

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Restauración ecológica de un humedal altoandino para la mejora de la provisión de agua de las Comunidades Campesinas en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

Edgar Elias Peña Gonzales

**ASESORA**

María Mercedes Medina Muñoz

Lima, Perú

2020

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 018.- 2019/UCSS/FIA/DI

Siendo las 11:00 a.m. del día 21 de setiembre de 2019, en el Auditorio de la Sede Lima, Local Central - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Mg.Sc. Heidi Isabel Sánchez Torres  | Presidente      |
| 2. Lic. Norma Luz Quinteros Camacho    | Primer Miembro  |
| 3. Mg. Sc. Monica Velásquez Espinoza   | Segundo Miembro |
| 4. Mg. Sc. María Mercedes Medina Muñoz | Asesora         |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: **“RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE UN HUMEDAL ALTOANDINO PARA LA MEJORA DE LA PROVISIÓN DE AGUA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS EN LA RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYOS COCHAS”**, que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, el Sr. **Edgar Elías Peña Gonzales** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **SOBRESALIENTE** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Firmado en Lima, 21 de setiembre de 2019.

  
Mg. Sc. Heidi Isabel Sánchez Torres  
PRESIDENTA

  
Lic. Norma Luz Quinteros Camacho  
1° MIEMBRO

  
Mg. Sc. Mónica Velásquez Espinoza  
2° MIEMBRO

  
Mg. Sc. María Mercedes Medina Muñoz  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por la vida y por la creación hermosa, compleja y sabia de la naturaleza.

A mis padres Elias e Iris y hermanas Jessica y Fiorella, por el amor, apoyo e impulso para  
lograr mis objetivos y metas.

Al poblador altoandino para que esta investigación sea un aporte de conocimiento y/o  
práctica en su comunidad.

A todas las personas que estudian, protegen y conservan los humedales del Perú.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de seguir compartiendo momentos con las personas que estimo.

A mis padres, por confiar en mí, por apoyarme y por enseñarme valores importantes que me servirán en la vida. Sus esfuerzos por sacarme adelante fue el impulso para lograr mis objetivos. Lo que soy y seré se los deberé a ellos.

Deseo expresar mi gratitud y reconocimiento a todas las instituciones que financiaron (económica y logísticamente) y participaron en el desarrollo de esta investigación a través de sus representantes.

A mi Dir.<sup>a</sup> de Tesis, M. Sc. María Mercedes Medina, por su acertada orientación y discusión crítica para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (PRPNYC) por haber financiado económicamente y darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación, especialmente a la Coordinadora Ejecutiva Carmela Landeo y a Nizkar Peña por el apoyo y participación en el proceso.

A la Jefatura de RPNYC, por el apoyo logístico y su participación en el desarrollo del presente estudio, especialmente al Jefe Gonzalo Quiroz, al especialista Olwer Huanca y a los guardaparques: Abdon Cochachis, Eber Guerra, Hugo Fernandez e Isabel Brañes por su apoyo y compañía en campo.

A la Comunidad de Huancaya, por el recibimiento y apoyo en campo para la ejecución del presente proceso de investigación, así mismo por el compromiso que ha manifestado hacia un problema que es de todos.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), por los conocimientos compartidos en las aulas y/o en viajes de campo.

Al Jefe del Departamento de Investigación de la FIA - UCSS, M. Sc. Wilfredo Mendoza por invertir su valioso tiempo en ayudarme en la identificación de las especies de flora.

A la docente de la UCSS, Norma Quinteros por su apoyo y participación en el proceso.

Al docente de la UCSS, Armando Chiclla por su apoyo en el análisis de resultados.

Y a todos mis profesores, amigos y compañeros de la UCSS y familiares, con quienes compartí muchos momentos, conocimientos y experiencias.

¡A todos muchas gracias!

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice general .....	v
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	ix
Índice de apéndices.....	xii
Resumen .....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
Objetivos.....	7
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
1.1. Antecedentes .....	8
1.1.1. Estudios de Restauración ecológica .....	9
1.1.2. Estudios realizados en bofedales .....	19
1.2. Marco histórico .....	22
1.2.1. Situación Histórica de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.....	22
1.2.2. Descripción de la zona de estudio .....	23
1.2.3. Factores del medio ambiente .....	24
a. Clima .....	24
b. Precipitación: .....	24
c. Temperatura.....	25
d. Clasificación climática y de la vegetación .....	26
e. Geología.....	26
f. Geomorfología.....	27
g. Hidrografía e Hidrología .....	27
1.3. Bases teóricas especializadas .....	27
1.3.1. Ecología .....	27
1.3.2. Ecosistema .....	28
1.3.3. Regulación hídrica.....	31
1.3.4. Restauración ecológica.....	32
1.3.5. Humedal.....	37
1.3.6. Bofedal.....	39
1.3.7. Especies priserales .....	40

1.3.8.	<i>Distichia muscoides</i> .....	40
1.3.9.	Especie invasora .....	41
<b>CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>42</b>
2.1.	Diseño de la investigación .....	42
2.1.1	Lugar y fecha .....	42
2.1.2	Descripción del experimento .....	44
2.1.3	Tratamientos .....	47
2.1.4	Unidades Experimentales .....	56
2.1.5	Identificación de variables y su mensuración .....	56
2.1.6	Diseño estadístico del experimento .....	60
2.1.7	Análisis estadístico de los datos .....	61
2.2	MATERIALES .....	62
2.2.1	Materiales de campo .....	62
a.	Instalación del cerco ganadero .....	62
b.	Elaboración de cuadrante de madera de un metro cuadrado .....	63
c.	Colección de muestras vegetales en el campo .....	63
d.	Identificación de muestras vegetales .....	63
e.	Medición del caudal.....	63
2.2.2	Materiales de Gabinete .....	63
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>		<b>64</b>
3.1.	RESULTADOS.....	64
3.1.1	Riqueza total de las parcelas de restauración del bofedal .....	64
3.1.2	Riqueza del área de referencia del bofedal .....	68
3.1.3	Estimación de la riqueza total.....	71
3.1.4	Diversidad por temporadas y tratamientos: Diversidad alfa .....	72
3.1.5	Composición y estructura de especies .....	77
3.1.6	Recambio de especies de cada tratamiento entre las distintas temporadas: diversidad beta .....	102
3.1.7	Índice de similaridad de Bray – Curtis con datos de cobertura relativa .....	105
3.1.8	Caudal.....	106
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....</b>		<b>108</b>
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES .....</b>		<b>119</b>
<b>CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES .....</b>		<b>121</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>123</b>

<b>TERMINOLOGÍA .....</b>	<b>136</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Resultados relevantes y/o avances de procesos de restauración</i> .....	18
Tabla 2. <i>Funciones de los compartimientos del ecosistema</i> .....	29
Tabla 3. <i>Benefecios de los servicios ecosistémicos</i> .....	31
Tabla 4. <i>Coordenadas de las parcelas de restauración del bofedal del sector de Yanama</i> 46	
Tabla 5. <i>Tratamientos experimentales</i> .....	47
Tabla 6. <i>Estructura del diseño experimental según los tratamientos y los tiempos de evaluación de las submuestras</i> .....	53
Tabla 7. <i>Familias de especies de plantas registradas en el área de investigación del bofedal (Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4)</i> .....	65
Tabla 8. <i>Familias de especies de plantas identificadas en el área de referencia del bofedal (Sector Yanama – temporada 2)</i> .....	68
Tabla 9. <i>Datos de cobertura y altura de la Distichia muscoides del área de referencia del bofedal (Sector Yanama – temporada 2; Sp: Especie)</i> .....	69
Tabla 10. <i>Resultados relativos de la cobertura, densidad, frecuencia, dominancia y el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las plantas registradas en el área de referencia del bofedal (Sector Yanama – temporada 2)</i> .....	70
Tabla 11. <i>Especies e Índices de diversidad de la composición florística registrados en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal. Sector Yanama – Temporada 1, 2, 3 y 4</i> .....	73
Tabla 12. <i>Número de especies de la flora registrada en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal. Sector Yanama – Temporada 1,2, 3 y 4 (P: Parcela y T: Tratamiento)</i> .....	75
Tabla 13. <i>Valores porcentuales de especies compartidas y complementariedad de especies de cada tratamiento del bloque 1 entre pares de temporadas (T2: Temporada 2, T3: Temporada 3 y T4: Temporada 4)</i> .....	103
Tabla 14. <i>Valores porcentuales de especies compartidas y complementariedad de especies de cada tratamiento del bloque 2 entre pares de temporadas (T2: Temporada 2, T3: Temporada 3 y T4: Temporada 4)</i> .....	104
Tabla 15. <i>Similaridad (%) entre tratamientos y el área de referencia del bofedal en cada temporada</i> .....	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Línea de tiempo de procesos de restauración ecológica.....	17
<i>Figura 2.</i> Variación mensual de la precipitación registrada en la estación meteorológica de Vilca, durante el periodo de investigación, sector Yanama, Huancaya – Yauyos. ....	25
<i>Figura 3.</i> Variación mensual de la temperatura (°C) máxima y mínima registrada en la estación meteorológica Vilca- Huancaya entre noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2107.....	26
<i>Figura 4.</i> Mapa de ubicación del distrito Huancaya, sector Yanama en la RPNYC.....	43
<i>Figura 5.</i> Apertura de canales en la parcela 1 del área de investigación del bofedal, realizado con el apoyo de los comuneros de Huancaya en el sector Yanama (enero del año 2017 – época lluviosa). ....	49
<i>Figura 6.</i> Trasplante de estepas de <i>Distichia muscoides</i> en la parcela 1 del área de investigación del bofedal, realizado con el apoyo de los comuneros de Huancaya en el sector Yanama (enero del año 2017 – época lluviosa). ....	49
<i>Figura 7.</i> Retiro de especies tipo ichu y trasplante de estepas de <i>Distichia muscoides</i> en la parcela 3 del área de investigación del bofedal, realizado con el apoyo de los comuneros de Huancaya en el sector Yanama (enero del año 2017 – época lluviosa).....	51
<i>Figura 8.</i> Evaluación biológica del área de referencia con el método del cuadrante, en el sector Yanama (febrero del año 2017 – época lluviosa).....	52
<i>Figura 9.</i> Procedimiento metodológico del proceso de restauración. ....	55
<i>Figura 10.</i> Diseño de restauración ecológica del bofedal del sector de Yanama – Huancaya. ....	61
<i>Figura 11.</i> Familias más diversas, en el área de investigación del bofedal (Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4).....	67
<i>Figura 12.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el área de referencia del bofedal - sector Yanama. (Sp: Especie).. ....	71
<i>Figura 13.</i> Curva de acumulación de especies de un bofedal durante el periodo de estudio en el sector de Yanama - Huancaya, Yauyos. (Datos de la temporada 1, 2, 3 y 4).....	72

<i>Figura 14.</i> Proporción de la riqueza de especies de los tratamientos del bloque 1 y 2. (T1: Testigo, T2: Apertura de canales y siembra de <i>Distichia muscoides</i> por nucleación y T3: Retiro de especie invasora y siembra de <i>Distichia</i> <i>muscoides</i> por nucleación).....	74
<i>Figura 15.</i> Índices de Shannon y Simpson de la composición florística de los tratamientos realizados en el bofedal del sector de Yanama en las temporadas 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela).....	75
<i>Figura 16.</i> Variación del número de especies de la flora registrada en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 1 realizados en el bofedal del sector de Yanama en las temporadas 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela y T: Tratamiento). ....	76
<i>Figura 17.</i> Variación del número de especies de la flora registrada en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 2 realizados en el bofedal del sector de Yanama en las temporadas 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela y T: Tratamiento). ....	76
<i>Figura 18.</i> Distribución de las familias y el número de especies de flora, en la parcela 1 (tratamiento 2) del bofedal - Sector Yanama - Huancaya.....	78
<i>Figura 19.</i> Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 2 (tratamiento 1) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. ....	81
<i>Figura 20.</i> Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 3 (tratamiento 3) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya.....	83
<i>Figura 21.</i> Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 4 (tratamiento 1) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya.....	86
<i>Figura 22.</i> Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 5 (tratamiento 3) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. ....	88
<i>Figura 23.</i> Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 6 (tratamiento 2) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. ....	91
<i>Figura 24.</i> Incremento de la cobertura vegetal en las subparcelas permanentes, instaladas en cada parcela del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal, entre la temporada 3 y 4. Sector Yanama – Huancaya (P: Parcela; T: Tratamiento) .....	93
<i>Figura 25.</i> Crecimiento (cm) de la <i>Distichia muscoides</i> entre la temporada 3 y temporada 4 del año 2107, en el bloque 1 y 2 – Sector Yanama – Huancaya (T: Tratamiento). ....	94

<i>Figura 26.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T2 del bloque 1 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T2: Tratamiento 2; Sp: Especie).....	96
<i>Figura 27.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T1 del bloque 1 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T1: Tratamiento 1; Sp: Especie).....	97
<i>Figura 28.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T3 del bloque 1 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T3: Tratamiento 3; Sp: Especie).....	97
<i>Figura 29.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T1 del bloque 2 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T1: Tratamiento 1; Sp: Especie).....	99
<i>Figura 30.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T3 del bloque 2 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T3: Tratamiento 3; Sp: Especie).....	100
<i>Figura 31.</i> Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T2 del bloque 2 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T2: Tratamiento 2; Sp: Especie).....	100
<i>Figura 32.</i> Análisis de Clúster, basado en datos de cobertura relativa, entre el área de referencia del bofedal y los tratamientos de los bloques 1 y 2 del área de investigación del bofedal. Sector Yanama – Temporada 4 Apéndice 8: Matriz de similaridad de Bray Curtis). . . . .	106
<i>Figura 33.</i> Caudales mensuales (l/s) durante el periodo de investigación del bofedal del sector de Yanama – Huancaya- Yauyos. ....	107

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
APÉNDICE 1. Sectores de Yanama y Apas del distrito de Huancaya – Yauyos – Lima se observa la existencia de corrales ganaderos y una vía de acceso en los años 1969 y 2010 .....	141
APÉNDICE 2. Datos históricos de la estación meteorológica de Vilca – SENAMHI .....	142
APÉNDICE 3. Mapa de la red hidrográfica e hidrológica de los sectores de Yanama y Apas .....	143
APÉNDICE 4. Codificación de la lista de especies de plantas identificadas en los muestreos y sus formas de vida de la vegetación del área de investigación del bofedal (Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4) .....	144
APÉNDICE 5. Valores de los estimadores de riqueza y la representatividad del muestreo para todas las especies de la flora registrada en el bofedal del sector de Yanama .....	145
APÉNDICE 6. Resultados relativos de la cobertura, densidad, frecuencia, dominancia y el índice de valor de importancia (IVI) de la flora registrada en cada parcela del bloque 1 y 2, en el área de investigación del bofedal (sector Yanama – temporada 1 hasta temporada 4) .....	146
APÉNDICE 7. Valores de los estimadores de riqueza y la representatividad del muestreo para todas las especies de la flora registrada en cada una de las parcelas muestreadas del bofedal del sector de Yanama .....	167
APÉNDICE 8. Matriz de similaridad de Bray Curtis entre el área de referencia y los tratamientos del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal – temporada 4.....	169

## RESUMEN

La perturbación para establecer espacios de pastoreo continuo con ganado vacuno genera efectos negativos severos sobre los atributos ecológicos de los bofedales. La eliminación del pastoreo de ganado vacuno y la restauración con parcelas demostrativas son pasos fundamentales en la recuperación de bofedales afectados por ganadería y los efectos del cambio climático. En el presente estudio, se desarrolló un proyecto piloto de restauración ecológica de un humedal alto andino para mejorar la cobertura de la vegetación y, en consecuencia, mejorar la provisión de agua en el largo plazo. El estudio se realizó en parcelas de restauración (15 m x 15 m) para probar diferentes tratamientos en el sector de Yanama del distrito de Huancaya, Yauyos – Lima entre noviembre del año 2016 y setiembre del año 2017. La metodología consistió en el monitoreo de los cambios de la composición, estructura y diversidad de la comunidad vegetal y del caudal del bofedal antes y después de los tratamientos. Se implementaron tres tratamientos en el bloque 1 y sus réplicas en el bloque 2: T1: Testigo, T2: Trasplante de *Distichia muscoides* Nees y Meyen y apertura de zanjas y T3: Trasplante de *D. muscoides* y retiro de especies invasoras. Se observó el incremento de cobertura en todos los tratamientos y destacaron los T2 y T3 del bloque 2. La aplicación de los T2 y T3 favorecieron el aumento de la riqueza y diversidad de la flora con el tiempo. La cobertura de *D. muscoides* del bofedal aumentó debido al enraizamiento de las estepas trasplantadas capaces de captar y almacenar agua en el suelo. El T3 redujo notoriamente la dominancia de las especies invasoras, resultado que se asemejó más con el área de referencia del bofedal. En conclusión, la aplicación del T3 contribuyó en la resiliencia del bofedal a su estado predisturbio.

**Palabras clave:** Bofedales, humedal altoandino, restauración ecológica, *Distichia muscoides*, especie invasora, provisión de agua.

## ABSTRACT

The disturbance to establish spaces of continuous grazing with cattle generates severe negative effects on the ecological attributes of the bofedales. The elimination of grazing cattle and restoration with demonstration plots are fundamental steps in the recovery of bofedales affected by livestock and the effects of climate change. In the present study, a pilot project of ecological restoration of an Andean high wetland was developed to improve vegetation coverage and, consequently, improve the water supply in the long term, it was carried out in plots (15 m x 15 m) of restoration for try different treatments and identify the most suitable one that contributes to their resilience. It was developed in the Yanama sector of the Huancaya, Yauyos - Lima district between November 2016 and September 2017. It consisted in the monitoring of changes in the composition, structure and diversity of the plant community and the flow of the wetland before and after of the treatments. Three treatments were implemented in block 1 and their replicas in block 2: T1: Control, T2: *Distichia muscoides* Nees y Meyen transplant and ditch opening and T3: *Distichia muscoides* transplant and removal of invasive species. The increase in coverage was observed in all the treatments, with T2 and T3 in block 2 being the most notorious. The application of T2 and T3 favor the increase of the richness and diversity of the flora over time. The coverage of *Distichia muscoides* of the bofedal increased due to the rooting of the transplanted steppes capable of capturing and storing water in the soil. T3 markedly reduces the dominance of invasive species, a result that resembles more closely the reference area of the bofedal. In conclusion, the application of T3 favors the resilience of the bofedal to its predistort state.

**Key words:** Bofedales, high Andean wetland, ecological restoration, *Distichia muscoides*, invasive species, water supply.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los andes tropicales (andes del norte y centro) son reconocidos como la zona de mayor diversidad florística y biológica (Myers *et al.*, 2000); dentro de esta zona, se encuentran los humedales altoandinos (generalmente sobre los 3 500 m.s.n.m.), formando parte de los ecosistemas de páramo, jalca y puna (Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008). La puna es un ecosistema distribuido desde el norte de Perú hasta el norte de Chile, desde los 2 000 m.s.n.m. hasta 6 000 m.s.n.m. (Josse *et al.*, 2009).

Los humedales, las cuencas y otros sistemas brindan una serie de servicios ecosistémicos, y uno de los más importantes es la provisión de agua en cantidad y calidad (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina [CONDESAN], 2014). Los humedales altoandinos no solamente abastecen a las poblaciones residentes en sus cercanías, sino también para centrales hidroeléctricas, el riego de tierras agrícolas, y el consumo humano aguas abajo (Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008).

Las lagunas, los acuíferos, las aguas subterráneas, los nevados, entre otros, regulan y almacenan el agua, sin embargo, el mecanismo más relevante en los sistemas naturales altoandinos (como puna con sus bofedales y páramos) es el almacenamiento de agua en los suelos, que está asociada al alto contenido de materia orgánica, vegetación conservada y topografía formada, que permiten absorberla en grandes cantidades y acumularla en el suelo, asimismo que, por efecto de la gravedad, el agua almacenada es drenada hacia los ríos y lagunas (CONDESAN, 2014).

Según la Dirección General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos del MINAM, el Perú registra 106 cuencas hidrográficas y a pesar de la gran riqueza hídrica que posee (74 546 millones de m<sup>3</sup>/persona/año), el agua poco a poco se está volviendo un recurso escaso debido a factores como la desertificación, el mal uso del agua

y el cambio climático; a la que se suma el pastoreo excesivo, el sobrecultivo, la deforestación y el drenaje defectuoso de las aguas de riego, siendo las últimas las principales causantes de la desertificación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014a).

En el Perú, los humedales altoandinos tipo bofedal se localizan sobre los 3 800 m.s.n.m., ocupando aproximadamente un área de 549 156 ha, que corresponde al 6.91 % del total de humedales, todos ellos distribuidos en la zona altoandina de la sierra peruana. Los bofedales se caracterizan por tener amplias áreas húmedas inundadas total o parcialmente debido a la presencia de materia orgánica y cobertura vegetal en el suelo. Se encuentran en zonas próximas a lugares de almacenamiento de agua; tales como riachuelos, lagunas o sobre acuíferos subterráneos, alimentándose por afloramiento de agua (puquial), proveniente del descongelamiento de los glaciares y de lluvias (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014b).

La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba (RPNYC) es un área natural protegida (ANP) creada con el objetivo de proteger los ecosistemas (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2006, hoy SERNANP). Esta ANP suministra agua a aproximadamente 11 millones de peruanos de los departamentos de Lima y Junín (Dourojeanni *et al.*, 2016). No obstante, existe una gran apropiación de tierras en manos de las comunidades campesinas adquiridas antes de la creación de la RPNYC y, por consiguiente, tienen derechos para su uso. Tal es el caso del territorio de la comunidad campesina Huancaya, que forma parte de la RPNYC, así como las siguientes comunidades: Laraos, Carania, Alis, Tomas, Miraflores, Vitis, Tanta, Llocllapampa, Canchayllo, Chacapalca y Suitucancho. Estas tierras son utilizadas principalmente para el pastoreo de ganado y para la agricultura de subsistencia. Es importante mencionar que dentro de la RPNYC existen ecosistemas altoandinos, como los bofedales, impactados negativamente por los efectos del cambio climático (cambios en los patrones de lluvia, desglaciación, temperaturas extremas, sequías, entre otros) y por fuertes presiones antrópicas principalmente el sobrepastoreo que degradan y compactan la vegetación típica de estos ambientes y en consecuencia alteran la regulación hídrica de los bofedales, por lo que en las últimas décadas las comunidades de la RPNYC cuentan con una menor disponibilidad de agua en época seca (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa de



las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Instituto de Montaña, 2016).

