenta la carga animal óptima según el promedio anual de la condición de pastizal en el bofedal Conococha.

Tabla 4-38: Capacidad de carga animal óptima (UA/ha/año) en el bofedal Conococha

Sitio de pastizal	Condición del pastizal	Capacidad de carga óptima (UA/ha/año)		
		Vacunos (UAV)	Ovinos (UAO)	Alpacas (UAA)
UM1	Excelente	1.0	4.0	2.7
UM2	Buena	0.75	3.0	2.0
UM3	Buena	0.75	3.0	2.0
UM4	Excelente	1.0	4.0	2.7
UM5	Buena	0.75	3.0	2.0
UM6	Buena	0.75	3.0	2.0

Fuente: Elaboración propia

Se observa que, para un sitio de condición de pastizal excelente, como se presenta en los sitios de pastizal UM1 y UM4, la capacidad de carga óptima en unidad animal (UA), recomienda el pastoreo de 1 vacuno en unidades animal vacuno (UAV), 4 ovinos en unidades animal ovino (UAO) o 2.7 alpacas en unidades animal alpaca (UAA), en una hectárea por año; de tal manera, que no se produzca una alteración negativa del pastizal.

Por otro lado, para un sitio de condición de pastizal buena, como se presenta en los sitios de pastizal UM2, UM3, UM5 y UM6, la capacidad de carga óptima en unidad animal (UA), recomienda el pastoreo de 0.75 vacas en unidades animal vacuno (UAV), 3.0 ovinos en unidades animal ovino (UAO) o 2 alpacas en unidades animal alpaca (UAA), en una hectárea por año; de tal manera, que no se produzca una alteración negativa del pastizal.

Es importante indicar, que si bien la condición del pastizal es excelente y/o buena, si no se realizan estrategias de manejo sostenibles en el área de estudio para controlar la capacidad de carga actual, su situación podría volverse negativa en el tiempo.

Además, se procedió a estimar la soportabilidad óptima del ganado (vacunos, ovinos o alpacas) por hectárea al año, según las áreas de pastoreo evaluadas para cada sitio de pastizal. Estos resultados fueron ajustados con el Factor de Ajuste de Carga (FAC), tal como se detalló en el ítem 3.4.6 Estimación de la capacidad de carga animal, con la finalidad de obtener el número de vientres óptimos, capaces de albergar en cada sitio de pastizal dentro del bofedal Conococha, como se presenta en las siguientes tablas.

Se observa que para el área total del bofedal Conococha de 355.07 ha, la soportabilidad anual de vacunos del pastizal en excelente o buena condición es un total de 269.8 unidades animal vacuno (UAV) o 168.6 número de vientres, sin que se produzca una alteración negativa del pastizal. Los sitios de pastizal que podrían soportar la menor cantidad de unidades animal vacuno (UAV) son UM1 y UM4 con 6.8 y 7.2, respectivamente; mientras que los sitios UM5 y UM6 podrían soportar una mayor cantidad con 107.5 y 110.2 unidades animal vacuno (UAV), respectivamente.

Tabla 4-39: Soportabilidad óptima de vacunos por hectárea/año y su equivalencia en número de vientres en el bofedal Conocochoa

Sitio	Área (ha)	Condición de pastizal	Capacidad de carga óptima vacunos (ha/año)	Soportabilidad vacunos (capacidad de carga x ha)	N° de vientres óptimos
UM1	6.81	Excelente	1	6.8	4.3
UM2	21.5	Buena	0.75	16.1	10.1
UM3	29.23	Buena	0.75	21.9	13.7
UM4	7.24	Excelente	1	7.2	4.5
UM5	143.38	Buena	0.75	107.5	67.2
UM6	146.91	Buena	0.75	110.2	68.9
<b>Total UAV</b>				<b>269.8</b>	<b>168.6</b>

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la soportabilidad óptima anual de unidades animal ovino (UAO) que podrían albergar los sitios de pastizal en excelente o buena condición es de 1,079.3 o 539.6 número de vientres, sin que se produzca una alteración negativa del pastizal. Los sitios de pastizal que podrían soportar la menor cantidad de unidades animal ovino (UAO) son UM1 y UM4 con 27.2 y 29, respectivamente; mientras que los sitios UM5 y UM6 podrían soportar una mayor cantidad con 430.1 y 440.7 unidades animal ovino (UAO), respectivamente.

Tabla 4-40: Soportabilidad óptima de ovinos por hectárea/año y su equivalencia en número de vientres en el bofedal Conocochoa

Sitio	Área (ha)	Condición de pastizal	Capacidad de carga óptima ovinos (ha/año)	Soportabilidad ovinos (capacidad de carga x ha)	N° de vientres óptimos
UM1	6.81	Excelente	4	27.2	13.6
UM2	21.5	Buena	3	64.5	32.3
UM3	29.23	Buena	3	87.7	43.8
UM4	7.24	Excelente	4	29.0	14.5
UM5	143.38	Buena	3	430.1	215.1
UM6	146.91	Buena	3	440.7	220.4
<b>Total UAO</b>				<b>1,079.3</b>	<b>539.6</b>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la soportabilidad óptima anual de unidades animal alpaca (UAA) que pueden hacer uso del pastizal en excelente o buena condición es un total de hasta 720 o 313 número de vientres, sin que se produzca una alteración negativa del pastizal. Los sitios de pastizal que podrían soportar la menor cantidad de unidades animal alpaca (UAA) son UM1 y UM4 con 18.4 y 19.5, respectivamente; mientras que los sitios UM5 y UM6 podrían soportar una mayor cantidad con 286.8 y 293.8 unidades animal alpaca (UAA), respectivamente.

Tabla 4-41: Soportabilidad óptima de alpacas por hectárea/año y su equivalencia en número de vientres en el bofedal Conocochoa

Sitio	Área (ha)	Condición de pastizal	Capacidad de carga óptima alpacas (ha/año)	Soportabilidad alpacas (capacidad de carga x ha)	N° de vientres óptimos
UM1	6.81	Excelente	2.7	18.4	8.0
UM2	21.5	Buena	2	43.0	18.7
UM3	29.23	Buena	2	58.5	25.4
UM4	7.24	Excelente	2.7	19.5	8.5
UM5	143.38	Buena	2	286.8	124.7
UM6	146.91	Buena	2	293.8	127.7
<b>Total UAA</b>				<b>720.0</b>	<b>313.0</b>

Fuente: Elaboración propia

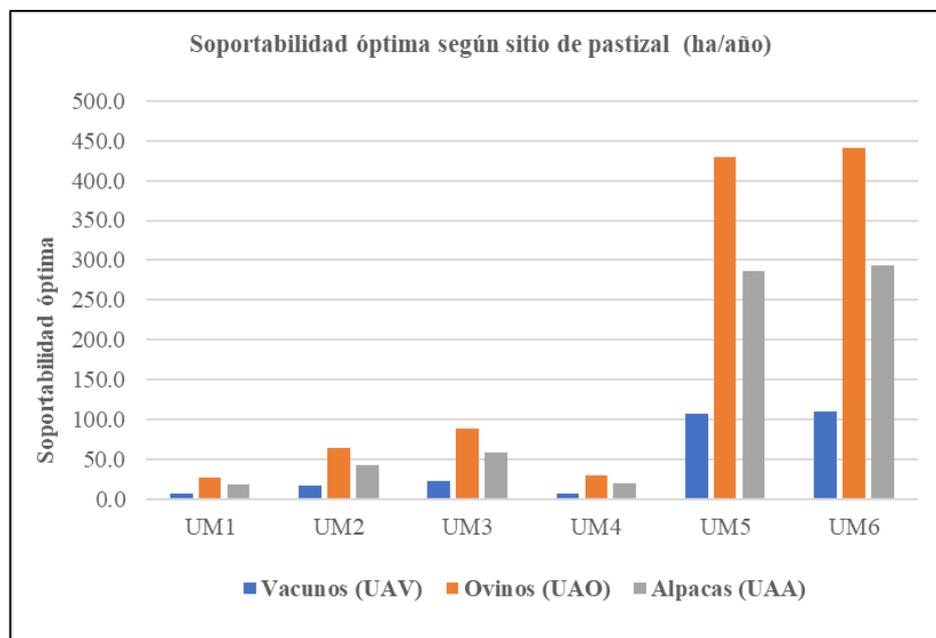


Figura 4-32: Soportabilidad óptima del ganado según sitio de pastizal (ha/año)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.8.2 Carga animal actual

Mediante la observación directa durante el trabajo de campo, se obtuvo el conteo aproximado del N° de cabezas de ganado (vacunos, ovinos y alpacas), que hace uso del pastizal. Es importante indicar, que estos datos también fueron corroborados con los proporcionados por los pobladores encuestados.

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-42: N° de cabezas de ganado avistados en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	N° de cabezas avistadas (vacunos)	N° de cabezas avistadas (ovinos)	N° de cabezas avistadas (alpacas)	Área (ha)
UM1	6	100	200	6.81
UM2	10	150	200	21.50
UM3	20	100	0	29.23
UM4	8	200	250	7.24
UM5	16	250	0	143.38
UM6	20	250	0	146.91

Fuente: Elaboración propia

La carga animal actual en el bofedal Conococha se estimó mediante la conversión de las equivalencias ganaderas (UAO), según el N° de cabezas de ganado avistados en campo durante la época húmeda, como se detalló en el ítem 3.4.6 Estimación de la capacidad de carga animal y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-43: Carga animal actual en UAO en época húmeda (febrero, 2019)

Sitio de pastizal	Total vacunos en UAO	Total ovinos en UAO	Total alpacas en UAO	Total
UM1	24	100	300	424
UM2	40	150	300	490
UM3	80	100	0	180
UM4	32	200	375	607
UM5	64	250	0	314
UM6	80	250	0	330
<b>Demanda forrajera (UAO)</b>				<b>2,345</b>

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que la carga animal actual o la demanda de forraje expresado en unidad animal ovino en época húmeda fue de 2,345 UAO. Por otro lado, el resultado de la soportabilidad óptima de unidades animal ovino (UAO), que corresponde a la oferta de forraje fue de 1,079.3 UAO. En ese sentido, se tiene que el balance forrajero en unidades animal ovino fue negativo, con -1,265.7 (UAO), lo que reflejaría que se estaría produciendo un exceso de pastoreo en el bofedal Conococho, durante el muestreo realizado en la época húmeda.

Tabla 4-44: Balance forrajero en UAO en época húmeda (febrero, 2019)

Oferta de forraje (UAO)	1,079.3
Demanda de forraje (UAO)	2,345.0
Balance forrajero (UAO)	-1,265.7

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, a continuación se presentan los resultados obtenidos durante la época seca (julio, 2019).

Tabla 4-45: N° de cabezas de ganado avistados en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	N° de cabezas avistadas (vacunos)	N° de cabezas avistadas (ovinos)	N° de cabezas avistadas (alpacas)	Área (ha)
UM1	2	150	200	6.81
UM2	8	150	200	21.50
UM3	35	100	0	29.23
UM4	10	100	200	7.24
UM5	25	250	0	143.38
UM6	30	280	0	146.91

Fuente: Elaboración propia

La carga animal actual en el bofedal Conococho se estimó mediante la conversión de las equivalencias ganaderas (UAO), según el N° de cabezas de ganado avistados en campo durante la época seca, como se detalló en el ítem 3.4.6 Estimación de la capacidad de carga animal y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-46: Carga animal actual en UAO en época seca (julio, 2019)

Sitio de pastizal	Total vacunos en UAO	Total ovinos en UAO	Total alpacas en UAO	Total
UM1	8	150	300	458
UM2	32	150	300	482
UM3	140	100	0	240
UM4	40	100	300	440
UM5	100	250	0	350
UM6	120	280	0	400
<b>Demanda forrajera (UAO)</b>				<b>2,370</b>

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que la carga animal actual o la demanda de forraje expresado en unidad animal ovino en época seca fue de 2,370 UAO. Por otro lado, el resultado de la soportabilidad óptima de unidades animal ovino (UAO), que corresponde a la oferta de forraje fue de 1,079.3 UAO. En ese sentido, se tiene que el balance forrajero en unidades animal ovino fue negativo, con -1,290.7 (UAO), lo que reflejaría que se estaría produciendo un exceso de pastoreo en el bofedal Conococha, durante el muestreo realizado en la época seca.

Tabla 4-47: Balance forrajero en UAO en época seca (julio, 2019)

Oferta de forraje (UAO)	1,079.3
Demanda de forraje (UAO)	2,370.0
Balance forrajero (UAO)	-1,290.7

Fuente: Elaboración propia

En promedio, se tiene que la carga animal actual o la demanda de forraje expresado en unidad animal ovino anual en el área de estudio fue de 2,357.5 UAO. Por otro lado, el resultado de la soportabilidad anual óptima de unidades animal ovino (UAO), que corresponde a la oferta de forraje fue de 1,079.3 UAO. En ese sentido, se tiene que el balance forrajero anual en unidades animal ovino fue negativo, con -1,278.2 (UAO), lo que reflejaría que se estaría produciendo un exceso de pastoreo en el bofedal Conococha.

Tabla 4-48: Balance forrajero anual en UAO en el bofedal Conococha

Oferta de forraje (UAO)	1,079.3
Demanda de forraje (UAO)	2,357.5
Balance forrajero (UAO)	-1,278.2

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar, que estos resultados están basados en la observación directa del objeto de estudio durante el trabajo de campo, obteniendo el conteo aproximado del N° de cabezas de ganado que hace uso del pastizal, los que además fueron corroborados con los datos proporcionados por los pobladores encuestados; sin embargo, la carga animal puede haber variado antes o después del muestreo. Por lo tanto, es recomendable realizar un censo ganadero para registrar la cantidad de cabezas de ganado que pastan en el bofedal Conococha al año, pues si bien el balance forrajero anual refleja que se estaría produciendo un exceso de pastoreo en el bofedal Conococha, los resultados de la condición del pastizal son de tipo excelente o buena, con una tendencia positiva en ambas épocas de evaluación. Sin embargo, si no se realizan estrategias de manejo sostenibles en el área de estudio, su situación podría volverse negativa en el tiempo.

Además, durante el trabajo de campo se evidenció el uso no exclusivo de los sitios de pastizal; es decir, diferentes tipos de animales (vacunos, ovinos y alpacas), hacían usos de los diferentes sitios evaluados, pero en diferente grado. Por ejemplo, las alpacas se encontraron pastando únicamente en el bofedal de plantas pulvinadas (tipo I), en los sitios de pastizal UM1, UM2 y UM4, aprovechando las especies del estrato bajo, que presentan una mayor proporción de especies deseables en para estos animales en su composición; sin embargo competían por este recurso con los ovinos que también consumen el estrato vegetal bajo, mientras que la mayor cantidad de vacunos que aprovechan la vegetación de estrato alto se encontraron en el bofedal graminoide (tipo II), en los sitios de pastizal UM5 y UM6. En estos sitios, además se observó un pastoreo de uso común vacuno-ovino, donde el recurso es aprovechado de manera eficiente, pues la vegetación de estrato alto es consumida por el ganado vacuno, mientras que el estrato bajo es aprovechado por el ganado ovino, lo que refleja un conocimiento ancestral de los ganaderos altoandinos; sin embargo, se debe tener en cuenta la carga animal óptima para no exceder la soportabilidad del pastizal. Por lo tanto, es recomendable realizar estudios de competencia y eficiencia en la utilización del bofedal entre las distintas especies de ganado que lo usan: alpaca, ovino y vacuno, ya que podrían tener un impacto diferente sobre el bofedal.

En el **Anexo 9** se presenta la propuesta de estrategias de manejo para reducir las amenazas, fomentar la conservación y uso sostenible del bofedal, además de intentar contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de la Comunidad Campesina de Huambo y los pobladores del Centro Poblado Conococha.

#### 4.1.9 Encuestas a la población

En este ítem se presentan los resultados de las 40 encuestas realizadas a los pobladores rurales que tiene uso directo o indirecto del bofedal Conococha. El rango de edad de los encuestados fue de 35 a 70 años, mientras que el sexo fue mitad masculino y mitad femenino. Más de la mitad de la población presenta un nivel de educación primario, donde las principales actividades económicas son el comercio y la actividad ganadera.

Es importante indicar, que la totalidad de la población encuestada conoce lo que es un bofedal y su importancia; sin embargo, ningún poblador conoce o ha escuchado lo que es y en qué consiste un programa de mejoramiento y conservación de bofedales; el cual tuvo que explicarse al momento de realizar la encuesta.

La mitad de los encuestados indicó estar de acuerdo de que existe sobrepastoreo en el área de estudio, 14 pobladores no estuvieron de acuerdo ni en desacuerdo, mientras que 6 pobladores indicaron estar totalmente de acuerdo.

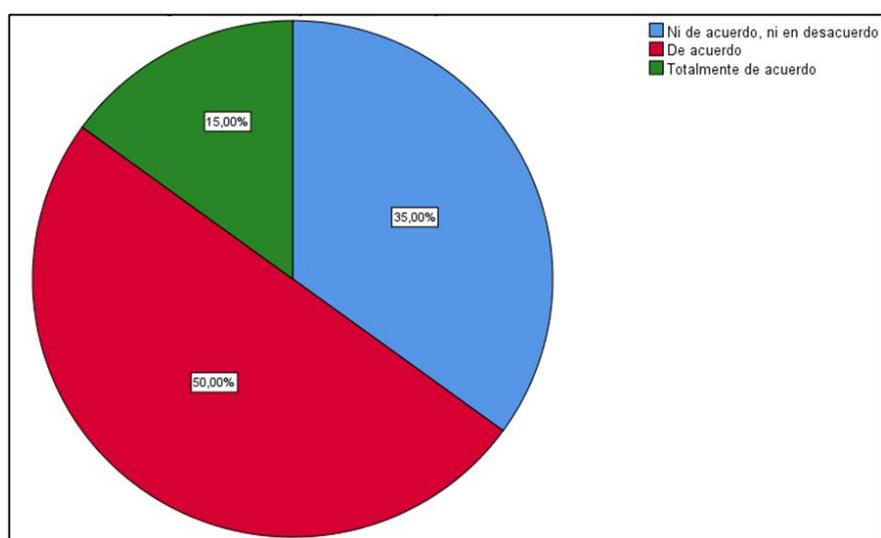


Figura 4-33: ¿Considera Ud. que existe sobrepastoreo en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

La mitad de los encuestados indicó que el pastoreo en el área de estudio es de mediana magnitud, 16 pobladores indicaron que la magnitud es alta, mientras que 2 pobladores indicaron que la magnitud es baja o muy alta, respectivamente.

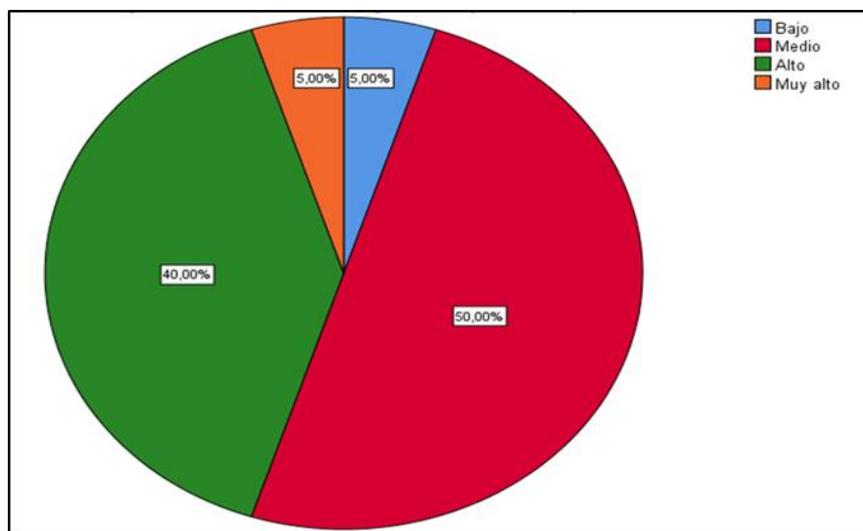


Figura 4-34: ¿Puede Ud. indicar la magnitud de pastoreo que existe en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Tres cuartas partes de la población encuestada indicó estar de acuerdo de que el sobrepastoreo genera el deterioro ambiental del área de estudio, 8 pobladores indicaron no estar de acuerdo o desacuerdo, mientras que 2 pobladores indicaron estar totalmente de acuerdo.

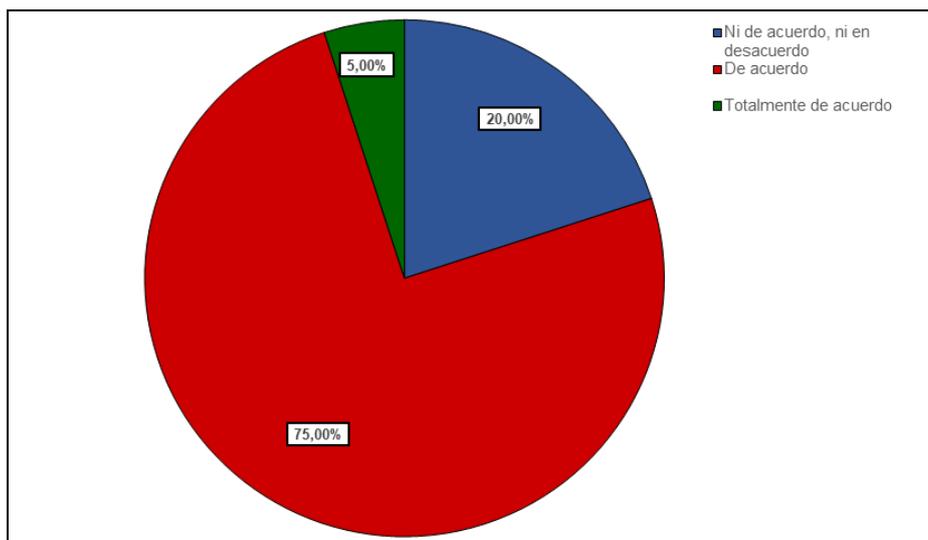


Figura 4-35: ¿Cree Ud. que el sobrepastoreo genera el deterioro ambiental en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Tres cuartas partes de la población encuestada indicó que considera totalmente necesario aplicar medidas de control de sobrepastoreo en el área de estudio, el resto indicó que la aplicación de medidas de control es necesaria.

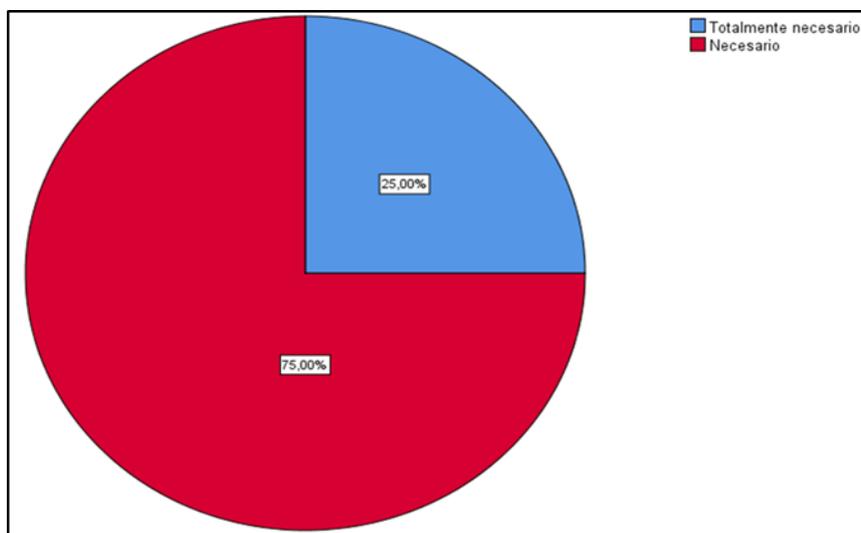


Figura 4-36: ¿Considera que es necesario aplicar medidas de control de sobrepastoreo en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Tres cuartas partes de la población encuestada indicaron que el estado actual de la condición del pastizal en el área de estudio es de bajo nivel, mientras que el resto indicó que el nivel es medio.

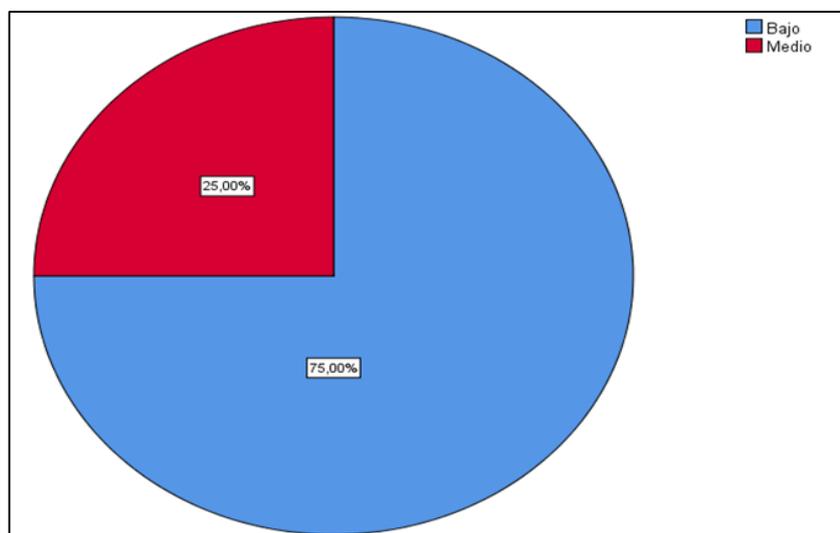


Figura 4-37: ¿Cómo considera el estado actual de la condición del pastizal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (38 pobladores) indicó que es necesaria la aplicación de medidas de control para mejorar la condición de pastizal en el área de estudio, el resto indicó que la aplicación de medidas de control es totalmente necesaria.

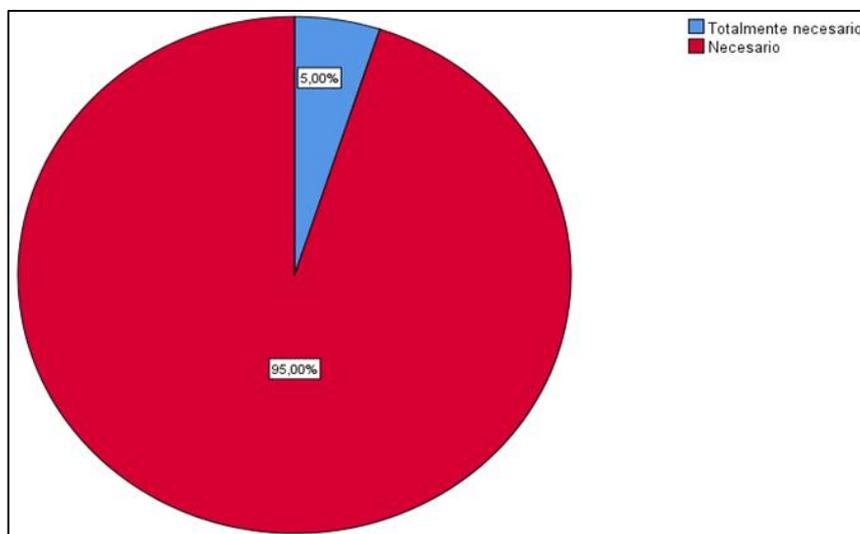


Figura 4-38: ¿Considera que es necesario aplicar medidas de control para mejorar la condición de pastizal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Tres cuartas partes de la población encuestada indicaron que el estado actual de la producción de forraje en el área de estudio es de bajo nivel, mientras que el resto indicó que el nivel es medio.

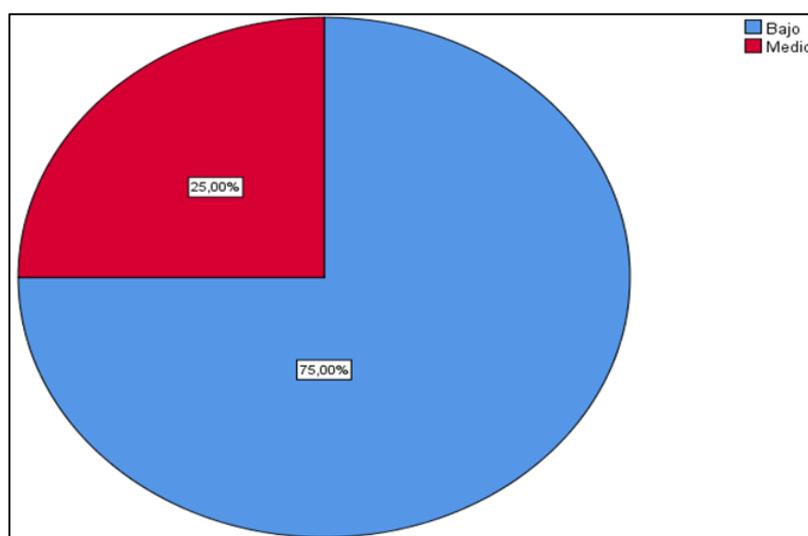


Figura 4-39: ¿Cómo considera el estado actual de la producción de forraje en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (38 pobladores) indicó que es necesario aplicar medidas de control para mejorar la producción de forraje en el área de estudio, el resto indicó que la aplicación de medidas de control es totalmente necesaria.

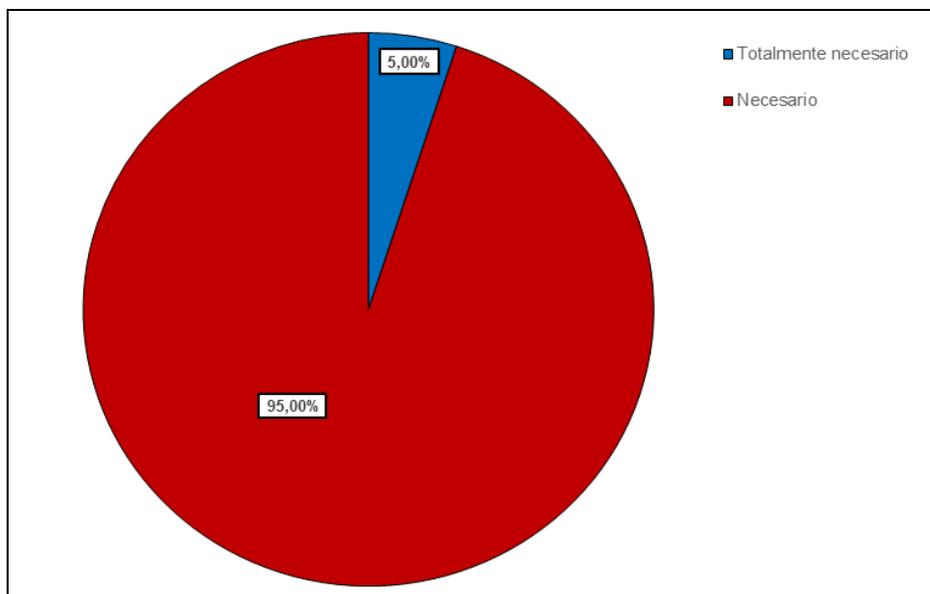


Figura 4-40: ¿Considera que es necesario aplicar medidas de control para mejorar la producción de forraje en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

La mitad de los encuestados indicó que el estado actual de la carga animal en el área de estudio es de magnitud media, 18 pobladores indicaron que la magnitud es alta, mientras que el resto indicó que la magnitud es baja.

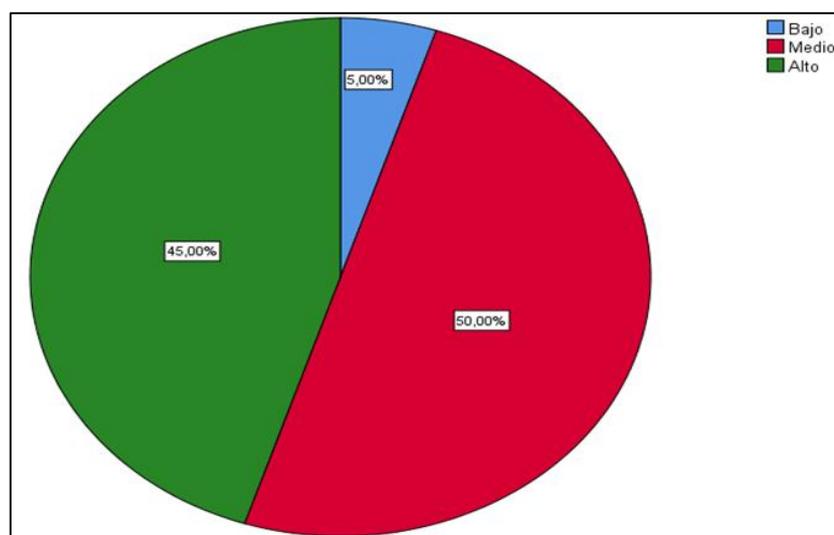


Figura 4-41: ¿Cómo considera el estado actual de la carga animal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es necesario aplicar medidas para controlar la capacidad de carga en el área de estudio, el resto indicó que la aplicación de medidas de control es totalmente necesaria.

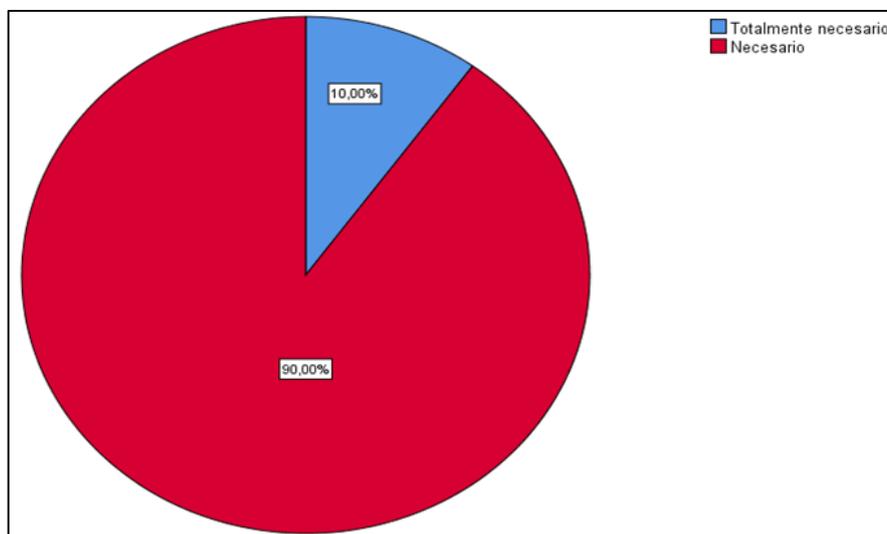


Figura 4-42: ¿Considera que es necesario aplicar medidas para controlar la capacidad de carga animal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Más de las tres cuartas partes de la población encuestada indicó que es importante la conservación del bofedal en el área de estudio, 4 pobladores indicaron que la conservación es regularmente importante o muy importante, respectivamente.

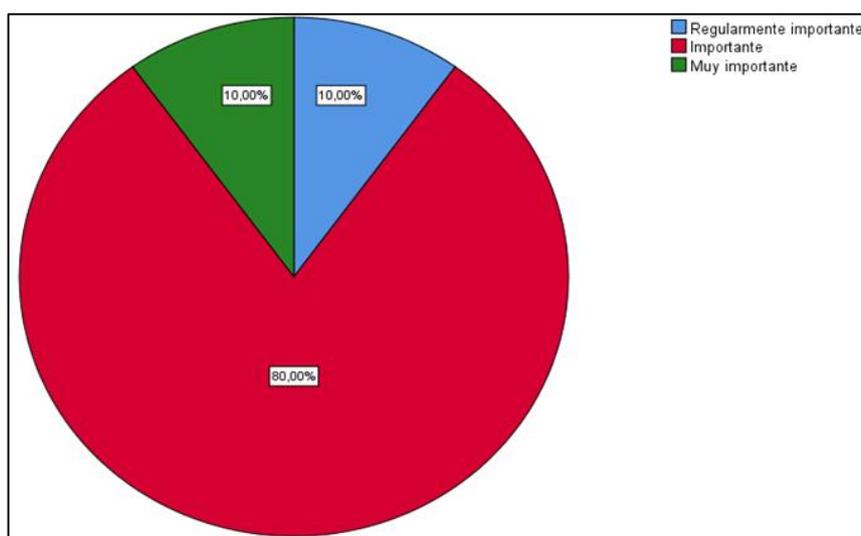


Figura 4-43: ¿Considera Ud. que es importante la conservación del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Tres cuartas partes de la población encuestada indicaron que el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio es de nivel medio, mientras que el resto indicó que el nivel es bajo.

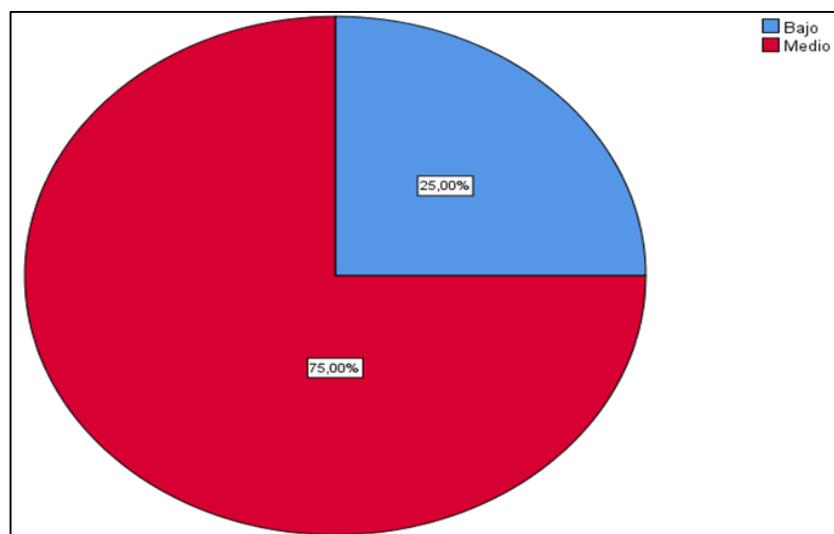


Figura 4-44: ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Más de la mitad de los encuestados indicó que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo, mientras que el resto no estuvo de acuerdo ni en desacuerdo.

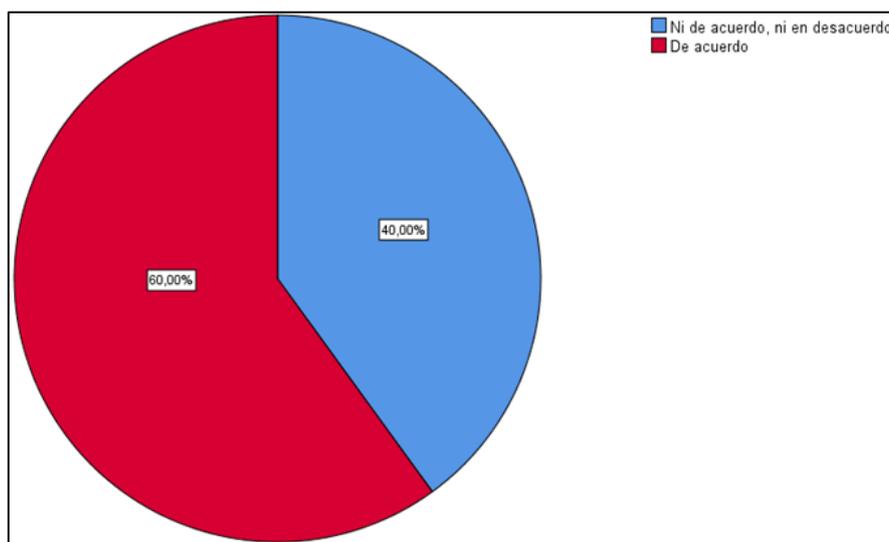


Figura 4-45: ¿Cree Ud. que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó estar de acuerdo en aplicar medidas de control para mejorar el estado de conservación del bofedal en el área de estudio, el resto indicó estar totalmente de acuerdo.

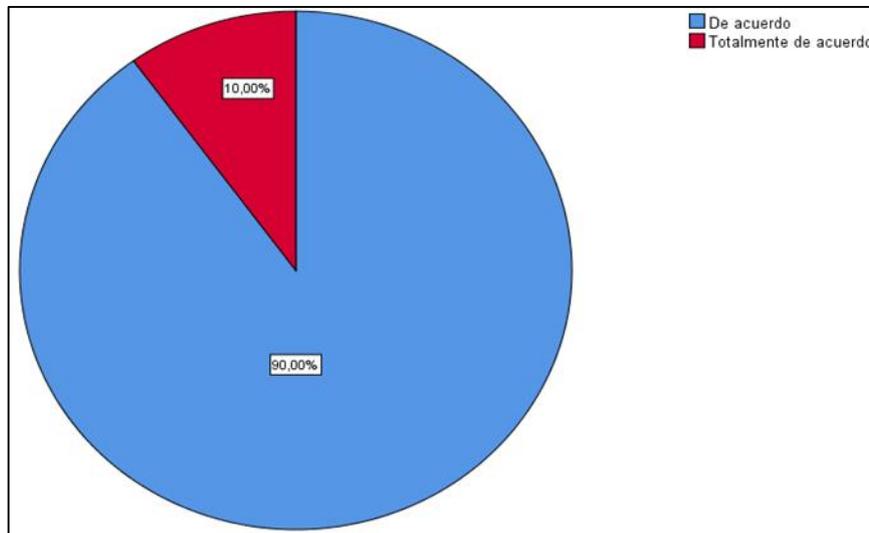


Figura 4-46: ¿Cree Ud. que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar el estado de conservación del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es importante mantener la integridad biótica del bofedal en el área de estudio, el resto indicó que es regularmente importante.

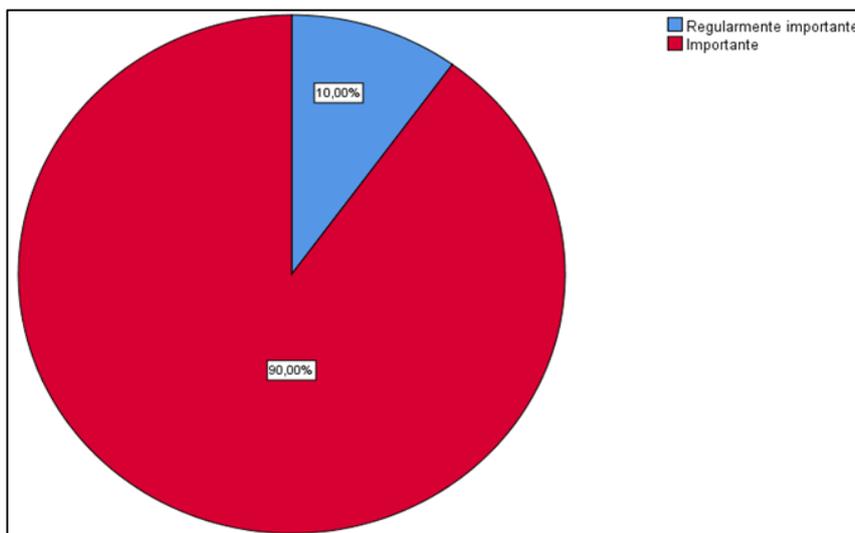


Figura 4-47: ¿Considera Ud. que es importante mantener la integridad biótica del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es necesaria la aplicación de medidas ambientales para mejorar la integridad biótica del bofedal en el área de estudio, el resto indicó que es totalmente necesaria.

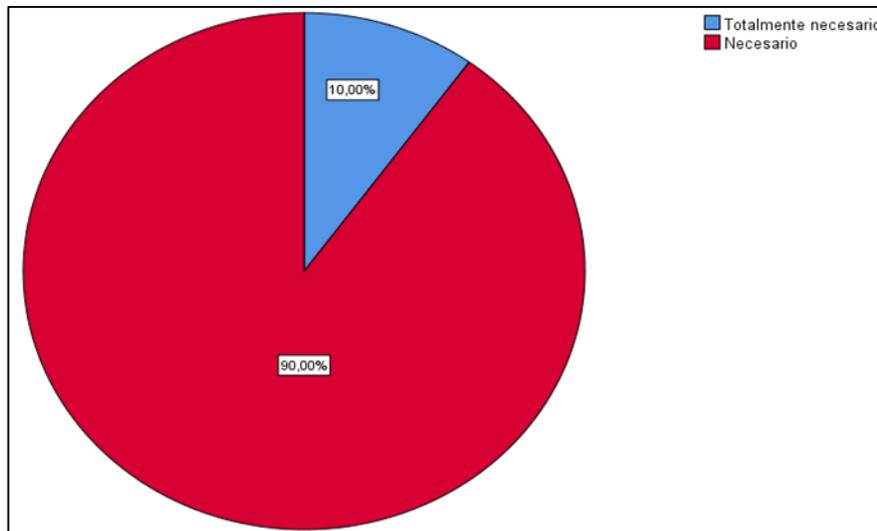


Figura 4-48: ¿Considera que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar la integridad biótica del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es importante mantener la función hidrológica del bofedal en el área de estudio, el resto indicó que es regularmente importante.

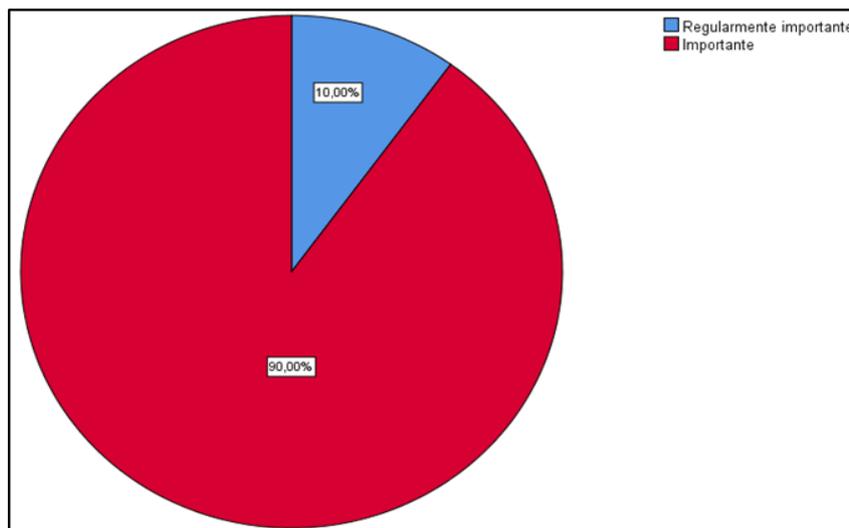


Figura 4-49: ¿Considera Ud. que es importante mantener la función hidrológica del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es necesaria la aplicación de medidas ambientales para mejorar la función hidrológica del bofedal en el área de estudio, el resto indicó que es totalmente necesaria.

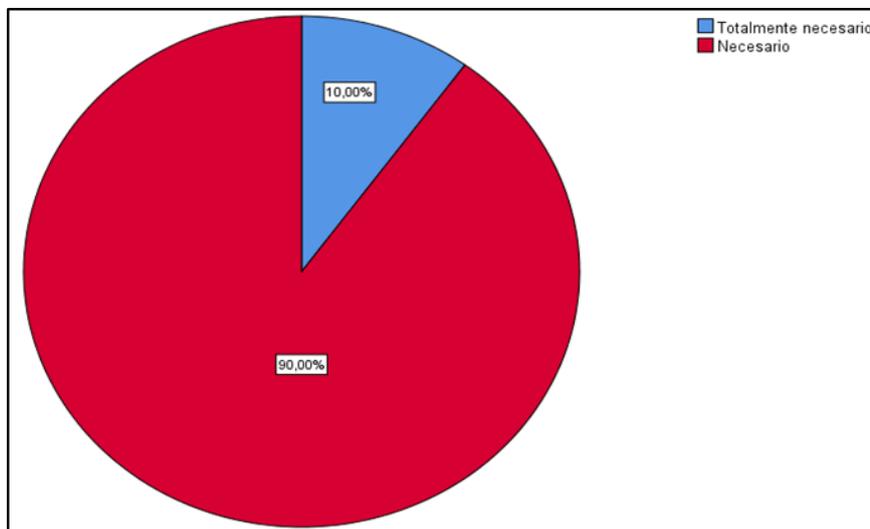


Figura 4-50: ¿Considera que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar la función hidrológica del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es importante mantener la estabilidad del bofedal en el área de estudio, el resto indicó que es regularmente importante.

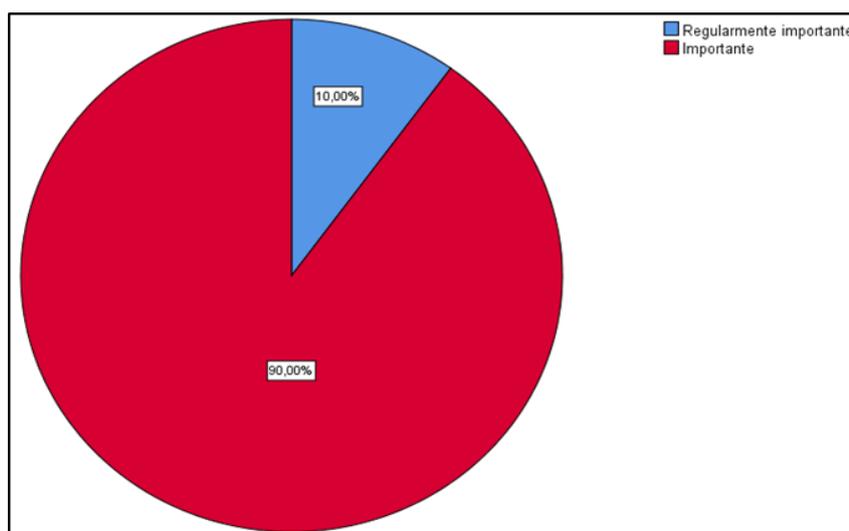


Figura 4-51: ¿Considera Ud. que es importante mantener la estabilidad del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

Casi la totalidad de la población encuestada (36 pobladores) indicó que es necesaria la aplicación de medidas ambientales para mejorar la estabilidad del bofedal en el área de estudio, el resto indicó que es totalmente necesario.