De las 10 000 personas que viven en distintas comunidades campesinas dentro de la RPNYC, dos tercios dependen de los servicios ecosistémicos para la ganadería y agricultura, y se estimó que la escorrentía superficial (oferta hídrica) disminuirá principalmente en la cuenca alta de la cuenca del río Cañete entre los años 2011 – 2030, la temperatura de la RPNYC subirá entre 0.61 °C y 1.12 °C para el mismo periodo de años, lo que muestra que las poblaciones de la RPNYC también son vulnerables al cambio climático por su alta dependencia económica de los ecosistemas (Fundación para el Desarrollo Agrario [FDA], 2014).

El cambio climático está ocasionando graves consecuencias en los recursos hídricos debido al incremento de la temperatura que ocurre año tras año, esto se evidencia en el periodo 1990 – 2015, en el que se produjo una pérdida total del 30 % de las áreas de los nevados del Pariacaca, Ticla, Collquepucre y Llongote, que forman parte de la RPNYC (Alva y Ramos, 2017).

Además, el poco conocimiento de la comunidad de Huancaya y otras comunidades sobre las funciones vitales que cumplen los bofedales, conllevan a éstas, a realizar actividades que generan problemas ambientales sobre el entorno, tales como el sobrepastoreo con ganado vacuno, quema de pastura y caminos de acceso, a ello se le suma los efectos que causa el cambio climático sobre su territorio, conduciendo a una pérdida gradual de los servicios ecosistémicos, a tal punto que si son perturbados severamente, será muy difícil realizar su restauración, principalmente debido al tiempo prolongado para su restablecimiento y por el alto costo para su tratamiento. El Ministerio del Ambiente [MINAM] (2015a) considera estas comunidades como vulnerables por la falta de protección y conservación. El problema actual es el poco caudal de los bofedales por la inexistencia o deterioro de la vegetación, debido al inadecuado manejo y uso de suelo en el pastoreo.

La Convención de Ramsar (2015) plantea que la perturbación de los humedales debe acabar, que la diversidad se debe conservar y aprovechar de forma racional, asimismo, restaurar aquellos degradados para que sus beneficios sean reconocidos, difundidos y valorado por todos.

De las prácticas posibles de la ecología de la conservación, la restauración ecológica se convierte en una gran alternativa ya que acelera la recuperación de un ecosistema, en su salud, integridad y sostenibilidad. Dicho de otra manera, la restauración ecológica es el proceso que ayuda al restablecimiento de la estructura, composición y función de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Society for Ecological Restoration International [SER], 2004).

La restauración ecológica alrededor y dentro de las áreas naturales protegidas es una prioridad clave para conservar la biodiversidad y el bienestar de la población. Por consiguiente, es necesario trabajar con actores comprometidos para alcanzar el éxito en un proceso de restauración (Keenleyside *et al.*, 2014).

La importancia de la restauración ecológica a nivel mundial radica en la persistencia de múltiples modos de degradación de los recursos naturales y de las condiciones ambientales (pérdida de suelos y vegetación, deterioro de la calidad del agua, deterioro de la calidad del aire, pérdida y degradación de hábitats, pérdida de recursos genéticos, la sobreexplotación de recursos, mortandad y baja reproducción de especies, cambios climáticos, evolutivos y geológicos, extinción de especies y el establecimiento de especies invasoras) y en general, el deterioro continuo de diferentes tipos de sistemas: naturales, cultivados, construidos y modificados (Gálvez, 2002). Por consiguiente, estas presiones impulsan la pérdida de la biodiversidad, es decir existe pérdida de atributos ecológicos (composición única de especies, su estructura), y en consecuencia ya no pueden generar ningún tipo o clase de servicio ecosistémico (Vargas y Reyes, 2011; Convenio sobre la Diversidad Biológica [CDB], 2010).

Por lo expuesto, son varias las razones para implementar proyectos de restauración ecológica, por ejemplo, cuando se requiera recuperar especies específicas, mejorar la producción de servicios ecosistémicos, mejorar la función o conectividad ecosistémica a escala de paisaje, mejorar las oportunidades de experiencia de los visitantes, o recuperar tradiciones y prácticas culturales (Keenleyside *et al.*, 2014). También puede estar limitada a la recuperación de una especie rara, endémica o amenazada; a la eliminación de especies invasoras - exóticas; o a la simple reducción de presiones (ganadería, agricultura, tala de árboles, minería y otros) para permitir que empiece la regeneración natural (Ceccon, 2013). Otras dos razones importantes son la adaptación y mitigación al cambio climático, el primero contribuye al fortalecimiento de la resiliencia del ecosistema al cambio y mejora la provisión de los servicios ecosistémicos, y el segundo a la acumulación de carbono en los ecosistemas respectivamente (Keenleyside *et al.*, 2014). También es una actividad que genera beneficios socioeconómicos necesarios para el bienestar humano del presente y de las futuras generaciones (Aronson *et al.*, 2007; Aronson y Alexander, 2013; Clewell y Aronson, 2013).

Servicios ecosistémicos como la regulación hídrica y la provisión de agua son fundamentales para la vida y el desarrollo económico de las comunidades, los distritos, las provincias, las regiones y para todo el país. Debido a la importancia de la restauración ecológica en términos de mecanismos de mitigación de cambio climático, pérdida de biodiversidad y servicios ambientales, el concepto de restauración ecológica ha trascendido rápidamente y es reconocido como una prioridad global para todos los países y comunidades por igual (SER, 2004; Aronson y Alexander, 2013; Murcia *et al.*, 2017).

Dada la importancia ecológica, socioeconómica y turística para la comunidad de Huancaya (ubicado en el distrito de Huancaya de la provincia de Yauyos del departamento de Lima) y la RPNYC, en la presente investigación se desarrolló un proyecto piloto de restauración ecológica de un humedal altoandino de puna, tipo bofedal; se instalaron parcelas de restauración para probar diferentes tipos de tratamientos de recuperación del bofedal. La aplicación de tratamientos y el monitoreo de la composición, estructura y diversidad de la comunidad vegetal de las parcelas restauradas durante el periodo de estudio ayudarán a identificar el tratamiento que promueve la recuperación del bofedal. Por

lo tanto, se busca acelerar los procesos de sucesión ecológica de la vegetación deteriorada, mejorar la tasa de intercepción del agua para finalmente en el largo plazo aumentar el caudal del bofedal.

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

Evaluar la restauración ecológica de un humedal alto andino tipo bofedal mediante parcelas demostrativas, con el fin de mejorar la provisión de agua para consumo y riego de las comunidades campesinas en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), en el sector de Yanama, Huancaya, Yauyos (Perú).

### Objetivos específicos

- a) Caracterizar la estructura, composición y diversidad de la vegetación en las parcelas demostrativas del bofedal, en el sector de Yanama, durante 4 temporadas del periodo de estudio.
- b) Medir y monitorear las variables (riqueza de especies, cobertura, altura de *Distichia muscoides*, índice de Valor de Importancia, curvas de diversidad, diversidad alfa y beta) en las parcelas demostrativas del estudio de la vegetación del bofedal en el sector de Yanama, durante 4 temporadas del periodo de estudio.
- c) Medir y monitorear el caudal del bofedal en el sector de Yanama de manera mensual para relacionarla con variables biológicas.
- d) Diagnosticar cuál es el tratamiento más efectivo y económico que promueve la recuperación del bofedal.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

El desarrollo formal de la Restauración Ecológica como disciplina científica y práctica a nivel mundial tiene poco más de 30 años en manos del sector académico e implementadores de la restauración. No obstante, debido a la importancia de esta disciplina en términos de mecanismos de mitigación de cambio climático, pérdida de diversidad biológica y servicios ambientales, el concepto de restauración ecológica ha trascendido rápidamente y es reconocido como una prioridad global para todos los países y comunidades por igual (SER, 2004; Aronson y Alexander, 2013; Murcia *et al.*, 2017). Además, desde el 2003, la asociación entre la Sociedad para la Restauración Ecológica (SER) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) promueven la restauración ecológica como una estrategia importante de programas de conservación y manejo sostenible (SER y IUCN, 2004).

En la décima conferencia de las partes (COP10) del Convenio sobre Diversidad Biológica realizada el año 2010, en Japón, en el marco de las metas del Plan Estratégico del CDB, el Perú y otros países miembros asumieron el compromiso de restaurar ecosistemas degradados de sus respectivos territorios para contribuir a la adaptación y mitigación al cambio climático (CDB, 2010).

El desarrollo de la restauración ecológica en el Perú se inició en el siglo XXI y las normas afines a esta disciplina son la “Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción” y los “Lineamientos para la Compensación Ambiental en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)”, ambas aprobadas por el Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014c; Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014d).

En la actualidad, el impulso de la restauración ecológica en el Perú se realiza a través de la intervención de la sociedad civil (ONGs, fundación, sector académico y comunidades) y entes del gobierno (MINAM, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP, Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI). Sin embargo, son muy pocos los procesos de restauración que se han impulsado en el país, y aún más escasos los que se encuentran asociados a humedales alto andinos tipo bofedales. El Ministerio del Ambiente, a través del programa PRODERN, desarrolló un proceso de restauración ecológica participativa con las comunidades campesinas de los distritos de Huayana y Pomacocha en la provincia de Andahuaylas (Apurímac) entre los años 2013 y 2014, logrando la restauración en 100 ha de bofedales, y un cambio en la provisión del agua de 1.5 l/s a 4.7 l/s en periodo de estiaje (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014e).

### **1.1.1. Estudios de Restauración ecológica**

A continuación, se presentan los siguientes estudios de restauración ecológica a nivel internacional y nacional.

Udalsarea 21 (2002) desarrolló en España el proyecto de restauración de humedales de Salburua en la ciudad de Vitoria-Gasteiz. El objetivo del proyecto fue recuperar servicios ecosistémicos y la funcionalidad ecológica de los antiguos humedales de Salburua, desecados siglos atrás para su puesta en cultivo. La investigación realizó periódicamente análisis del estado ecológico de humedales, de la calidad de agua del acuífero, entre otros. En el año 2002, fue declarado Humedal de Importancia Internacional dentro del Convenio Ramsar. Los indicadores utilizados en el estudio fueron el índice de abundancia de aves en los humedales, el número participantes en actividades de educación ambiental y la superficie objeto de actuaciones de mejora ecológica. El proyecto de restauración logró recuperar 200 ha de los antiguos humedales, así como la flora y fauna del lugar; mejoró la calidad del agua subterránea que aflora en las lagunas, amortiguación de avenidas, promovió la participación de más de 8 000 personas entre adultos y alumnos en la sensibilidad ambiental y mejoró la conectividad ecológica.

Chará *et al.* (2008) desarrollaron una investigación en una quebrada ubicada en la finca San Diego, departamento del Quindío, Colombia. Los investigadores realizaron un proceso de restauración del corredor ribereño desde el año 2005, evaluaron la calidad del agua, las características del hábitat y los macroinvertebrados acuáticos, antes de la instalación de la cerca y a 12, 16 y 20 meses después. Cercaron aproximadamente 500 m a ambos lados del corredor. Los resultados obtenidos del monitoreo fueron: el ancho del corredor incrementó de 221 cm hasta 240 cm y la profundidad aumentó de 8.2 cm a 15.8 cm en un periodo de 20 meses, los valores reflejaron una recuperación de la calidad del hábitat, así como una mejora en el tipo de corriente presentándose porcentajes equitativos de corriente lenta y piscinas. Del inicio de la investigación al mes 20 observaron una disminución de los valores del DBO (mg O<sub>2</sub>/l) de 7.04 a 4.38, coliformes totales (UFC/100 ml) de 40 000 a 1 840, la turbidez de 5.95 a 2.43 unidades nefelométricas (NTU); sin embargo, hubo un aumento de los coliformes fecales (UFC/100 ml) de 0 a 47 durante los 20 meses, lo que puede atribuirse a la aplicación de algún tipo de fertilizante orgánico a los potreros continuos a la fuente de agua, mientras que el oxígeno disuelto (OD) no varió mucho de los 2.59 mg/l. Los macroinvertebrados encontrados pertenecieron al filo Mollusca, taxón Crustácea y órdenes Diptera, Coleoptera, Trichoptera y Ephemeroptera. La abundancia total de macroinvertebrados disminuyó, principalmente de la Mollusca; sin embargo, hubo un incremento de los porcentajes de Ephemeroptera (de 0.00 a 0.38 %) y de Trichoptera (de 0.00 a 0.57 %), estos dos últimos empleados como indicadores biológicos.

Sorando *et al.* (2007) desarrollaron el proyecto de restauración ecológica de los Ojos de Monreal del Campo en la provincia de Teruel, España, desde mayo del año 2005 hasta diciembre del año 2006. “Los Ojos de Monreal” es un humedal adyacente al río Jiloca y constituye el origen natural de este río. El objetivo primordial del proceso de restauración fue recuperar el funcionamiento hidrogeológico y ecológico del sistema. Para mejorar la conectividad hídrica se realizaron dos acciones concretas, que fueron la limpieza y extracción de sedimento del humedal. Las variables que utilizaron para medir el comportamiento del carrizo en las diferentes zonas (Bocegal, ZNR-Zona no restaurada, ZQ-zona quemada, ZR-zona restaurada y ZREB-zona rebajada) fueron densidad y altura de tallos de carrizo. Con el retiro de sedimentos del canal de conexión entre el humedal y el río mantuvieron una conexión hídrica, también sirvió para mantener conectividad entre los ojos del humedal. Ampliaron el bosque de ribera en varias zonas del río con *Salix sp.*,



*Rosa* sp., *Populus alba* L., entre otros. Las zonas restaurada y quemada presentaron mayor número de individuos vivos, la zona rebajada no tuvo tiempo suficiente para que desarrolle una comunidad densa. La vegetación formada de carrizo disminuyó de 2.7 ha a 2.1 ha, el área de la vegetación emergente (biodiversidad vegetal) aumentó de 0.05 ha a 0.38 ha., y la superficie de agua aumentó de 0.7 ha a 1.9 ha.

Toro *et al.* (2012) realizaron el proyecto piloto Restauración Ecológica de Áreas de Páramo y Conservación de Nacientes y Humedales Altoandinos en dos comunidades (Gavidia-Mixteque) y Tuñame, ubicados en Venezuela. Los páramos andinos de estas comunidades presentaban diversos niveles de conservación, y estaban siendo amenazados por actividades agrícolas, ganaderas, sobrepastoreo, la forestación con especies exóticas, incendios de vegetación, afectando nacientes, humedales y pantanos sumado a la demanda de agua para riego. En ese contexto priorizaron realizar acciones de conservación y recuperación de las áreas estratégicas y servicios ambientales con el fin de aumentar la cobertura vegetal para contribuir a mejorar la provisión del agua en calidad y cantidad. El proyecto tuvo dos componentes orientados al objetivo de la conservación y recuperación de áreas de páramo: el primero fue la restauración ecológica de áreas degradadas y bordes de quebradas basada en un enfoque metodológico, mientras que el segundo se orientó hacia la conservación de nacientes y humedales altoandinos. Los resultados conseguidos en el primer componente fueron: instalación de 20 áreas con siembra nativa, tres áreas con núcleos de regeneración, tres áreas con perchas para aves, un área con reubicación de plantas, una cerca viva y un sendero ecológico de interpretación en el lugar piloto de Tuñame. Para el Sitio Piloto Mixteque, hubo cinco áreas sembradas con plantas nativas; un total de 1 140 plantas nativas han sido sembradas en ambos sitios piloto. Los resultados conseguidos en el segundo componente fueron: la identificación de 137 nacientes (lograron cercar 4) y 2 212.4 ha de pequeños humedales (lograron cercar 9 humedales) en Tuñame. Para el sitio de Mixteque identificaron 8 nacientes y 7.76 ha de humedales (lograron cercar 1 humedal) para la conservación, y cercaron un humedal en la zona alta del páramo. Los participantes locales contaron con viveros, equipos y conocimientos técnicos para ayudar a la sostenibilidad de sus recursos en el tiempo.

Insuasty-Torres *et al.* (2011) evaluaron tres estrategias de restauración ecológica en los páramos de áreas afectadas por pastoreo. El desarrollo de este estudio fue realizado en Colombia en el Parque Nacional Natural Chingaza, en el sector de Lagunas de Siecha, a 3 400 m.s.n.m. El estudio tuvo como finalidad iniciar, acelerar y direccionar los procesos de sucesión-regeneración hacia estados sucesionales característicos de un páramo. La primera estrategia consistió en la descompactación del suelo y trasplante de suelo provenientes de zonas conservadas; en ambas acciones instalaron parcelas y evaluaron la riqueza y cobertura de las especies presentes. La segunda estrategia evaluada fue la siembra de *Lupinus bogotensis* Benth. como especie fijadora de nitrógeno y facilitadora de la sucesión vegetal en parcelas donde estaban trasplantadas *Espeletia grandiflora* Bonpl. y macollas de pajonal. La tercera estrategia consistió en el trasplante de individuos de *E. grandiflora* y macollas de pajonal en áreas con pastos exóticos; evaluaron tres tratamientos de trasplante diferenciados por la altura de la planta y los individuos fueron extraídos de zonas de páramo en estado avanzado de regeneración. En el monitoreo del crecimiento de las plantas trasplantadas evaluaron la altura de la roseta y calcularon la tasa de crecimiento anual relativa en altura, además se estimó la supervivencia como el porcentaje de plantas vivas en cada parcela. Entre los resultados se infiere que el trasplante de la *E. grandiflora* y macollas fue una buena estrategia porque facilita la creación de núcleos de regeneración, sobreviviendo aproximadamente el 74.62 % de todos los individuos trasplantados (n=600) a dos años después de la siembra, las categorías de tamaño medio y grande presentaron los niveles más altos de supervivencia. A dos años de iniciado la investigación los individuos de categoría pequeña mediana y grande tenían alturas de aproximadamente 11.94 cm; 16.3 cm y 22.07 cm respectivamente. Además, la descompactación y siembra de *L. bogotensis* favorecen la dinámica y estructura de la vegetación.

Avila y Vargas (2011) realizaron el proyecto núcleos de restauración de *Lupinus bogotensis* en claros de plantaciones de *Pinus patula* Schltdl. y Cham. y *Cupressus lusitánica* Mill. con el objetivo de encontrar estrategias para activar los procesos de sucesión dentro de las plantaciones. La investigación se llevó a cabo en la zona rural de Usme en el embalse de Chisaca (Bogotá - Colombia) a 3 200 m.s.n.m. aproximadamente, encontrándose el bosque alto andino altamente fragmentado en la que sólo permanecen algunos relictos de bosque y matorral. Para cumplir con el objetivo usaron núcleos de restauración utilizando una matriz de *L. bogotensis* mezclada con especies pioneras

(*Verbesina crassiramea* S.F. Blake, *Smallanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob. y *Solanum oblongifolium* Dunal), además, instalaron parcelas de cada una de las especies pioneras como parcelas control. En los núcleos analizaron el efecto de *L. bogotensis* sobre las especies pioneras y el efecto de los parámetros ambientales sobre el crecimiento de las plantas. El diseño experimental fue completamente aleatorizado en 4 bloques y midieron variables bióticas (altura, daño foliar, porcentaje de sobrevivencia y cobertura de *L. bogotensis*) y variables abióticas (temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, entre otros). Durante el monitoreo, *L. bogotensis* tuvo un efecto positivo en el crecimiento de *S. pyramidalis*, un efecto negativo en *S. oblongifolium* y un efecto neutro en *V. crassiramea*. El tratamiento con *L. bogotensis* para *S. pyramidalis* presentó la mayor altura promedio (1.95 m), el mejor promedio se obtuvo en parcelas sin *L. bogotensis* (2 m). *S. oblongifolium* fue la especie que registró los niveles de daño más bajos (12 % sin *L. bogotensis* y 18 % con *L. bogotensis*). Los bloques con mayor cobertura de *L. bogotensis* fueron el bloque 2 con 85.6 %, y el bloque 3 con 56.1 %, seguido de los bloques 1 y 4 con 54 % y 34 % respectivamente. Las condiciones ambientales fueron determinantes en los claros donde instalaron las parcelas. Los claros grandes, con mayor incidencia de luz, con suelos ricos en fósforo y calcio y buenas tasas de infiltración aceleran las tasas de crecimiento de las cuatro especies.

Medina y Aléndez (2014) desarrollaron el proyecto de restauración ecológica participativa en el Bosque Sho'llet - Villa Rica, Pasco, como estrategia de disminución de la vulnerabilidad al cambio climático. El proyecto buscó contribuir al restablecimiento de los ecosistemas y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos de regulación y provisión del recurso hídrico. La metodología desarrollada en el proceso de restauración fue la nucleación. Realizaron una evaluación en la parcela testigo para definir las especies a restaurar, dicha parcela se encontró en una etapa de sucesión más avanzada al área de restauración; por lo tanto, las especies de plantas definidas para los tratamientos corresponden a las etapas siguientes a la cronosecuencia. La parcela testigo fue subdividida en 5 subparcelas y realizaron un inventario biológico de las especies de plantas presentes y en relación con los datos obtenidos (identificados taxonómicamente y codificados), realizaron el tratamiento por nucleación de tipo A (núcleos con diámetros de 5 m de área de siembra), en el tratamiento de tipo B (núcleos de diámetros de 3 m de área de siembra). En el proyecto piloto, instalaron 18 núcleos piloto con diversas especies dinamogénicas

en las áreas degradadas del Bosque Sho'llet; 8 núcleos tipo A, con un total de 327 plantas sembradas con un promedio de 43 plantas nativas por núcleo y 10 núcleos tipo B, con un total de 227 plantas y un promedio de 23 plantas por núcleo. Identificaron una área deforestada y georreferenciada; además, recuperaron 3 ha de área deforestada mediante la restauración ecológica participativa, utilizando la metodología de nucleación.