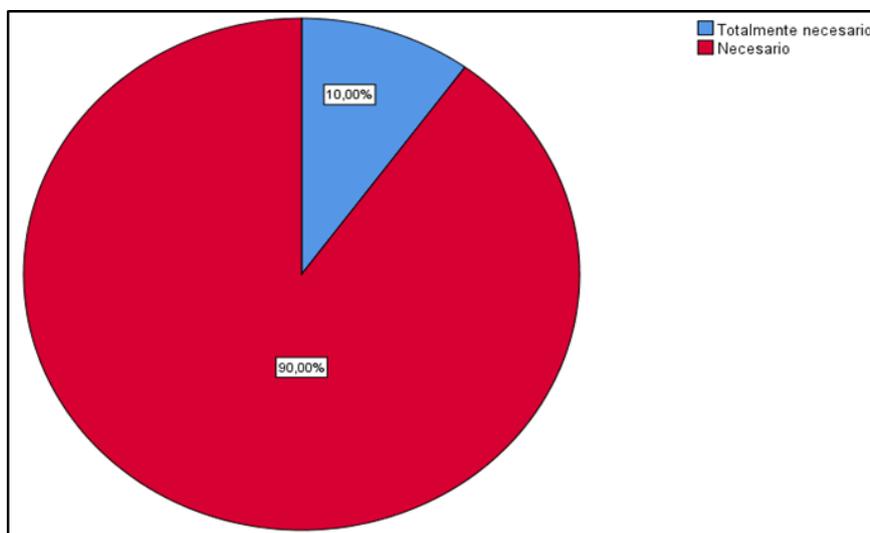


Figura 4-52: ¿Considera que es necesario aplicar medidas ambientales para mejorar la estabilidad del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

La mitad de los encuestados indicó estar de acuerdo en pagar un monto que podría fluctuar entre 5 a 10 soles mensuales para implementar un Programa de mejoramiento y conservación del bofedal en el área de estudio, mientras que la otra mitad indicó que debería ser responsabilidad del gobierno regional.

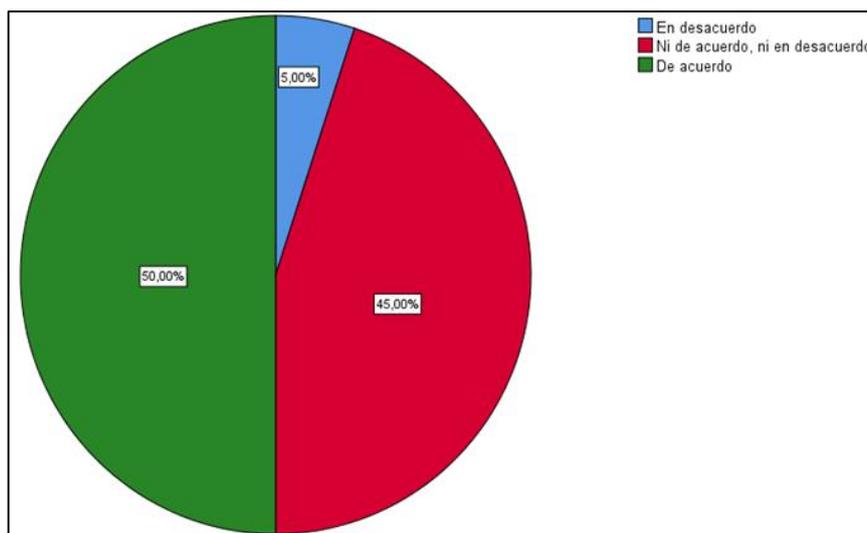


Figura 4-53: ¿Estaría de acuerdo en pagar un determinado monto mensual para implementar un Programa de mejoramiento y conservación del bofedal en el área de estudio?

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Análisis de resultados

Para el análisis de pruebas de correlación de variables físicas y biológicas se utilizó el software PAST VERSIÓN 2.17, donde para la contrastación de las hipótesis se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Rho).

### 4.2.1 Relación entre la condición del pastizal y la carga animal

Para un mejor entendimiento de los fundamentos teóricos y de los resultados obtenidos, se analizó inicialmente la correlación existente entre las variables proxys al sobrepastoreo como son la condición de pastizal y la carga animal actual, entre ambas épocas de evaluación, como se muestra a continuación.

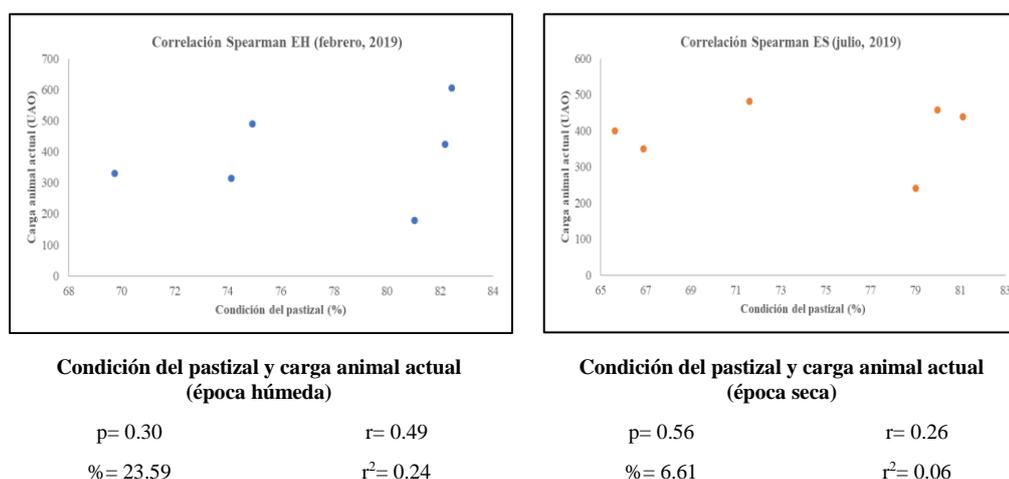


Figura 4-54: Correlación entre condición de pastizal y la carga animal actual

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación cualitativamente positiva entre la condición de pastizal y la carga animal actual. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.49, lo que refleja que el 23.59% de la condición del pastizal es explicada por la carga animal actual, el 76.41% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ).

En época seca se observa una relación cualitativamente positiva entre la condición de pastizal y la carga animal actual. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.26, lo que refleja que el 6.61% de la condición del pastizal es explicada por la carga animal actual, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ).

## 4.2.2 Relación entre la producción de forraje y la carga animal

Para un mejor entendimiento de los fundamentos teóricos y de los resultados obtenidos, se analizó inicialmente la correlación existente entre las variables proxys al sobrepastoreo como son la producción de forraje y la carga animal, entre ambas épocas de evaluación, como se muestra a continuación.

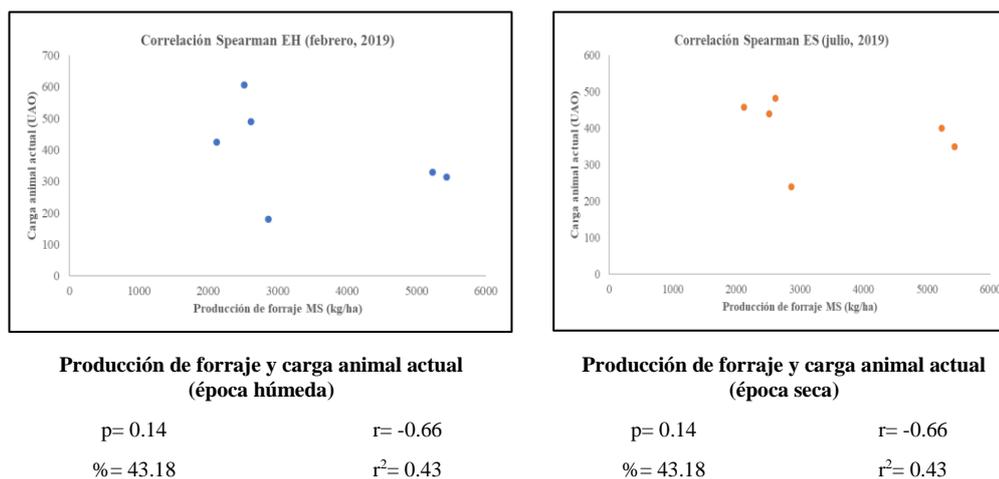


Figura 4-55: Correlación entre producción de forraje y la carga animal actual

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación cualitativamente negativa entre la producción de forraje y la carga animal actual. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.66, lo que refleja que el 43.18% de la producción de forraje es explicada por la carga animal actual, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ).

De igual manera, en época seca se observa una relación cualitativamente negativa entre la producción de forraje y la carga animal actual. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.66, lo que refleja que el 43.18% de la producción de forraje es explicada por la carga animal actual, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ).

### 4.2.3 Efecto de la condición del pastizal en la integridad biótica

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La condición del pastizal en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la integridad biótica.

La variable independiente condición del pastizal (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente integridad biótica (Y) como son: riqueza de especies, índice de diversidad, especies con estatus de conservación, especies invasoras, vigor y tendencia del pastizal, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Riqueza de especies (S)

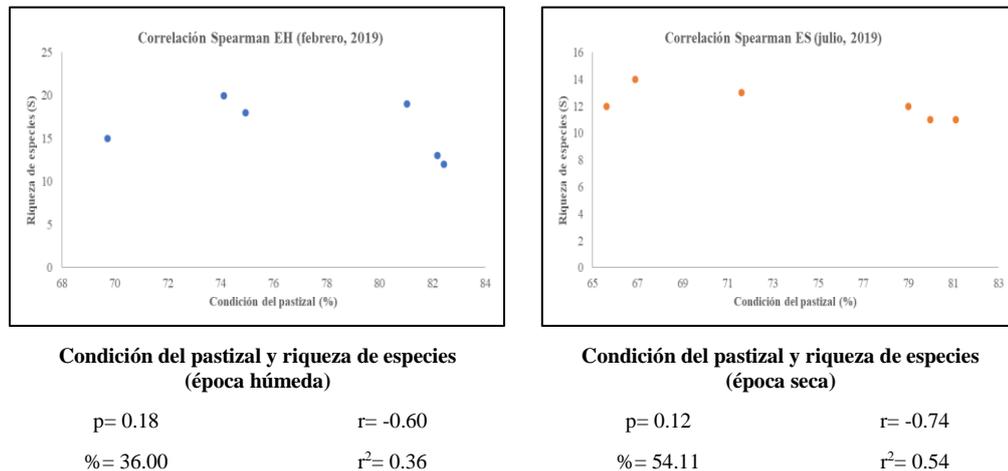


Figura 4-56: Correlación entre condición de pastizal y riqueza de especies

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.60, lo que refleja que el 36% de la condición del pastizal es explicada por la riqueza de las especies, el 64% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.74, lo que refleja que el 54.11% de la condición del pastizal es explicada por la riqueza de las especies, el 45.89% restante se debe a otros factores.

El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Índice de diversidad de especies (bits/indv)

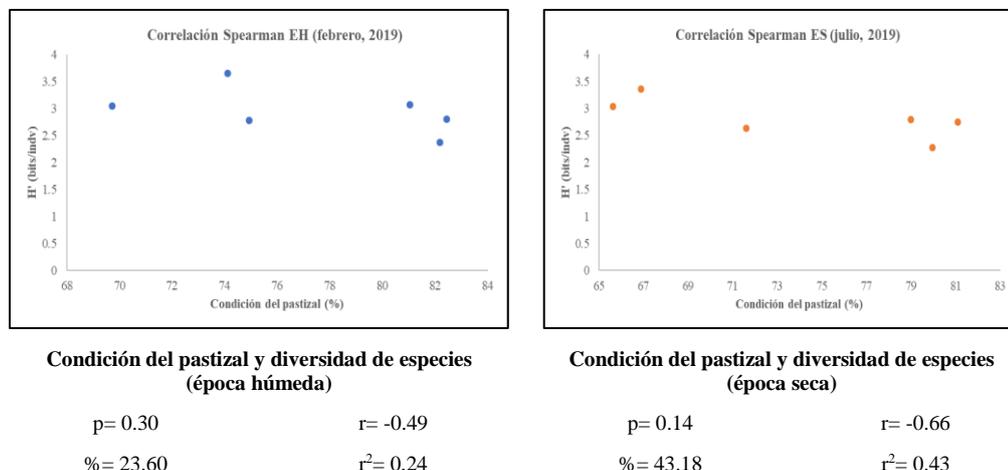


Figura 4-57: Correlación entre condición de pastizal y diversidad de especies

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la diversidad de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.49, lo que refleja que el 23.60% de la condición del pastizal es explicada por la diversidad de las especies, el 76.4% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la diversidad de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.66, lo que refleja que el 43.18% de la condición del pastizal es explicada por la diversidad de las especies, el 56.82% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Especies con estatus de conservación

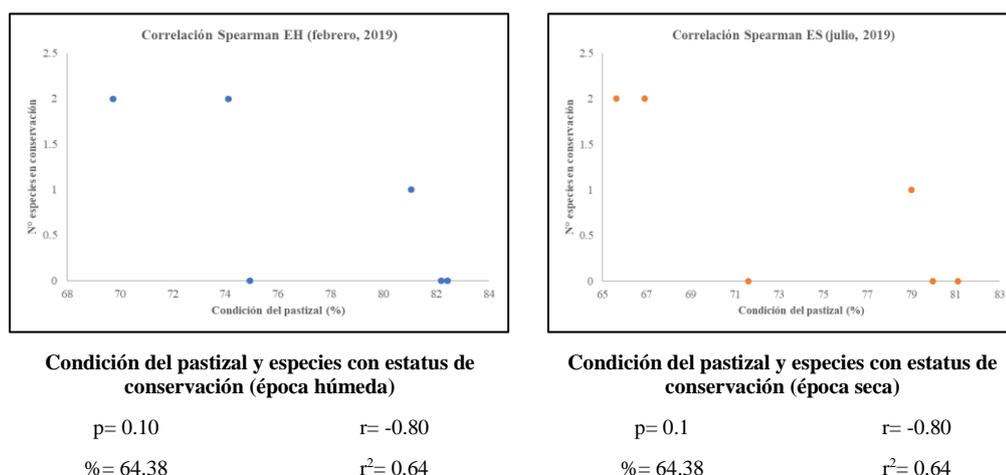


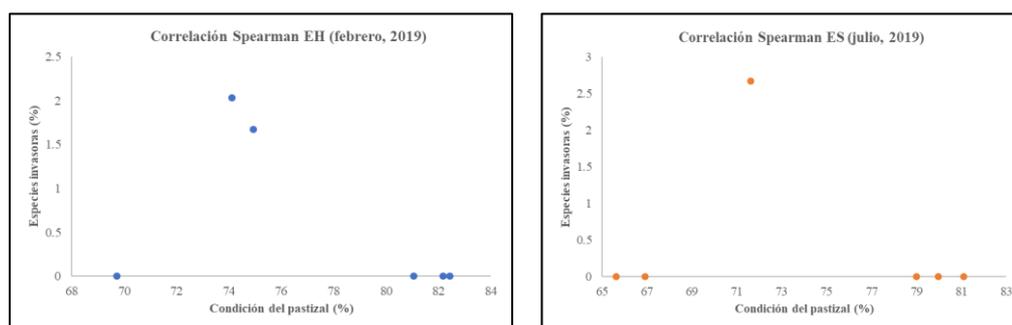
Figura 4-58: Correlación entre condición de pastizal y especies con estatus de conservación

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y las especies con estatus de conservación. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es  $-0.80$ , lo que refleja que el 64.38% de la condición del pastizal es explicada por las especies con estatus de conservación, el 35.7% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y las especies con estatus de conservación. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es  $-0.80$ , lo que refleja que el 64.38% de la condición del pastizal es explicada por las especies con estatus de conservación, el 35.7% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Especies invasoras (%)



**Condición del pastizal y especies invasoras  
(época húmeda)**

$p=0.40$                        $r=-0.44$   
 $\%=19.31$                        $r^2=0.19$

**Condición del pastizal y especies invasoras  
(época seca)**

$p=1$                                $r=-0.13$   
 $\%=1.71$                                $r^2=0.07$

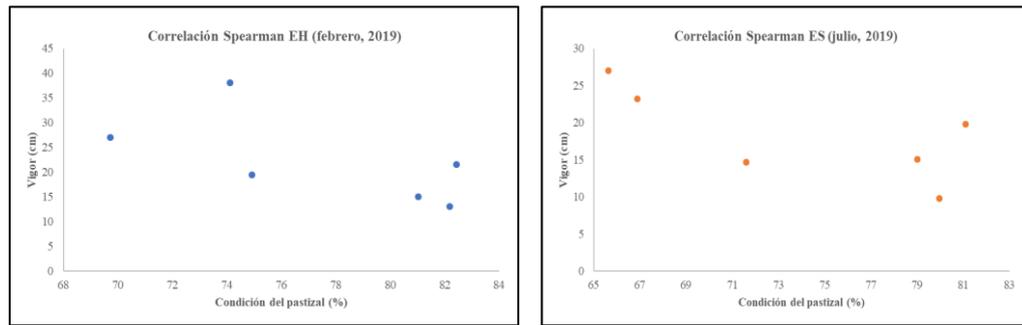
Figura 4-59: Correlación entre condición de pastizal y especies invasoras

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y las especies invasoras. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.44, lo que refleja que el 19.31% de la condición del pastizal es explicada por las especies invasoras, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y las especies invasoras. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.13, lo que refleja que únicamente el 1.71% de la condición del pastizal es explicada por las especies invasoras, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Vigor (cm)



**Condición del pastizal y vigor (época húmeda)**

$p= 0.18$                        $r= -0.60$   
 $\%= 36.00$                        $r^2= 0.36$

**Condición del pastizal y vigor (época seca)**

$p= 0.18$                        $r= -0.60$   
 $\%= 36.00$                        $r^2= 0.36$

**Figura 4-60: Correlación entre condición de pastizal y vigor**

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y el vigor de las especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.6, lo que refleja que el 36% de la condición del pastizal es explicada por el vigor de las especies, el 64% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y el vigor de las especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.6, lo que refleja que el 36% de la condición del pastizal es explicada por el vigor de las especies, el 64% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Tendencia del pastizal (%)

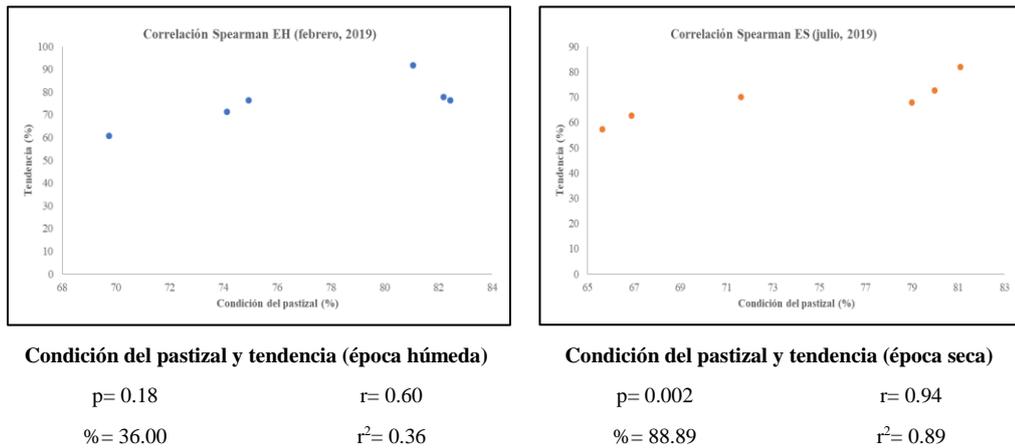


Figura 4-61: Correlación entre condición de pastizal y tendencia

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y la tendencia. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.60, lo que refleja que el 36% de la condición del pastizal es explicada por la tendencia, el 64% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y la tendencia. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.94, lo que refleja que el 88.89% de la condición del pastizal es explicada por la tendencia, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), pero la relación positiva. Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la condición del pastizal con cada uno de los indicadores de la integridad biótica en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-49: Efecto de la Condición del pastizal en la Integridad biótica (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Condición de pastizal	Integridad biótica	Riqueza de especies (S)	negativa	36.00
		Índice de diversidad de especies (bits/índv)	negativa	23.60
		Especies con estatus de conservación (n°)	negativa	64.38
		Especies invasoras (%)	negativa	19.31
		Vigor (cm)	negativa	36.00
		Tendencia (%)	positiva	36.00

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la integridad biótica correlacionados con la condición de pastizal en la época húmeda presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha.

Sin embargo, se observa que la condición del pastizal en época húmeda presenta una relación cualitativamente negativa con la gran mayoría de los indicadores de la integridad biótica. Es así, que se muestra que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo con la presencia de especies con estatus de conservación (64.38%), con la riqueza (36%), con el vigor (36%), con el índice de diversidad (23.60%) y con las especies invasoras (19.31%).

Únicamente, la tendencia presenta una relación positiva (36%), debido a que la tendencia se refiere a la direccionalidad que experimenta la condición del pastizal en el tiempo. Esto está relacionado, con los resultados obtenidos en época húmeda, donde las condiciones de pastizal en todos los sitios de pastizal evaluados tienen una condición buena o excelente y una tendencia del pastizal positiva. Sin embargo, si no se realizan estrategias de manejo sostenibles en el área de estudio, su situación podría volverse negativa en el tiempo.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la condición del pastizal con cada uno de los indicadores de la integridad biótica en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-50: Efecto de la Condición del pastizal en la Integridad biótica (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Condición de pastizal	Integridad biótica	Riqueza de especies (S)	negativa	54.11
		Índice de diversidad de especies (bits/indv)	negativa	43.18
		Especies con estatus de conservación (n°)	negativa	64.38
		Especies invasoras (%)	negativa	1.71
		Vigor (cm)	negativa	36.00
		Tendencia (%)	positiva	88.89

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), la gran mayoría de los indicadores de la integridad biótica correlacionados con la condición de pastizal en la época seca presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ). Únicamente, la tendencia presentó un resultado significativo ( $p < \alpha$ ), pero para una relación positiva; por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la condición del pastizal en época seca presenta una relación cualitativamente negativa con la gran mayoría de los indicadores de la integridad biótica. Es así, que se muestra que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo con la presencia de especies con estatus de conservación (64.38%), con la riqueza (54.11%), con el índice de diversidad (43.18%), con el vigor (36%), y con las especies invasoras (1.71%).

Únicamente, la tendencia presenta un efecto cuantitativamente positivo (88.89%), debido a que la tendencia se refiere a la direccionalidad que experimenta la condición del pastizal en el tiempo. Esto está relacionado, con los resultados obtenidos en época seca, donde las condiciones de pastizal en todos los sitios de pastizal evaluados tienen una condición buena o excelente y una tendencia del pastizal positiva.

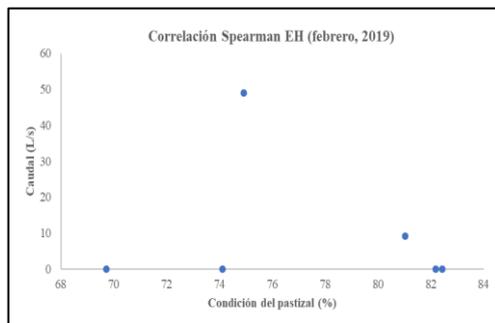
#### 4.2.4 Efecto de la condición del pastizal en la función hidrológica

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La condición del pastizal en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la función hidrológica.

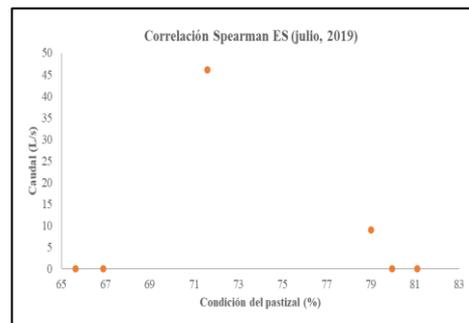
La variable independiente condición del pastizal (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente función hidrológica (Y) como son: disponibilidad de agua y calidad de agua, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

##### Disponibilidad de agua (L/s)



Condición del pastizal y disponibilidad de agua (época húmeda)

$p=1$   $r=-0.03$   
 $\%=0.11$   $r^2=0.001$



Condición del pastizal y disponibilidad de agua (época seca)

$p=1$   $r=-0.03$   
 $\%=0.11$   $r^2=0.001$

Figura 4-62: Correlación entre condición de pastizal y disponibilidad de agua

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la disponibilidad de agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.03, lo que refleja que únicamente el 0.11% de la condición del pastizal es explicada por la disponibilidad de agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la disponibilidad de agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.03, lo que refleja que únicamente el 0.11% de la condición del pastizal es explicada por la disponibilidad de agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Calidad del agua (pH)

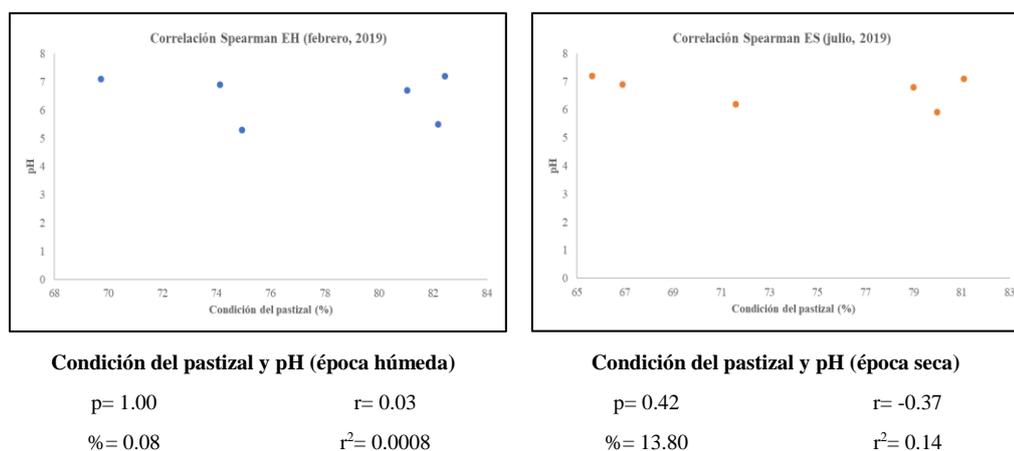


Figura 4-63: Correlación entre condición de pastizal y pH

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y el pH del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.03, lo que refleja que únicamente el 0.08% de la condición del pastizal es explicada por el pH del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y el pH del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.37, lo que refleja que el 13.80% de la condición del pastizal es explicada por el pH del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Calidad del agua (C.E.)