MINAM (2014e) desarrolló el proyecto comunitario de recuperación de humedales andinos en el departamento de Apurímac en los distritos de Huayana y Pomacocha como estrategia para la adaptación al cambio climático y gestión de recurso hídrico. El objetivo del proyecto fue de iniciar acciones de protección y recuperación de humedales a partir de una participación social efectiva para ayudar a la resiliencia de los ecosistemas de alta montaña y el mantenimiento de la regulación y provisión de agua, esto debido a las diversas amenazas sobre los humedales como la ocupación de bofedales para pastoreo, la degradación de las pasturas por sobrepastoreo, variabilidad climática, entre otros. La restauración de humedales tuvo un enfoque metodológico participativo, obteniendo los siguientes resultados: se priorizó los humedales a recuperar considerando la importancia y beneficios que estos puedan ofrecer a la comunidades generando acuerdos en cada distrito; se protegió los humedales mediante la recuperación y reforestación con especies nativas alrededor de los manantes; ejecutaron acciones de recuperación para siembra de agua; protegieron 10 humedales con una superficie total de 25.1 ha en el distrito de Huayana, así como cuatro humedales con una superficie total de 65.0 ha en el distrito de Pomacocha; se estableció un vivero, de los cuales produjeron 5 000 plantas nativas (queñua, putaca, checche, entre otros) que fueron instaladas para formar cercos naturales.

Cabezas (2012) realizó una investigación para proponer realizar un plan de manejo para la restauración de 2 humedales ubicados en los páramos de la comunidad de Chilcapamba, provincia de Tungurahua, en Ecuador. Estos humedales estaban siendo amenazados por la quema de pajonales, sobrepastoreo y expansión agrícola que deterioran su riqueza biológica, su funcionamiento ecológico e hidrológico, afectando a los pobladores en la demanda de agua para consumo, riego y la actividad ganadera. En ese contexto elaboraron un plan de manejo que permita tener un buen uso del páramo y en especial de los humedales, considerando la importancia social, productiva y ecológica. La

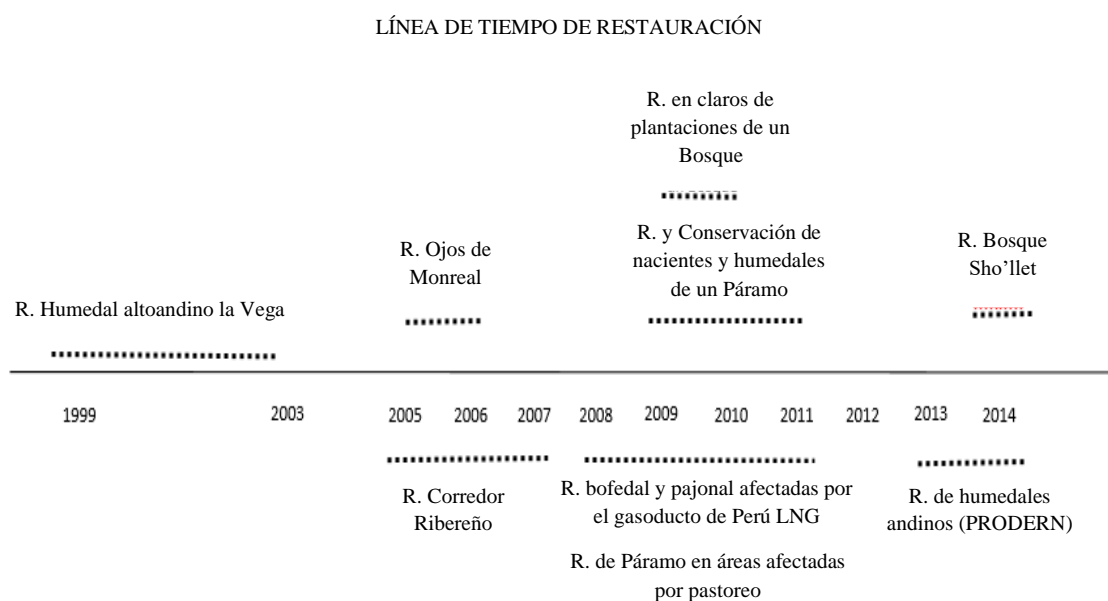
investigación fue realizada con un enfoque metodológico participativo y consideró realizar un diagnóstico socioeconómico de la comunidad, determinación y caracterización de humedales del páramo y la elaboración del plan de manejo y restauración de humedales. Los resultados del estudio fueron: la comunidad de Chilcapamba cuenta con 240 habitantes agrupados en 48 familias, el 37.9 % de los individuos se dedica a la agricultura, el 20 % a la ganadería; el 33.3 % de las familias tienen agua que proviene del páramo y de los humedales; solo el 6 % de las familias tiene disponibilidad de agua para riego. La comunidad cuenta en total con 98 ha de superficie, 15 ha de humedales y 49 ha de páramo, también tiene área de bosque (29 ha) y zonas deforestadas (5 ha); en el área del humedal ubicaron 2 parcelas en forma de cruz (60 m x 2 m), en ellas registraron 547 individuos dentro de los humedales, la familia con mayor número de especies fue Asteraceae (201 individuos). Las especies de mayor importancia fueron *Werneria pumila* Kunth y *Gentianella hirculus* (Griseb.) Fabris. Para la medición del caudal utilizaron dos métodos (flotación y volumétrico). Los valores del caudal con el método del flotador del humedal número 1 y número 2 fueron 6.27 l/s y 5.76 l/s respectivamente, los valores del caudal del humedal con el método volumétrico fueron de 3.02 l/s (primer humedal) y 1.88 l/s (segundo humedal); el investigador refiere que los datos de caudal hallados con el método volumétrico fue el que más se asemejó a la realidad del humedal. El autor concluyó que el bajo caudal registrado fue por la intervención del hombre y al sobrepastoreo. Para la elaboración del plan consideró establecer normas para el uso y manejo de humedales, asimismo consideró elaborar programas que permitan la restauración y conservación de humedales tales como: capacitación sobre el cuidado y manejo de los recursos naturales, restauración y protección de humedales (construcción de bebederos) y proyectos alternativos (construcción de senderos y miradores).

Squeo *et al.* (2006a) realizaron un experimento de restauración ecológica en la parte alta de la Vega – Tambo, ubicado en la cordillera Doña Ana, Región Coquimbo, Chile. La investigación tuvo como objetivo evaluar técnicas de revegetación / recuperación de vegas. En el humedal altoandino desarrollaron dos tratamientos: el trasplante indirecto y directo, y adicionalmente realizaron pequeñas obras de redistribución de agua. El trasplante indirecto se desarrolló entre los años 1999 y 2000, se colectaron especies de gramínea dominantes de la vega (*Deschampsia cespitosa* (L) P. Beauv., *Deyeuxia velutina* Nees y Meyen y *Hordeum comosum* J. Presl), las que fueron propagadas en un invernadero para finalmente

transportarlas y sembrarlas en el terreno, bajo un diseño en mosaico para recrear las características naturales del sitio. El trasplante directo de plantas de vega fue realizado en el año 2001, trasplantaron directamente champas (10 cm x 10 cm) extraídas del bofedal “Vega Tambo”. La extracción de champa fue realizada en sectores de alta cobertura. El trasplante directo fue realizado con el propósito de extender el área de revegetación y aumentar la densidad y cobertura de vegetación del humedal. En los sectores revegetados establecieron tres parcelas de monitoreo permanente de 200 m<sup>2</sup> evaluados anualmente entre los años 1999 y 2003. Los resultados del monitoreo fueron: antes de la plantación (1998), todas las parcelas tenían muy baja recolonización natural, con una densidad promedio de 7 plantas por metro cuadrado y cobertura inferior al 1.7 %; luego de la primera plantación (1999), la densidad fue de 5 y 18 plantas por metro cuadrado y la cobertura vegetal absoluta fue de 2.6±1.4 % de la superficie; posteriormente en el año 2001, la densidad de las plantas superó las 31 plantas por metro cuadrado; finalmente en el año 2002, no pudieron determinar la densidad de las plantas por producirse una elevada superposición de individuos. También lograron incrementar la cobertura vegetal promedio desde 1.7±1.3 % del año 1998 hasta 37.7±11.2 % de mayo del año 2003. En los sectores no manejados experimentalmente la cobertura vegetal estuvo entre 2 y 5 %. Al término de este experimento lograron revegetar una superficie cercana a los 10 000 m<sup>2</sup>.

Linares-Palomino *et al.* (2013) implementaron el plan de biorrestauración del proyecto del gasoducto de PERÚ LNG, para proteger la capa superficial del suelo y restaurar inmediatamente la vegetación afectada (del derecho de vía (DDV), caminos, zonas de construcción, áreas de almacenamiento de tuberías, atajos, entre otros) por la construcción del gasoducto (de 408 km) con el fin de reducir la erosión. Los principales sistemas naturales afectados fueron las praderas altoandinas como los bofedales, pajonales y matorrales. El gasoducto comienza en la localidad de Chiquintirca en la cuenca alta del río Apurímac, a 2 900 m.s.n.m., pasando por los andes centrales (departamentos de Ayacucho y Huancavelica) hasta descender a la planicie costera de Ica y Lima (Dallmeier *et al.*, 2009; Linares-Palomino *et al.*, 2013). La revegetación del DDV sólo cubrió 207 km del ducto que comprenden 10 unidades ecológicas (Apurímac, Campana, Torobamba, Sillaccasa, Yucay, Huamanga, Vinchos, Apacheta, Pampas y Huaytará); y se realizó en tres campañas antes del comienzo de la época de lluvias, desde el 2008 al 2010. Asimismo, realizaron dos salidas de campo durante los años 2010 y 2011 para tomar datos de la

composición de especies y el porcentaje de la cobertura de la vegetación con el fin de evaluar su restablecimiento y compararlo con zonas no perturbadas por el ducto fuera del DDV. El plan inició con la reconstitución de la capa superior del suelo del DDV y otras áreas contiguas que habían sido anteriormente removidas, almacenadas y protegidas, seguida por la revegetación con plantas nativas y naturalizadas de crecimiento rápido. Para repoblar con vegetación las áreas afectadas durante la construcción y operación del gasoducto, aplicaron varios tratamientos al suelo y técnicas de siembra. Para el tratamiento del suelo añadieron fuente de fósforo y abono orgánico con el fin de mejorar las características físico-químicas del suelo y generar condiciones favorables para la fase de siembra. También sembraron especies de crecimiento rápido, realizaron translocación, hidrosiembra y técnicas para hábitats específicos para finalmente monitorear el proceso. Respecto al trasplante para zonas por encima de 4 200 m.s.n.m., se sembraron pastos nativos perennes (*Festuca rigescens* (J. Presl) Kunth, *F. dolichophylla* J. Presl, *Calamagrostis* spp. y *Scirpus rigidus* Boeckeler) para estabilizar el suelo, controlar la erosión y restaurar la vegetación nativa afectada en aproximadamente 40 km del DDV. Las técnicas específicas para sitios del DDV que atravesaban los bofedales, que incluyó la remoción y la reposición de los colchones de bofedales. Entre los resultados se encontraron diferencias significativas en la cobertura vegetal total registrada dentro y fuera del DDV, así como entre años.



*Figura 1.* Línea de tiempo de procesos de restauración ecológica.  
*Fuente:* Elaboración propia.

El promedio de la cobertura vegetal total dentro del DDV fue de 51 % y 40 % (en 2010 y 2011 respectivamente), mientras que fuera del DDV fue de 71 % y 59 % (en 2010 y 2011 respectivamente). También hubo diferencias significativas en la cobertura vegetal total de especies nativas entre los transectos estudiados dentro y fuera del DDV y entre años. La cubierta vegetal nativa en el 2010 cubrió el 71 % fuera y el 34 % dentro del DDV, mientras que, en el 2011, fue de 59 % y 29 % respectivamente. Además, observaron una reducción significativa en la cobertura vegetal no nativa del 16 % al 12 % en 2010 y 2011 correspondientemente. Otra diferencia significativa fue en la proporción de la vegetación nativa con relación a la vegetación total entre las unidades ecológicas y entre los años, Pampas (98 %), Apacheta (94 %) y Huaytará (89 %) tuvieron los mayores porcentajes de vegetación nativa en los años 2010 y 2011, mientras que las menores proporciones en el 2010 se observaron en Campana (16 %), Apurímac (29 %) y Torobamba (42 %) en el 2010, y en el 2011 en Apurímac (34 %) y Campana (49 %).

En la Figura 1, se observa los periodos de los procesos de restauración mencionados en los antecedentes. Asimismo, en la Tabla 1, se hace referencia de los resultados relevantes o avances de estos procesos de restauración.

Tabla 1

*Resultados relevantes y/o avances de procesos de restauración*

PAÍS	CASOS DE RESTAURACIÓN	TIEMPO
Chile	R. del humedal altoandino la Vega: Se logró el establecimiento de parcelas de monitoreo permanente de 200 m <sup>2</sup> , se incrementó de la cobertura vegetal desde 1.7 ± 1.3 % hasta 37.7 ± 11.2 %, se revegetó diez mil metros cuadrados de área.	Entre los años de 1999 y marzo del 2003
España	De los ojos de Monreal: Se realizó limpieza y extracción de sedimento del humedal, se incrementó de la superficie de la vegetación acuática, se incrementó la superficie de agua y se redujo la cobertura de carrizo.	
Colombia	R. de un corredor ribereño: Después de 20 meses, se incrementó la riqueza, diversidad de macroinvertebrados y el porcentaje de especies indicadores de buena calidad del agua, también disminuyó la abundancia y porcentaje de especies asociados a problemas de sedimentación y contaminación. La recuperación de la vegetación contribuyó a la mejora de las características bióticas y abióticas, no obstante, la vegetación nativa estuvo inhibida por el crecimiento de gramíneas exóticas.	Entre los años 2005 y 2007.

*Fuente:* Elaboración propia.



Tabla 1

Resultados relevantes y/o avances de procesos de restauración (continuación)

PAÍS	CASOS DE RESTAURACIÓN	TIEMPO
Colombia	R. en los páramos de áreas afectadas por pastoreo: Después de 24 meses, el trasplante constituyó una buena estrategia porque facilitó la creación de núcleos de regeneración; la descompactación y siembra mejoran las condiciones ambientales, favoreciendo la dinámica y estructura de la comunidad vegetal.	Desde setiembre del año 2008 hasta setiembre del año 2010
Perú	R. de áreas afectadas por el gasoducto de Perú LNG: Hubo una disminución de la cobertura vegetal total dentro y fuera del DDV entre 2010 y 2011. En lugares de gran altitud (3 841 m.s.n.m. – 4 900 m.s.n.m.) como Apacheta, Huaytará y las Pampas se presentó bajo porcentaje de cobertura. Además, hubo una reducción de la cobertura vegetal no nativa entre 2010 y 2011. Pampas, Apacheta y Huaytará presentaron los mayores porcentajes con vegetación nativa en ambos años.	Entre los años de 2008 y 2011
Colombia	R. en claros de plantaciones: Después de 8 meses, la nucleación de <i>L. bogotensis</i> en asociación con la especie pionera ( <i>S. pyramidalis</i> ) fue importante para activar la sucesión ya que promovió el crecimiento de <i>S. pyramidalis</i> . Vale mencionar que el mejor promedio de crecimiento de las especies pioneras se obtuvo en parcelas sin <i>L. bogotensis</i> .	Desde junio del año 2009 hasta febrero del año 2010
Venezuela	R. y conservación de nacientes y humedales: Se logró el establecimiento de núcleos de regeneración, reubicación de plantas y el aislamiento con cercos ganaderos para evitar el ingreso de ganado en áreas de importancia hídrica.	Entre los años de 2009 y 2011
Perú	R. de humedales andinos: Después de un año se logró la restauración de 100 ha de bofedales y un cambio de provisión del agua de 1.5 a 4.7 l/s en época seca	Entre los años de 2013 y 2014
Perú	R. en el Bosque Sho'llet: Se logró como avance, la recuperación de 3 ha de área degradada del bosque con la implantación de 18 núcleos piloto con diversas especies dinamogénicas.	Desde oct del año 2014 hasta dic del año 2014

Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.2. Estudios realizados en bofedales

Los ecosistemas como las turberas son reconocidos a nivel mundial por funcionar como grandes reservorios naturales de agua dulce, por almacenar carbono, albergar una riqueza única de especies, beneficiando ambiental y económicamente a la sociedad (Díaz *et al.*, 2008). Estas turberas también son conocidas en países de Colombia, Ecuador y Argentina como ecosistemas de alta montaña, considerados muy frágiles porque son fácilmente alterados por factores como el cambio climático, el sobrepastoreo, la agricultura intensiva, la construcción de carreteras, la minería, entre otros (Izurieta, 2005). Estos factores generan procesos de degradación de las praderas altoandinas (bofedales, pajonales, etc.) ocasionando la reducción de la infiltración y retención del agua, reducción de la

cobertura vegetal, pérdida de especies nativas, compactación del suelo por efecto del pisoteo del ganado, disminución de la disponibilidad de alimento para los animales, incremento de la erosión y otros (COSUDE y MINAM, 2014a). Cabe indicar que los bofedales son un tipo particular de turberas de alta montaña ubicados en los andes centrales, formados por las principales plantas de la familia de la juncaceae, y alimentados por agua subterránea asociada a riachuelos procedente de glaciares, precipitaciones y descongelamiento de la nieve (Squeo *et al.*, 2006b).

El término bofedal es muy utilizado en países como Perú, Bolivia y Chile, por poseer zonas altas, ideales para el desarrollo de este tipo de vegetación, con potencial forrajero y con un suelo permanentemente húmedo, idóneo para alimento de camélidos domésticos (alpacas y llamas); proporcionando en épocas de lluvia y especialmente en épocas secas forraje de muy alta calidad (Alzérreca *et al.*, 2001).

Son varios los problemas que se presentan en los bofedales, el pastoreo continuo es el principal problema porque reduce la cobertura de la vegetación. Además, otros problemas que los bofedales tienen son la inadecuada circulación del agua y salinización (Hurtado, 2006). La Matta (2017) refiere que existe poco conocimiento científico sobre la composición florística de la comunidad vegetal de los humedales. Se puede evidenciar que la estructura y composición de la vegetación de los humedales ha experimentado un considerable cambio debido principalmente al sobrepastoreo, ocasionando la reducción de la cobertura vegetal y la diversidad (Izurieta, 2005). Debido a estas condiciones en la actualidad se reconoce la necesidad de conservar y usar racionalmente los bofedales; sin embargo, la información oportuna sobre las características y funciones de los bofedales de la puna peruana es aún muy escasa (Salvador *et al.*, 2014).

Los estudios de bofedales en el Perú se realizaron principalmente para la elaboración de inventarios biológicos. A continuación, se presenta algunos estudios realizados en este tipo de humedales altoandinos.

Salvador *et al.* (2014) realizaron un estudio entre marzo y abril del año 2010 en la Reserva Nacional de Junín, Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (en los departamentos de Arequipa y Moquegua) y Mina Huarón (en el departamento de Pasco) e indicaron que las turberas constituyen uno de los recursos hídricos más significativos de la puna. Evaluaron 24 turberas, la mayoría (96 %) de estas estaban a una altitud mayor de 4 000 m.s.n.m., alimentadas por agua subterránea provenientes de manantiales, arroyos, lagos y ríos, mientras que los bofedales ubicados a más de 4 500 m.s.n.m eran alimentados por agua de deshielo. En lo concerniente a la forma de crecimiento, el 46 % estaban dominados exclusivamente por cojines. En términos de especies de plantas formadoras de turba el 42 % de los bofedales fueron dominados por una mezcla de *Distichia*. Además, observaron que la mayoría de los bofedales estuvieron altamente perturbados debido al pastoreo (71 %), construcción de carreteras (58 %) y extracción de la turba (46 %). Las reservas naturales fueron las más perturbadas por el pastoreo y extracción de turba mientras que los sitios de minería fueron las más alteradas por la construcción de carreteras.

Según Ramírez (2011), en su estudio sobre la flora vascular y vegetación de humedales de Conococha, Ancash, realizado entre los años 2008 (final de la época seca) y 2009 (final de la época húmeda), caracterizó tres tipos de comunidades vegetales por medio de transectos. Registró 67 especies en los bofedales, con valores intermedios siendo el índice de Shannon Wiener (1.74 bit/unidad cobertura), Simpson (0.24) y equitatividad (0.75). Según el análisis de correspondencia, presentó dos tipos de bofedales en función a su dominancia, forma de vida y nivel de inundación del suelo. El primer bofedal de plantas pulvinadas se registraron 43 especies, siendo la *Distichia filamentosa* Griseb. y *Plantago rigida* Kunth las especies dominantes de un bofedal pastoreado ocasionalmente. El segundo bofedal graminoide estuvo cubierto por canales y cuerpos de agua con islas de vegetación, se registraron 57 especies, siendo la especie dominante la *Festuca rigescens*, pareciéndose por su fisonomía a un pajonal hidrófilo, y esta zona se encontró afectada por el sobrepastoreo constante por vacas, caballos y ovejas.

Mostacero *et al.* (2013) afirmaron que los ecosistemas altoandinos (bofedales) del norte del Perú (Ancash, Piura, La Libertad, Cajamarca y Lambayeque) son únicos, con una

composición florística conformada por 72 especies de plantas que requieren ser conservadas y protegidas, ya que juegan un rol importante en el equilibrio de la puna y jalca del Perú, además de ser amortiguadores de efectos de la contaminación provocada por el hombre (sobrepastoreo, minería, entre otros).

## **1.2. Marco histórico**

### **1.2.1. Situación Histórica de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas**

La Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC), es un Área Natural Protegida por el Estado Peruano creada el 1 de mayo del año 2001, fue clasificada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como “Categoría V”, lo cual implica que es un área de uso directo. La Reserva Paisajística se ubica en las provincias de Yauyos y Cochas en los departamentos de Lima y Junín respectivamente, tiene un área de 221 268.48 ha y tiene como objetivo “la conservación de la cuenca alta del río Cañete y la cuenca del río Pachacayo que albergan diversos ecosistemas”. Los distritos que forman parte de la Reserva son: Huancaya, Tanta, Vitis, Miraflores, Alis, Tomas, Laraos, Carania y Canchayllo. Por sus características biogeográficas y ubicación como cabecera de cuenca, es proveedora de servicios ecosistémicos como la provisión de agua necesaria para el consumo humano y el desarrollo de actividades como la agricultura, piscicultura, ganadería, turismo y producción de energía eléctrica, entre otros (INRENA, 2006).