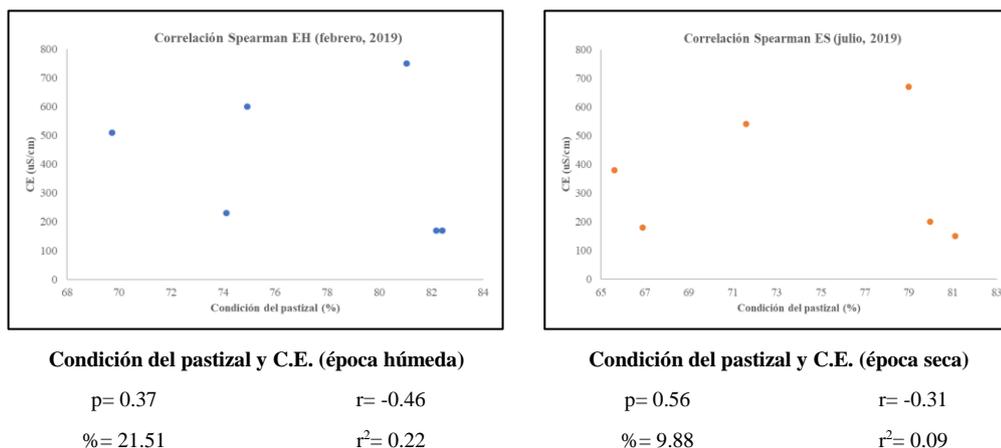


Figura 4-64: Correlación entre condición de pastizal y C.E.

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la C.E. del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.46, lo que refleja que el 21.51% de la condición del pastizal es explicada por la C.E. del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la C.E. del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.31, lo que refleja que el 9.88% de la condición del pastizal es explicada por la C.E. del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Calidad del agua (STD)

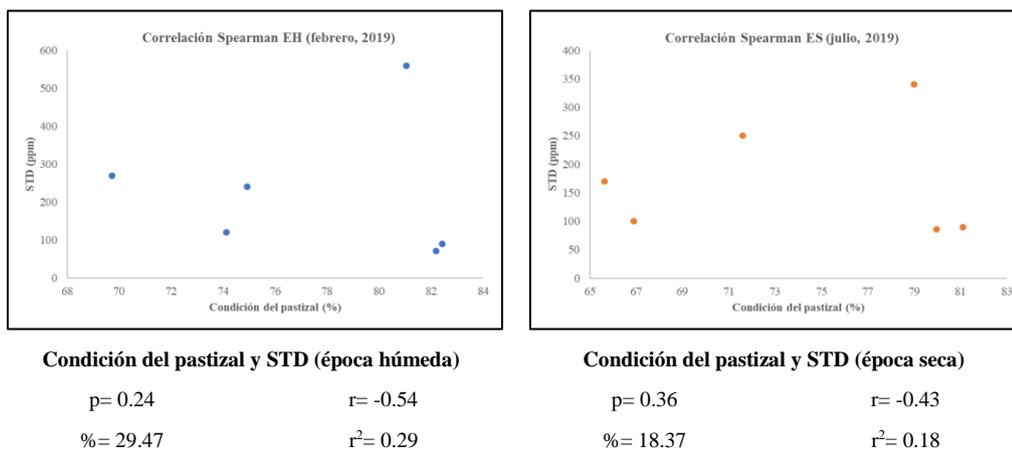


Figura 4-65: Correlación entre condición de pastizal y STD

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y los STD del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.54, lo que refleja que el 29.47% de la condición del pastizal es explicada por los STD del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y los STD del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.43, lo que refleja que el 18.37% de la condición del pastizal es explicada por los STD del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la condición del pastizal con cada uno de los indicadores de la función hidrológica en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-51: Efecto de la Condición del pastizal en la Función hidrológica (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Condición de pastizal	Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)	negativa	0.11
		Calidad de agua (pH)	positiva	0.08
		Calidad de agua (C.E.)	negativa	21.51
		Calidad de agua (STD)	negativa	29.47

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la función hidrológica correlacionados con la condición de pastizal en la época húmeda presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la condición del pastizal en época húmeda presenta una relación cualitativamente negativa con la disponibilidad y calidad de agua, para los indicadores de conductividad eléctrica (C.E.) y sólidos totales disueltos (STD).

Es así, que se muestra que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo, que representa el 29.47% con los STD, seguido de un 21.51% con la C.E. y con una mínima influencia para la disponibilidad de agua (0.11%). Únicamente, la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cualitativamente positivo con el pH del agua, pero con una mínima influencia (0.08%), resultado que podría estar influenciado debido a otros factores como las características de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica en descomposición, la composición vegetal en el bofedal, entre otros.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la condición del pastizal con cada uno de los indicadores de la función hidrológica en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-52: Efecto de la Condición del pastizal en la Función hidrológica (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Condición de pastizal	Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)	negativa	0.11
		Calidad de agua (pH)	negativa	13.80
		Calidad de agua (C.E.)	negativa	9.88
		Calidad de agua (STD)	negativa	18.37

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la función hidrológica correlacionados con la condición de pastizal en la época seca presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la condición del pastizal en época seca presenta una relación cualitativamente negativa con todos los indicadores de la función hidrológica.

Es así, que se muestra que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo, que representa el 18.37% con los STD, seguido de un 13.80% con el pH, 9.88% con la C.E., y con una mínima influencia para la disponibilidad de agua (0.11%).

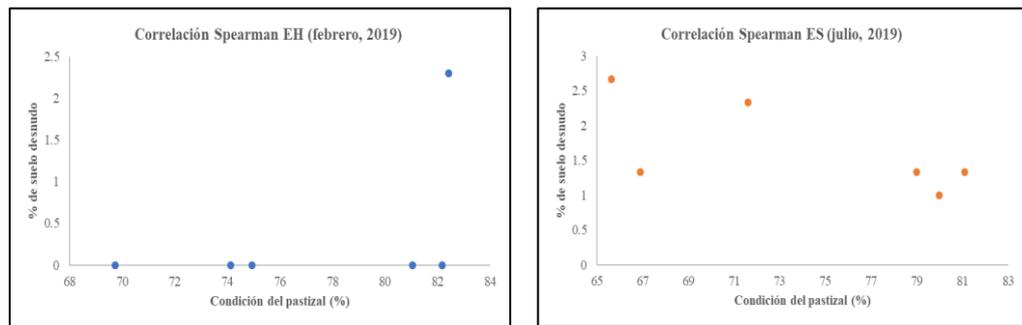
#### 4.2.5 Efecto de la condición del pastizal en la estabilidad del sistema

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La condición del pastizal en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la estabilidad del sistema.

La variable independiente condición del pastizal (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente estabilidad del sistema (Y) como son: signos de erosión, cobertura vegetal, materia orgánica y carbono total, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Signos de erosión (%)



**Condición del pastizal y signos de erosión (época húmeda)**

p= 0.33                      r= 0.65  
 %= 42.86                    r<sup>2</sup>= 0.43

**Condición del pastizal y signos de erosión (época seca)**

p= 0.15                      r= -0.70  
 %= 48.76                    r<sup>2</sup>= 0.49

Figura 4-66: Correlación entre condición de pastizal y signos de erosión

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y los signos de erosión. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.65, lo que refleja que el 42.86% de la condición del pastizal es explicada por la erosión del suelo, el 57.14% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y los signos de erosión. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.70, lo que refleja que el 48.76% de la condición del pastizal es explicada por la erosión del suelo, el 51.24% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Cobertura vegetal (%)

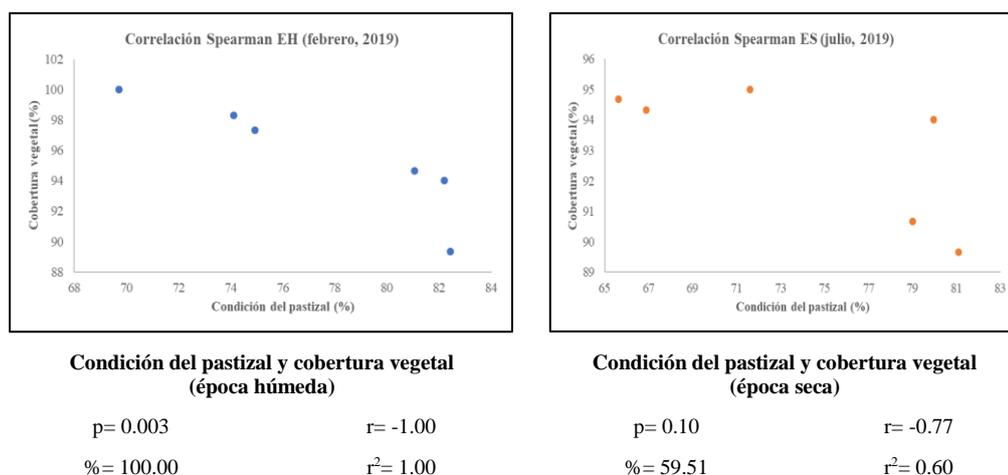


Figura 4-67: Correlación entre condición de pastizal y cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la cobertura vegetal. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -1.00, lo que refleja que el 100% de la condición del pastizal es explicada por la cobertura vegetal. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ). Por lo tanto, se rechaza  $H_0$  ( $r \neq 0$ ), la hipótesis de investigación es verdadera.

En época seca se observa una relación negativa entre la condición de pastizal y la cobertura vegetal. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.77, lo que refleja que el 59.51% de la condición del pastizal es explicada por la cobertura vegetal. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Materia orgánica (%)

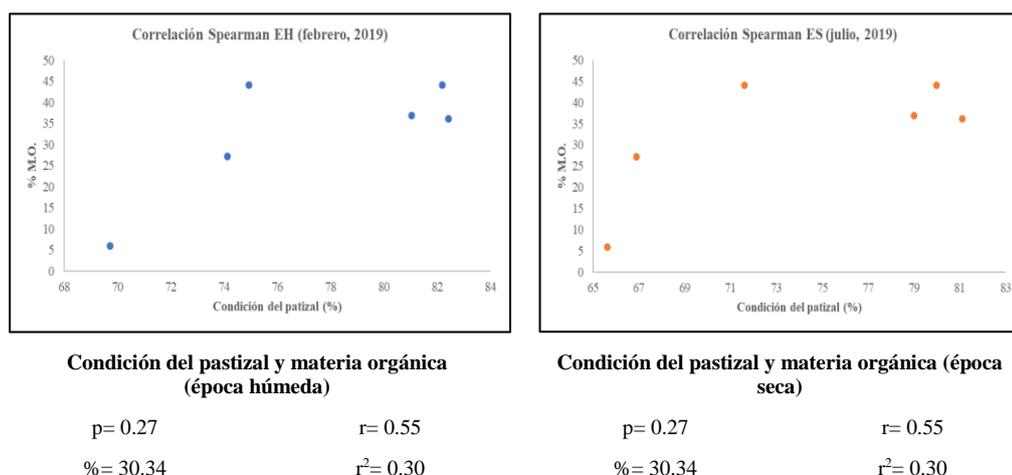


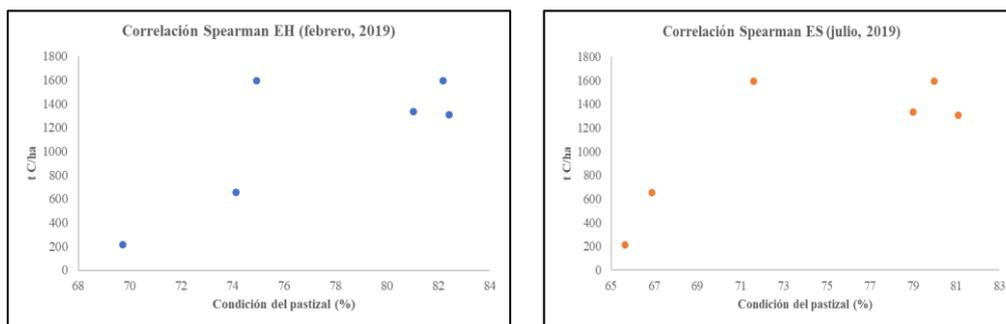
Figura 4-68: Correlación entre condición de pastizal y materia orgánica

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y la materia orgánica. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.55, lo que refleja que el 30.34% de la condición del pastizal es explicada por la materia orgánica, el 69.66% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y la materia orgánica. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.55, lo que refleja que el 30.34% de la condición del pastizal es explicada por la materia orgánica, el 69.66% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Carbono (t C/ha)



Condición del pastizal y carbono total (época húmeda)

$$p = 0.27$$

$$r = 0.55$$

$$\% = 30.34$$

$$r^2 = 0.30$$

Condición del pastizal y carbono total (época seca)

$$p = 0.27$$

$$r = 0.55$$

$$\% = 30.34$$

$$r^2 = 0.30$$

Figura 4-69: Correlación entre condición de pastizal y carbono total

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y el carbono total. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.55, lo que refleja que el 30.34% de la condición del pastizal es explicada por el carbono total, el 69.66% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación positiva entre la condición de pastizal y el carbono total. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.55, lo que refleja que el 30.34% de la condición del pastizal es explicada por el carbono total, el 69.66% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la condición del pastizal con cada uno de los indicadores de la estabilidad del sistema en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-53: Efecto de la Condición del pastizal en la Estabilidad del sistema (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Condición de pastizal	Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)	positiva	42.86
		Cobertura vegetal (%)	negativa	100.00
		Materia orgánica (%)	positiva	30.34
		Carbono total (t C/ha)	positiva	30.34

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), únicamente la correlación entre la condición del pastizal y la cobertura vegetal en época húmeda presentó un resultado significativo negativo ( $p < \alpha$ ); sin embargo, los demás indicadores de la estabilidad del sistema presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es parcialmente falsa y no se puede afirmar que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conocochoa.

Es así, que se muestra que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo de 100% con la cobertura vegetal, mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente positivo, 42.86% con los signos de erosión y 30.34% con la materia orgánica y el carbono total, respectivamente. Estos resultados pueden deberse a que, en la época húmeda todos los sitios de pastizal evaluados presentaron una condición excelente o buena, pero únicamente en el sitio UM4 se registraron zonas con presencia de suelo desnudo y/o roca con un 2.33%, mientras que en los demás sitios la presencia de suelo desnudo fue nula. Por otro lado, según León (2016) diversas investigaciones realizadas por diferentes autores sostienen que el pastoreo puede incrementar, reducir o no tener influencia sobre el contenido de la materia orgánica. Para el presente caso de estudio, en el bofedal Conocochoa, donde todos los sitios de pastizal evaluados presentaron una condición excelente o buena en época húmeda, se presenta una relación positiva con el contenido de materia orgánica y el carbono total.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la condición del pastizal con cada uno de los indicadores de la estabilidad del sistema en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-54: Efecto de la Condición del pastizal en la Estabilidad del sistema (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Condición de pastizal	Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)	negativa	48.76
		Cobertura vegetal (%)	negativa	59.51
		Materia orgánica (%)	positiva	30.34
		Carbono total (t C/ha)	positiva	30.34

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la estabilidad del sistema correlacionados con la condición de pastizal en la época seca presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la condición del pastizal en época seca presenta un efecto cualitativamente negativo con los signos de erosión y con la cobertura vegetal. Es así, que se muestra que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo, que representa el 59.51% con la cobertura vegetal y de 48.76% con los signos de erosión, mientras que con la materia orgánica y el carbono total, se tiene una relación cualitativamente positiva de 30.34%, respectivamente.

A diferencia de la época húmeda, en la época seca todos los sitios de pastizal registraron suelos desnudos. Estos valores indican leves signos de fragmentación y la presencia de un ligero grado de erosión en los suelos del área de estudio, siendo más evidente en época seca que en época húmeda, que puede estar asociado a la estacionalidad, debido a la escasez de agua en época seca.

Por otro lado, según León (2016) diversas investigaciones realizadas por diferentes autores sostienen que el pastoreo puede incrementar, reducir o no tener influencia sobre el contenido de la materia orgánica.

Para el presente caso de estudio, en el bofedal Conocochoa, donde todos los sitios de pastizal evaluados presentaron una condición excelente o buena en época seca, se presenta una relación positiva con el contenido de materia orgánica y el carbono total.

#### 4.2.6 Efecto de la producción de forraje en la integridad biótica

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La producción de forraje en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la integridad biótica.

La variable independiente producción de forraje (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente integridad biótica (Y) como son: riqueza de especies, índice de diversidad, especies con estatus de conservación, especies invasoras, vigor y tendencia del pastizal, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Riqueza de especies (S)

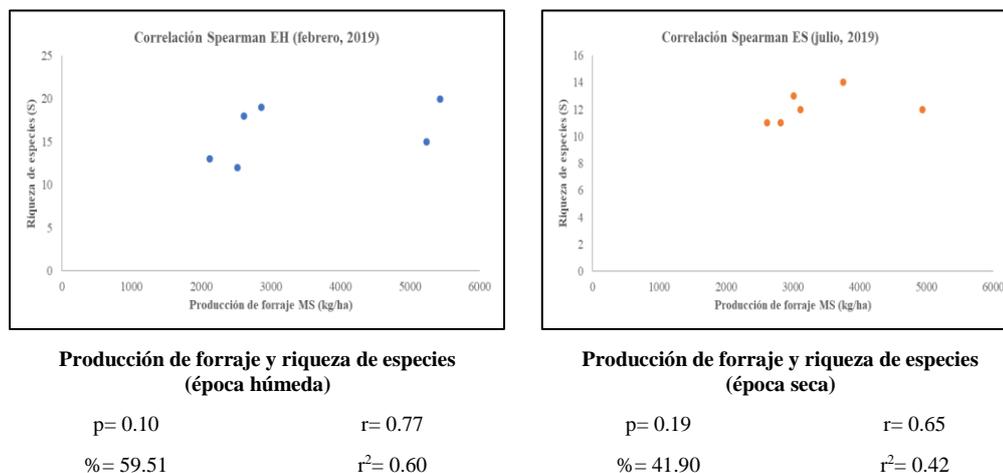


Figura 4-70: Correlación entre producción de forraje y riqueza de especies

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.77, lo que refleja que el 59.51% de la producción del forraje es explicada por la riqueza de las especies, el 40.49% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.65, lo que refleja que el 41.90% de la producción del forraje es explicada por la riqueza de las especies, el 58.10% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Índice de diversidad de especies (bits/indv)

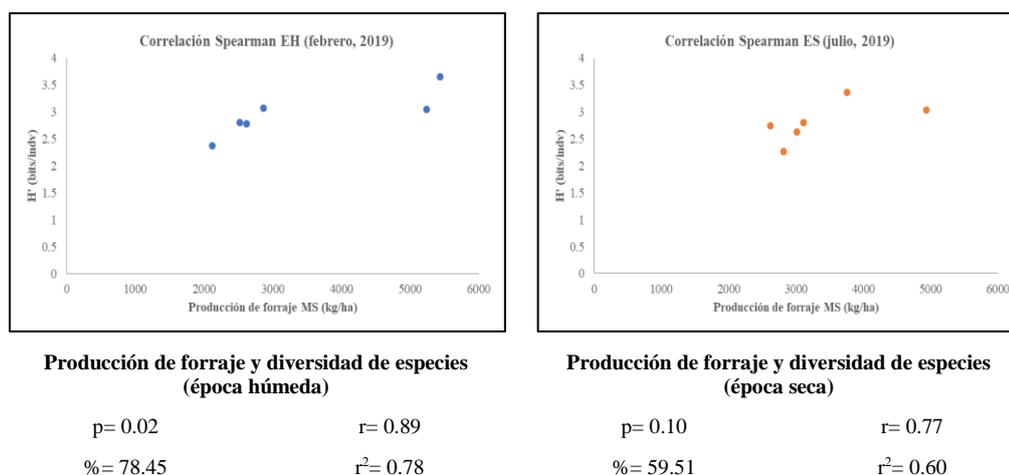


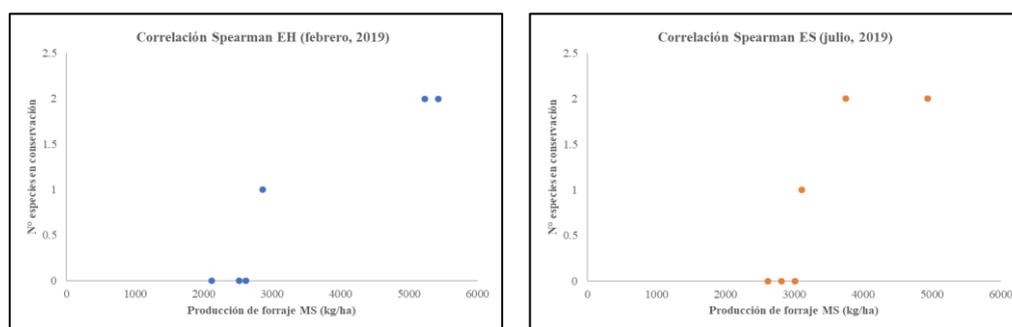
Figura 4-71: Correlación entre producción de forraje y diversidad de especies

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la diversidad de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.89, lo que refleja que el 78.45% de la producción del forraje es explicada por la riqueza de las especies, el 21.55% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), pero la relación positiva. Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la diversidad de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.77, lo que refleja que el 59.51% de la producción del forraje es explicada por la riqueza de las especies, el 40.49% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Especies con estatus de conservación



**Producción de forraje y especies con estatus de conservación (época húmeda)**

p= 0.03                      r= 0.93  
 %= 85.71                    r<sup>2</sup>= 0.86

**Producción de forraje y especies con estatus de conservación (época seca)**

p= 0.03                      r= 0.93  
 %= 85.71                    r<sup>2</sup>= 0.86

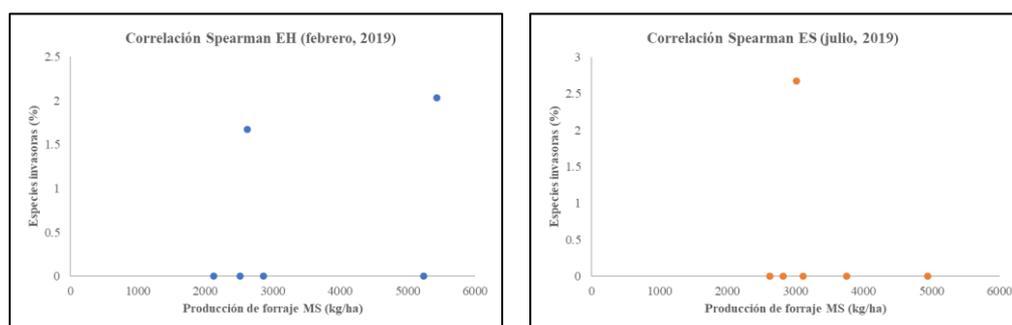
Figura 4-72: Correlación entre producción de forraje y especies con estatus de conservación

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y las especies con estatus de conservación. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.93, lo que refleja que el 85.71% de la producción del forraje es explicada por las especies con estatus de conservación, el 14.29% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), pero la relación positiva. Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y las especies con estatus de conservación. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.93, lo que refleja que el 85.71% de la producción del forraje es explicada por las especies con estatus de conservación, el 14.29% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), pero la relación positiva. Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Especies invasoras (%)



**Producción de forraje y especies invasoras (época húmeda)**

p= 0.33                      r= 0.51  
 %= 25.71                    r<sup>2</sup>= 0.26

**Producción de forraje y especies invasoras (época seca)**

p= 1                              r= -0.13  
 %= 1.71                        r<sup>2</sup>= 0.02

Figura 4-73: Correlación entre producción de forraje y especies invasoras

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y las especies invasoras. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.51, lo que refleja que el 25.71% de la producción del forraje es explicada por las especies invasoras, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la producción de forraje y las especies invasoras. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.13, lo que refleja que el 1.71% de la producción del forraje es explicada por las especies invasoras, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Vigor (cm)

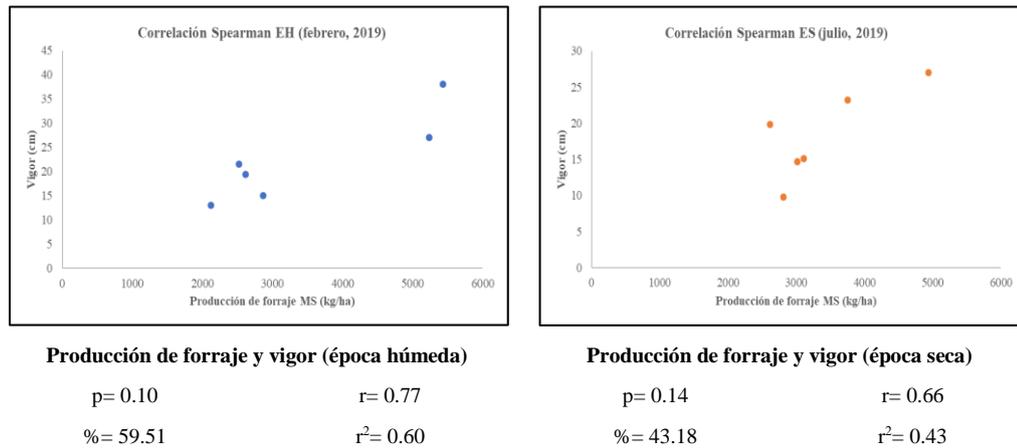


Figura 4-74: Correlación entre producción de forraje y vigor

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y el vigor de las especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.77, lo que refleja que el 59.51% de la producción del forraje es explicada por el vigor de las especies, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y el vigor de las especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.66, lo que refleja que el 43.18% de la producción del forraje es explicada por el vigor de las especies, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Tendencia del pastizal (%)

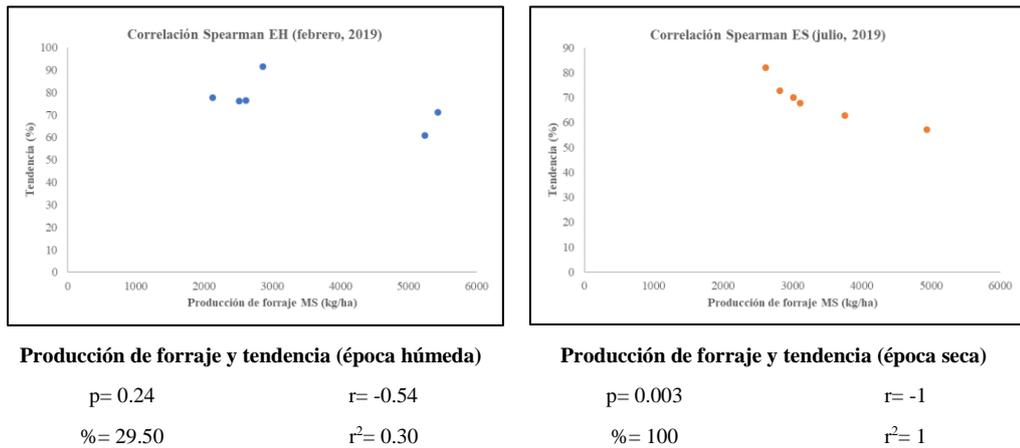


Figura 4-75: Correlación entre producción de forraje y tendencia

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la producción de forraje y la tendencia. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.54, lo que refleja que el 29.50% de la producción del forraje es explicada por la tendencia, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la producción de forraje y la tendencia. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -1, lo que refleja que el 100% de la producción del forraje es explicada por la tendencia. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ). Por lo tanto, se rechaza  $H_0$  ( $r \neq 0$ ), la hipótesis de investigación es verdadera.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la producción de forraje con cada uno de los indicadores de la integridad biótica en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-55: Efecto de la Producción de forraje en la Integridad biótica (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
		Riqueza de especies (S)	positiva	59.51
		Índice de diversidad de especies (bits/índv)	positiva	78.45
Producción de forraje	Integridad biótica	Especies con estatus de conservación (n°)	positiva	85.71
		Especies invasoras (%)	positiva	25.71
		Vigor (cm)	positiva	59.51
		Tendencia (%)	negativa	29.50

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), la correlación entre la producción de forraje y la presencia de especies con estatus de conservación, y con el índice de diversidad de las especies, presentaron resultados significativos ( $p < \alpha$ ); sin embargo, esta correlación fue positiva. Los demás indicadores de la estabilidad del presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha.

Es así, que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente positivo con la presencia de especies con estatus de conservación (85.71%) y con en el índice de diversidad de las especies (78.45%), y un efecto cualitativamente positivo con la riqueza y vigor de las especies (59.51%). Únicamente, la tendencia presenta una relación cualitativamente negativa (29.5%), esto podría deberse a que los sitios con mayor producción de forraje (UM5 y UM6), presentaron la menor tendencia del pastizal, por presentar un menor contenido de mantillo o presencia de especies en pedestal, debido a que su composición corresponde a un bofedal graminoide (tipo II), con un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, dominado por *Festuca rigescens*.

Las relaciones cualitativamente positivas podrían explicarse debido a la diferente composición de especies en los sitios de pastizal evaluados, donde los sitios de pastizal UM1, UM2 y UM4, corresponden a un bofedal de plantas pulvinadas (tipo I), con un estrato herbáceo de 20 cm de altura en promedio, dominado por *Distichia filamentosa*, mientras que los sitios de pastizal UM3, UM5 y UM6, corresponden a un bofedal graminoide (tipo II), con un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, dominado por *Festuca rigescens*. Asimismo, las alpacas se encontraron pastando únicamente en el bofedal de plantas pulvinadas (tipo I), en los sitios de pastizal UM1, UM2 y UM4, aprovechando las especies del estrato bajo, que presentan una mayor proporción de especies deseables en para estos animales en su composición, mientras que la mayor cantidad de vacunos y ovinos se encontraron pastando en el bofedal graminoide (tipo II), en los sitios de pastizal UM5 y UM6. Por lo tanto, coincide con lo indicado por Florez (2005), donde cada sitio pastoreado se comportará de manera diferente, dependiendo del sitio en el que ocurre, el animal que pastorea y la estación de muestreo, donde lo que representa un buen alimento para un tipo de animal puede ser pobre para otro.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la producción de forraje con cada uno de los indicadores de la integridad biótica en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-56: Efecto de la Producción de forraje en la Integridad biótica (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
		Riqueza de especies (S)	positiva	41.90
		Índice de diversidad de especies (bits/indv)	positiva	59.51
Producción de forraje	Integridad biótica	Especies con estatus de conservación (n°)	positiva	85.71
		Especies invasoras (%)	negativa	1.71
		Vigor (cm)	positiva	43.18
		Tendencia (%)	negativa	100.00

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), la correlación entre la producción de forraje y la presencia de especies con estatus de conservación presentó un resultado significativo ( $p < \alpha$ ); sin embargo, esta correlación fue positiva. Únicamente, la correlación entre la producción de forraje y la tendencia presentó un resultado significativo ( $p < \alpha$ ) con una relación cuantitativamente negativa; por lo que, la hipótesis de investigación es parcialmente falsa y no se puede afirmar que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha.

Es así, que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cuantitativamente positivo con la presencia de especies con estatus de conservación (85.71%), y un efecto cualitativamente positivo con en el índice de diversidad de las especies (59.51%), con la riqueza (41.90%) y con el vigor de las especies (43.18%), mientras que con la tendencia presenta un efecto cuantitativamente negativo (100%) y también cualitativamente con las especies invasoras, pero con una mínima influencia (1.71%). Al igual que en la época húmeda, esto podría deberse a que los sitios con mayor producción de forraje (UM5 y UM6), presentaron la menor tendencia del pastizal, por presentar un menor contenido de mantillo o presencia de especies en pedestal, debido a que su composición corresponde a un bofedal graminoide (tipo II), con un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, dominado por *Festuca rigescens*. En cuanto al % de especies invasoras, es importante indicar, que en el área de estudio la presencia de especies invasoras es baja, en época húmeda se identificaron 2 especies en 2 sitios de pastizal (UM2 y UM5), mientras que en la época seca, únicamente se registró una especie en UM2, en los demás sitios el valor fue nulo, razón por la cual se observan relaciones diferentes según la época de evaluación.

Las relaciones cualitativamente positivas en la época seca, también podrían explicarse debido a la diferente composición de especies y las especies que hacen uso del pastizal, lo que coincide con lo indicado por Florez (2005), donde cada sitio pastoreado se comportará de manera diferente, dependiendo del sitio en el que ocurre, el animal que pastorea y la estación de muestreo, donde lo que representa un buen alimento para un tipo de animal puede ser pobre para otro.

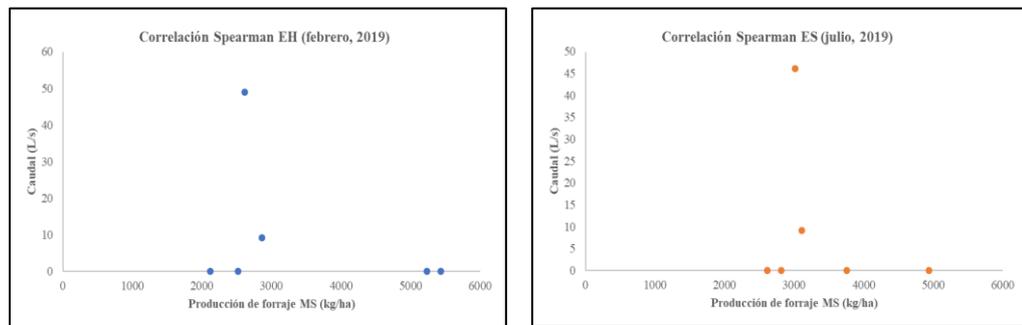
#### 4.2.7 Efecto de la producción de forraje en la función hidrológica

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La producción de forraje en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la función hidrológica.

La variable independiente producción de forraje (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente función hidrológica (Y) como son: disponibilidad de agua y calidad de agua, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

##### Disponibilidad de agua (L/s)



**Producción de forraje y disponibilidad de agua (época húmeda)**

$p=1$                        $r=-0.03$   
 $\%=0.11$                      $r^2=0.001$

**Producción de forraje y disponibilidad de agua (época seca)**

$p=1$                        $r=-0.03$   
 $\%=0.11$                      $r^2=0.001$

Figura 4-76: Correlación entre producción de forraje y disponibilidad de agua  
 Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la producción de forraje y la disponibilidad de agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.03, lo que refleja que únicamente el 0.11% de la producción del forraje es explicada por la disponibilidad de agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación negativa entre la producción de forraje y la disponibilidad de agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.03, lo que refleja que únicamente el 0.11% de la producción del forraje es explicada por la disponibilidad de agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Calidad del agua (pH)

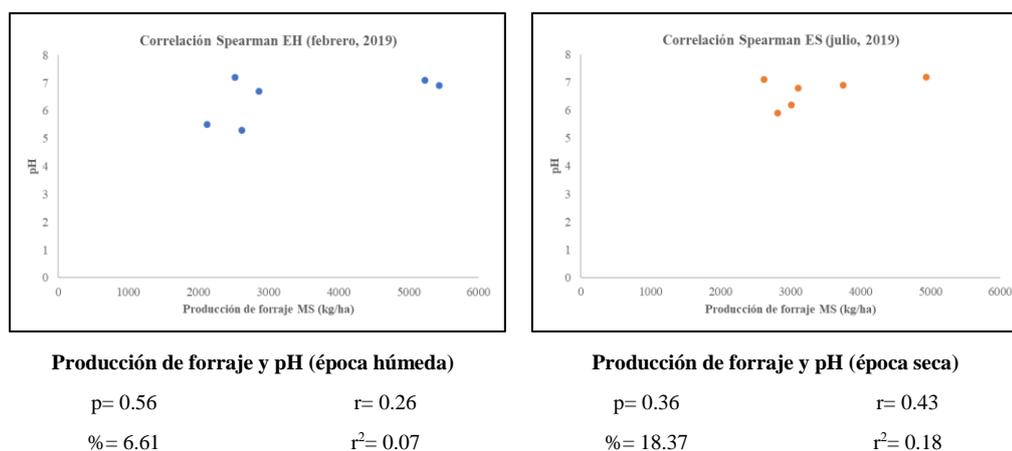


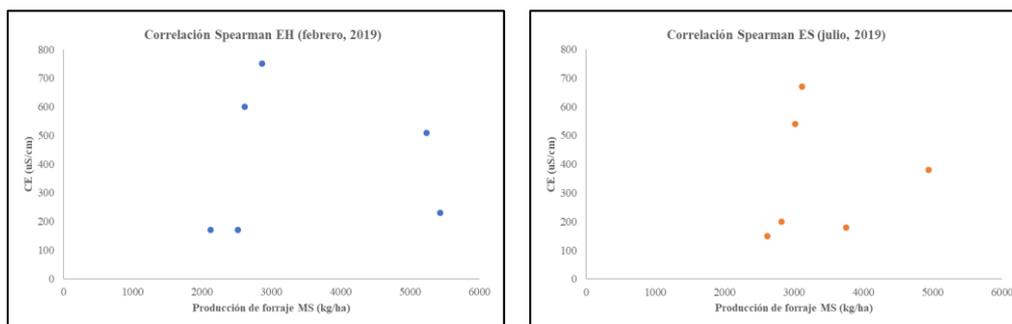
Figura 4-77: Correlación entre producción de forraje y pH

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y el pH del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.26, lo que refleja que el 6.61% de la producción del forraje es explicada por el pH del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y el pH del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.43, lo que refleja que el 18.37% de la producción del forraje es explicada por el pH del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Calidad del agua (C.E.)



**Producción de forraje y C.E. (época húmeda)**

$p=0.37$                        $r=0.46$   
 $\%=21.51$                        $r^2=0.22$

**Producción de forraje y C.E. (época seca)**

$p=0.42$                        $r=0.37$   
 $\%=13.80$                        $r^2=0.14$

**Figura 4-78: Correlación entre producción de forraje y C.E.**

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la C.E. del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.46, lo que refleja que el 21.51% de la producción del forraje es explicada por la C.E. del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la C.E. del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.37, lo que refleja que el 13.80% de la producción del forraje es explicada por la C.E. del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Calidad del agua (STD)

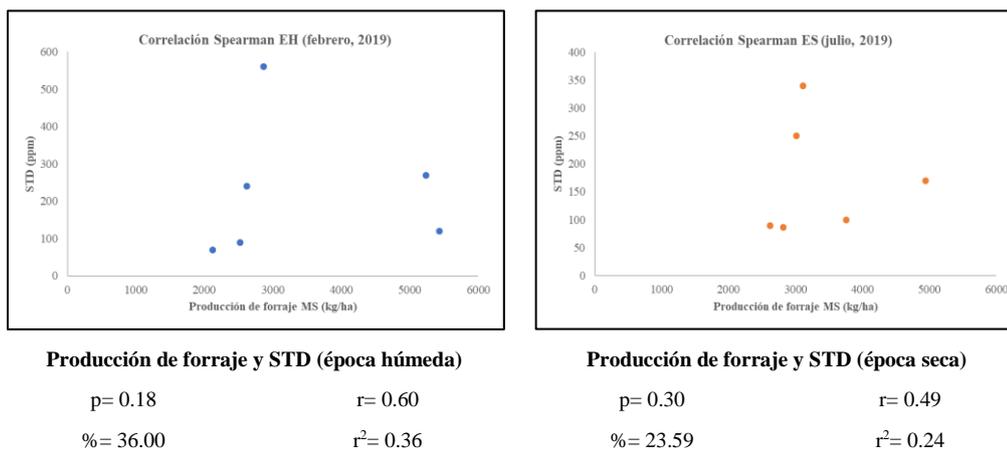


Figura 4-79: Correlación entre producción de forraje y STD

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y los STD del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.60, lo que refleja que el 36% de la producción del forraje es explicada por los STD del agua, el 64% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y los STD del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.49, lo que refleja que el 23.59% de la producción del forraje es explicada por los STD del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la producción de forraje con cada uno de los indicadores de la función hidrológica en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-57: Efecto de la Producción de forraje en la Función hidrológica (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Producción de forraje	Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)	negativa	0.11
		Calidad de agua (pH)	positiva	6.61
		Calidad de agua (C.E.)	positiva	21.51
		Calidad de agua (STD)	positiva	36.00

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la función hidrológica correlacionados con la producción de forraje en la época húmeda presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo de 0.11% con la disponibilidad de agua, mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente positivo, de 36% con los STD, 21.51% con la C.E. y con en el pH del agua, tiene una mínima influencia (6.61%).

Si bien, durante la época húmeda mejora la disponibilidad de pastos, debido al incremento de las precipitaciones (Florez, 2005), los resultados negativos entre la producción y la disponibilidad de agua, se debe a que únicamente en dos estaciones de muestreo (UM2 y UM3) se encontraron aguas discurriendo por la superficie del suelo, lo que permitió la estimación del caudal de agua, mientras que en los demás sitios el resultado fue nulo; por lo que, no sería muy representativo.

Las relaciones cualitativamente positivas en la época húmeda, entre la producción de forraje y la calidad de agua, podrían estar influenciadas debido a otros factores como las características de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica en descomposición, la composición vegetal en el bofedal, entre otros.

Sin embargo, es importante indicar, que en época húmeda, todas las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), para las categorías 3 y 4, a excepción del pH en las estaciones UM1 y UM2 que presentaron valores ligeramente ácidos de manera natural.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la producción de forraje con cada uno de los indicadores de la función hidrológica en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-58: Efecto de la Producción de forraje en la Función hidrológica (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Producción de forraje	Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)	negativa	0.11
		Calidad de agua (pH)	positiva	18.37
		Calidad de agua (C.E.)	positiva	13.80
		Calidad de agua (STD)	positiva	23.59

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la función hidrológica correlacionados con la producción de forraje en la época seca presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo de 0.11% con la disponibilidad de agua, mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente positivo, de 23.59% con los STD, 18.37% con el pH del agua y 13.80% con la C.E.

Si bien, en la estación seca es cuando comienza a escasear el forraje, los bofedales son el resguardo para el pastoreo de alpacas, ovinos y llamas (Florez, 2005); por lo que, los resultados negativos entre la producción y la disponibilidad de agua, se podría deber a que únicamente en dos estaciones de muestreo (UM2 y UM3) se encontraron aguas discurriendo por la superficie del suelo, lo que permitió la estimación del caudal de agua, en los demás sitios el resultado fue nulo; por lo que, no sería muy representativo.

De igual manera, las relaciones cualitativamente positivas en la época seca, entre la producción de forraje y la calidad de agua, podrían estar influenciadas debido a otros factores como las características de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica en descomposición, la composición vegetal en el bofedal, entre otros. Sin embargo, es importante indicar, que en época seca, todas las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los Estándares de Calidad de Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), para las categorías 3 y 4, a excepción del pH en las estaciones UM1 y UM2 que presentaron valores ligeramente ácidos de manera natural.

#### 4.2.8 Efecto de la producción de forraje en la estabilidad del sistema

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La producción de forraje en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la estabilidad del sistema.

La variable independiente producción de forraje (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente estabilidad del sistema (Y) como son: signos de erosión, cobertura vegetal, materia orgánica y carbono total, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Signos de erosión (%)

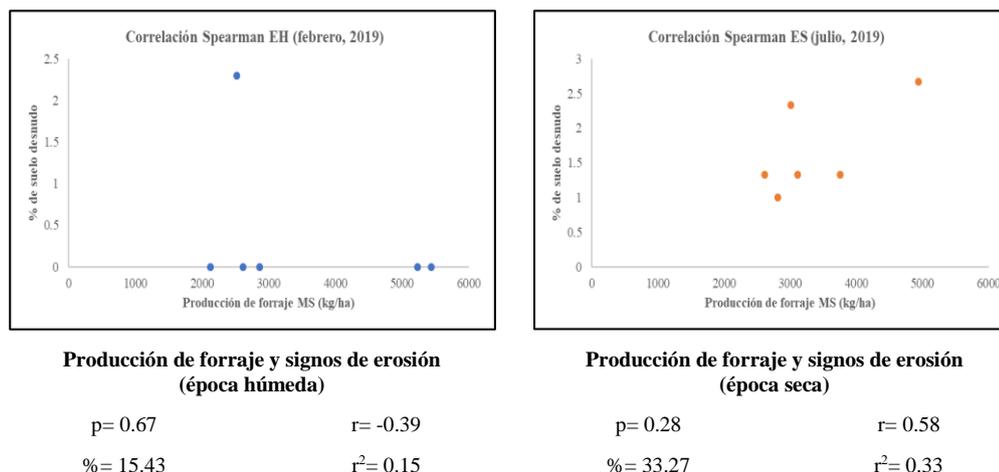


Figura 4-80: Correlación entre producción de forraje y signos de erosión

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la producción de forraje y los signos de erosión. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.39, lo que refleja que el 15.43% de la producción de forraje es explicada por la erosión del suelo, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y los signos de erosión. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.58, lo que refleja que el 33.27% de la producción de forraje es explicada por la erosión del suelo, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Cobertura vegetal (%)

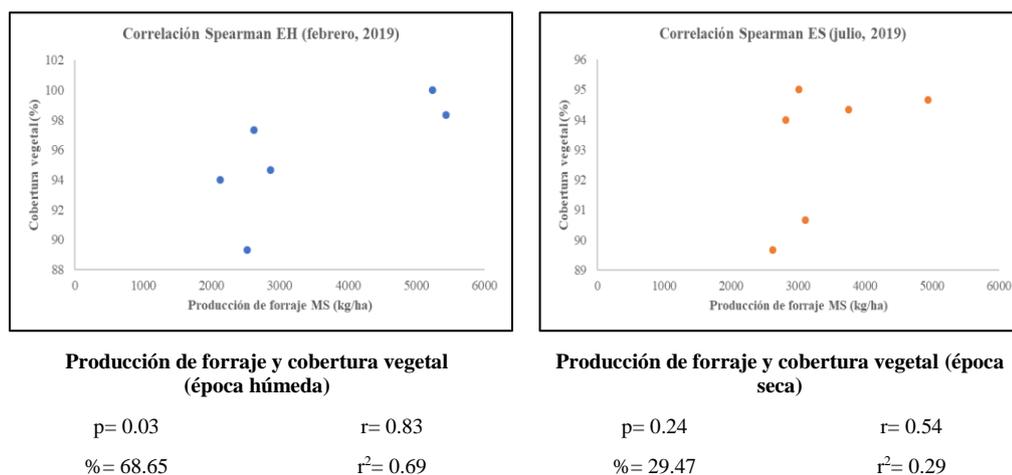


Figura 4-81: Correlación entre producción de forraje y cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la cobertura vegetal. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.83, lo que refleja que el 68.65% de la producción de forraje es explicada por la erosión del suelo, el 31.35% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), pero la relación positiva. Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la producción de forraje y la cobertura vegetal. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.54, lo que refleja que el 29.47% de la producción de forraje es explicada por la erosión del suelo, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Materia orgánica (%)

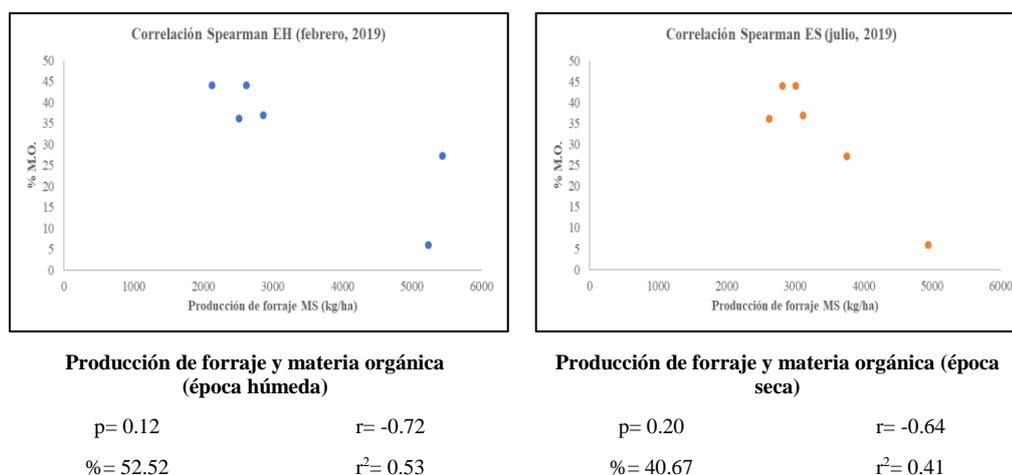


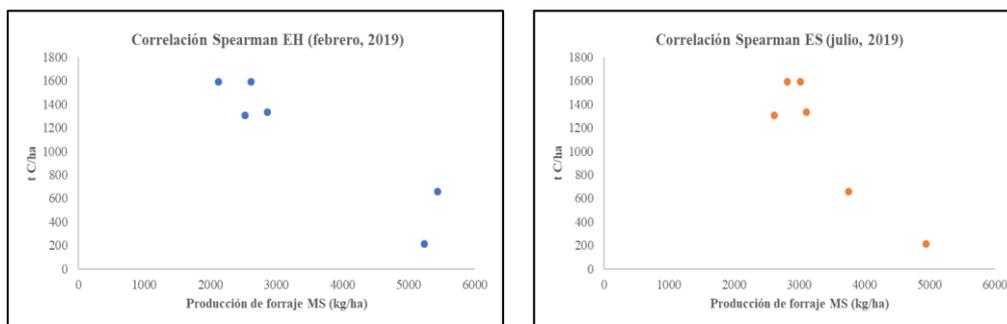
Figura 4-82: Correlación entre producción de forraje y materia orgánica

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la producción de forraje y la materia orgánica. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.72, lo que refleja que el 52.52% de la producción de forraje es explicada por la materia orgánica, el 47.48% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la producción de forraje y la materia orgánica. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.64, lo que refleja que el 40.67% de la producción de forraje es explicada por la materia orgánica, el 59.33% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Carbono (t C/ha)



**Producción de forraje y carbono total (época húmeda)**

$p = 0.12$                        $r = -0.72$   
 $\% = 52.52$                        $r^2 = 0.53$

**Producción de forraje y carbono total (época seca)**

$p = 0.20$                        $r = -0.64$   
 $\% = 40.67$                        $r^2 = 0.41$

**Figura 4-83: Correlación entre producción de forraje y carbono total**

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la producción de forraje y el carbono total. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.72, lo que refleja que el 52.52% de la producción de forraje es explicada por el carbono total, el 47.48% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la producción de forraje y el carbono total. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.64, lo que refleja que el 40.67% de la producción de forraje es explicada por el carbono total, el 59.33% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la producción de forraje con cada uno de los indicadores de la estabilidad del sistema en época húmeda (febrero, 2019).