La Reserva está dominada por paisajes de alta montaña (laderas, vertientes, valles, etc.); la cobertura vegetal que ocupa la mayor área son los herbazales altoandinos (pajonal, bofedal y césped de puna) distribuidos sobre los 3 800 m.s.n.m., representando aproximadamente el 68.6 % del área. De esta proporción el 91.2 % es aprovechado como pasto natural generando pérdida de productividad. En el área de la RPNYC existe una gran apropiación de tierras por comunidades campesinas adquiridas antes de la creación de la Reserva Paisajística, por consiguiente, poseen derechos para su uso. La ganadería introducida (vacuno y ovino), desde el tiempo de la conquista, prácticamente desplazó a la ganadería nativa (llamas, alpacas y vicuñas) debido al pastoreo continuo y sincronizado de ganado. Debido a ello, se considera que tanto el conocimiento como la evaluación del potencial de los pastizales altoandinos facilitarán la formulación de planes que permitan

regular el pastoreo, especialmente en tierras comunales, debido a la cantidad de problemas que presentan. Lo principal es limitar la carga animal, luego recuperar las áreas degradadas por el uso, también programar un manejo del ganado más adecuado a las características de la vegetación, e incluir algunas técnicas de acrecentamiento afines con las características bioclimáticas del sitio (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

### **1.2.2. Descripción de la zona de estudio**

Actualmente en el distrito de Huancaya, Yauyos-Lima, la ganadería incorporada se propagó y se difundió sin control alguno en las praderas altoandinas, perturbando la ecología del sector de Yanama. El sector de Yanama, ubicado en el distrito de Huancaya, tiene un área aproximada de 527 ha y el área del bofedal de alrededor de 13.5 ha. Asimismo, la imagen (ver Apéndice 1) capturada del sector de Yanama y Apas muestra que desde el año 1969 existió corrales ganaderos instalados, evidenciándose el desarrollo de la actividad ganadera; por otra parte, se identificaron dos lagunas a 4 537 m.s.n.m. y 4 592 m.s.n.m. respectivamente. Las montañas que rodean ambas lagunas se cubren de nieve en la época de lluvia (entre los meses de noviembre y abril). El 14 de noviembre del año 2015 se midió el caudal del bofedal en el sector de Yanama, los valores registrados fueron de 8 l/s y 10 l/s a las 9:00 a.m. y 12:30 p.m. respectivamente. El descongelamiento de la nieve logró incrementar el caudal del bofedal a través de afloramiento subterráneo (existe por lo menos 4 ojos de agua) que alimentan el área total del bofedal.

En diciembre del año 2015 el Patronato de la RPNYC, SERNANP, UCSS y la Comunidad Campesina de Huancaya realizaron una reunión para informar sobre los alcances de la restauración ecológica en Huancaya, en dicha reunión los comuneros de la Comunidad de Huancaya indicaron que la actividad ganadera vacuna se incrementó desde hace aproximadamente 20 años (Libro de actas de la C.C. de Huancaya, 2000 - 2015). En el sector de Yanama existen principalmente tres comunidades vegetales (pajonal, bofedal y césped de puna); también se observó que el ganado vacuno se alimenta a altitudes de 4 600 m.s.n.m. Esta actividad antrópica, así como los impactos del cambio climático, están dañando, degradando y transformando sus diversos ecosistemas, por ejemplo, alterando la regulación hídrica de los bofedales; hasta que estos ecosistemas no puedan reestablecerse por sí solos.

### **1.2.3. Factores del medio ambiente**

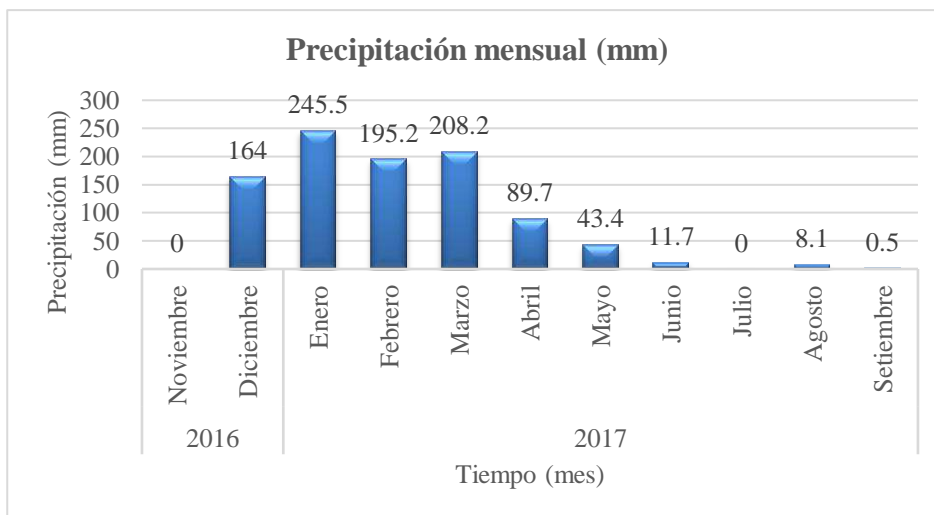
#### **a. Clima**

Según el Mapa Climático del Perú elaborado con el método de Werren Thornthwaite, el sector de Yanama presenta un Clima Lluvioso Semifrígido (De Tundra). Este tipo de clima en la región andina se extiende desde los 3 500 hasta los 6 000 m.s.n.m. Presenta lluvias anuales, en promedio 700 mm. La temperatura media anual es semifrígida con aproximadamente 7 °C y nieves perpetuas de zonas altoandinas. Presenta inviernos secos con heladas moderadas y veranos lluviosos (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2018a).

Los parámetros climatológicos de precipitación, temperatura, clasificación climática y de la vegetación son recolectados por el SENAMHI en la estación meteorológica de Vilca, ubicado en el distrito de Huancaya a 3 832 m.s.n.m., en las coordenadas (Latitud: 12° 06' 52.44" y Longitud: 75° 49' 34.21"). Por otra parte, se muestra los datos recolectados de la estación meteorológica de Vilca, tipo convencional, desde noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2017 (ver Apéndice 2) (SENAMHI, 2018b).

#### **b. Precipitación:**

La precipitación durante el periodo de investigación (20 de noviembre del año 2016 hasta 5 de setiembre del año 2017) fue aproximadamente 966.3 mm. Se presentaron lluvias en la mayoría de los meses. En diciembre se aprecia un incremento gradual de precipitación hasta el mes de marzo, descendiendo luego hasta el mes de setiembre. Los valores máximos se presentan entre enero y marzo y los mínimos en noviembre del año 2016 y julio del año 2017. A continuación, se muestra en la Figura 2 los datos registrados por la estación meteorológica de Vilca.



*Figura 2.* Variación mensual de la precipitación registrada en la estación meteorológica de Vilca, durante el periodo de investigación, sector Yanama, Huancaya – Yauyos. *Fuente:* SENAMHI, 2018.

### c. Temperatura

Los datos de temperatura registrados en la estación meteorológica de Vilca se muestran en la Figura 3. El valor de la temperatura promedio máximo y mínimo fue de 18.79 °C y 3.7 °C respectivamente, siendo el valor de temperatura promedio mensual para la estación de 11.3 °C.

La distribución de la temperatura por cada mes durante el periodo de estudio muestra valores de temperatura máximos y mínimos. En la Figura 3, se observa que las curvas de temperatura máxima y mínima se acercan en periodo de lluvias, las curvas no alcanzan valores extremos de temperatura es decir los meses son menos calurosos y menos fríos respectivamente. Todo lo contrario, ocurre en la época seca, las curvas se alejan y alcanzan valores extremos de temperatura, es decir, los meses son más calurosos y más fríos alcanzando temperaturas debajo de 0 °C.

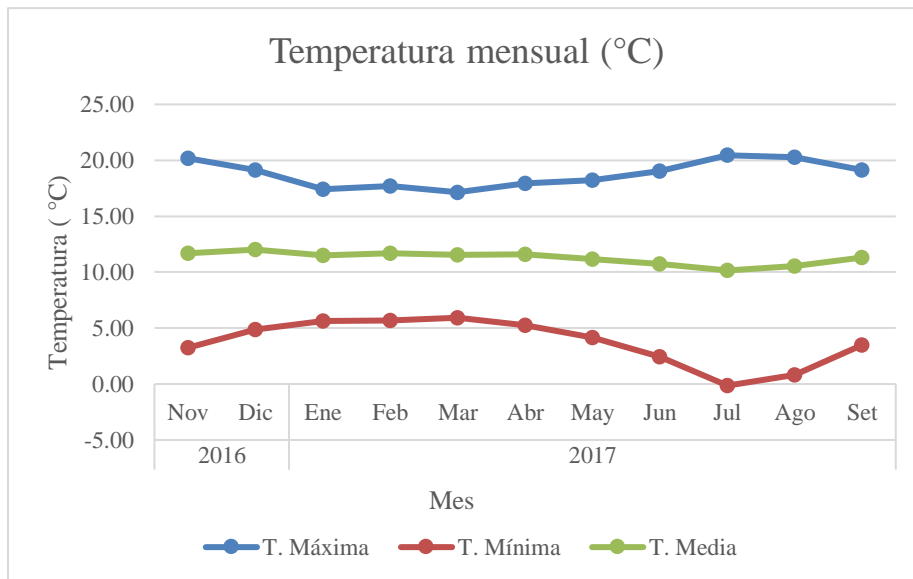


Figura 3. Variación mensual de la temperatura (°C) máxima y mínima registrada en la estación meteorológica Vilca- Huancaya entre noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2017. Fuente: SENAMHI, 2018.

d. Clasificación climática y de la vegetación

Según la clasificación de Zonas de vida de Holdridge, el sector de Yanama esta en la zona de vida Tundra Pluvial Alpino Subtropical (tp-AS), geográficamente la zona de vida se localiza entre los 4 300 m.s.n.m. y 5 000 m.s.n.m. El tipo de vegetación principalmente está dominado por el pajonal de puna (área de recarga) seguido del bofedal (área húmeda). La especie *Distichia muscoides* es una planta almohadillada y convexa que le atribuye al paisaje de la tundra – alpina una superficie ondulada (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1976).

e. Geología

La RPNYC presenta varias unidades geológicas diferentes en composición y resistencia, a través de las cuales se inician los principales sucesos geodinámicos que modelan los paisajes del Área Natural Protegida. El comportamiento estructural de esta región es el resultado del movimiento tectónico de la cordillera occidental andina, siendo intenso en la zona norte. La formación geológica del sector de Yanama corresponde a la Formación Jumasha (Ks-j) de la era Mesozoico, del Cretáceo Superior. La descripción litológica de este tipo de formación en la RPNYC indica que está constituida de un paquete



calcáreo; en la base se hallan dolomitas y arcillas bituminosas, y calizas que alternan con margas (MINAM, 2011).

#### f. Geomorfología

La RPNYC muestra paisajes de altas montañas cuyas vertientes y laderas exhiben una topografía muy accidentada, separadas fuertemente por fondos de valles profundos y cauces. Según el mapa geomorfológico del Perú, el sector de Yanama tiene un relieve de Colina y montaña cuya descripción es de vertiente montañosa y colina empinada a escarpada (Vs1-e), además presentan pendientes que van de 50 a > 75 % con numerosos escarpes verticales (MINAM, 2011).

#### g. Hidrografía e Hidrología

El sector de Yanama hidrográficamente pertenece a la zona alta de la cuenca del río Cañete, este río inicia su recorrido en la cordillera Pichcahuaria, a los pies del nevado Ticlla, y desemboca en el Océano Pacífico, a unos 215 km de su inicio (INRENA, 2006).

Las aguas del sector de Yanama y del sector Apas se unen para formar un afluente del río Cañete. Otras fuentes hídricas son las lagunas (de origen glaciar) y manantiales (ojos de agua). (Ver Apéndice 3) (Carta Nacional / IGN, 2019).

### **1.3. Bases teóricas especializadas**

#### **1.3.1. Ecología**

La ecología es una ciencia que estudia como los organismos se interrelacionan entre sí y con el medio no viviente (incluyendo factores como la humedad, la luz solar, la temperatura y los principios nutritivos vitales). La ecología estudia principalmente las interacciones que se dan a nivel de organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas y de la ecósfera (Miller, 2002). Esta ciencia se desarrolló en la segunda mitad del siglo XIX, a partir de estudios interdisciplinarios como la biología, paleontología, geología, geografía,

oceanografía, etc. A partir de 1989, Henry Cowles añadió el término de sucesión ecológica, en la cual propuso que en las comunidades se realiza una sucesión ecológica en espacio y tiempo (Calixto *et al.*, 2008).

En tal sentido, la ecología es una ciencia que permite describir, interpretar y predecir los cambios que acontecen en los ecosistemas, por tal motivo aporta conocimientos científicos para abordar procesos de restauración ecológica (Barrera-Cataño *et al.*, 2010).

### **1.3.2. Ecosistema**

Vargas y Velasco (2011) definen al ecosistema como una porción de la naturaleza que tiene unas características particulares, que le permite albergar una variedad de seres vivos que se relacionan mutuamente con su entorno. Además, recomiendan estudiar los ecosistemas por separado para una mejor interpretación del comportamiento de la naturaleza. Algunos de los ecosistemas que existen en la naturaleza son los humedales, los bosques, los desiertos, los páramos, la puna entre otros.

La Sociedad para la Restauración Ecológica [SER] (2004) define que un ecosistema está constituido de la biota que existe en un lugar determinado, el ambiente que la soporta y las interacciones entre éstos. La biota incluye la fauna, la flora y los microorganismos, como las bacterias y los hongos; y el ambiente abiótico o físico incluye el suelo o substrato, la hidrología, el medio atmosférico, el relieve, la topografía del lugar y los regímenes de nutrientes y salinidad.

Stiling (1996) y Begon *et al.* (1999) indican que los ecosistemas tienen la capacidad de almacenar en compartimientos la materia y energía que fluye en la naturaleza. Según Barrera-Cataño *et al.* (2010), un ecosistema tiene tres principales compartimientos, la vegetación, la fauna y el suelo, cada uno compuesto de organismos productores, consumidores y descomponedores respectivamente. En la Tabla 2 se muestran las funciones de los compartimientos de un ecosistema.

Tabla 2

*Funciones de los compartimentos del ecosistema*

<b>Funciones de la Vegetación</b>	<b>Funciones de la fauna</b>	<b>Funciones del suelo</b>
1. Fotosíntesis: Producción de O <sub>2</sub> , fijación de CO <sub>2</sub> , transformación de energía lumínica en química.	1. Respiración: Producción de CO <sub>2</sub> , consumo de O <sub>2</sub> .	1. Soporte para la vegetación y la fauna terrestre.
2. Respiración: Producción de CO <sub>2</sub> .	2. Regulación del ciclo de elementos: C, N, P, K, otros.	2. Hábitat para la fauna edáfica y organismos del suelo.
3. Regulación climática: Reduce la fuerza del viento, regula la temperatura ambiental, el ingreso de luz al suelo y la humedad.	3. Transformación de materia orgánica e inorgánica.	3. Medio donde se da la descomposición de la materia orgánica.
4. Regulación hídrica: Regula la rapidez de caída del agua al suelo.	4. Dispersión de semillas.	4. Contribuye en la regulación del ciclo hidrológico.
5. Hábitat de las especies de fauna.	5. Polinización.	5. Sitio que almacena materia orgánica.
6. Regulación del ciclo del C, N, P, K, otros.	6. Descomposición de materia orgánica.	6. Sitio que sirve como redistribuidor de materia.
	7. Depredación.	
	8. Formadores de suelo: Fragmentan y mezclan la materia orgánica.	

*Fuente:* Barrera-Cataño *et al.* (2010).

Según Vargas y Reyes (2011), los ecosistemas son dinámicos y cambian continuamente según la influencia de factores internos y externos; dicha dinámica se conoce como sucesión ecológica. En el Perú, existe una gran variedad de ecosistemas en las regiones de la costa, sierra y selva, que se distribuyen a nivel latitudinal y longitudinal, mientras que algunos ecosistemas contienen a otros ecosistemas por presentar mayor escala espacial (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015b). Según la Ley General del Ambiente, aprobada en el año 2005, los principales ecosistemas continentales son los bosques tropicales, bosques estacionalmente secos y los ecosistemas frágiles como: Los Humedales, bofedales, lagunas altoandinas, montañas, pantanos, desiertos, páramos, jalcas, entre otros (MINAM, 2015b).

## **Atributos de los ecosistemas**

Las características que permiten estudiar un ecosistema y compararlos con otros, son tres: la composición, la estructura y la función (Ponce de León, 2007). Es decir, estos atributos evalúan el estado de conservación del ecosistema (Noss, 1990), así como también la evaluación y detección de los cambios biológicos y ecológicos (Villarreal *et al.*, 2006). Una forma sencilla para describir y conocer los atributos es realizando inventarios biológicos, el cual contribuye al adecuado uso, manejo y conservación de los recursos del planeta (Haila y Margules, 1996). Cabe indicar que algunas variables de los atributos se miden directamente en campo y otros se evalúan indirectamente en gabinete (SER, 2006).

SER (2004), Ponce de León (2007) y Villarreal *et al.* (2006) coinciden en describir los atributos de un ecosistema de la siguiente manera:

**Composición:** Son aquellas variables que describen la intervención de las distintas especies biológicas presentes en un ecosistema, en términos de su identidad taxonómica, cantidad de especies, las asociaciones entre ellas y la etapa sucesional. Una de las principales variables es la diversidad, la cual se considera tanto cantidad de especies como la abundancia relativa de cada una.

**Estructura:** Es aquel conjunto de variables concernientes a toda la información de un atributo poblacional, como abundancia (densidad o frecuencia de aparición), cobertura, biomasa, las cuales varían según la etapa sucesional. Otras variables son: la estratificación de la vegetación (bosque, humedal, etc.), la distribución de la fauna en las diferentes formas de vegetación, entre otros.

**Función:** Son aquellas variables relacionadas con flujos (materia y energía) y cambios del ecosistema, que incluyen el mantenimiento de la productividad, las interacciones entre especies, la sucesión, los ciclos biogeoquímicos, la provisión de servicios del ecosistema, entre otros.

## Servicios ecosistémicos

Millennium Ecosystem Assessment [MEA] (2005) define los “servicios ecosistémicos” como aquellos beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos beneficios pueden ser de dos tipos: directos e indirectos (Tabla 3).

Tabla 3

### *Beneficios de los servicios ecosistémicos*

<b>Beneficios directos</b>	<b>Servicio de aprovisionamiento</b>	<b>Producción de provisión de agua, alimentos, combustible, madera y fibra</b>
	Servicio de regulación	La regulación del clima, de ciclos como las inundaciones, degradación de suelos, desecación y salinización pestes y enfermedades.
Beneficios indirectos	Servicio de apoyo	Proceso de fotosíntesis, formación y almacenamiento de materia orgánica, el ciclo de nutrientes; la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos.
	Servicios culturales	Valores estéticos, espirituales, educativos y culturales o las oportunidades de recreación.

*Fuente:* MEA, 2005.

Los problemas a resolver en los ecosistemas, con frecuencia, son muy desafiantes. Actualmente, las zonas de tierras degradadas que se encuentran en muchas partes del mundo son extensas. Algunos ecosistemas se han degradado gravemente y su reparación tendrá un costo significativo. Asimismo, la población sigue aprovechando muchos de estos ecosistemas deteriorados, dejándolos casi inservibles. La restauración ecológica será el elemento clave para la conservación, así como también para el desarrollo sostenible en el mundo (SER y IUCN, 2006).

### 1.3.3. Regulación hídrica

La regulación hídrica es uno de los principales servicios ecosistémicos de regulación, relacionada al almacenamiento de agua que proveerá en mayor o menor grado un caudal aproximadamente constante a pesar del ingreso irregular de las lluvias (CONDESAN, 2014).

El mecanismo de regulación más significativo en los ecosistemas de alta montaña (puna con sus bofedales, páramos, otros) es el almacenamiento de agua en los suelos que por efecto de la gravedad las dejan ir hacia los ríos y riachuelos. Los suelos permiten almacenar gran cantidad de agua en la superficie o a poca profundidad del suelo cuando poseen gran cantidad de materia orgánica, cobertura vegetal conservada y una microtopografía formada por la última glaciación, (CONDESAN, 2014).

#### **1.3.4. Restauración ecológica**

Es el proceso de ayudar con el restablecimiento (estructura, composición y función) de un ecosistema que se ha dañado, degradado o destruido por causa de disturbios naturales y antrópicos (sobrepastoreo, contaminación, presencia de especies invasoras, otros). Es una actividad intencionada que acelera o inicia la sucesión ecológica a través del tiempo hacia un estado de referencia (SER, 2004; SER y IUCN, 2006).

Un ecosistema de referencia (ecosistema predisturbio) sirve de guía para proyectar un proceso de restauración ecológica y para monitorear posteriormente. Los extensos y reducidos relictos de los ecosistemas originales revelan probables trayectorias del ecosistema original, por lo que es necesario conservarlos ya que sirven de referencia en este tipo de procesos (Vargas, 2007).

La restauración ecológica es una disciplina nueva y se encuentra en una etapa de desarrollo conceptual y metodológico (Murcia *et al.*, 2017), tiene como objetivo primordial reparar las características de los ecosistemas para que sigan manteniendo su diversidad biológica y sus funciones y, de esta manera, seguir brindando servicios ecosistémicos, que son fundamentales para la conservación biológica (Rey-Benayas, 2012).

La restauración ecológica del capital natural es una actividad importante y necesaria que propone revertir la degradación de los ecosistemas, recuperar la diversidad biológica, y mejorar los servicios ecosistémicos que la actividad antropogénica ha transformado rápida y extensamente; asimismo para luchar contra los efectos negativos del cambio climático

(para la adaptación y mitigación al cambio climático) y complementar técnicas de manejo del paisaje para la sostenibilidad de la vida de nuestro planeta, con la finalidad de generar beneficios socio-económicos necesarios para el bienestar de las futuras generaciones (Aronson *et al.*, 2007; Aronson y Alexander, 2013; Clewell y Aronson, 2013).

MEA (2005) resalta que la gestión de los ecosistemas del mundo está causando un perjuicio a la naturaleza y a los habitantes, estimando que el 60 % de los servicios del ecosistema que brinda el planeta se están degradando o utilizando de manera insostenible.

En los proyectos de restauración ecológica intervienen las ciencias naturales, físicas y sociales, además considera el aporte del conocimiento ecológico tradicional de las comunidades y las lecciones aprendidas de las experiencias prácticas. Esta interrelación de conocimientos orienta el diseño, la implementación, el monitoreo y comunicación en un proceso de restauración (Keenleyside *et al.*, 2014). Asimismo, también depende de los costos, del financiamiento y voluntad política de las entidades involucradas, pero principalmente del compromiso de la comunidad local (Vargas *et al.*, 2010).

Para entender la restauración ecológica de ecosistemas es necesario conocer algunos conceptos importantes utilizados en ecología. Para Ponce de León (2007) y Vargas y Reyes (2011) el aspecto funcional que más importa en la restauración ecológica es la sucesión ecológica. Conocer el estado de sucesión de un ecosistema permite conocer el grado de conservación o afectación del mismo, después del disturbio producido.

### **Sucesión ecológica**

Whitmore (1989) define la sucesión como el proceso de desarrollo del ecosistema en el tiempo, debido al aumento paulatino y sustitución de especies, condicionadas por diferentes factores ambientales en la cual las distintas especies buscan adaptarse al medio natural de la mejor manera.

Ponce de León (2007) establece que la sucesión ecológica es el proceso de desarrollo de los ecosistemas en un lugar determinado, a través de una serie de reemplazamientos de unas poblaciones por otras y cambios ambientales promovidas por dichas poblaciones.

Holdridge (2000) afirma que la sucesión es un proceso continuo del crecimiento de la vegetación, donde ocurre el reemplazo de unas especies por otras en un espacio y tiempo determinado para alcanzar un ecosistema con una composición y estructura más compleja con el paso del tiempo.

Miller (2002) precisa que la sucesión ecológica es un cambio gradual en el tiempo de la composición de especies de un determinado lugar. Además, refiere que una característica de las comunidades y ecosistemas es que sus estructuras, principalmente su vegetación, cambian continuamente en respuesta a las modificaciones de las condiciones ambientales. Durante la sucesión, algunas especies colonizan lugares y su especie se hace más abundante en ella, mientras que las poblaciones de otras especies disminuyen e incluso desaparecen.

Los ecólogos reconocen dos tipos de sucesión ecológica: primaria y secundaria. Para Matteucci y Colma (1982), la sucesión primaria sucede cuando las comunidades bióticas se establecieron gradualmente en áreas carentes de vida (rocas e islas desnudas); en contraste la sucesión secundaria (la forma más común de sucesión) refiere que las comunidades bióticas se restablecen en ecosistemas perturbados (incendios, árboles caídos o talados, entre otros). En ambos tipos, la sucesión refleja la disputa entre diferentes especies por obtener suficiente luz, alimento, nutrientes y espacio para sobrevivir y lograr ventaja reproductora sobre las demás especies (Miller, 2002). No obstante, la sucesión puede quedar detenida dependiendo de la condición del disturbio originado, su frecuencia, intensidad y/o extensión. Por tal motivo, cuando se estudia la restauración ecológica, es necesario conocer las características del disturbio (Barrera y Valdés, 2007).



## La teoría del disturbio

Todos los ecosistemas, en su proceso sucesional, están sujetos a un régimen de disturbios naturales y antrópicos (Collins, 1987), que pueden dificultar su desarrollo dependiendo de la escala, la frecuencia e intensidad expuesta. Son considerados disturbios naturales los procesos erosivos, inundaciones, sequías, deslizamientos, precipitaciones y vientos fuertes, heladas, fuego, entre otros; en cambio los disturbios antrópicos suelen ser la ganadería, agricultura, quemas, deforestación, explotación de especies, siembra de especies exóticas, invasiones biológicas, minería, construcción de obras civiles, entre otros (Vargas *et al.*, 2012).

Según Barrera y Valdés (2007), el disturbio es un evento que genera las áreas disturbadas. White y Picket (1985) establecen que se trata de un evento relativamente discreto que altera el desarrollo natural de un ecosistema, obteniendo como resultado pérdida parcial o total de los atributos.

Wu y Loucks (1995), citado por Vega y Peters (2017), resaltan dos propiedades que describen el estado de equilibrio de un sistema natural, la resistencia o capacidad del ecosistema de tolerar disturbios y la resiliencia o rapidez que un ecosistema tiene para restablecerse después de un disturbio, es decir volver a su estado predisturbio.

Para Barrera y Valdés (2007), la tensión es un estímulo con capacidad de provocar o no disturbios de algún componente del ecosistema. Para Brown y Lugo (1994), los factores tensionantes son estímulos externos que probablemente pueden dañar o no los ecosistemas en desarrollo; los sistemas tensionados son aquellos que no pueden alcanzar el equilibrio debido a que están sometidos continuamente a estímulos externos que retrasan o afectan su proceso de desarrollo y los factores limitantes son condiciones del ecosistema que dificultan su normal desarrollo, pueden generar limitaciones en el desarrollo de los distintos organismos biológicos que colonizan un sitio. White y Picket (1985) refieren que la perturbación son alteraciones en los ecosistemas que alteran sus atributos. Pueden ser naturales o antrópicos. También se puede considerar como un disturbio de menor grado.

## **Tipos de Restauración Ecológica**

Diversos autores (Ponce de León, 2007; Vargas, 2007) hacen referencia que la restauración ecológica puede ser activa o pasiva, dependiendo del grado de intervención sobre el ecosistema.

### Restauración pasiva, natural o espontánea

Se refiere cuando un ecosistema degradado se restaura por sí solo, siempre y cuando se eliminen los agentes tensionantes o los disturbios que dificultan su regeneración natural (Vargas, 2007). Sólo en ocasiones el aislamiento de las áreas es suficiente (Ceccon, 2013; Ministerio de Ambiente [MINAM], 2015b).

### Restauración activa o asistida

Según Vargas (2007), la restauración activa es una estrategia que se realiza cuando los ecosistemas degradados no pueden regenerarse solos o es demasiado lenta su reposición. Por consiguiente, es necesario la intervención del hombre para ayudar al ecosistema a superar las barreras que limitan su regeneración y de esta manera garantizar el desarrollo de las etapas del proceso de restablecimiento del ecosistema. Las acciones de intervención directa de manejo podrían ser la remoción, el enriquecimiento, o traslado de material vegetal, entre otros (MINAM, 2015b).

Algunas de las acciones utilizadas en procesos de restauración ecológica son las siguientes: aislamiento, plantaciones de especies nativas, labores de control de erosión o el mantenimiento de drenajes, recolección de semillas, construcción de viveros, entre otros (Ponce de León, 2007).

Los procesos de restauración ecológica en áreas naturales protegidas contribuyen alcanzar las metas y objetivos sociales relacionados a la conservación de la diversidad biológica y el bienestar de la población (Keenleyside *et al.*, 2014).

En los próximos 10 años, además de los compromisos internacionales, se presentarán muchas oportunidades para continuar con el desarrollo de la restauración para fortalecer su potencial y revertir la degradación de los ecosistemas, así como contrarrestar los efectos que ocasiona el cambio climático (Murcia *et al.*, 2017).

### **1.3.5. Humedal**

Según el Convenio Ramsar (2013, p. 7), un humedal “es una zona de la superficie terrestre que está permanente o temporalmente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los organismos vivos que la habitan”

Según el artículo 1 del párrafo 1, el Convenio Ramsar (2013, p. 7) considera a los humedales como “las áreas de turberas y pantanos o aquellos espacios de agua inundadas transitoriamente o continuamente por acción de la naturaleza o del hombre; además abarca áreas de agua de mar que tienen menos de seis metros de fondo”. En general, en el mundo se reconocen cinco tipos de humedales principales: los marinos, los estuarinos, los lacustrinos, los ribereños y los palustrinos.

Según MINAM (2015a, p. 10), en el Perú se define humedales a las “extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua bajo un régimen hídrico natural o artificial, temporal o permanente, dulce salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos”. Los humedales son uno de los ecosistemas más importantes del planeta por su relación con el recurso hídrico, su riqueza biológica y variabilidad ecosistémica, fundamentales para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones. El Perú cuenta con diversos tipos de humedales distribuidos en todo su territorio ocupando aproximadamente 8 millones de ha; la mayoría se encuentra en tierras de pueblos indígenas y poblaciones locales desde épocas muy antiguas. En el país existen principalmente tres tipos de humedales: los costeros (manglares, oasis, estuarios, otros), los andinos (bofedales, lagunas, otros) y los amazónicos (aguajales, otros).

Desde el inicio del siglo XX, se estima que se ha perdido entre el 64 y el 71 % de la superficie mundial de humedales naturales a causa de la actividad antrópica. Actualmente el consumo de agua en el planeta se ha ido incrementando en 1% anual aproximadamente debido al crecimiento de la población, cambios en los patrones de consumo y el desarrollo económico, y continuará aumentando en las siguientes décadas principalmente en los países en desarrollo. La reducción de la cobertura vegetal de los ecosistemas está provocando impactos negativos en la hidrología a escala local, regional y global, y se espera que la calidad del agua se deteriore perjudicando al ambiente, al hombre y el desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018). Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] (2012), se prevé que el consumo mundial del agua se incremente en un 55 % debido a la demanda de la industria, la generación termoeléctrica, el uso doméstico; sin embargo, será restringida su disponibilidad debido al aumento de la población (se proyecta que para el 2050 la población mundial se incrementará de 7 mil millones de habitantes a más de 9 mil millones).

Se estima que debido al crecimiento económico alcanzado para el año 2050 la calidad de vida de las personas se reducirá, producto de los impactos que ocasiona el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y a la gran demanda de servicios naturales que necesitará el hombre a nivel mundial. Es probable que el cambio climático (generado por el incremento de gases de efecto invernadero) sea aún más perjudicial cuando la temperatura mundial exceda los 2 °C; el incremento de temperatura mundial alteraría los patrones de lluvia, aceleraría el descongelamiento de los glaciares y hielos, aumentaría el nivel del mar y provocaría fenómenos meteorológicos extremos (OCDE, 2012). El Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático [IPCC] (2014) informa que el calentamiento global intensifica el ciclo natural del agua a nivel mundial y para contrarrestar esta crisis ambiental global, será necesario implementar estrategias para la adaptación y mitigación de los efectos al cambio climático.

### 1.3.6. Bofedal

Los bofedales, conocidos también como oconales o humedales de regiones altoandinas de la sierra del Perú, generalmente se ubican sobre 3 800 m.s.n.m. Se caracterizan por ser amplias superficies húmedas, inundadas total o parcialmente debido a la materia orgánica y cobertura vegetal en el suelo, generando su escaso drenaje, ayudando así al mantenimiento de la humedad. Además, Olivares (1988) refiere que por las condiciones de clima existe una lenta descomposición de la materia orgánica y la profundidad de la turba varía desde algunos decímetros a varios metros por lo general más de 1 m.

Se encuentran en áreas próximas a lugares donde se almacena el agua, tales como lagunas, riachuelos o sobre acuíferos subterráneos, alimentándose por afloramiento de agua subterránea (puquial), de agua proveniente del descongelamiento de los glaciares y de lluvias (MINAM, 2014b).

En el Perú existe una gran cantidad de humedales y se estima que abarca aproximadamente 8 millones de hectáreas; la superficie aproximada que ocupa los bofedales es de 549 156 ha, que corresponde al 6.91 % de los humedales. Estos bofedales son considerados vulnerables por la falta de protección y conservación (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014f).

La Universidad Nacional del Altiplano [UNAP] (2001) considera a los bofedales como praderas nativas, constituidas por especies vegetales propias de ambientes húmedos, de carácter temporal o permanente. Esta vegetación se ubica generalmente por encima de 4 000 m.s.n.m y constituye fuente de forraje durante periodos secos; dominando en su estructura especies de porte acolchado.

Flores *et al.* (2014) consideran que los bofedales son ecosistemas muy frágiles debido a su alta dependencia del agua, susceptibles a los cambios del clima y sensibles a la

alteración de actividades como el pastoreo, minería y el derretimiento de glaciares. Por eso, sugieren se desarrolle programas de manejo y conservación con consistentes bases científicas y de conocimiento, con el fin de asegurar la continuidad de los servicios ecosistémicos que brindan.

### **1.3.7. Especies priserales**

Son especies que se encuentran en la primera etapa de la sucesión ecológica. Conocidas también como especies pioneras capaces de conquistar los espacios últimamente perturbados por el hombre. Por ello, existen pioneras de pastoreo, de quema, de erosión, de derrumbe, de cultivos, entre otros. Las pioneras facilitan el establecimiento de las especies precursoras (Ponce de León, 2007).

### **1.3.8. *Distichia muscoides***

Es una especie perenne perteneciente a la familia Juncaceae dentro del orden Poales. Planta que forma grandes almohadillas, tallos ramificados, con hojas en forma dística e imbricas con el ápice obtusocalloso, flores solitarias, fruto algo globoso, alargado que sobresale de la masa compacta que forma la planta; es de crecimiento erecto, alcanza una altura de 10 cm. Crece en zonas de anegamiento de agua, es una especie típica de bofedales. es deseable para alpacas y ovinos, poco deseables para llamas y vacunos. Tiene un valor nutritivo de 8 % de proteína y 16 % de fibra (Mamani, 2009).

*Distichia muscoides* Nees y Meyen es una planta dioica que forma colchones densos y compactos de varios metros de diámetro. Se caracteriza por ser el componente principal de los bofedales. Se encuentra distribuida desde Argentina hasta Colombia entre 3800 y 4600 m.s.n.m (González *et al.*, 2016). Según Weberbauer (1945) posee un rol significativo en la regulación del balance hídrico a nivel local y regional.

### **1.3.9. Especie invasora**

Es aquella especie capaz de producir descendencia reproductiva en zonas diferentes a los lugares de introducción, manifestando una clara expansión dentro de la comunidad, y cuyo establecimiento genera efectos negativos en sus alrededores (Barrera-Cataño *et al.*, 2010). Las plantas invasoras son especies que llegan de otros lugares y se establecen en la comunidad vegetal, cuando está alterada por eventualidades como el sobrepstoreo; dicho de otra manera, no forman parte de la comunidad climax (Florez, 2005).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La investigación desarrollada fue experimental, ya que se estudió el efecto que tienen los tratamientos en las parcelas de investigación con el fin de identificar el tratamiento más efectivo y económico que mejora la cobertura de la vegetación y en consecuencia mejora la provisión de agua del bofedal en el largo plazo (Sampieri *et al.*, 2014).

#### **2.1.1 Lugar y fecha**

El sector de Yanama está ubicado geográficamente a 4 454 m.s.n.m, en las coordenadas UTM: 415247.40 m E y 8660935 m S, zona L; Datum: WGS 84 (Figura 4), comprenden principalmente áreas de glaciario, bofedal, césped de puna, pajonal, ladera erosionada y roquedal. Yanama y otros sectores (Apas, Potente, etc.) están destinadas por la Comunidad de Huancaya para áreas de pastoreo de ganado vacuno principalmente. Cabe mencionar que hace aproximadamente 20 años la actividad ganadera de la asociación se intensificó acelerando la degradación de las praderas altoandinas siendo el sector de Yanama una de las zonas afectadas por el sobrepastoreo de ganado vacuno.

El área de investigación ubicada en el sector de Yanama - Huancaya fue definida por la Comunidad Campesina de Huancaya con el apoyo del SERNANP, siendo el bofedal el área a investigar. El reconocimiento de esta área se realizó en noviembre del 2015. Además, se midió el caudal del bofedal con el uso de un correntómetro, el valor del caudal fue aproximadamente de 8 y 10 litros por segundo a las 9:00 a.m. y 12:30 p.m. respectivamente. También se logró observar especies de fauna silvestre como huallata y yanavicu. La implementación de las actividades de restauración ecológica y los monitoreos del proyecto duró 10 meses, desde noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2017.



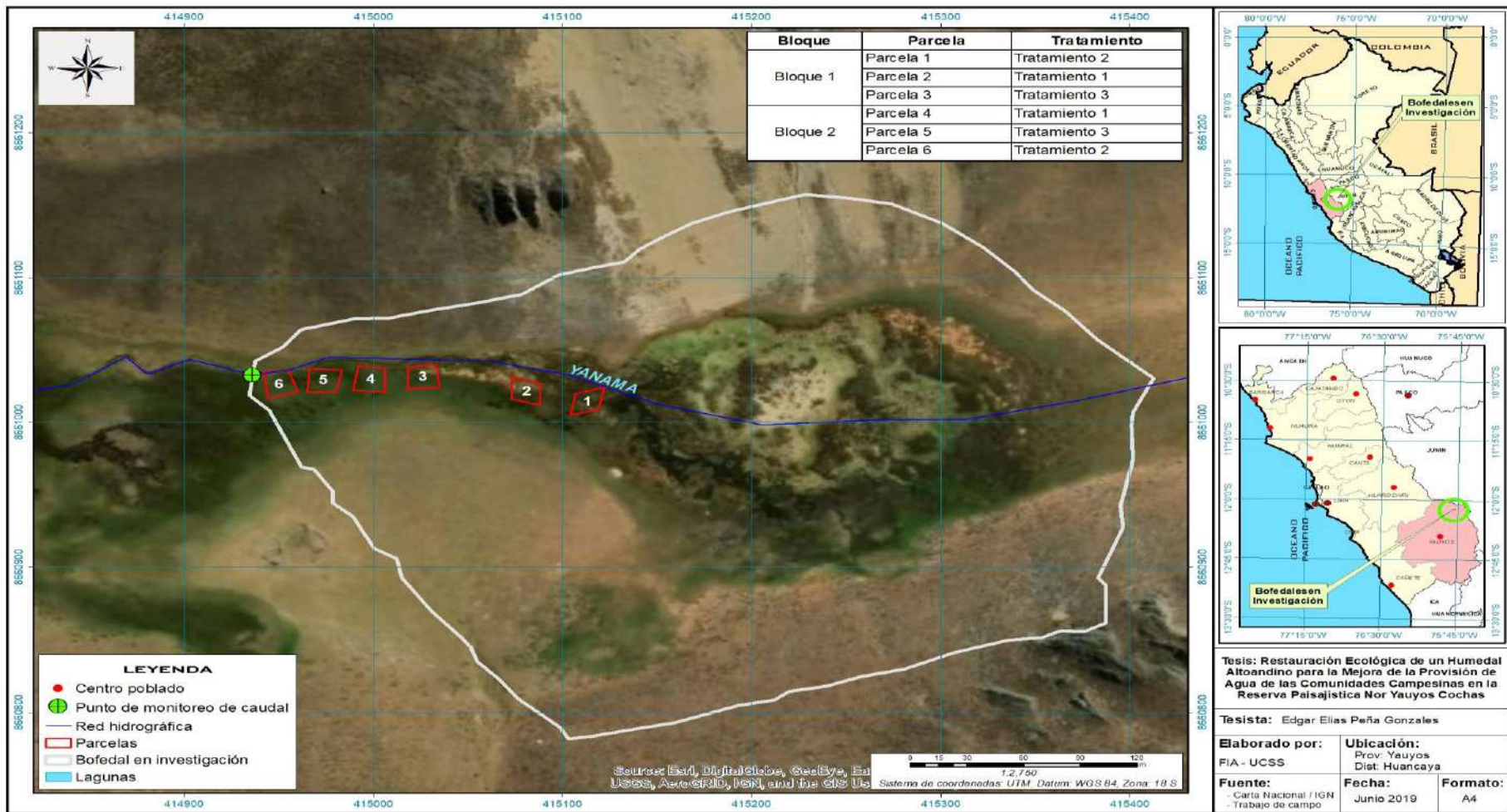


Figura 4. Mapa de ubicación del distrito Huancaya, sector Yanama en la RPNYC. Fuente: Elaboración propia.

### **2.1.2. Descripción del experimento**

El estudio de restauración ecológica de un humedal altoandino "bofedal" se inició en noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2017. El experimento se realizó en las siguientes fases:

#### Aislamiento o delimitación de la zona de restauración

La técnica de aislamiento se realizó en el mes de diciembre del año 2015, esta técnica consistió en la instalación de una barrera artificial (cerco hecho con rollizos de madera y malla ganadera) en el sector de Yanama, distrito de Huancaya con la finalidad de tener un control del área de restauración del bofedal y protegerla principalmente de la actividad ganadera.

Esta técnica facilita la restauración, evita que el ganado ingrese a la zona de estudio, impidiendo la compactación del suelo y el deterioro de la vegetación; se realiza también para la protección de humedales, pajonales, nacientes de agua, quebradas, riberas de ríos, entre otros (Vargas y Velasco, 2011).

Para la instalación del cerco, se utilizaron postes de rollizo de 2 m de altura dispuestos de forma continua cada 2 m unidos con una malla ganadera. El cercado se realizó con apoyo de la comunidad del distrito de Huancaya y la asistencia técnica de la jefatura de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas.

El área aislada tiene aproximadamente 8 ha, la medición se realizó con la ayuda del programa informático Google Earth Pro. El perímetro del área cercada es de 1.33 km, la medición se realizó con la ayuda de un GPS (Global Positioning System) en campo (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015c).

El área cercada comprende principalmente dos tipos de vegetación áreas de pajonal y bofedal. El bofedal se ubica principalmente en la parte central del área cercada, también en zonas contiguas al cerco, tiene un área aproximada de 4 ha y es continuamente alimentado por ojos de agua (afloramiento de agua subterránea).