**Tabla 4-59: Efecto de la Producción de forraje en la Estabilidad del sistema (época húmeda)**

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Producción de forraje	Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)	negativa	15.43
		Cobertura vegetal (%)	positiva	68.65
		Materia orgánica (%)	negativa	52.52
		Carbono total (t C/ha)	negativa	52.52

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), únicamente la correlación entre la producción de forraje y la cobertura vegetal en época húmeda presentó un resultado significativo ( $p < \alpha$ ); sin embargo, esta correlación fue positiva. Los demás indicadores de la estabilidad del sistema presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha.

Es así, que se muestra que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente positivo de 68.65% con la cobertura vegetal, mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente negativo, 52.52% con la materia orgánica y el carbono total, respectivamente y 15.43% con los signos de erosión.

La relación positiva entre la producción de forraje y el porcentaje de cobertura vegetal se debe a que durante la estación de lluvias mejora la oferta de forraje, debido a la humedad producida por las precipitaciones (Florez, 2005). En cuanto al porcentaje de suelo desnudo, únicamente en el sitio UM4 se registraron zonas con presencia de suelo desnudo y/o roca con un 2.33%, mientras que en los demás sitios la presencia de suelo desnudo fue nula.

Por otro lado, según León (2016) diversas investigaciones realizadas por diferentes autores sostienen que el pastoreo puede incrementar, reducir o no tener influencia sobre el contenido de la materia orgánica. Para el presente caso de estudio, en el bofedal Conococha, se presenta una relación negativa entre la producción de forraje y el contenido de materia orgánica y el carbono total. Esto podrían explicarse debido a la diferente composición de especies en el bofedal, donde los sitios de pastizal UM1, UM2 y UM4, corresponden a un bofedal de plantas pulvinadas (tipo I), con un estrato herbáceo de 20 cm de altura en promedio, dominado por *Distichia filamentosa*, mientras que los sitios de pastizal UM3, UM5 y UM6, corresponden a un bofedal graminoide (tipo II), con un estrato herbáceo de 30 cm de altura en promedio, dominado por *Festuca rigescens*.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la producción de forraje con cada uno de los indicadores de la estabilidad del sistema en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-60: Efecto de la Producción de forraje en la Estabilidad del sistema (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Producción de forraje	Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)	positiva	33.27
		Cobertura vegetal (%)	positiva	29.47
		Materia orgánica (%)	negativa	40.67
		Carbono total (t C/ha)	negativa	40.67

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), todos los indicadores de la estabilidad del sistema presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conocochoa.

Es así, que se muestra que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cualitativamente positivo de 33.27% con los signos de erosión y de 29.47% con la cobertura vegetal, mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente negativo, de 40.67% con la materia orgánica y el carbono total, respectivamente.

La relación positiva entre la producción de forraje y el porcentaje de cobertura vegetal se debe a que si bien, en la estación seca es cuando comienza a escasear el forraje, los bofedales son el resguardo para el pastoreo de alpacas, ovinos y llamas (Florez, 2005). A diferencia de la época húmeda, en la época seca todos los sitios de pastizal registraron suelos desnudos. Estos valores indican leves signos de fragmentación y la presencia de un ligero grado de erosión en los suelos del área de estudio, siendo más evidente en época seca que en época húmeda, que puede estar asociado a la estacionalidad, debido a la escasez de agua en época seca.

De igual manera, se presenta una relación negativa entre la producción de forraje y el contenido de materia orgánica y el carbono total. Esto podría explicarse debido a la diferente composición de especies en el bofedal (tipo I y tipo II).

#### 4.2.9 Efecto de la carga animal en la integridad biótica

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La carga animal actual en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la integridad biótica.

La variable independiente carga animal actual (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente integridad biótica (Y) como son: riqueza de especies, índice de diversidad, especies con estatus de conservación, especies invasoras, vigor y tendencia del pastizal, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Riqueza de especies (S)

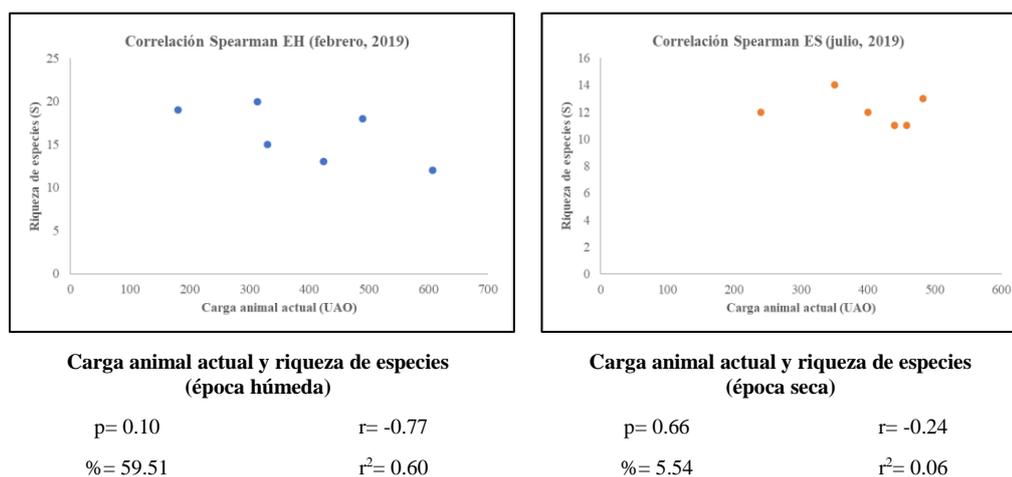


Figura 4-84: Correlación entre carga animal actual y riqueza de especies

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.77, lo que refleja que el 59.51% de la carga animal actual es explicada por la riqueza de las especies, el 40.49% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la riqueza de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.24, lo que refleja que el 5.54% de la carga animal actual es explicada por la riqueza de las especies, el 94.46% restante se debe a otros factores.

El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Índice de diversidad de especies (bits/indv)

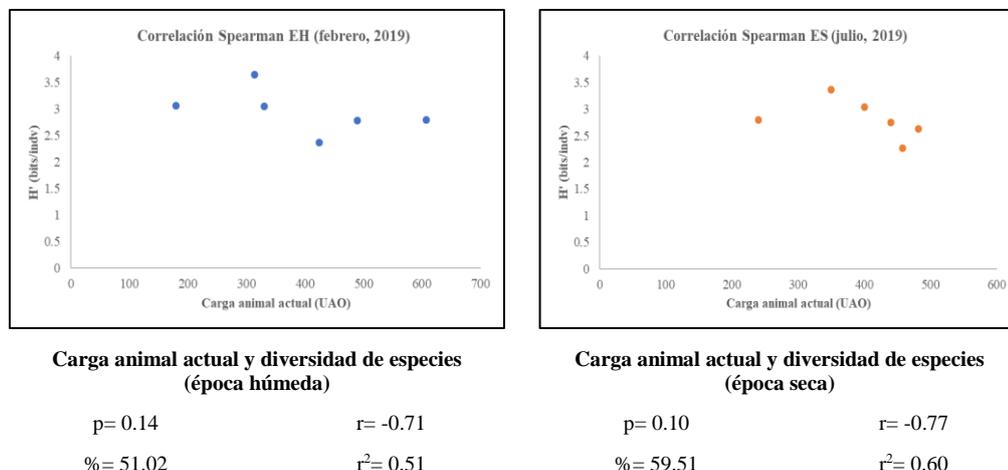


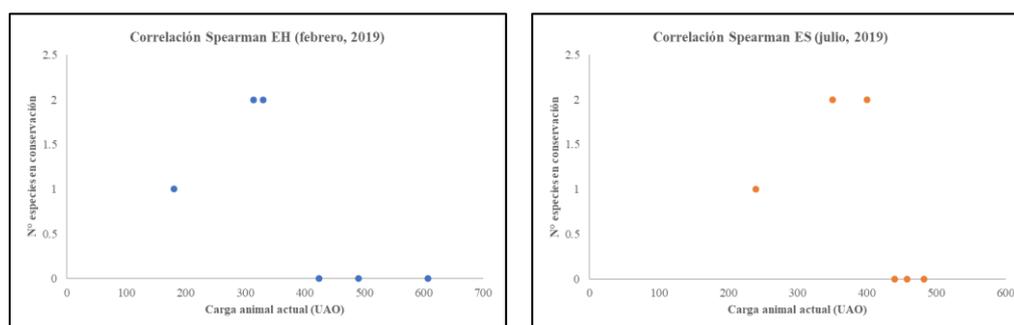
Figura 4-85: Correlación entre carga animal actual y diversidad de especies

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la diversidad de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.71, lo que refleja que el 51.02% de la carga animal actual es explicada por la diversidad de las especies, el 48.98% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la diversidad de especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.77, lo que refleja que el 59.51% de la carga animal actual es explicada por la diversidad de las especies, el 40.49% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Especies con estatus de conservación



**Carga animal actual y especies con estatus de conservación (época húmeda)**

p= 0.13                      r= -0.74  
 %= 54.86                    r<sup>2</sup>= 0.55

**Carga animal actual y especies con estatus de conservación (época seca)**

p= 0.13                      r= -0.74  
 %= 54.86                    r<sup>2</sup>= 0.55

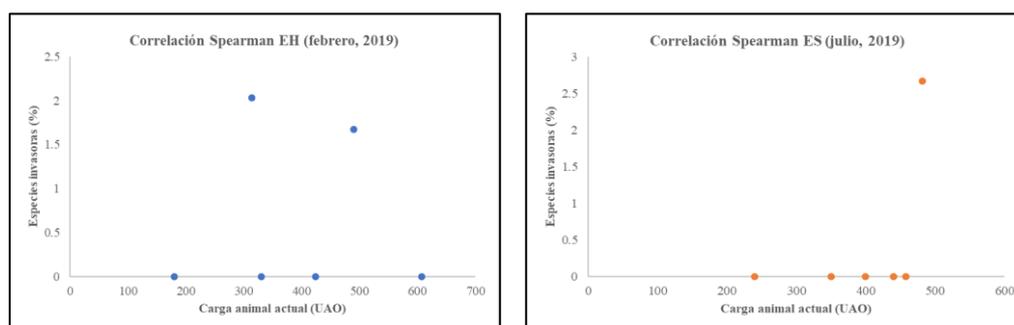
**Figura 4-86: Correlación entre carga animal actual y especies con estatus de conservación**

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y las especies con estatus de conservación. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.74, lo que refleja que el 54.86% de la carga animal actual es explicada por las especies con estatus de conservación, el 45.14% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y las especies con estatus de conservación. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.74, lo que refleja que el 54.86% de la carga animal actual es explicada por las especies con estatus de conservación, el 45.14% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Especies invasoras (%)



**Carga animal actual y especies invasoras  
(época húmeda)**

$p=0.87$                        $r=-0.10$   
 $\%=1.03$                        $r^2=0.01$

**Carga animal actual y especies invasoras  
(época seca)**

$p=0.33$                        $r=0.65$   
 $\%=42.86$                        $r^2=0.43$

Figura 4-87: Correlación entre carga animal actual y especies invasoras

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y las especies invasoras. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es  $-0.10$ , lo que refleja que únicamente el  $1.03\%$  de la carga animal actual es explicada por las especies invasoras, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y las especies invasoras. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es  $0.65$ , lo que refleja que el  $42.86\%$  de la carga animal actual es explicada por las especies invasoras, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Vigor (cm)

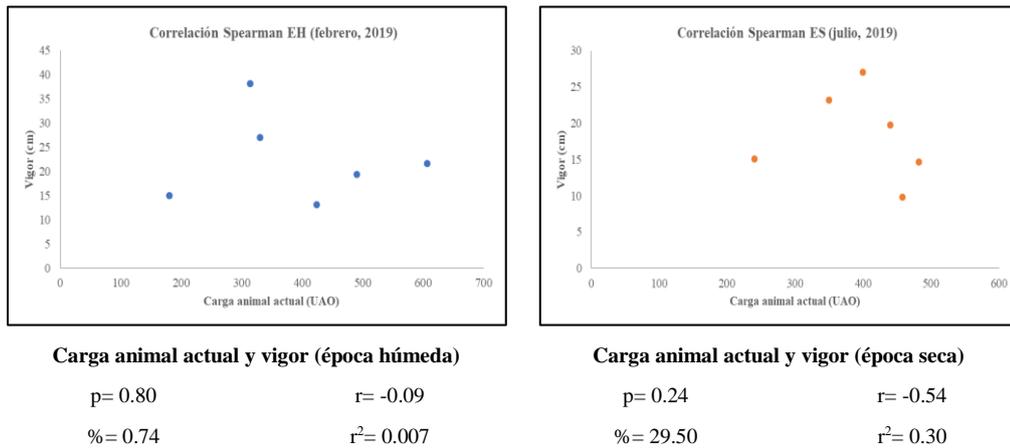


Figura 4-88: Correlación entre carga animal actual y vigor

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y el vigor de las especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.09, lo que refleja que únicamente el 0.74% de la carga animal actual es explicada por el vigor de las especies, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y el vigor de las especies. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.54, lo que refleja que el 29.5% de la carga animal actual es explicada por el vigor de las especies, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Tendencia del pastizal (%)

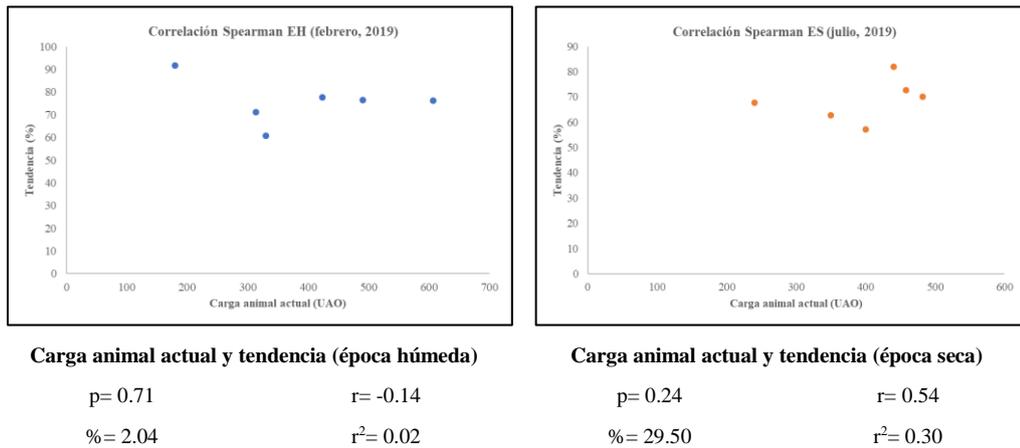


Figura 4-89: Correlación entre carga animal actual y tendencia

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la tendencia. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.14, lo que refleja que el 2.04% de la carga animal actual es explicada por la tendencia, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y la tendencia. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.54, lo que refleja que el 29.5% de la carga animal actual es explicada por la tendencia, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la carga animal con cada uno de los indicadores de la integridad biótica en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-61: Efecto de la Carga animal en la Integridad biótica (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Carga animal	Integridad biótica	Riqueza de especies (S)	negativa	59.51
		Índice de diversidad de especies (bits/índv)	negativa	51.02
		Especies con estatus de conservación (n°)	negativa	54.86
		Especies invasoras (%)	negativa	1.03
		Vigor (cm)	negativa	0.74
		Tendencia (%)	negativa	2.04

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), la correlación entre la carga animal y todos los indicadores de la integridad biótica es negativa en la época húmeda; sin embargo, todos los resultados fueron no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha.

Es así, que se muestra que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo de 59.51% con la riqueza de las especies, seguido de un efecto cualitativamente negativo con la presencia de especies con estatus de conservación (54.86%) y con el índice de diversidad de las especies (51.02%), los demás indicadores de la integridad biótica tienen una correlación cualitativamente negativa, pero con mínima influencia (menores a 2.5%).

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la carga animal con cada uno de los indicadores de la integridad biótica en época húmeda (julio, 2019).

Tabla 4-62: Efecto de la Carga animal en la Integridad biótica (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Carga animal	Integridad biótica	Riqueza de especies (S)	negativa	5.54
		Índice de diversidad de especies (bits/índv)	negativa	59.51
		Especies con estatus de conservación (n°)	negativa	54.86
		Especies invasoras (%)	positiva	42.86
		Vigor (cm)	negativa	29.50
		Tendencia (%)	positiva	29.50

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la integridad biótica correlacionados con la carga animal en la época seca presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la carga animal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conocochoa.

Sin embargo, se observa que la carga animal en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo de 59.51% con el índice de diversidad de las especies, seguido de un efecto cualitativamente negativo con la presencia de especies con estatus de conservación (54.86%), con el vigor de las especies (29.5%) y con la riqueza de las especies (5.54%), mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente positivo, de 42.86% con las especies invasoras y de 29.5% con la tendencia del pastizal.

Esto está relacionado, con los resultados obtenidos en época seca, donde las tendencias del pastizal son positivas, pero en menor porcentaje que durante la época húmeda, lo que puede estar asociado a la estacionalidad. Además, la carga animal fue mayor en época seca en comparación con la época húmeda, ya que son las únicas áreas que presentan humedad en la época seca del ciclo hídrico y son el resguardo para el pastoreo de animales en épocas de escasez.

En cuanto al porcentaje de especies invasoras, es importante indicar, que en el área de estudio la presencia de especies invasoras es baja, en época húmeda se identificaron 2 especies en 2 sitios de pastizal (UM2 y UM5), mientras que en la época seca, únicamente se registró una especie en UM2, en los demás sitios el valor fue nulo, razón por la cual se observan relaciones diferentes según la época de evaluación.

#### 4.2.10 Efecto de la carga animal en la función hidrológica

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La carga animal actual en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la función hidrológica.

La variable independiente carga animal actual (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente función hidrológica (Y) como son: disponibilidad de agua y calidad de agua, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Disponibilidad de agua (L/s)

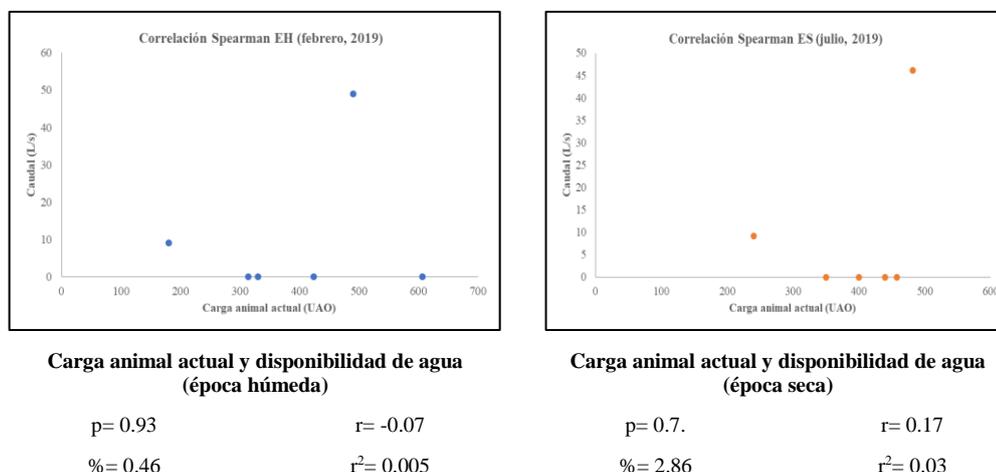


Figura 4-90: Correlación entre carga animal actual y disponibilidad de agua

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la disponibilidad de agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.07, lo que refleja que únicamente el 0.46% de la carga animal actual es explicada por la disponibilidad de agua, el porcentaje restante se debe a otros factores.

El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

De igual manera, en época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y la disponibilidad de agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.17, lo que refleja que únicamente el 2.86% de la carga animal actual es explicada por la disponibilidad de agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Calidad del agua (pH)

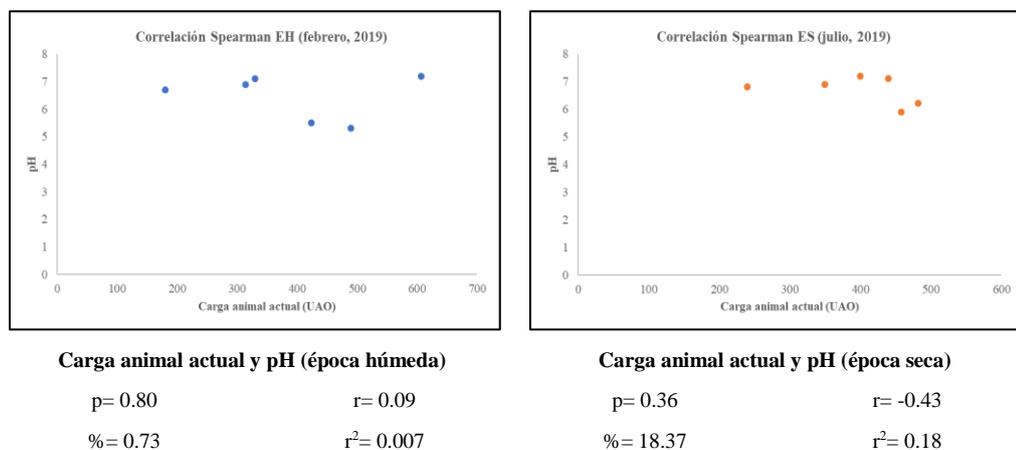


Figura 4-91: Correlación entre carga animal actual y pH

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la carga animal actual y el pH del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.09, lo que refleja que únicamente el 0.73% de la carga animal actual es explicada por el pH del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y el pH del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.43, lo que refleja que únicamente el 18.37% de la carga animal actual es explicada por el pH del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Calidad del agua (C.E.)

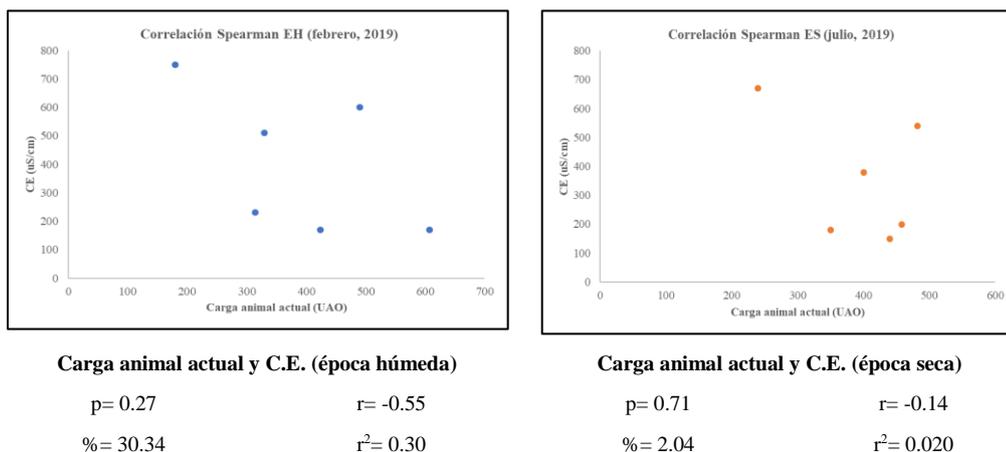


Figura 4-92: Correlación entre carga animal actual y C.E.