Sin embargo, en agosto del año 2016 la cerca fue cortada y forzada por un integrante de la comunidad de Huancaya para hacer pasar al ganado vacuno de un extremo hacia otro lado del área de investigación, motivo por el cual se suspendió las actividades del proyecto. En noviembre del 2016 los comuneros de la comunidad de Huancaya repararon el cerco ganadero para dar inicio con la investigación planificada.

#### Instalación de las parcelas demostrativas de restauración

En setiembre del año 2016, dentro del bofedal aislado se instalaron parcelas para realizar los respectivos tratamientos, todas las parcelas de restauración se distribuyeron en un área aproximada de 1 ha, que corresponde al área de investigación

La metodología descrita se basa en el estudio realizado por Lozada y Pinzon (2006), las parcelas de 225 m<sup>2</sup> (15 m x 15 m) fueron ubicadas aleatoriamente en dos bloques. Los tratamientos T1, T2 y T3 se realizaron en el bloque 1 (área con mayor humedad “23.1 %”) y sus respectivas réplicas en el bloque 2 (área con menor humedad “7.8 %”); en total se instalaron 6 unidades experimentales. Las parcelas rectangulares fueron georreferenciadas con un GPS (Tabla 4) y delimitadas referencialmente con hilo de fibra sintética (rafia) y cuatro estacas de madera (en cada esquina de las parcelas). Para medir las distancias entre las estacas de cada parcela se utilizó un flexómetro.

Tabla 4

*Coordenadas de las parcelas de restauración del bofedal del sector de Yanama*

<b>Bloque</b>	<b>Parcela</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Coordenadas UTM –Zona 18L; Datum: WGS 84. (X Este; Y Norte)</b>
Bloque 1	Parcela 1	Tratamiento 2	0415119; 8661009
			0415122; 8661024
			0415107; 8661020
			0415104 ; 8661005
	Parcela 2	Tratamiento 1	0415088; 8661012
			0415088; 8661027
			0415073; 8661031
			0415073 ; 8661016
	Parcela 3	Tratamiento 3	0415035; 8661024
			0415033; 8661040
			0415018; 8661038
			0415018 ; 8661023
Bloque 2	Parcela 4	Tratamiento 1	0415006; 8661021
			0415006; 8661037
			0414992; 8661039
			0414989; 8661022
	Parcela 5	Tratamiento 3	0414980; 8661021
			0414983; 8661036
			0414966; 8661037
			0414965; 8661021
	Parcela 6	Tratamiento 2	0414960; 8661021
			0414955; 8661036
			0414942; 8661035
			0414944; 8661017

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.1.3 Tratamientos

Los tratamientos se ejecutaron en el mes de enero del año 2017 (época de lluvia) en el área de investigación del bofedal aislado, ubicado en el sector de Yanama, en el distrito de Huancaya - Yauyos, departamento de Lima.

Todos los tratamientos se realizaron con el apoyo de los comuneros de la Comunidad de Huancaya.

Tabla 5

*Tratamientos experimentales*

<b>Parcelas</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Método</b>
<b>P2 y P4</b>	<b>T1:</b> Testigo	(Sin aplicación)
<b>P1 y P6</b>	<b>T2:</b> Apertura de canales y trasplante de estepas de <i>Distichia muscoides</i> por nucleación	Canales de 15 – 20 cm de ancho y 3 m <sup>2</sup> de estepas en cada parcela
<b>P3 y P5</b>	<b>T3:</b> Extracción de especie invasora (ichu) y trasplante de estepas de <i>D. muscoides</i> por nucleación	Especies de todo tipo de tamaño y 5 m <sup>2</sup> de estepas en cada parcela

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Tabla 5, se muestran los tres (3) tratamientos de la investigación, los cuales fueron el testigo (T1: Tratamiento 1), la apertura de canales y trasplante de estepas de *Distichia muscoides* (T2: Tratamiento 2), y la extracción de especie invasora (ichu) y trasplante de estepa de *D. muscoides* (T3: Tratamiento 3). También se muestra en la Tabla 5, los métodos de cada tratamiento.

A. Tratamiento 1: Tratamiento testigo (Sin alterar la cobertura vegetal del bofedal). Este tratamiento se realizó en 2 parcelas (parcela 2 y parcela 4), donde la cobertura herbácea y los espejos de agua no fueron intervenidas en el tiempo.

B. Tratamiento 2: Apertura de canales y trasplante de estepas de *Distichia muscoides*. Este tratamiento se realizó en 2 parcelas (parcela 1 y parcela 6). La aplicación del T2 incrementa la tasa de crecimiento y cobertura de la *D. muscoides* e incrementa la cobertura de espejos de agua. Se realizaron zanjas de 15 a 20 cm de ancho, y con una profundidad promedio de 12 cm.

El criterio utilizado para realizar las zanjas fue para generar una mayor circulación del agua en toda el área de cada parcela y almacenar más agua, disponible para el desarrollo de las plantas en la época seca (Alzérreca y Luna, 2001). En esta actividad se evitó que existan zanjas en la misma dirección del flujo de agua; las zanjas se realizaron con el uso de picos y azadones (Figura 5).

También se trasplantaron aleatoriamente (nucleación) estepas de *D. muscoides* (plantas en forma de cojín) para generar un proceso de colonización dentro de la parcela que permite ampliar el área por sí sola, generando un modelo de onda de expansión de la sucesión ecológica (Figura 6).

Se trasplantó aproximadamente 3 m<sup>2</sup> en ambas parcelas, el promedio de las dimensiones de las estepas trasplantadas en la parcela 1 y 6 fue de 1186±675 cm<sup>2</sup> y 1778±625 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Las estepas de *D. muscoides* se ubicaron en las esquinas de los espejos de agua, zanjas y/o sobre especies de tipo ichu para que estuvieran a flote y puedan aclimatarse a las condiciones del ambiente.





*Figura 5.* Apertura de canales en la parcela 1 del área de investigación del bofedal, realizado con el apoyo de los comuneros de Huancaya en el sector Yanama (enero del año 2017 – época lluviosa). *Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 6.* Trasplante de estepas de *Distichia muscoides* en la parcela 1 del área de investigación del bofedal, realizado con el apoyo de los comuneros de Huancaya en el sector Yanama (enero del año 2017 – época lluviosa). *Fuente:* Elaboración propia.

C. Tratamiento 3: Extracción de especie invasora y trasplante de estepa de *Distichia muscoides*. Para el tratamiento 3 se usaron dos parcelas (parcela 3 y parcela 5).

Se retiraron la mayor cantidad posible de individuos de las especies invasoras (ichu) pertenecientes a la familia de la Poacea con el fin de disminuir su tasa de crecimiento y su cobertura (Figura 7). Las especies invasoras y sus respectivos nombres comunes fueron: *Festuca dolichophylla* “Chillhua ichu”, *Calamagrostis vicunarum* “Crespillo”, *Calamagrostis heterophylla* “Sora”, *Deyeuxia curvula* “Pasto vicuña”, *Calamagrostis tarmensis* “Llama sora” y *Calamagrostis chrysantha* “ichu”.

Los individuos que no pudieron retirarse principalmente fueron aquellos que se encontraban en la parcela con mayor humedad (parcela 3 del bloque 1), el cual dificultaba su ingreso para el retiro de las especies invasoras debido a la gran cantidad de espejos de agua de la parcela. Para esta actividad se utilizó picos y la fuerza de la mano.

También se trasplantaron las estepas de *Distichia muscoides* por nucleación para generar un proceso de colonización dentro de la parcela que permite ampliar el área por sí sola, generando un modelo de onda de expansión de la sucesión ecológica.

Se trasplantó aproximadamente 5 m<sup>2</sup> en ambas parcelas, el promedio de las dimensiones de las estepas trasplantadas en la parcela 3 y 5 fue de 1614.6±660 cm<sup>2</sup> y 1598±627 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Las estepas se ubicaron en las esquinas de los espejos de agua y/o sobre individuos de la especie invasora tipo ichu para que estuvieran a flote y puedan aclimatarse a las condiciones del ambiente.

Las estepas utilizadas para el trasplante en las parcelas 1, 3, 5 y 6 se reclutaron de una zona cercana al área de investigación (externo al área aislada del estudio). Para su extracción se dio preferencia a la especie priseral dominante de mayor cobertura y mayor tamaño foliar.





*Figura 7.* Retiro de especies tipo ichu y trasplante de estepas de *Distichia muscoides* en la parcela 3 del área de investigación del bofedal, realizado con el apoyo de los comuneros de Huancaya en el sector Yanama (enero del año 2017 – época lluviosa). *Fuente:* Elaboración propia.

El reclutamiento y la traslocación se realizaron en un sólo día de la época de lluvia (enero) para garantizar su supervivencia en la época seca.

Para la presente investigación, el relicto del bofedal original encontrado en el sector de Yanama será considerado el área de referencia debido al mejor estado de conservación que presentó respecto a la sección de la investigación. El sector de referencia tiene una topografía inclinada ( $10^{\circ}$ -  $20^{\circ}$ ) y se ubica cerca al área de investigación en las coordenadas UTM 414809.70 E 8661033.56 S, Zona 18 L; datum WGS 84 a una altitud de 4 442 m.s.n.m.



*Figura 8.* Evaluación biológica del área de referencia con el método del cuadrante, en el sector Yanama (febrero del año 2017 – época lluviosa).  
*Fuente:* Elaboración propia.

#### Monitoreo del proceso de restauración ecológica del bofedal

El registro de datos ecológicos se realizó en todas las parcelas instaladas en el área de investigación (1 ha) en cuatro temporadas o fechas distintas, antes de efectuar los tratamientos (en noviembre del año 2016), y después de la aplicación de los tratamientos (en febrero, abril y setiembre del año 2017). Se requirió dos días por fecha para el registro de datos ecológicos en el bofedal.

En cada una de las fechas se registró los siguientes datos ecológicos: número de especies, porcentaje de cobertura vegetal de cada especie observada y las alturas de *Distichia muscoides* y de las especies invasoras tipo ichu. Se empleó el método del cuadrante para coleccionar los datos (Figura 8), se utilizó un cuadrante de madera de 1 m<sup>2</sup> (1 m x 1 m), con 100 subdivisiones cuadradas de 100 cm<sup>2</sup> para el muestreo del estrato herbáceo (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

El monitoreo se realizó para medir la variación de la composición, estructura y diversidad de la comunidad vegetal de los ecosistemas (testigo, referencia y ecosistema

restaurado), así como la capacidad que tienen las parcelas intervenidas de soportar y mantener una comunidad de organismos de plantas que podrían influir en el aumento del caudal del bofedal cuando se restaure todo el bofedal en estudio con el tratamiento más eficiente y/o en combinación con otro tratamiento.

En total, se muestrearon 10 m<sup>2</sup> en cada unidad experimental, con un total de 60 m<sup>2</sup> de área muestreada por temporada. Cabe mencionar que en el mes de abril del año 2017 se instalaron aleatoriamente 10 subparcelas (en cada una de las seis unidades experimentales) para el monitoreo como parcelas permanentes. Los datos registrados de las submuestras (10 en cada unidad experimental) se promediaron para cada unidad experimental y se compararon los valores promedio entre los tratamientos T1, T2 y T3. Los tratamientos fueron comparados periódicamente 3 veces entre febrero, abril y setiembre. En el monitoreo se evaluaron 240 submuestras en total conforme el diseño de la Tabla 6.

Tabla 6

*Estructura del diseño experimental según los tratamientos y los tiempos de evaluación de las submuestras*

Tiempo	Testigo			Restaurado			TOTAL (Unidades de evaluación o submuestras)
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Tiempo uno: (al inicio, Nov-2016)	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	60
Tiempo dos: (el tercer mes, Feb-2017)	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	60
Tiempo tres: (el quinto mes, Abr-2017)	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	60
Tiempo cuatro: (el décimo mes, Set-2017)	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	n = 2; 20 submuestras	60
Total	80	80	80	80	80	80	N = 240

*Fuente:* Elaboración propia.

Donde:  $n$  = Número de unidades experimentales por tratamiento (tratamiento y su réplica) y  $N$ =Número total de submuestras en 10 meses.

También se realizó en campo la medición y el monitoreo del caudal. La medición del caudal se realizó mensualmente desde noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2017, excepto en los meses de febrero, marzo y agosto. El punto de monitoreo del caudal del bofedal está ubicado geográficamente en las coordenadas UTM 414936 E 8661033 S, zona L; Datum: WGS 84.

Se empleó un correntómetro para medir la velocidad del agua que fluye en el canal del bofedal posteriormente fue convertido en unidades de l/s para su mejor interpretación de los resultados.

A continuación se presenta el procedimiento metodológico de la investigación (Figura 9).

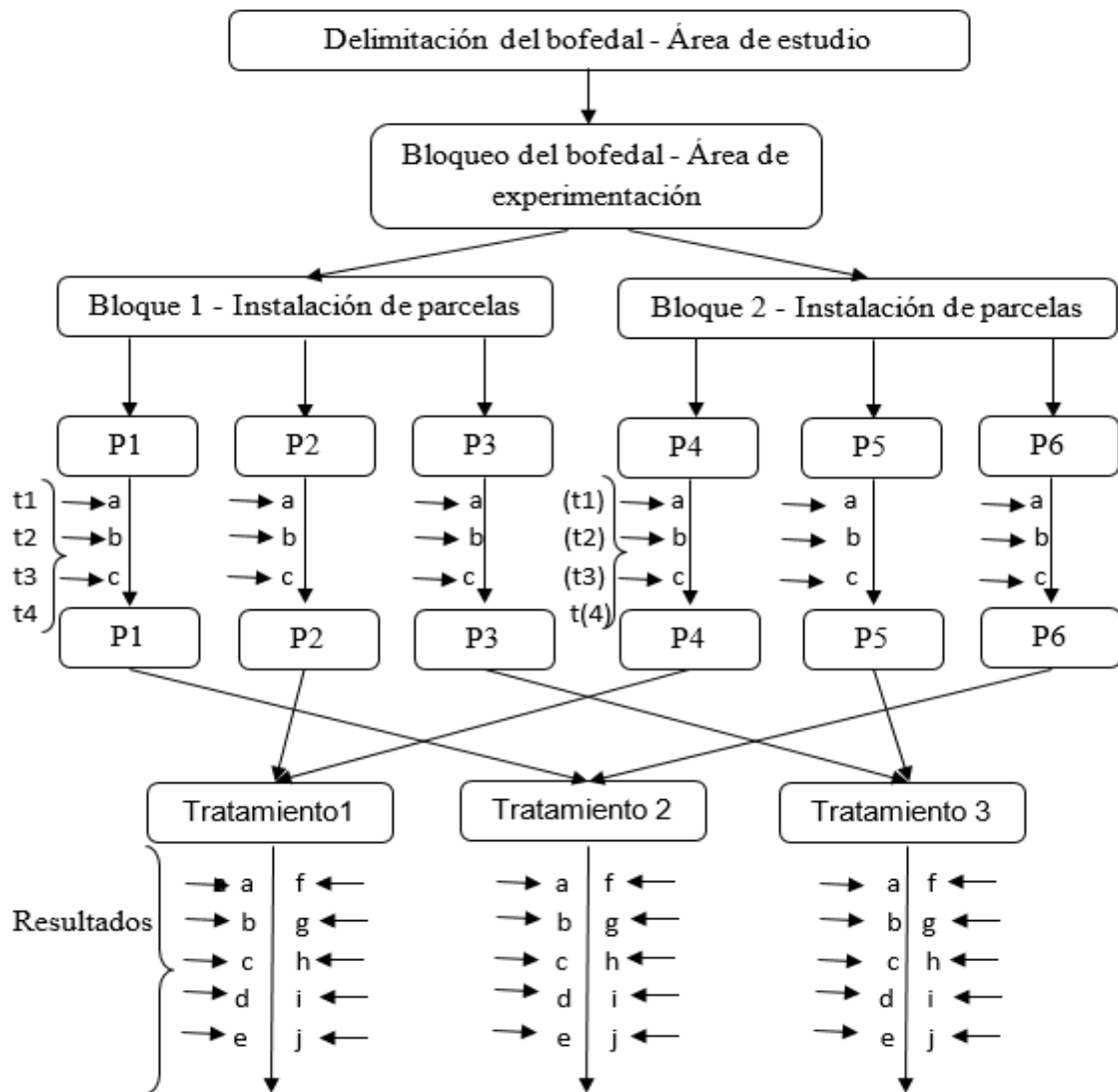


Figura 9. Procedimiento metodológico del proceso de restauración. Fuente: Elaboración propia.

Las variables medidas fueron:

a: Riqueza de especies

c: Altura *Distichia muscoides*

e: Frecuencia relativa

g: Índice de valor de importancia

i: Diversidad alfa

t: Tiempo o temporadas

b: Cobertura

d: Densidad relativa

f: Dominancia relativa

h: Curva de diversidad

j: Diversidad beta

## 2.1.4 Unidades Experimentales

Cada unidad experimental consta de una parcela de 15 m de largo y 15 m de ancho. Para los tres tratamientos y sus respectivas réplicas se usaron en total seis unidades experimentales distribuidas en el área de investigación del bofedal.

## 2.1.5 Identificación de variables y su mensuración

Caracterización de la estructura, composición y diversidad de la vegetación

Composición de la comunidad vegetal

Se utilizó el método del cuadrante para realizar un inventario florístico a partir de conteos de las especies encontradas en las subparcelas de 1m<sup>2</sup>. La identificación de las especies (colectadas y capturadas con una cámara fotográfica) se realizó con el apoyo de un experto en flora, consulta de literatura especializada y/o en la base de datos Tropicos (2018) del Missouri Botanical Garden, la cual utiliza el sistema de clasificación APG (Angiosperm phylogenetic group).

A cada especie censada se realizó una descripción de la forma de vida que lleva, es decir se identificó si las especies de plantas son: arbusto, hierba, epífita, bejuco, entre otros.

Estructura cuantitativa de la vegetación nativa

- Altura de la planta

Se utilizó una regla para medir la altura de plantas de *Distichia muscoides* en cada subparcela, para determinar el promedio de altura de la especie. La altura fue expresada en cm.

- Cobertura vegetal (cobertura relativa)

La técnica utilizada para estimar la cobertura a nivel de especies en las subparcelas de 1 m<sup>2</sup> fue el método del cuadrante.

En las subparcelas se registró la presencia y el porcentaje de cobertura de cada especie. También se registró coberturas de espejos de agua, mantillo, suelo desnudo y estiércol.

La cobertura relativa se calculó de la siguiente manera (Mostacedo y Fredericksen, 2000):

$$\text{Cobertura relativa: } Cr = (mi/MT) \times 100 \%$$

Donde: mi = cobertura de la especie presente en cada unidad muestral; MT= Suma de coberturas de las especies presentes en la subparcela.

Las mediciones de los siguientes parámetros (abundancia, frecuencia, dominancia, Índice de valor de importancia – IVI, curva de diversidad) se realizaron en gabinete para cada especie de cada parcela en investigación, los datos fueron obtenidos de las subparcelas de 1 m<sup>2</sup> que fueron establecidos en campo.

- Abundancia (densidad relativa)

La densidad relativa (Dr) se define como el número de individuos de una especie (xi) que ocupan alguna unidad de área específica (A) expresada:  $Dr = xi/A$ . Para la vegetación herbazal se midió y utilizó la cobertura relativa para determinar la (Dr), porque la estimación de la densidad es muy difícil en ecosistemas de este tipo (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

- Frecuencia (frecuencia relativa)

La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad muestral expresándose en porcentaje. En el método del cuadrante, la frecuencia relativa se determinó de la relación de los registros absolutos de la presencia de una especie en subparcelas de 1 m<sup>2</sup>, en relación con el número total de registros para todas las especies (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

- Dominancia (dominancia relativa)

Se utilizó la cobertura para determinar la dominancia de especies.

- Índice de Valor de Importancia (IVI)

Es un parámetro que mide el valor de las especies (representatividad) dentro de una comunidad vegetal. El alto valor de IVI de una especie significa que es ecológicamente dominante, controla el alto porcentaje de energía que recibe el ecosistema. Sin embargo, su ausencia implica cambios significativos en el equilibrio del ecosistema (Aguirre y Aguirre, 1999).

La medición se realizó en gabinete, se obtuvo sobre la base de tres parámetros principales: dominancia, densidad y frecuencia. Para obtener el IVI fue necesario transformar los tres parámetros en valores relativos. El IVI se representó como la suma de estos tres valores dividido entre tres.

- Curva de diversidad – dominancia (distribución de abundancias)

Como expresión de la diversidad, se calculó la distribución de las abundancias por especie (número de especies representadas por cobertura relativa). Se elaboraron gráficos de la distribución de las abundancias de las especies del bofedal, a partir de las curvas de diversidad – dominancia.



Las curvas de diversidad - dominancia de cada una de las parcelas del Bloque 1 y 2 indican la cantidad de especies registradas en campo y la dominancia de una especie específica en cada parcela.

Los valores de cobertura relativa de las especies de plantas registradas fueron ordenados de mayor a menor para luego ser transformados a una función logarítmica de base 10 para su mejor representación en gráficas.

## Diversidad

### a. Diversidad alfa

Se realizó en gabinete; como expresión de la diversidad se calculó los siguientes índices para cada unidad experimental:

- Índice de Shannon – Wiener ( $H'$ ): Es uno de los índices más usados para establecer la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat. Para utilizar este índice fue necesario muestrear aleatoriamente y considerar a todas las especies de la comunidad vegetal que estuvieran presentes en la muestra. La fórmula para calcular el índice es la siguiente:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:  $p_i$  = Probabilidad de encontrar a la especie  $i$  o proporción del número de individuos de la especie  $i$  con respecto al total;  $\log_2$  = Logaritmo base 2. Las unidades son expresadas en bits/individuo. El índice se encuentra comprendido entre 0 y  $\log(S)$ , valores cercanos a cero indican comunidades poco diversas o una distribución menos equitativa, mientras que el valor igual al logaritmo de la riqueza específica, indican comunidades de máxima equitatividad. Sin embargo, normalmente se halla entre 1.5 y 3.5 (Magurran, 2004).

- Índice de Simpson ( $\lambda$ ): Indica la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar de una muestra pertenezcan a una igual especie. Este índice está intensamente influido por el grado de importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). La fórmula del índice se expresa de la siguiente manera:

$$\lambda = 1 - \sum p_i^2$$

Donde:  $p_i$  = Abundancia proporcional de la especie  $i$ . El índice se encuentra comprendido entre 0 y 1, valores cercanos a cero indican una comunidad poca diversa, mientras más se acerca a la unidad indica una comunidad de mayor diversidad.

b. Diversidad beta:

Índice Bray Curtis: Como expresión de la similitud y disimilitud de la composición florística entre unidades experimentales (diversidad beta –recambio de especies entre parcelas), se utilizó el índice de Bray Curtis, de acuerdo con la expresión:  $S_{jk} = 2 \sum \min(X_{ij}, X_{ik}) / \sum (X_{ij} + X_{ik})$ ;  $D_{jk} = \sum |X_{ij} - X_{ik}| / \sum (X_{ij} + X_{ik})$  Donde:  $X_{ij}$  y  $X_{ik}$  identifican a los valores de los atributos de la especie  $i$  en los ecosistemas  $j$  y  $k$  que se comparan (Herrera, 2000).

### 2.1.6 Diseño estadístico del experimento

El diseño experimental utilizado fue el diseño en bloques completamente al azar (DBCA), bajo el criterio de bloques las características del hábitat de cada bofedal. La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales dentro de cada bloque se realizó de forma aleatoria (Figura 10).

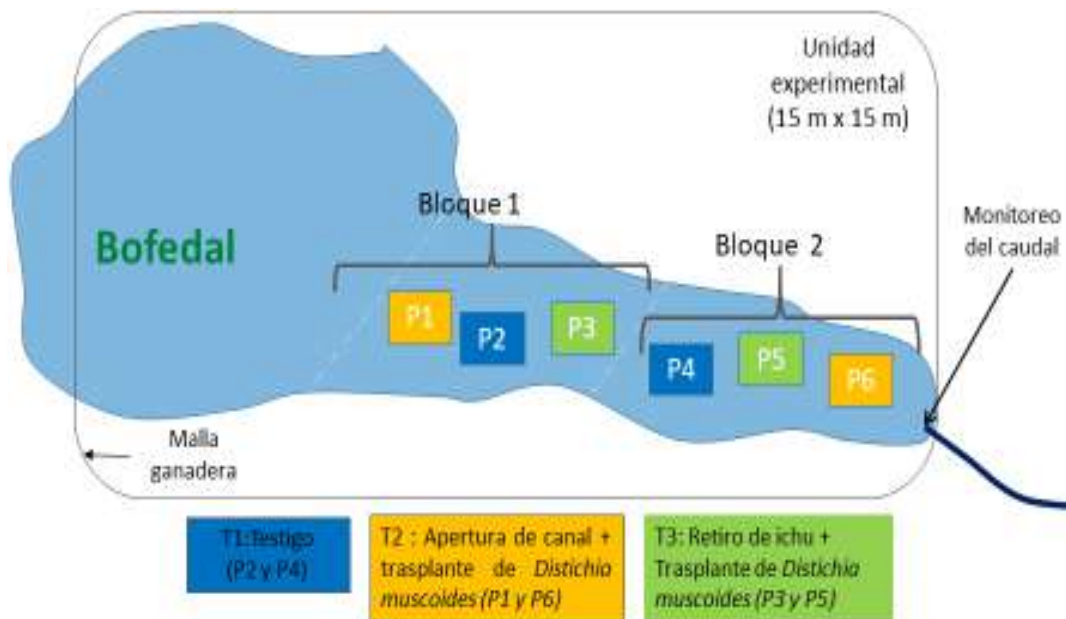


Figura 10. Diseño de restauración ecológica del bofedal del sector de Yanama – Huancaya. Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.7 Análisis estadístico de los datos

Se elaboró curvas de acumulación de especies (Colwell y Coddington, 1994), con estimadores de riqueza no paramétricos Bootstrap, Jackknife 1 y Jackknife 2, para determinar el número aproximado de especies que se pueden encontrar en el ecosistema de referencia y el ecosistema restaurado, utilizados cuando no se asume homogeneidad ambiental en las muestras (diferentes tratamientos) (Magurran, 2004). El porcentaje de representatividad del estudio se determinó con los máximos valores de riqueza (Soberón y Llorente, 1993). Se consideró que cada uno de los estimadores corriera con 100 permutaciones, se calcularon el número de especies raras (únicas y duplicadas), para determinar si disminuyeron con el progreso del muestreo. Para el cálculo de estas evaluaciones se utilizó el programa EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2005).

Para determinar si los parámetros descriptores que expresan las curvas de diversidad-dominancia son diferentes entre los ecosistemas de referencia y los restaurados se contrastaron las curvas establecidas con la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1998). El programa PAST 1.90 (Hammer *et al.*, 2001) fue utilizado para analizar esta prueba.

Para encontrar diferencias en la estructura y composición de la comunidad vegetal entre ecosistemas de referencia y ecosistemas restaurados, se realizó un análisis de similitud de una vía (ANOSIM), entre los tres tipos de tratamientos. Este análisis es una prueba no paramétrica entre dos o más grupos, basado en una medida de distancia la cual parte de una matriz de similitud (en este caso Euclidean), y su cálculo se inició a partir de una matriz de abundancia por tratamiento en temporadas distintas. Para analizar esta prueba se utilizó el programa PAST 1.90 (Hammer *et al.*, 2001).

La diversidad beta se determinó a través de la complementariedad de especies entre los diferentes niveles de la estructura del diseño experimental. La complementariedad temporal indica el grado de disimilitud en la composición de especies de un mismo hábitat entre temporadas distintas (Colwell y Coddington, 1994; Halffter y Moreno, 2005). La variación de los valores fluctúa entre 0 y 1; a medida que se incrementa este valor también se incrementa la diferencia entre temporadas. También, se determinó el porcentaje de complementariedad entre los diferentes niveles de la estructura del diseño experimental, considerando el número de especies compartidas en temporadas distintas sobre el número total de especies entre el mismo hábitat por cien (Moreno, 2001). Se elaboraron dendrogramas de Bray Curtis para establecer agrupamientos de la vegetación en cada muestreo de los tratamientos (un dendrograma por cada muestreo - temporalidad) y se observó gráficamente la similitud o disimilitud respecto a la composición de la vegetación.

## **2.2 MATERIALES**

### **2.2.1 Materiales de campo**

#### **a. Instalación del cerco ganadero**

Rollizos de madera (2 m de altura y 4 pulgadas de diámetro), malla ganadera (1.2 m de altura x 6 hilos x 1 hilo de alambre con púas), grapas, clavos y martillo.

**b.** Elaboración de cuadrante de madera de un metro cuadrado

Estacas de madera, tijera, pabilo, clavos y martillo.

**c.** Colección de muestras vegetales en el campo

Cuaderno de campo, marcador indeleble, lapicero, tijera, bolsas plásticas, regla, costales y cuchillo.

**d.** Identificación de muestras vegetales

Apoyo técnico de experto en flora Wilfredo Mendoza del área de Botánica del Museo de Historia Natural de la UNMSM, cámara fotográfica, libros y página web para identificación (En la sección correspondiente a métodos se especifican cuáles fueron).

**e.** Medición del caudal

Correntómetro, cuaderno de campo, lapicero y GPS.

**2.2.2 Materiales de Gabinete**

Lapicero, lápiz, libreta de notas, papel de escritorio, folder y computadora.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. RESULTADOS

El monitoreo de la restauración ecológica se llevó a cabo en el área de investigación del bofedal, sector Yanama, Huancaya - Yauyos. El seguimiento se realizó en 4 temporadas desde el mes de noviembre del año 2016 hasta el mes de setiembre del año 2017.

Las salidas se efectuaron en los meses de noviembre del año 2016 (época seca), febrero - abril del año 2017 (época de lluvias) y setiembre del año 2017 (época seca). En todas las temporadas se realizaron evaluaciones en campo y en gabinete.

#### 3.1.1. Riqueza total de las parcelas de restauración del bofedal

En los bofedales la diversidad florística se encuentra en un rango de 8 hasta 64 especies dependiendo de la localización, altitud, humedad, exposición, topografía, etc., siendo, en la mayoría de los casos la *Distichia muscoides* la más notoria (Florez, 2005). En todo el periodo de estudio la riqueza de la flora se encontró dentro del rango mencionado, se registraron 40 especies, distribuidos en 18 familias y 31 géneros. La familia Poaceae fue la más diversa, encontrándose 7 especies, seguidas de las familias Asteraceae y Caryophyllaceae, las que tuvieron 6 especies cada una, además de Cyperaceae, con 3 especies. Mientras que en las familias Iridaceae, Juncaceae, Orobanchaceae y Rosaceae se encontraron 2 especies y en las 10 familias restantes se encontró solo una especie (Tabla 7 y Figura 11).

En este estudio se confirman los hallazgos de Weberbauer (1945) y Brako y Zarucchi (1993), ya que las familias más diversas fueron Poaceae y Asteraceae en este tipo de ecosistemas. Resultados de otras investigaciones también registran que las familias más diversas en los bofedales son principalmente Poaceae y Asteraceae (Maldonado, 2010; Ramírez, 2011). En los herbazales altoandinos (bofedal, pajonal y otros) de la RPNYC, las familias con mayor riqueza de especies fueron Asteraceae y Poaceae (MINAM, 2011).

Tabla 7

*Familias de especies de plantas registradas en el área de investigación del bofedal (Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4)*

<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>Apiaceae</b>	<i>Oreomyrrhis</i>	<i>Oreomyrrhis andicola</i> (Kunth) Endl. ex Hook. f.
<b>Asteraceae</b>	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Walp.) Benth. & Hook. <i>Hypochaeris cf. echegarayi</i> Hieron.
	<i>Novenia</i>	<i>Novenia acaulis</i> (Benth. & Hook. F. ex B.D. Jacks.) S.E. Freire & F.H. Hellw.
	<i>Werneria</i>	<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn. <i>Werneria heteroloba</i> Wedd.
	<i>Xenophyllum</i>	<i>Xenophyllum poposum</i> (Phil.) V.A. Funk
<b>Brassicaceae</b>	<i>Draba</i>	<i>Draba aff. Schusteri</i> O. E. Schulz
<b>Caryophyllaceae</b>	<i>Arenaria</i>	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb. <i>Arenaria digyna</i> Willd. ex D.F.K. Schtdl.
	<i>Cerastium</i>	<i>Cerastium</i> sp.
	<i>Drymaria</i>	<i>Drymaria engleriana</i> (Muschl.) Baehni & J. F. Macbr.
	<i>Paronychia</i>	<i>Paronychia andina</i> A. Gray
	<i>Silene</i>	<i>Silene gallica</i> L.
<b>Cyperaceae</b>	<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis aff. Albibracteata</i> Nees & Meyen ex Kunth
	<i>Oreobolus</i>	<i>Oreobolus venezuelensis</i> Steyerem.
	<i>Phylloscirpus</i>	<i>Phylloscirpus acaulis</i> (Phil.) Goetgh. & D.A. Simpson

Fuente: Elaboración propia.

*Familias de especies de plantas registradas en el área de investigación del bofedal  
(Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4) (continuación)*

<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>Gentianaceae</b>	<i>Gentiana</i>	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth
<b>Iridaceae</b>	<i>Sisyrinchium</i>	<i>Sisyrinchium brevipes</i> Baker <i>Sisyrinchium chilense</i> Hook.
<b>Isoetaceae</b>	<i>Isoetes</i>	<i>Isoetes lechleri</i> Mett.
<b>Juncaceae</b>	<i>Distichia</i>	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
	<i>Luzula</i>	<i>Luzula racemosa</i> Desv.
<b>Onagraceae</b>	<i>Oenothera</i>	<i>Oenothera multicaulis</i> Ruiz & Pav.
<b>Ophioglossaceae</b>	<i>Ophioglossum</i>	<i>Ophioglossum crotalophoroides</i> Walter
<b>Orchitaceae</b>	<i>Myrosmodes</i>	<i>Myrosmodes gymnandra</i> (Rchb.f.) C.A. Vargas
<b>Orobanchaceae</b>	<i>Bartsia</i>	<i>Bartsia melampyroides</i> (Kunth) Benth. <i>Bartsia diffusa</i> Benth.
<b>Poaceae</b>	<i>Aciachne</i>	<i>Aciachne acicularis</i> Laegaard
	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis heterophylla</i> (Weed.) Pilg. <i>Calamagrostis vicunarum</i> (Weed.) Pilg. <i>Calamagrostis tarmensis</i> Pilg. <i>Calamagrostis Chrysantha</i> (J. Presl) Steud.
	<i>Festuca</i>	<i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl
	<i>Deyeuxia</i>	<i>Deyeuxia curvula</i> (Wedd.) Pilg.
<b>Polygonaceae</b>	<i>Muehlenbeckia</i>	<i>Muehlenbeckia volcanica</i> (Benth.) Endl.
<b>Rosaceae</b>	<i>Lachemilla</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> (Ruiz & Pav.) Rothm. <i>Lachemilla diplohylla</i> (Diels) Rothm.
<b>Rubiaceae</b>	<i>Galium</i>	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.
<b>Sphagnaceae</b>	<i>Sphagnum</i>	<i>Sphagnum</i> sp.
<b>18</b>	<b>31</b>	<b>40</b>

Fuente: Elaboración propia.



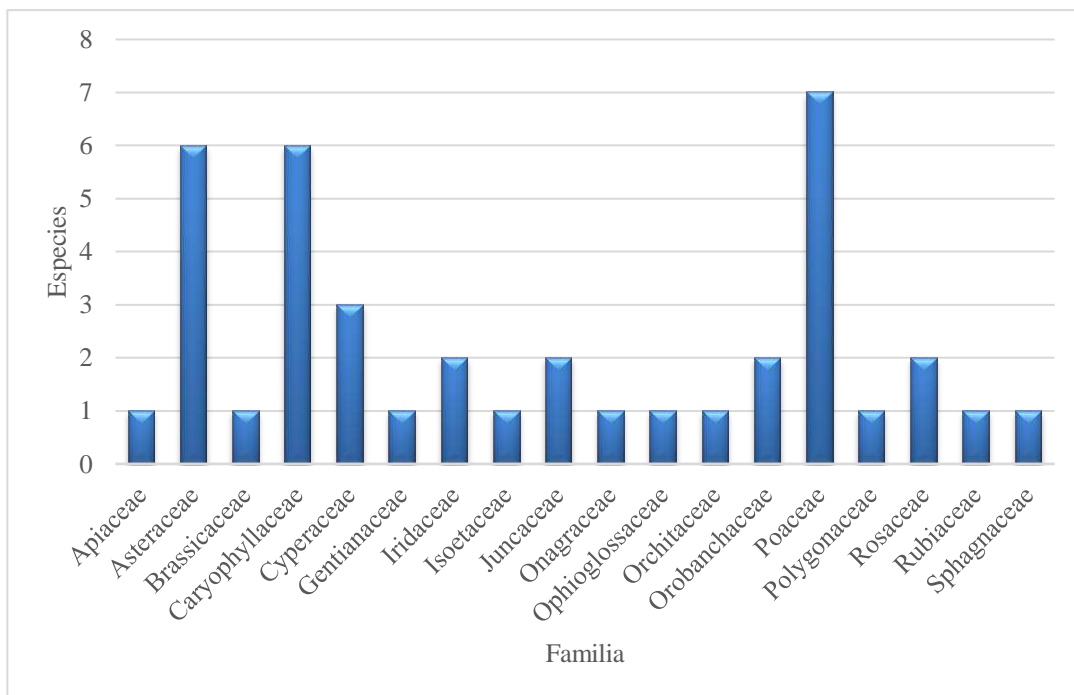


Figura 11. Familias más diversas, en el área de investigación del bofedal (Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4). Fuente: Elaboración propia.

En el Apéndice 4, se muestra la lista de especies de plantas identificadas y sus respectivos códigos asignados para presentar los datos más abreviados. Además, se incluyen las formas de vida de cada especie registrada.

De la riqueza total registrada en este estudio el 60 % serían las nuevas incorporaciones al inventario de la flora silvestre de la RPNYC siendo la lista de nuevas especies las siguientes: *Hypochaeris cf. echegarayi*, *Novenia acaulis*, *Werneria heteroloba*, *Xenophyllum poposum*, *Draba aff. Schusteri*, *Arenaria lanuginosa*, *Arenaria digyna*, *Drymaria engleriana*, *Paronychia andina*, *Oreobolus venezuelensis*, *Phylloscirpus acaulis*, *Sisyrinchium brevipes*, *Sisyrinchium chilense*, *Isoetes lechleri*, *Ophioglossum crotalophoroides*, *Myrosmodes gymnandra*, *Bartsia melampyroides*, *Bartsia diffusa*, *Aciachne acicularis*, *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha*, *Deyeuxia curvula*, *Lachemilla diplohylla* y *Galium hypocarpium*.

### 3.1.2. Riqueza del área de referencia del bofedal

En la evaluación biológica realizada en el área de referencia en el mes de febrero del año 2017 se registraron 15 especies distribuidos en 10 familias y 12 géneros. Poaceae fue la familia con mayor cantidad de especies, registrándose 4 especies de ella, seguida de Asteraceae y Cyperaceae, ambas con 2 especies cada una, y en las 7 familias restantes solo se encontró una especie (Tabla 8).

Tabla 8

*Familias de especies de plantas identificadas en el área de referencia del bofedal (Sector Yanama – temporada 2)*

<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>Asteraceae</b>	<i>Hypochaeris</i>	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>
	<i>Werneria</i>	<i>Werneria pygmaea</i>
<b>Caryophyllaceae</b>	<i>Paronychia</i>	<i>Paronychia andina</i>
<b>Cyperaceae</b>	<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis aff, Albibracteata</i>
	<i>Oreobolus</i>	<i>Oreobolus venezuelensis</i>
<b>Gentianaceae</b>	<i>Gentiana</i>	<i>Gentiana sedifolia</i>
<b>Iridaceae</b>	<i>Sisyrinchium</i>	<i>Sisyrinchium brevipes</i>
<b>Juncaceae</b>	<i>Distichia</i>	<i>Distichia muscoides</i>
<b>Ophioglossaceae</b>	<i>Ophioglossum</i>	<i>Ophioglossum crotalophoroides</i>
<b>Orchitaceae</b>	<i>Myrosmodes</i>	<i>Myrosmodes gymnandra</i>
<b>Poaceae</b>	<i>Calamagrostis</i>	<i>Calamagrostis heterophylla</i>
		<i>Calamagrostis vicunarum</i>
		<i>Calamagrostis Chrysantha</i>
		<i>Calamagrostis tarmensis</i>
<b>Sphagnaceae</b>	<i>Sphagnum</i>	<i>Sphagnum sp.</i>
<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la medición de la cobertura y altura de cada especie vegetal

En la Tabla 9, se muestra el porcentaje promedio de la cobertura vegetal y de los elementos que cubren el suelo del área de referencia del bofedal. La especie *Distichia muscoides* presentó el mayor porcentaje de cobertura vegetal (43.66 %), seguido de *Ophioglossum crotalophoroides* (6.75 %); el porcentaje de cobertura de espejos de agua fue de 24.37 %. Además, se muestra las alturas promedio de *D. muscoides* y de las especies tipo ichu (invasoras).

Tabla 9

*Datos de cobertura y altura de la Distichia muscoides del área de referencia del bofedal (Sector Yanama – temporada 2; Sp: Especie)*

<b>ÁREA DE REFERENCIA</b>		
<b>Componentes biológicos y físicos del Área de Referencia</b>	<b>Altura promedio (cm)</b>	<b>Cobertura %</b>
<b>Sp 22</b>	8.91	43.66
<b>Sp 26</b>	-	0.02
<b>Sp 4</b>	-	5.26
<b>Sp 3</b>	-	6.75
<b>Sp 2</b>	13.00	0.35
<b>Sp 11</b>	5.00	0.60
<b>Sp 28</b>	-	5.06
<b>Sp 29</b>	5.88	6.02
<b>Sp 18</b>	-	0.15
<b>Sp 25</b>	-	0.20
<b>Sp 34</b>	-	0.10
<b>Sp 15</b>	-	1.66
<b>Sp 9</b>	-	0.10
<b>Sp 30</b>	-	5.61
<b>Sp 17</b>	24.70	0.09
<b>Espejo de agua</b>	-	24.37
<b>% Total</b>		100

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados de los parámetros ecológicos del área de referencia

En el muestreo del área de referencia del bofedal, la especie más dominante e importante de acuerdo con el Índice de valor de importancia (IVI), fue *D. muscoides* con 42.59 %, seguida de *Ophioglossum crotalophoroides* y *Calamagrostis chrysantha* (11.08 % y 10.43 % respectivamente), asimismo, el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Sisyrinchium brevipes* y *Eleocharis aff. albibracteata* con 0.59, 0.60 y 0.60 % respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2, Sp 11, Sp 17 y Sp 29 representaron el 14.43 % del total del IVI (Tabla 10).

Tabla 10

*Resultados relativos de la cobertura, densidad, frecuencia, dominancia y el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las plantas registradas en el área de referencia del bofedal (Sector Yanama – temporada 2)*

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	43.66	57.73	57.73	12.31	57.73	42.59
<b>Sp 26</b>	0.02	0.03	0.03	3.08	0.03	1.04
<b>Sp 4</b>	5.26	6.95	6.95	10.77	6.95	8.23
<b>Sp 3</b>	6.75	8.93	8.93	15.38	8.93	11.08
<b>Sp 2</b>	0.35	0.46	0.46	4.62	0.46	1.85
<b>Sp 11</b>	0.60	0.79	0.79	3.08	0.79	1.55
<b>Sp 28</b>	5.06	6.69	6.69	13.85	6.69	9.08
<b>Sp 29</b>	6.02	7.96	7.96	15.38	7.96	10.43
<b>Sp 18</b>	0.15	0.20	0.20	3.08	0.20	1.16
<b>Sp 25</b>	0.20	0.26	0.26	1.54	0.26	0.69
<b>Sp 34</b>	0.10	0.13	0.13	1.54	0.13	0.60
<b>Sp 15</b>	1.66	2.19	2.19	6.15	2.19	3.51
<b>Sp 9</b>	0.10	0.13	0.13	1.54	0.13	0.60
<b>Sp 30</b>	5.61	7.42	7.42	6.15	7.42	7.00
<b>Sp 17</b>	0.09	0.12	0.12	1.54	0.12	0.59
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	75.63	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

## Curvas de diversidad – dominancia del área de referencia

A continuación, se muestran las distribuciones de abundancia de las especies registradas en el área de referencia del bofedal.