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la C.E. del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.55, lo que refleja que el 30.34% de la carga animal actual es explicada por la C.E. del agua, el 69.66% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la C.E. del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.14, lo que refleja que el 2.04% de la carga animal actual es explicada por la C.E. del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Calidad del agua (STD)

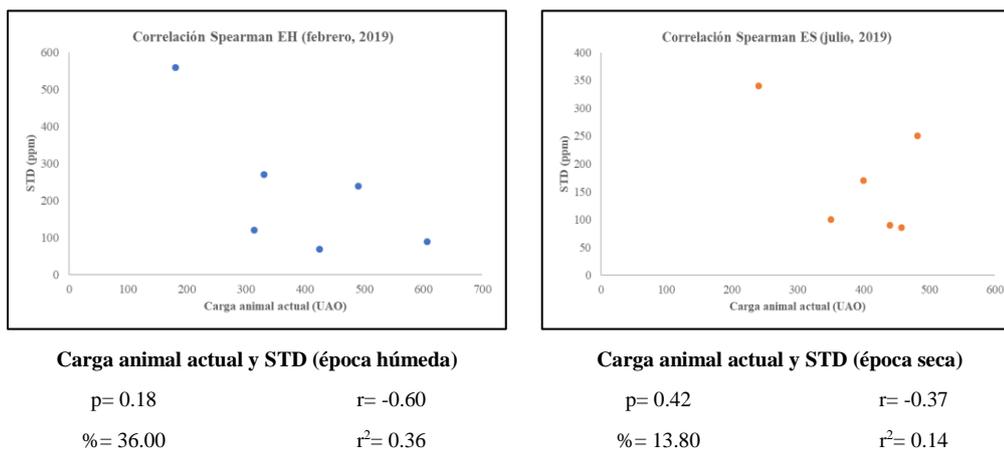


Figura 4-93: Correlación entre carga animal actual y STD

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y los STD del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.60, lo que refleja que el 36% de la carga animal actual es explicada por los STD del agua, el 64% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación negativa entre la carga animal actual y los STD del agua. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.37, lo que refleja que el 13.8% de la carga animal actual es explicada por los STD del agua, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la carga animal con cada uno de los indicadores de la función hidrológica en época húmeda (febrero, 2019).

Tabla 4-63: Efecto de la Carga animal en la Función hidrológica (época húmeda)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Carga animal	Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)	negativa	0.46
		Calidad de agua (pH)	positiva	0.73
		Calidad de agua (C.E.)	negativa	30.34
		Calidad de agua (STD)	negativa	36.00

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la función hidrológica correlacionados con la carga animal en la época húmeda presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha.

Sin embargo, se observa que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo de 36% con los STD, de 30.34% con la C.E. y de 0.46% con la disponibilidad de agua, mientras que con el pH del agua, la relación positiva tiene una mínima influencia (0.73%), resultado que podría estar influenciado debido a otros factores como las características de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica en descomposición, la composición vegetal en el bofedal, entre otros.

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la carga animal con cada uno de los indicadores de la función hidrológica en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-64: Efecto de la Carga animal en la Función hidrológica (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Carga animal	Función hidrológica	Disponibilidad de agua (L/s)	positiva	2.86
		Calidad de agua (pH)	negativa	18.37
		Calidad de agua (C.E.)	negativa	2.04
		Calidad de agua (STD)	negativa	13.80

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), ninguno de los indicadores de la función hidrológica correlacionados con la carga animal en la época seca presentó resultados significativos ( $p < \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la carga animal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha.

Sin embargo, se observa que la carga animal en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo de 18.34% con el pH del agua, seguido de 13.80% con los STD y de 2.04% con la C.E., mientras que se muestra un efecto cualitativamente positivo con la disponibilidad del agua con 2.86%, posiblemente debido a que únicamente en dos estaciones de muestreo (UM2 y UM3) se encontraron aguas discurriendo por la superficie del suelo, lo que permitió la estimación del caudal de agua, mientras que en los demás sitios el resultado fue nulo; por lo que, no sería muy representativo.

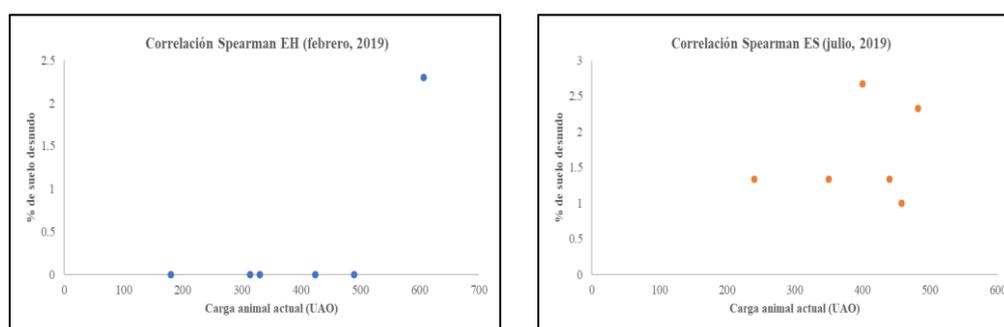
#### 4.2.11 Efecto de la carga animal en la estabilidad del sistema

Se estableció la siguiente hipótesis de investigación:

- La carga animal actual en función a la temporada de muestreo tiene un efecto negativo en la estabilidad del sistema.

La variable independiente carga animal actual (X) fue correlacionada con todos los indicadores de la variable dependiente estabilidad del sistema (Y) como son: signos de erosión, cobertura vegetal, materia orgánica y carbono total, para cada época de evaluación, como se muestra a continuación.

#### Signos de erosión (%)



**Carga animal actual y signos de erosión (época húmeda)**

p= 0.33                      r= 0.65  
 %= 42.86                    r<sup>2</sup>= 0.43

**Carga animal actual y signos de erosión (época seca)**

p= 1                              r= 0.03  
 %= 0.09                      r<sup>2</sup>= 0.0009

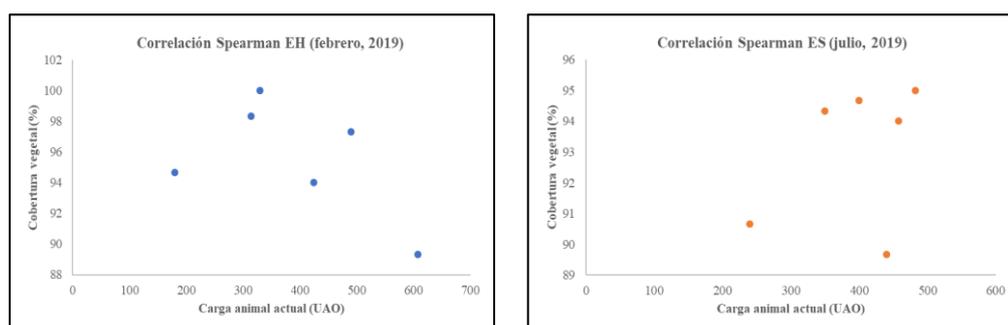
Figura 4-94: Correlación entre carga animal actual y signos de erosión

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la carga animal actual y los signos de erosión. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.65, lo que refleja que el 42.86% de la carga animal actual es explicada por la erosión del suelo, el 57.14% restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y los signos de erosión. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.03, lo que refleja que únicamente el 0.09% de la carga animal actual es explicada por la erosión del suelo, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Cobertura vegetal (%)



**Carga animal actual y cobertura vegetal (época húmeda)**

$p=0.30$                        $r=-0.49$   
 $\%=23.59$                        $r^2=0.24$

**Carga animal actual y cobertura vegetal (época seca)**

$p=0.42$                        $r=0.37$   
 $\%=13.80$                        $r^2=0.14$

Figura 4-95: Correlación entre carga animal actual y cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación negativa entre la carga animal actual y la cobertura vegetal. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es -0.49, lo que refleja que el 23.59% de la carga animal actual es explicada por la cobertura vegetal, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y la cobertura vegetal. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.37, lo que refleja que el 13.80% de la carga animal actual es explicada por la cobertura vegetal, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

### Materia orgánica (%)

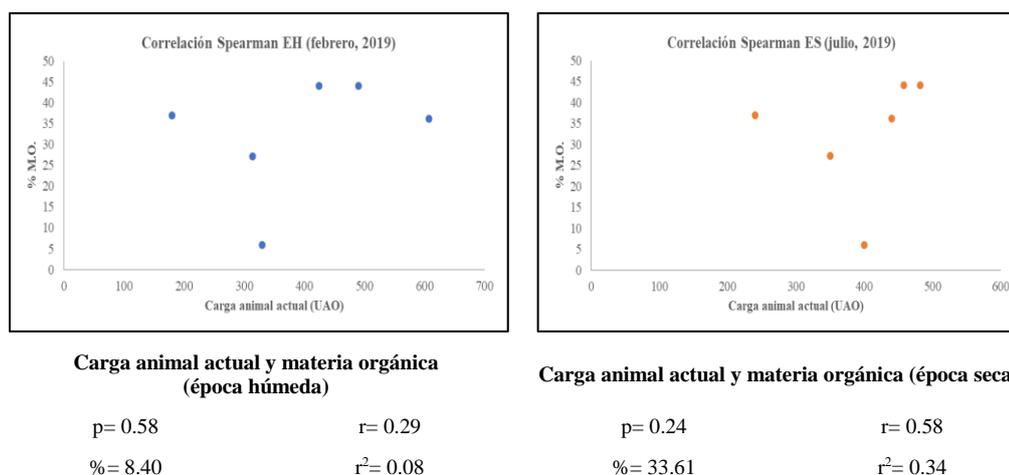


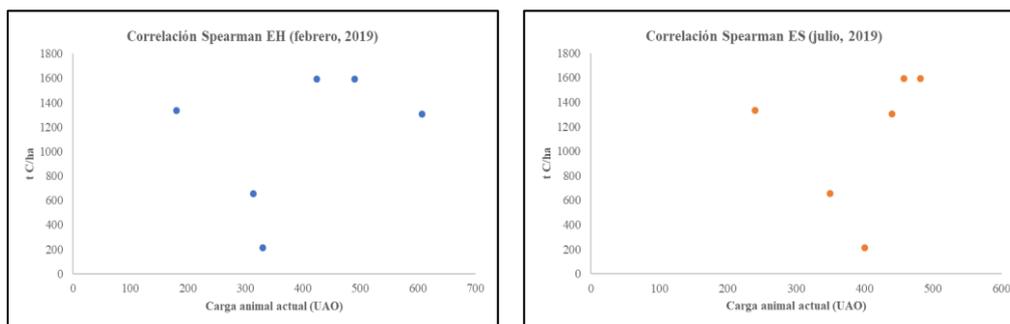
Figura 4-96: Correlación entre carga animal actual y materia orgánica

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la carga animal actual y la materia orgánica. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.29, lo que refleja que el 8.40% de la carga animal actual es explicada por la materia orgánica, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y la materia orgánica. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.58, lo que refleja que el 33.61% de la carga animal actual es explicada por la materia orgánica, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

## Carbono (t C/ha)



**Carga animal actual y carbono total (época húmeda)**

p= 0.58                      r= 0.29  
 %= 8.40                      r<sup>2</sup>= 0.08

**Carga animal actual y carbono total (época seca)**

p= 0.24                      r= 0.58  
 %= 33.61                      r<sup>2</sup>= 0.34

**Figura 4-97: Correlación entre carga animal actual y carbono total**

Fuente: Elaboración propia

En época húmeda se observa una relación positiva entre la carga animal actual y el carbono total. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.29, lo que refleja que el 8.40% de la carga animal actual es explicada por el carbono total, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En época seca se observa una relación positiva entre la carga animal actual y el carbono total. El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) es 0.58, lo que refleja que el 33.61% de la carga animal actual es explicada por el carbono total, el porcentaje restante se debe a otros factores. El resultado de la prueba estadística es no significativo ( $p > \alpha$ ). Por lo tanto, se acepta  $H_0$  ( $r=0$ ), la hipótesis de investigación es falsa.

En la siguiente tabla se muestra el efecto de la carga animal con cada uno de los indicadores de la estabilidad del sistema en época húmeda (febrero, 2019).

**Tabla 4-65: Efecto de la Carga animal en la Estabilidad del sistema (época húmeda)**

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Carga animal	Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)	positiva	42.86
		Cobertura vegetal (%)	negativa	23.59
		Materia orgánica (%)	positiva	8.40
		Carbono total (t C/ha)	positiva	8.40

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), únicamente la correlación entre la carga y la cobertura vegetal en época húmeda fue negativa, mientras que con todos los demás indicadores se obtuvo una correlación positiva. Además, todos los indicadores de la estabilidad del sistema presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha.

Es así, que se muestra que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo de 23.59% con la cobertura vegetal, mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente positivo, 42.86% con los signos de erosión y 8.4% con la materia orgánica y el carbono total, respectivamente.

Estos resultados pueden deberse a que, en la época húmeda únicamente en el sitio UM4 se registraron zonas con presencia de suelo desnudo y/o roca con un 2.33%, mientras que en los demás sitios la presencia de suelo desnudo fue nula. Por otro lado, según León (2016) diversas investigaciones realizadas por diferentes autores sostienen que el pastoreo puede incrementar, reducir o no tener influencia sobre el contenido de la materia orgánica. Para el presente caso de estudio, en el bofedal Conococha, se presenta una relación positiva con el contenido de materia orgánica y el carbono total,

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestra el efecto de la carga animal con cada uno de los indicadores de la estabilidad del sistema en época seca (julio, 2019).

Tabla 4-66: Efecto de la Carga animal en la Estabilidad del sistema (época seca)

VI (X)	VD (Y)	Indicador	Relación	%
Carga animal	Estabilidad del sistema	Signos de erosión (%)	positiva	0.09
		Cobertura vegetal (%)	positiva	13.80
		Materia orgánica (%)	positiva	33.61
		Carbono total (t C/ha)	positiva	33.61

Fuente: Elaboración propia

Mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho), todos los indicadores de la estabilidad del sistema en época seca presentaron una correlación positiva con la carga animal. Además, todos los indicadores de la estabilidad del sistema presentaron resultados no significativos ( $p > \alpha$ ); por lo que, la hipótesis de investigación es falsa y no se puede afirmar que la carga animal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conocochoa.

Es así, que se muestra que la carga animal en época seca tiene un efecto cualitativamente positivo de 33.61% con la materia orgánica y el carbono total, de 13.80 con la cobertura vegetal y con los signos de erosión, tiene una mínima influencia (0.09%).

A diferencia de la época húmeda, en la época seca todos los sitios de pastizal registraron suelos desnudos. Estos valores indican leves signos de fragmentación y la presencia de un ligero grado de erosión en los suelos del área de estudio, siendo más evidente en época seca que en época húmeda, que puede estar asociado a la estacionalidad. Es importante indicar, que la carga animal fue mayor en época seca en comparación con la época húmeda, lo que representaría que un mayor pisoteo del ganado y en consecuencia una reducción en la cobertura vegetal incrementa la proporción de suelo desnudo y la compactación (Villalobos, 2013). Sin embargo, esto también dependerá de la composición de las especies, pues la vegetación de los bofedales que es postrada y en forma de almohadillas, amortigua la compactación del suelo causada por el pastoreo (Zorogastúa-Cruz, et al., 2012). De igual manera, en época seca, también se presenta una relación positiva con el contenido de materia orgánica y el carbono total.

Por lo tanto, las relaciones cualitativamente positivas en la época seca, también podrían explicarse debido a la diferente composición de especies y las especies que hacen uso del pastizal, lo que coincide con lo indicado por Florez (2005), donde cada sitio pastoreado se comportará de manera diferente, dependiendo del sitio en el que ocurre, el animal que pastorea y la estación de muestreo, donde lo que representa un buen alimento para un tipo de animal puede ser pobre para otro.

## 4.2.12 Correlaciones de los resultados de las encuestas

### 4.2.12.1 Efecto del sobrepastoreo en el estado de conservación

De los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas, en función a la opinión de los pobladores, se realizó la contrastación de la hipótesis general del estudio, mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho) con ayuda del software: IBMS STATISTICS SPSS 25, donde:

- Ho: El sobrepastoreo no tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha ( $r=0$ ).
- Hi: El sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha ( $r\neq 0$ ).

Tabla 4-67: Correlación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 1 vs pregunta 12)

Rho de Spearman		1. ¿Consiera Ud. que existe sobrepastoreo en el área de estudio?	12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?
1. ¿Consiera Ud. que existe sobrepastoreo en el área de estudio?	Coeficiente de correlación	1.000	<b>0.714**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.000</b>
	N	40	40
12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?	Coeficiente de correlación	<b>0.714**</b>	1.000
	Sig. (bilateral)	<b>0.000</b>	
	N	40	40

Nota: \*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), donde  $p = 0.000$  es menor que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la Ho y se acepta Hi; es decir, que el sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha. Se concluye que existe una correlación  $\rho = 0.714$  directa significativa a un nivel 0.01 bilateral, entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal de Conococha. Los pobladores manifiestan que están de acuerdo de que la existencia de sobrepastoreo en el área de estudio trae como consecuencia que actualmente el estado de conservación del bofedal se encuentre en un nivel medio o regular.

Tabla 4-68: Correlación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 1 vs pregunta 13)

Rho de Spearman		1. ¿Consiera Ud. que existe sobrepastoreo en el área de estudio?	13. ¿Cree Ud. que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo?
1. ¿Consiera Ud. que existe sobrepastoreo en el área de estudio?	Coeficiente de correlación	1.000	<b>0.845**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.000</b>
	N	40	40
13. ¿Cree Ud. que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo?	Coeficiente de correlación	<b>0.845**</b>	1.000
	Sig. (bilateral)	<b>0.000</b>	
	N	40	40

Nota: \*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), donde  $p = 0.000$  es menor que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; es decir, que el sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha. Se concluye que existe una correlación  $\rho = 0.845$  directa significativa a un nivel 0.01 bilateral, entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal. Los pobladores manifiestan que están de acuerdo a totalmente de acuerdo de que el sobrepastoreo afecta el estado de conservación del bofedal Conococha.

Tabla 4-69: Correlación entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 3 vs pregunta 13)

Rho de Spearman		3. ¿Cree Ud. que el sobrepastoreo genera el deterioro ambiental del área de estudio?	13. ¿Cree Ud. que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo?
3. ¿Cree Ud. que el sobrepastoreo genera el deterioro ambiental del área de estudio?	Coeficiente de correlación	1.000	<b>0.609**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.000</b>
	N	40	40
13. ¿Cree Ud. que el estado de conservación del bofedal en el área de estudio se ve afectado por el sobrepastoreo?	Coeficiente de correlación	<b>0.609**</b>	1.000
	Sig. (bilateral)	<b>0.000</b>	
	N	40	40

Nota: \*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), donde  $p = 0.000$  es menor que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; es decir, que el sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha. Se concluye que existe una correlación  $\rho = 0.609$  directa significativa a un nivel 0.01 bilateral, entre el sobrepastoreo y el estado de conservación del bofedal. Los pobladores manifiestan que están de acuerdo que el sobrepastoreo genera deterioro ambiental y que el estado de conservación del bofedal Conococha se ve afectado por esta actividad.

#### 4.2.12.2 Efecto de la condición del pastizal en el estado de conservación

De los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas, en función a la opinión de los pobladores, se realizó la contrastación de la primera hipótesis específica del estudio, mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho) con ayuda del software: IBMS STATISTICS SPSS 25, donde:

- $H_0$ : La condición del pastizal no tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococha ( $r=0$ ).
- $H_1$ : La condición del pastizal tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococha ( $r \neq 0$ ).

Tabla 4-70: Correlación entre la condición del pastizal y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 5 vs pregunta 12)

Rho de Spearman		5. ¿Cómo considera el estado actual de la condición del pastizal en el área de estudio?	12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?
5. ¿Cómo considera el estado actual de la condición del pastizal en el área de estudio?	Coefficiente de correlación	1.000	<b>0.333**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.036</b>
	N	40	40
12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?	Coefficiente de correlación	<b>0.333**</b>	1.000
	Sig. (bilateral)	<b>0.036</b>	
	N	40	40

Nota: \*\* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), donde  $p = 0.036$  es menor que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; es decir, que la condición del pastizal tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococho. Se concluye que existe una correlación  $\rho = 0.036$  directa significativa a un nivel 0.05 bilateral, entre la condición del pastizal y el estado de conservación del bofedal. Los pobladores manifiestan que tanto la condición del pastizal como el estado de conservación se encuentran en un nivel medio a bajo.

#### 4.2.12.3 Efecto de la producción de forraje en el estado de conservación

De los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas, en función a la opinión de los pobladores, se realizó la contrastación de la segunda hipótesis específica del estudio, mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho) con ayuda del software: IBMS STATISTICS SPSS 25, donde:

- $H_0$ : La producción de forraje no tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococho ( $r = 0$ ).
- $H_1$ : La producción de forraje tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococho ( $r \neq 0$ ).

Tabla 4-71: Correlación entre la producción de forraje y el estado de conservación del bofedal Conococho (pregunta 7 vs pregunta 12)

Rho de Spearman		7. ¿Cómo considera el estado actual de la producción de forraje en el área de estudio?	12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?
7. ¿Cómo considera el estado actual de la producción de forraje en el área de estudio?	Coefficiente de correlación	1.000	<b>0.333**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.036</b>
	N	40	40
12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?	Coefficiente de correlación	<b>0.333**</b>	1.000
	Sig. (bilateral)	<b>0.036</b>	
	N	40	40

Nota: \*\* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), donde  $p = 0.036$  es menor que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; es decir, que la producción de forraje tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococha. Se concluye que existe una correlación  $\rho = 0.036$  directa significativa a un nivel 0.05 bilateral, entre la producción de forraje y el estado de conservación del bofedal. Los pobladores manifiestan que tanto la producción del forraje como el estado de conservación se encuentran en un nivel medio a bajo.

#### 4.2.12.4 Efecto de la carga animal en el estado de conservación

De los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas, en función a la opinión de los pobladores, se realizó la contrastación de la tercera hipótesis específica del estudio, mediante el coeficiente de correlación de Spearman (Rho) con ayuda del software: IBMS STATISTICS SPSS 25, donde:

- $H_0$ : La carga animal no tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococha ( $r=0$ ).
- $H_1$ : La carga animal tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococha ( $r \neq 0$ ).

Tabla 4-72: Correlación entre la carga animal y el estado de conservación del bofedal Conococha (pregunta 9 vs pregunta 12)

Rho de Spearman		9. ¿Cómo considera el estado actual de la carga animal en el área de estudio?	12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?
9. ¿Cómo considera el estado actual de la carga animal en el área de estudio?	Coefficiente de correlación	1.000	<b>0.576**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.000</b>
	N	40	40
12. ¿Cómo considera el estado actual de la conservación del bofedal en el área de estudio?	Coefficiente de correlación	<b>0.576**</b>	1.000
	Sig. (bilateral)	<b>0.000</b>	
	N	40	40

Nota: \*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la prueba estadística es significativo ( $p < \alpha$ ), donde  $p = 0.000$  es menor que  $\alpha = 0.05$ ; por lo que, se rechaza la  $H_0$  y se acepta  $H_1$ ; es decir, que la carga animal tiene efecto en el estado de conservación del bofedal Conococha. Se concluye que existe una correlación  $\rho = 0.576$  directa significativa a un nivel 0.01 bilateral, entre la carga animal y el estado de conservación del bofedal. Los pobladores manifiestan que la carga animal se encuentra en un nivel medio a alto, mientras que el estado de conservación se encuentra en un nivel medio a bajo.

## 5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

1. Contrario a lo esperado, no se puede afirmar de manera cuantitativa que el sobrepastoreo en el bofedal Conococha esté afectando significativamente su estado de conservación. Sin embargo, se observan efectos cualitativamente negativos con algunos de los indicadores estudiados. Según los resultados obtenidos, se puede indicar que el bofedal Conococha, se encuentra en estado saludable pero con problemas de manejo.
2. Se observan fluctuaciones entre los resultados de las dos temporadas de evaluación, no pudiéndose determinar un patrón, lo que puede deberse a otros factores como la estacionalidad, la composición de las especies, la variabilidad de la carga animal antes o después del muestreo, el tipo de animal que pastorea, entre otros.
3. No se puede afirmar que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo con la presencia de especies con estatus de conservación (64.38%), con la riqueza (36%), con el vigor (36%), con el índice de diversidad (23.60%) y con las especies invasoras (19.31%).
4. Tampoco se encontró que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo con la presencia de especies con estatus de conservación (64.38%), con la riqueza (54.11%), con el índice de diversidad (43.18%), con el vigor (36%), y con las especies invasoras (1.71%).
5. No se puede afirmar que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo con los sólidos totales disueltos (29.47%), con la conductividad eléctrica (21.51%) y con la disponibilidad de agua (0.11%).

6. Tampoco se encontró que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo con los sólidos totales disueltos (18.37%), con el pH (13.8%), con la conductividad eléctrica (9.88%) y con la disponibilidad de agua (0.11%).
7. No se puede afirmar que la condición del pastizal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo con la cobertura vegetal (100%).
8. Tampoco se encontró que la condición del pastizal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época seca tiene un efecto cualitativamente negativo con la cobertura vegetal (59.51%) y con los signos de erosión (48.76%).
9. No se puede afirmar que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época húmeda tiene un efecto cualitativamente negativo con la tendencia del pastizal (29.50%).
10. Tampoco se encontró que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo con la tendencia del pastizal (100%) y cualitativamente negativo con las especies invasoras (1.71%).
11. No se puede afirmar que la producción de forraje en época húmeda y época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha. Sin embargo, en ambas épocas tiene un efecto cualitativamente negativo con la disponibilidad de agua (0.11%).
12. No se puede afirmar que la producción de forraje en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con la materia orgánica y el carbono total (52.52%), y con los signos de erosión (15.43%).

13. Tampoco se encontró que la producción de forraje en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con la materia orgánica y el carbono total (40.67%).
14. No se puede afirmar que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con la riqueza de las especies (59.51%), con la presencia de especies con estatus de conservación (54.86%), con el índice de diversidad (51.02%), con la tendencia del pastizal (2.04%), con las especies invasoras (1.03%) y con el vigor de las especies (0.74%).
15. Tampoco se encontró que la carga animal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la integridad biótica del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con el índice de diversidad (59.51%), con la presencia de especies con estatus de conservación (54.86%), con el vigor (29.50%) y con la riqueza de las especies (5.54%).
16. No se puede afirmar que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con los STD (36%), con la C.E. (30.34%) y con la disponibilidad de agua (0.46%).
17. Tampoco se encontró que la carga animal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la función hidrológica del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con el pH (18.34%), con los STD (13.80%) y con la C.E. (2.04%).
18. No se puede afirmar que la carga animal en época húmeda tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha. Sin embargo, tiene un efecto cualitativamente negativo con la cobertura vegetal (23.59%), mientras que con los demás indicadores se tiene un efecto cualitativamente positivo.

19. Tampoco se encontró que la carga animal en época seca tiene un efecto cuantitativamente negativo en la estabilidad del bofedal de Conococha, pues se obtuvo un efecto cualitativamente positivo con todos los indicadores evaluados.
20. De los resultados obtenidos en función a la opinión de los pobladores encuestados, se concluye que el sobrepastoreo tiene efecto negativo en el estado de conservación del bofedal Conococha, donde los pobladores manifiestan que la existencia de sobrepastoreo en el área de estudio trae como consecuencia que actualmente el estado de conservación del bofedal se encuentre en un nivel medio o regular. Además, se demuestra que la condición del pastizal, la producción del forraje y la carga animal tienen efecto en el estado de conservación del pastizal.

## **5.2 Recomendaciones**

- Para incrementar la relevancia de las relaciones obtenidas, es necesario aumentar el tamaño de muestra en el área de estudio para determinar relaciones cuantitativas negativas significativas entre las variables de sobrepastoreo y las variables de estado de conservación del bofedal Conococha.
- Se hace necesario establecer criterios ecológicos uniformes y permanentes para definir los principales atributos e indicadores para la evaluación del estado de conservación de los bofedales altoandinos.
- Realizar un censo ganadero para registrar la cantidad de cabezas de ganado que pastan en el bofedal Conococha al año.
- Realizar estudios de competencia y eficiencia en la utilización del bofedal entre las distintas especies de ganado que lo usan: alpaca, ovino y vacuno, ya que podrían tener un impacto diferente sobre el bofedal. Además, evaluar la respuesta ecológica en caso de retiro o control del excedente animal.

- Realizar trabajos de investigación sobre el balance hídrico en el bofedal Conococha, mediante mediciones en época seca y época húmeda para una mejor estimación de sus componentes y una comprensión completa del sistema. La cuantificación del balance se puede realizar con la aplicación de un modelo numérico, para modelar el ciclo hídrico incluyendo las dinámicas de la vegetación.
- Realizar estudios más detallados sobre la productividad del forraje en diferentes periodos del año, midiendo el área específica foliar (SLA, *specific leaf area* en inglés) y el contenido de masa seca en hojas de los diferentes cojines dominantes (LDMC, *leaf dry matter content* en inglés), siendo parámetros que también pueden ser utilizados como indicadores de la tolerancia al estrés ambiental.
- Realizar estudios de medición de la compactación del suelo en el bofedal Conococha con apoyo de un compactómetro, con la finalidad de analizar la dureza del sustrato y la capacidad de los cojines para facilitar el ingreso y presencia de otras plantas.
- Estudiar a mayor profundidad el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en la biomasa radicular de las especies claves del bofedal Conococha.
- Hacer énfasis especial a futuros trabajos de investigación para profundizar el conocimiento de la dinámica poblacional de la vegetación en el bofedal Conococha, así como la relación planta-suelo-agua-animal.
- Realizar estudios sobre el efecto de la sequía y del cambio climático en el bofedal Conococha, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG), para obtener una mayor exactitud de las superficies afectadas.

- Se recomienda al gobierno central, gobierno regional, municipales provinciales y distritales, orientar sus intervenciones a través de políticas de estado, con el propósito de promover medidas y programas sustentables que permitan que la actividad ganadera de nuestro país pueda incorporarse con los objetivos del desarrollo sostenible, en búsqueda de encontrar un equilibrio que favorezca el progreso económico, la viabilidad ambiental y el beneficio social, con la finalidad de mejorar la calidad de vida para las comunidades altoandinas y la conservación los bofedales.
- Realizar un diagnóstico participativo a través de talleres y/o grupos focales con los actores claves locales y regionales para determinar políticas de manejo integrales y sostenibles, así como estrategias de planificación eficientes para la conservación en el bofedal Conocochoa.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, P., Raff, D. & Lauenroth, W. (2001). The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecología*, 128, 465-479.
- Aguirre, L., Flores, E. R. & Naupari, J. (2013). Definiendo atributos e indicadores para estimar el estado de conservación de ecosistemas terrestres representativos de la Sierra del Perú. Informe Técnico. Convenio GIZ – MINAM.
- Aguirre-Muñoz, A., Mendoza-Alfaro, R., Arredondo, H., Arriaga, L. & Campos, E. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. *Capital Natural de México*, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México. pp. 277-318.
- Alegría, F. (2013). Inventario y uso sostenible de pastizales en la zona colindante a los depósitos de relavera de Ocroyoc-Comunidad San Antonio de Rancas-Pasco. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Alianza Para La Resiliencia. (2007). *Assessing and Managing Resilience in Social-Ecological Systems: A Practitioners Workbook*, 1, 1-87.
- Alvarado, H. (2018). Capacidad de carga y estrategias de compensación en la Quebrada Ulta – Parque Nacional Huascarán. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- ANA (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*, Lima, Perú. 59 p.
- Andrade, J. (2016). Determinación del Estado de Conservación de los Bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Quito, Ecuador.
- Aponte, H. & Ramírez, D. (2011). Humedales de la costa central del Perú: estructura y amenazas de sus comunidades vegetales. *Ecología aplicada*, 10(1), 31-39.
- Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos. (2001). Estudio de la Capacidad de Carga en Bofedales para la Cría de Alpacas en el Sistema T.D.P.S., Bolivia. 117 p.

- Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos. (2001). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano, Bolivia. 190 p.
- Barrantes, A. & Flores, E. (2013). Estimando la Disposición a Pagar por la Conservación de los Pastizales Alto Andinos. *Ecología Aplicada*, 12(2), 91-97.
- Bascompte, J. & Jordano, P. (2007). Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 38, 567–593.
- Berryman, A. A. (2003). On principles, laws and theory in population ecology. *Oikos*, 103, 695-701.
- Brako L. & J. L. Zarucchi. (1993). Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Monografías de Botánica Sistemática del Jardín Botánico de Missouri. Vol. 45.1 Edit. Missouri Botanical Garden. Missouri, USA. 1286 pp.
- Buttolph, L. (1998). Rangeland dynamics and pastoral development in the High Andes: The Camelid Herders of Cosapa, Bolivia (Ph.D. dissertation) U.S., Logan, Utah State University.
- Callaway, R. M. (2007). Positive interactions and interdependence in plant communities. Springer, Dordrecht. 415 p.
- Cárdenas, M. & Encina, G. (2002), Gestión Sustentable de Bofedales del Salar del Huasco. Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago, Chile. 22 p.
- Caro Vera, C. (2010). Extracción de Pastos por Actividad de "Champeo" En La Reserva Nacional de Junín durante el año 2004 – 2005. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Carpenter, S. R. (1988). Transmission of variance through lake food webs. *Complex Interactions in Lake Communities*, 119-140.
- Catorci, A., Cesaretti, S., Velásquez, J. L., Burrascano, S. & Zeballos, H. (2013). Management type affects composition and facilitative processes in altoandine dry grassland. *Acta Oecologica*, 52, 19-28.
- Cesa, A. & Paruelo, J. (2011). Changes in vegetation structure induced by domestic grazing in Patagonia (Southern Argentina). *Journal of Arid Environments*, 75, 1129-1135.

- Coaguila, L., Machaca, J., Lizárraga, J.C., Ocsa, E., Quispe, F. & Zeballos, H. (2010). Bofedales en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca. *Diversidad biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca*, 115-129.
- Comín, F. A., Rodó, X., Romero, J. A. & Menéndez, M. (1998). Aplicaciones de las teorías ecológicas a la gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos. Congreso Ibérico sobre planificación y gestión de aguas. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. Zaragoza, España. 6 p.
- Convención de Ramsar & Grupo de Contacto EHAA. (2008). Estrategia Regional para la Conservación y Uso Sostenible de Humedales Altoandinos. Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC-Chile.
- Convención de Ramsar. (2010). Inventario de humedales: Marco de Ramsar para el inventario y la descripción de las características ecológicas de los humedales. *Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales 15(4)*. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- Crispin, M. (2015). Valoración Económica Ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca, Huancavelica. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- De Leo, G. & Levin, S. (1997). The Multifaceted Aspects of Ecosystem Integrity. *Conservation Ecology*, 1, 1- 22.
- Diccionario de la naturaleza: hombre, ecología, paisaje. (1987). Editorial Espasa-Calpe. Madrid, España. 1016 p.
- FAO. (2006). *Livestock's Long Shadow. Livestock's and Environmental Development*. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/.../a0701e00.pdf>
- Flores, E. R. (1992). Naturaleza y uso de los pastos naturales. Lima: Programa TTA, pp. 1-15.
- Flores, E. R. (1997). Tambos Alpaqueros I: Manejo y Conservación de Praderas Naturales. Lima: Boletín Laboratorio de Utilización de Pastizales N°11.
- Flores, E. R. (2000). Tambos Alpaqueros I: Naturaleza y Usos de los Pastizales. Boletín Técnico N° 15. Lab. Utilización de Pastizales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Flores, E. R. (2004). Gestión ambiental y uso racional de la tierra. Lima: Centro de Investigación y Capacitación Campesina, pp. 1-13.

- Flores, E. R. (2008). Plan de rotación de canchas. Lima: Laboratorio de Utilización de pastizales UNALM, 1-12.
- Flores, E. (2009). Balanceando requerimientos de forraje en ovinos bajo régimen extensivo. Boletín Técnico Laboratorio de Utilización de Pastizales, UNALM. Lima-Perú.
- Flores, E. R. (2011). Importancia de los ecosistemas de puna húmeda para la seguridad hídrica en el contexto del cambio climático global. En Casa Abierta 2011. Avances y resultados del Proyecto Punas y Agua y del Programa de las Cumbres a la Costa. The Mountain Institute. Lima-Perú.
- Flores, E. R., Barrantes, C. & Tacuna, R. (2014). Capacidad de carga y retribución económica de bofedales sobrepastoreados. Taller Bofedales. Escuela de Postgrado Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Florez, A. & Malpartida, E. (1980). Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Altoandina del Perú. Bofedal: Humedal altoandino de importancia para el desarrollo de la región Cusco (1), 1-10.
- Florez, A. & Malpartida, E. (1987). Manejo de praderas y pasturas en la región Altoandina del Perú. Lima: Editorial Abril S.A.
- Florez, A. & Bryant, F. (1989). Manual de pastos y forrajes. Lima: Editorial PCRM-TexasTech University.
- Florez, A. (1992). Las praderas nativas del Perú. Manual de forrajes para zonas áridas y semiáridas Andinas. Lima: Editorial Davis – INIAA.
- Florez, A. (2005). Manual de pastos y forrajes altoandinos. Lima: Editorial OIKOS.
- Galiana, L. & Vinuesa, J. (2010). Teoría y Práctica para una Ordenación Racional del Territorio. Madrid: Editorial Síntesis S. A.
- García, B. (2008). El Desarrollo Sustentable: el caos que emergió del nuevo orden “Cooperativo”. Instituciones y Desarrollo; Ensayos sobre la complejidad del campo mexicano. México.
- García, M., Meneses, R., Naoki, K. & Anthelme, F. (2014). Métodos para Evaluar el Efecto del Pastoreo sobre las Comunidades Vegetales de Bofedales. Ecología en Bolivia 49(3), 91-103.
- Gómez, D. (1994). Ordenación del Territorio. Madrid: Editorial Agrícola Española S.A. e Instituto Tecnológico Geo-Minero.
- Grime, J. P. (1998). Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86, 902-910.

- Guimarães, R. (2001). Fundamentos territoriales y biorregionales de la planificación. Serie Medio Ambiente y Desarrollo 39, Santiago de Chile, CEPAL-ECLAC, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, Julio.
- Gutiérrez, E. (2007). De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario. Trayectorias, 9(25), 45-60.
- Henderson, D., Ellert, B. & Naeth, M. (2004). Grazing and soil carbon along a gradient of Alberta rangeland. Journal of Range Management, 57, 402-410.
- Hoffman, R., Otte, K., Ponce, C. F. & Rios, M. A. (1983). El Manejo de la Vicuña Silvestre. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. Eschborn, Alemania.
- Hoffmann, D., Tarquino, R., Corro, F. & Lavadenz, L. (2014). Métodos para caracterizar la dinámica de los sistemas socio-ecológicos asociados a los bofedales altoandinos (Cordillera Real, Bolivia). Ecología en Bolivia, 49(3), 132-140.
- Ibrahim, M. (2011). Producción y productividad de la pastura. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 13 diapositivas.
- Jacobs, J. (1980). Diversidad, Estabilidad y Madurez en Ecosistemas Influidos por las Actividades Humanas. Conceptos unificadores en ecología. Barcelona: Editorial Blume.
- Lawler, J. J., Aukema, J. E., Grant, J. B., Halpern, B. S., Kareiva, P., Nelson, C. R., Ohleth, K., Olden, J.D., Schlaepfer, M.A., Silliman, B.R. & Zaradic, P. (2006). Conservation science: a 20-year report card. Frontiers in Ecology and Environment, 4(9), 473-480.
- Lawton, J. H. (1999). Are there general laws in ecology? Oikos, 84, 177-192.
- Lee, K. N. (1999). Appraising adaptive management. Conservation Ecology, 3(2), 1-20.
- Legendre, P., Borcard, D. & Peres-Neto, P. R. (2008). Analyzing or explaining beta diversity? Comment. Ecology, 89, 3238-3244.
- León, A. (2016). Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

- Lichtenstein, G., Oribe, F., Grieg -Gran, M. & Mazzucchelli, S. (2002). Manejo Comunitario de Vicuñas en Perú. Estudio de Caso del Manejo Comunitario De Vida Silvestre. International Institute for Environment and Development (IIED). 94 p.
- Loza-Herrera S., Meneses, R., & Anthelme, F. (2015). Comunidades vegetales de los bofedales de la Cordillera Real (Bolivia) bajo el calentamiento global. *Ecología en Bolivia*, 50(1), 39-56.
- Ludwig, D., Walker, B. & Holling, C. (1997). Sustainibility, Stability and Resilience. *Conservation Ecology*, 1(7), 1-24.
- Maass, M. (2007). Principios Generales sobre Manejo de Ecosistemas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Editorial Blackwell Publishing.
- Maldonado, M. (2010). Comportamiento de la Vegetación de Bofedales Influenciados por Actividades Antrópicas. Tesis de maestría. Universidad Pontificia Católica Del Perú Nacional, Lima, Perú.
- Margalef, R. (1989). Reflexiones sobre la Diversidad y Significado de su Expresión Cuantitativa. Universidad de Barcelona. España.
- Margalef, R. (1993). *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. Universidad de Barcelona. España.
- Martínez, J. G. (2002). La evolución y la conservación de la biodiversidad. *Evolución, la base de la Biología*, 407-416.
- Matteucci, S. & Colma, A. (1982). Metodologías para el Estudio de la Vegetación. Experimental National. Regional Program for Scientific and Technological Development. Washington D.C., U.S.A. 165 p.
- Medrano Yanqui, R., Chupan Minaya, L. & Vila Balbín, M. (2012). Almacenamiento de Carbono en Especies Predominantes de Flora en el Lago Chinchaycocha. *Apunt. cienc. soc.*, 2(2), 110-117.
- Meneses, R., Loza Herrera, S., Lliully, A., Palabral, A. & Anthelme, F. (2014). Métodos para cuantificar diversidad y productividad vegetal de los bofedales frente al cambio climático *Ecología en Bolivia*, 49(3), 42-55.

- Meza Aliaga, M. & Díaz Villalobos, Y. (2014). Efectos de la Variabilidad Climática sobre las Fluctuaciones del Nivel de las Aguas y Actividad Ganadera en Humedales Altoandinos. *Interciencia*, 39(9), 651-659.
- Milchunas, D.G., Sala, O.E. & Lauenroth, W.K. (1988). A generalized model of effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*, 132: 87-106.
- Milchunas, D.G. & Lauenroth, W.K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monograph*, 63, 327-366.
- MINAM. (2014). Marco Conceptual y Metodológico para Estimar el Estado de Salud de los Bofedales. Laboratorio de Utilización de Pastizales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- MINAM. (2015). Guía de Inventario de Flora Silvestre. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú.
- Mooney, H. A., Lubchenco, J., Dirzo, R. & Sala, O. E. (1995). Biodiversity and ecosystem functioning: Basic principles. Cambridge: Editorial Global biodiversity assessment.
- Morales, V. P. (2012). Estadística aplicada a las Ciencias Sociales, Tamaño necesario de la muestra. Recuperado de [www.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pfd](http://www.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pfd)
- Morris, W. F. (1990). Problems in detecting chaotic behavior in natural populations by fitting simple discrete models. *Ecology*, 71, 1849-1862.
- Odum, E. (1997). *Ecología: Vínculo entre las Ciencias Naturales y Sociales*. México: Compañía Editorial Contibebtal, S.A.
- OEA. (1999). Estrategia Interamericana para la Promoción de la Participación Pública en la Toma de Decisiones sobre Desarrollo Sostenible. Documento acordado en la Reunión del Grupo de Trabajo de la Comisión Interamericana para el Desarrollo Sostenible. Washington D.C., U.S.A.
- Olf, H. & Ritchie, M. E. (1998). Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Ecology & Evolution*, 13, 261-265.
- ONU. (2000). Un Programa de Trabajos Positivos para los Países en Desarrollo: Temas de las Futuras Negociaciones Comerciales. Publicación de las Naciones Unidas Nueva York y Ginebra.

- Ostria, C. (1987). *Phytoécologie et Paleoécologie de la vallée altoandine de Hichu Khota (Cordillère Orientale, Bolivie)*. Tesis de doctorado. Paris, Francia.
- Oyague, Passuni E. & Maldonado-Fonkén, M. S. (2015). Relationships between aquatic invertebrates, water quality and vegetation in an Andean peatland system. *Mires and Peat*, 15(14), 1-21.
- Paine, R. T. (1969). A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist*, 103, 91-93.
- Pestalozzi, H. U. (1998). *Flora ilustrada altoandina. La relación entre hombre, planta y medio ambiente en el Ayllu Majasaya Mujlli*. M & C Editores, Cochabamba. pp. 244.
- Pillaca, S. (2008). *Impacto del manejo de vicuñas en cautiverio sobre la condición, tendencia y producción del pastizal*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- PNUD. (2001). *Manual Ganadero para el Manejo de Bofedales*. La Paz, Bolivia. 40 p.
- Portal, E. (2019). *Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Porto, C. (2001) *Geo-grafías. Movimientos sociales, nuevas territorialidades y sustentabilidad*. México, D. F., Siglo Veintiuno Editores.
- Primack, R. (1995). *A primer of conservation biology*. Sinauer, Sunderland, U.S.A. 277 p.
- Pyke, D. A., Herrick, J. E., Shaver, P. & Pellant, M. (2002). Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *Journal of Range Management*, 55, 584-597.
- Ramos, A. (2011). *Caracterización del Manejo y Uso Sustentable de Bofedales en el Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba*. Tesis de pregrado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología: métodos y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá, Colombia: Editorial de la Pontificia Universidad Javeriana. 271 p.
- Ramírez, D. (2011). *Flora vascular y vegetación de los humedales de Conococha, Ancash, Perú*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Marcos. Lima, Perú.

- Ruthsatz, B. (2012). Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytoecologia*, 42, 133-179.
- Salvador, F. Monerris, J. & Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecorregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, International Mire Conservation Group and International Peat Society, 15(3), 1-17.
- Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A.V. & Woolmer, G. (2002). The human footprint and the last of the wild. *BioScience*, 52, 891-904.
- Schlaepfer, M. A., Silliman, B. R. & Zaradic, P. (2006). Conservation science: a 20-year report card. *Frontiers in Ecology and Environment*, 4, 473-480.
- Shear M. K. (2000). The Diversity-Stability debate. *Nature*, 405, 228-233.
- Siguayro, R. (2008). Evaluación agrostológica y capacidad receptiva estacional en bofedales de puna seca y húmeda del altiplano de Puno. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy. Natural Resources Conservation Service, 12th ed. Washington, D.C., U.S.A.
- Soulé, M. (1985). What Is Conservation Biology? *BioScience*, 35, 727-734.
- Soulé, M. (1991). Conservation: Tactics for a constant crisis. *Science*, 253, 744-750.
- Squeo, F., Warner, B., Aravena, R. & Espinoza, D. (2006). Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79, 245-255.
- Srivastava, D. S. & Vellend, M. (2005). Biodiversity-ecosystem function research: ¿is it relevant to conservation? *Ecology Evolution Systematics*, 36, 267-294.
- Stenberg, M., Gutman, M., Perevolotsky, A., Ungar, E.D. & Kigel, J. (2000). Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology*, 37, 224-237.
- Sutherland, W. J. (2000). *The Conservation Handbook. Research, Management and Policy*. Cambridge: Editorial Blackwell Science Ltd.
- Tapia, M. E. & Flores, J. A. (1984). *Pastoreo y Pastizales de los Andes del Sur del Perú*. INIPA. Lima, Perú.

- Tichit, M. & Didier, G. (1997). Factors Affecting Herd Structure in a Mixed Camelid-Sheep Pastoral System in the Arid Puna Of Bolivia. *Journal of Arid Environments*, 36, 167-180.
- Tilman, D. & Downing, J.A. (1994). Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367, 363-365.
- Tilman, D. (1997). Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78, 81-92.
- Tovar, O. & Oscanoa, L. (2002). Guía para la identificación de pastos naturales altoandinos de mayor importancia ganadera. Instituto de Montaña. Proyecto FOCAL Obc. 1er ed. Huaraz. 178 p.
- Tuppia, M., Aliaga, J., Malpartida, E. & Arias, J. (1997). Evaluación de los Índices de Vegetación y Capacidad de Carga de Praderas Nativas de Pampas Galeras. *Anales Científicos UNA*, 32, 15-26.
- UICN. (1980). Estrategia Mundial para la Conservación. La Conservación de los Recursos Vivos para el Logro de un Desarrollo Sostenido. Gland, Suiza. 71 p.
- UNESCO. (2010). Ética Ambiental y Políticas Internacionales. Paris, Francia. 233 p.
- Vázquez, D., Gianoli, E., Gonzáles, W., Hierro, J., Pacheco L. & Valladares, F. (2011). ¿Es necesaria la teoría ecológica para la conservación de la biodiversidad? *Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb*, 29, 65-72.
- Vega, L. (2001). Gestión Ambiental Sistémica. Ingeniería y Gestión Ambiental. Colombia: Editorial SIGMA Ltda.
- Villalobos, A. (2013). El sobrepastoreo del ganado doméstico como disparador de la arbustización. *BioScriba*, 6(1), 51-57.
- Volker, G. & Wissel, C. (1997). Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and guide for avoiding confusion. *Oecología*, 109, 323-334.
- Walker B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G. S., Janssen, M., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G. D. & Pritchard, R. (2002). Resilience Management in Social - Ecological Systems: A Working Hypothesis for a Participatory Approach. *Conservation Ecology*, 6(1), 1-20.
- Walker, B. & Meyers, J. A. (2004). Thresholds in Ecological and Social Ecological Systems: A Developing Database. *Ecology and Society*, 9(2), 1-16.

- Whittaker, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 279-338.
- Wong-González, P. (2010). Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial: retos para la gestión del desarrollo regional sustentable en el siglo XXI. *Estudios Sociales*, 1, 10-39.
- Zalapa, A. (2012). La Ganadería y el Desarrollo Sustentable. VIII Congreso Internacional Sistema Agroforestales. Argentina: Editorial Inta Ediciones.
- Zorogastúa-Cruz, P., Quiroz R. & Garatuza-Payan, J. (2012). Dinámica de los bofedales en el altiplano peruano-boliviano. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 8(2), 63-75.

## **7. ANEXOS**

**Anexo 1:** Declaración de autenticidad

**Anexo 2:** Matriz de consistencia

**Anexo 3:** Hoja de censo de vegetación

**Anexo 4:** Ficha de campo

**Anexo 5:** Encuesta

**Anexo 6:** Resultados de laboratorio

**Anexo 7:** Tablas de evaluación

**Anexo 8:** Galería fotográfica

**Anexo 9:** Propuesta de estrategias de manejo

## **Anexo 1: Declaración de autenticidad**

## **Anexo 2: Matriz de consistencia**

## **Anexo 3: Hoja de censo de vegetación**

## **Anexo 4: Ficha de campo**

## **Anexo 5: Encuesta**

## **Anexo 6: Resultados de laboratorio**

## **Anexo 7: Tablas de evaluación**

## **Anexo 8: Galería fotográfica**

## **Anexo 9: Propuesta de estrategias de manejo**