La Figura 12, representa la curva de diversidad del área de referencia del bofedal y muestra que la especie de mayor dominancia es la *D. muscoides*, seguida de *Ophioglossum crotalophoroides* y *Calamagrostis chrysantha*. Cabe indicar que la dominancia de las especies de planta tipo ichu como *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis tarmensis* y *Calamagrostis heterophylla* fue baja en toda el área muestreada.

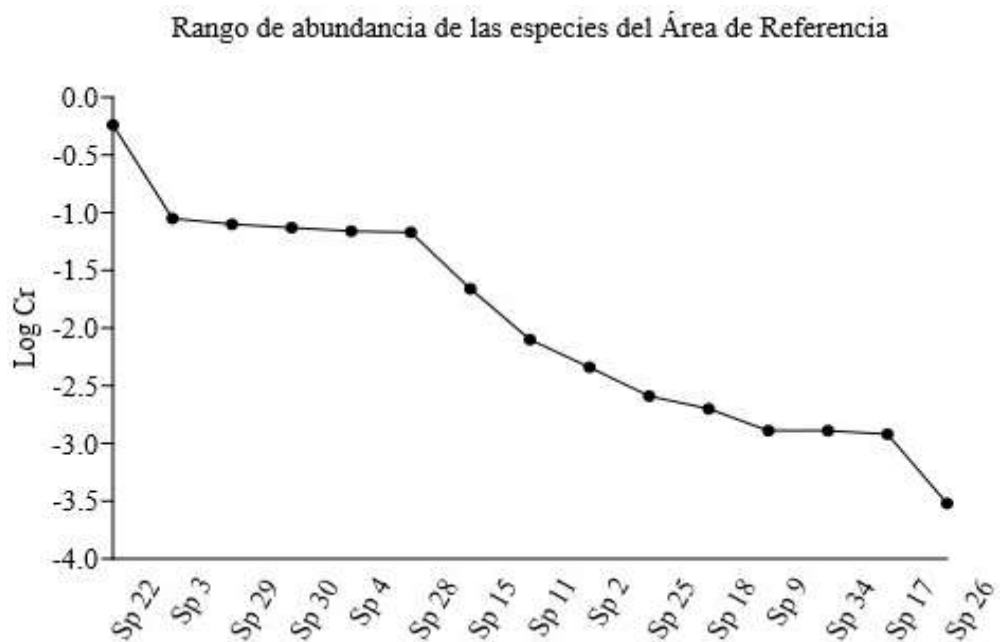


Figura 12. Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el área de referencia del bofedal - sector Yanama. (Sp: Especie). Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3. Estimación de la riqueza total

De acuerdo con los estimadores de riqueza Jacknife 1, Jacknife 2 y Bootstrap, la representatividad del muestreo varió entre 80 % y 94 % de las especies estimadas para la investigación (ver Apéndice 5). La curva del número de especies observadas no se estabiliza si se contrasta con las curvas Jacknife 1 y Jacknife 2, pero se asemeja a la trayectoria de la curva de Bootstrap (Figura 13). En la evaluación de la riqueza se observaron 40 especies mientras que los estimadores Jacknife 1 y Jacknife 2 estimaron 45 y 49 especies respectivamente mientras que Bootstrap estimó 42 especies siendo este último el más cercano al valor observado en el bofedal. Conforme avanzó el muestreo en

todo el periodo de estudio, las especies únicas mostraron una notoria reducción en número (de 17 especies a 6 especies), también hubo una disminución para el número de especies duplicadas (de 10 especies a 2 especies), lo cual demuestra una aceptable eficacia del muestreo en toda el área de investigación del bofedal (Figura 13). En la Figura 13, se observan 25 muestras (6 muestras de cada temporada y una muestra del área de referencia).

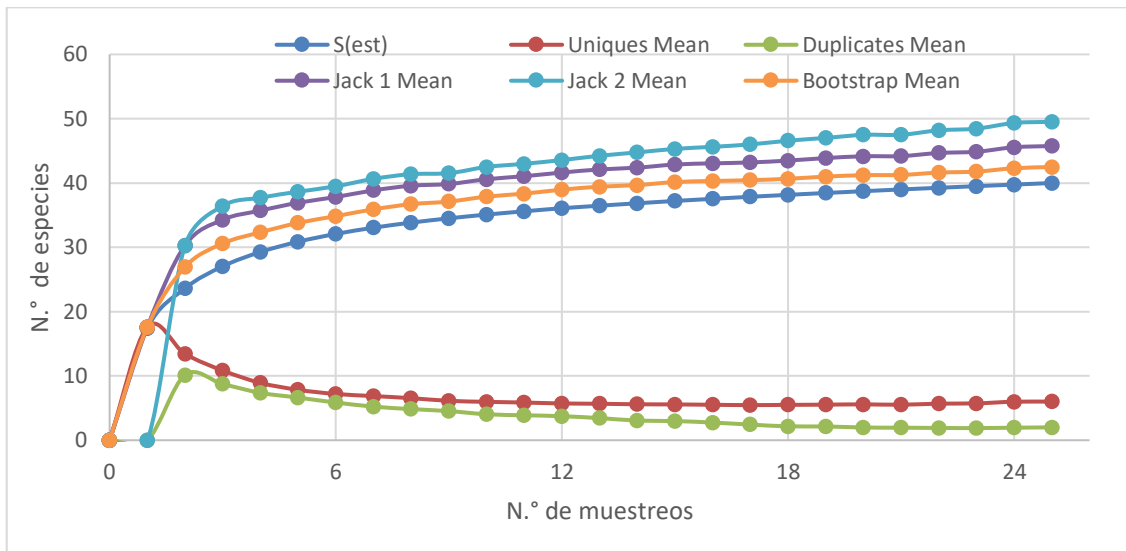


Figura 13. Curva de acumulación de especies de un bofedal durante el periodo de estudio en el sector de Yanama - Huancaya, Yauyos. (Datos de la temporada 1, 2, 3 y 4)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4. Diversidad por temporadas y tratamientos: Diversidad alfa

En todo el estudio, en el bloque 1, el T2 registró la mayor proporción de especies (62.5 %), seguido del T3 con el 60 %, mientras que el T1 presentó la menor proporción (57.5 %). En el bloque 2, el T2 registró la mayor proporción de especies (95 %), seguido del T3 con el 75 % de las especies y el T1 con el 70 % de las especies (Tabla 11 y Figura 14). Se observa también que las parcelas del bloque 2 registraron una mayor cantidad de especies que las parcelas del bloque 1 debido a la mayor superficie de cobertura vegetal.

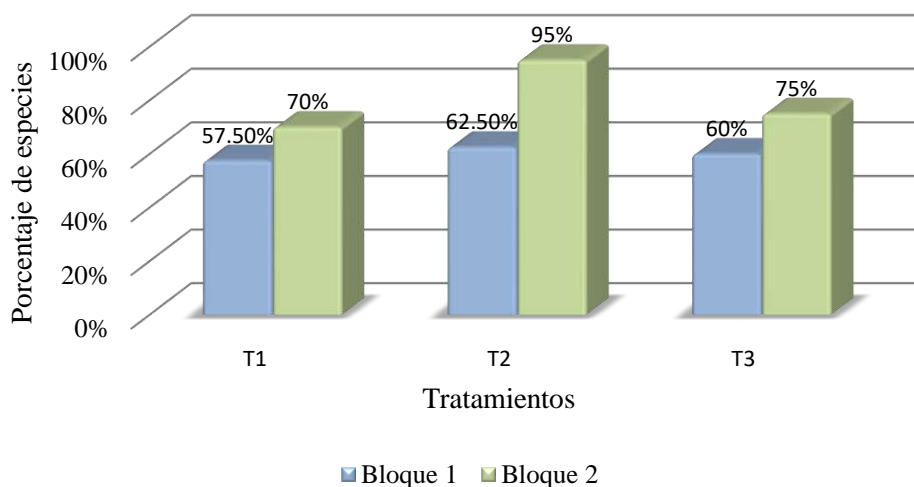
Tabla 11

*Especies e Índices de diversidad de la composición florística registrados en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal. Sector Yanama – Temporada 1, 2, 3 y 4*

	Bloque	Bloque 1			Bloque 2		
	Parcela	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
<b>Temporada</b>	Tratamientos	T2	T1	T3	T1	T3	T2
	<b>N° de especies en el estudio</b>	25	23	24	28	30	38
<b>* Primera Temporada</b>	Shannon – Wiener H	2.25	2.42	2.41	2.62	3.15	3.58
	Simpson	0.78	0.80	0.79	0.81	0.86	0.89
	Uniformidad (H/LnS)	0.97	0.94	0.73	0.76	0.77	0.76
<b>Segunda Temporada</b>	Shannon – Wiener H	3.29	3.19	2.79	2.74	2.93	3.38
	Simpson	0.88	0.88	0.84	0.83	0.83	0.88
	Uniformidad (H/LnS)	0.83	0.89	0.84	0.76	0.72	0.77
<b>Tercera Temporada</b>	Shannon – Wiener H	3.64	3.15	3.27	3.14	3.23	3.48
	Simpson	0.89	0.85	0.87	0.86	0.87	0.89
	Uniformidad (H/LnS)	0.83	0.79	0.76	0.70	0.74	0.77
<b>Cuarta Temporada</b>	Shannon – Wiener H	3.70	3.34	3.36	3.29	3.46	3.56
	Simpson	0.90	0.86	0.88	0.87	0.89	0.89
	Uniformidad (H/LnS)	0.83	0.77	0.78	0.712	0.76	0.78
<b>Área de Referencia</b>	Shannon – Wiener H			2.16			
	Simpson			0.64			
	Uniformidad (H/LnS)			0.55			

Fuente: Elaboración propia.

\*Primera temporada: En la primera evaluación biológica no hubo aplicación de tratamientos sobre las parcelas.



*Figura 14.* Proporción de la riqueza de especies de los tratamientos del bloque 1 y 2. (T1: Testigo, T2: Apertura de canales y siembra de *Distichia muscoides* por nucleación y T3: Retiro de especie invasora y siembra de *Distichia muscoides* por nucleación). *Fuente:* Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la Tabla 11 y Figura 15, indican que el índice de dominancia (Índice de Simpson) de cada uno de los tratamientos (en febrero, abril y setiembre) continuó una tendencia similar a la proporción de especies de cada bloque. En el bloque 2, el T2 presentó el más alto valor (el cual indica que tiende a ser diversa porque los valores se acercan a 1), seguido del T3 y T1, respectivamente, tal como se muestra en la Figura 15 y Tabla 11. En el bloque 1, el T2 presentó el mayor valor seguido del T3 y T1. Asimismo, el Índice de Shannon - Wiener de cada tratamiento del bloque 1 y 2 en las distintas temporadas (con excepción de la temporada 2) mostró un valor más alto en el bloque 2 respecto del bloque 1. En el bloque 2 el T2 tuvo el más alto valor, seguido del T3 y T1. En el bloque 1, el T2 presentó el más alto valor respecto al tratamiento T3 y T1.

La menor diversidad de especies presentes en el T1 del bloque 1 y 2 se debió a que es tratamiento testigo que no ha tenido ningún tratamiento ni barreras para reducir los impactos de la actividad antropogénica y de la ganadería.



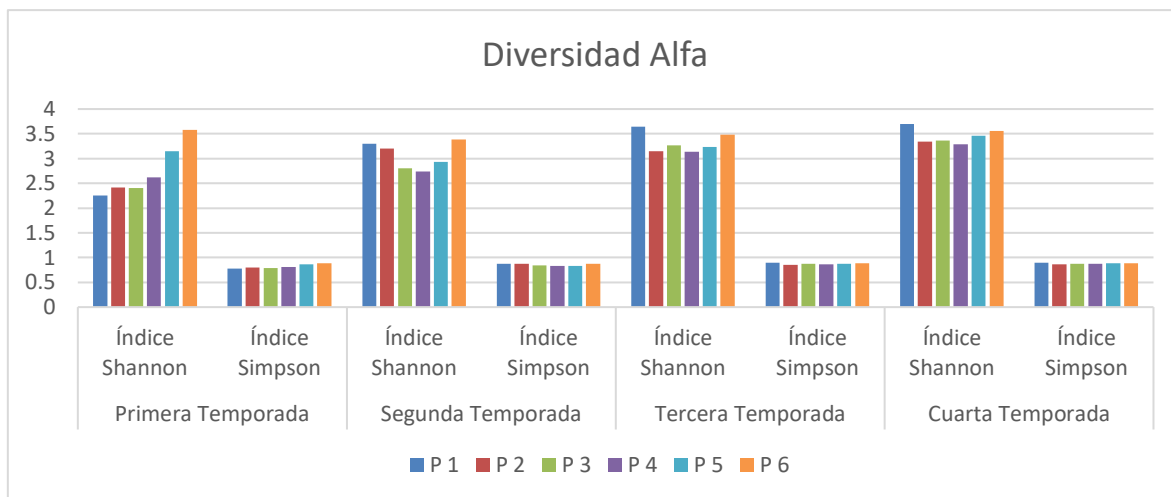


Figura 15. Índices de Shannon y Simpson de la composición florística de los tratamientos realizados en el bofedal del sector de Yanama en las temporadas 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela).  
Fuente: Elaboración propia.

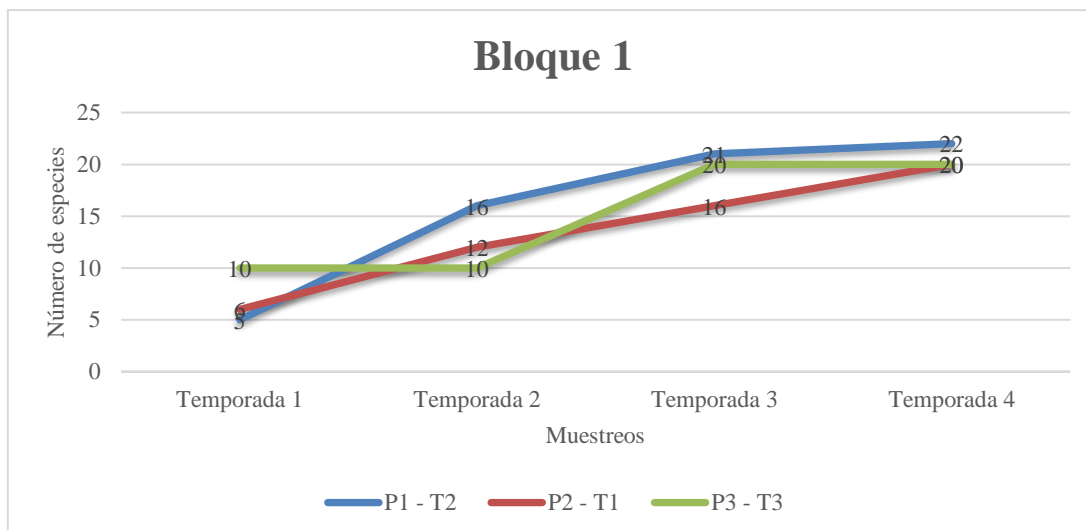
Cabe resaltar que después de aplicar los tratamientos en las parcelas de los bloques 1 y 2 se registró un incremento de especies desde la segunda temporada hasta la cuarta temporada (Tabla 12 y Figuras 16 y 17).

Tabla 12

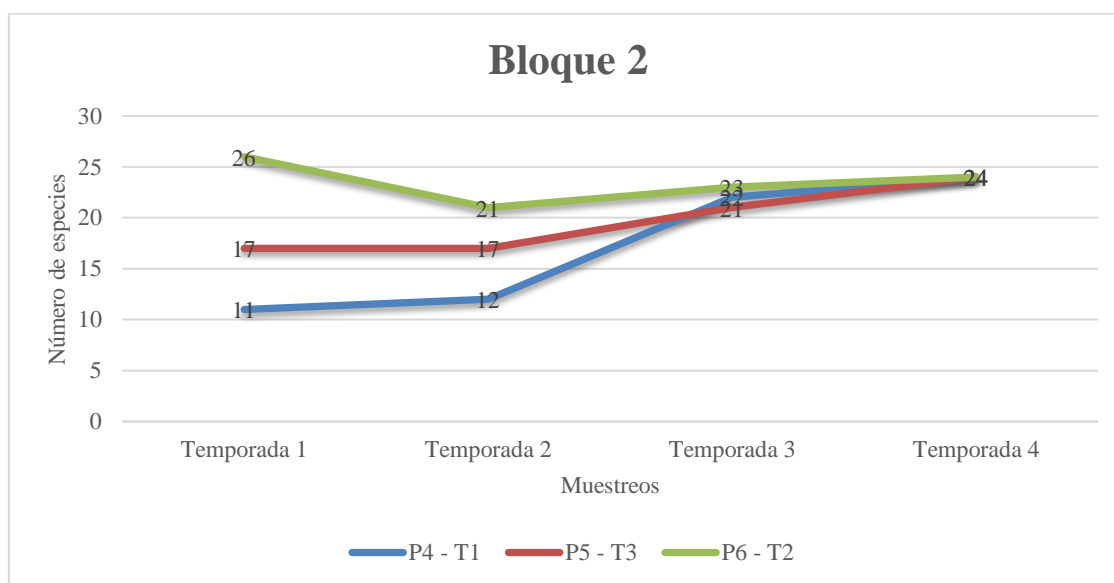
Número de especies de la flora registrada en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal. Sector Yanama – Temporada 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela y T: Tratamiento)

Número de especies por cada tratamiento y temporada						
Bloque	Parcela - Tratamiento	Antes de los tratamientos		Después de los tratamientos		
		Muestreo de la Temporada 1	Muestreo de la Temporada 2	Muestreo de la Temporada 3	Muestreo de la Temporada 4	
Bloque 1	P1 - T2	5	16	21	22	
	P2 - T1	6	12	16	20	
	P3 - T3	10	10	20	20	
Bloque 2	P4 - T1	11	12	22	24	
	P5 - T3	17	17	21	24	
	P6 - T2	26	21	23	24	
<b>Especies por temporada</b>		28	23	27	28	
<b>Total de especies</b>		40				

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 16.* Variación del número de especies de la flora registrada en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 1 realizados en el bofedal del sector de Yanama en las temporadas 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela y T: Tratamiento). *Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 17.* Variación del número de especies de la flora registrada en los tratamientos T1, T2 y T3 del bloque 2 realizados en el bofedal del sector de Yanama en las temporadas 1, 2, 3 y 4 (P: Parcela y T: Tratamiento). *Fuente:* Elaboración propia

De acuerdo con los datos ecológicos (cobertura) registrados durante las 4 temporadas (ver Apéndice 6), generalmente se observó que la familia con mayor cantidad de especies en cada parcela de cada bloque (1 y 2) antes y después de los tratamientos (noviembre, febrero, abril y setiembre) fue la Asteraceae, siendo la familia con mayor representatividad en la zona de estudio del bofedal. Cabe resaltar que después de aplicar los tratamientos se registró un incremento de especies de la familia Asteraceae en todos los tratamientos del

bloque 1 y 2, siendo el bloque 2 el de mayor registro de especies. Las especies registradas de la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Hypochaeris cf. echegarayi*, *Novenia acaulis*, *Xenophyllum poposum* y *Werneria heteroloba*.

Otra familia con alto valor representativo fue la Poaceae cuyas especies registradas fueron: *Aciachne acicularis* y las especies tipo ichu *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha*, *Festuca dolichophylla* y *Deyeuxia curvula*. Las demás familias observadas tuvieron una menor cantidad de especies.

Según los estimadores de riqueza calculados para cada una de las unidades experimentales del bloque 1 y 2, la representatividad del muestreo para el bloque 1 osciló entre 85 % y 95 %, y para el bloque 2 entre 78 % y 98 % de las especies esperadas para cada tratamiento respectivamente (ver Apéndice 7). Las especies únicas muestran una reducción conforme avanzó el muestreo sin embargo por lo general las especies duplicadas tienden a subir después de la tercera temporada.

Los diferentes tratamientos realizados en las parcelas de experimentación provocaron un cambio en la composición florística, estructura y diversidad. Entre los cambios se observó una reducción de la cobertura de las especies invasoras tipo ichu y la aparición de nuevas especies en las subparcelas de cada parcela, el incremento de cobertura y altura de *Distichia muscoides*.

### **3.1.5. Composición y estructura de especies**

La estructura y composición de las especies vegetales del bofedal entre los tipos de tratamiento del bloque 1 en temporadas distintas (segunda, tercera y cuarta temporada) fue estadísticamente diferente (ANOSIM:  $R=0.399$ ,  $p=0.025$ ). Sin embargo, la diferencia estadística para el bloque 2 no fue significativa (ANOSIM:  $R=0.086$ ,  $p=0.295$ ). A continuación, se presentará los datos de composición florística y estructura de cada

tratamiento. Respecto a los datos recolectados sólo se considerará los datos de la primera (antes del tratamiento - época de estiaje), tercera (después del tratamiento - época de lluvia) y cuarta temporada (después del tratamiento – época de estiaje).

#### Composición florística y estructura de las parcelas del bloque 1

- Parcela1 – Tratamiento 2

En esta parcela se registró en total 25 especies distribuidas en 12 familias, siendo las más representativas Asteraceae (5 especies), Caryophyllaceae (4 especies) y Poaceae (4 especies) debido al mayor registro de especies de cada una en comparación de las demás familias (Figura 18). Las especies registradas de la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Hypochaeris cf. echeagarayi*, *Novenia acaulis* y *Xenophyllum poposum*. En la familia Caryophyllaceae se encontraron las especies *Paronychia andina*, *Arenaria lanuginosa*, *Arenaria digyna* y *Drymaria engleriana*. Asimismo, las especies de la familia de la Poaceae fueron: *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha*, *Festuca dolichophylla* y *Deyeuxia curvula*.

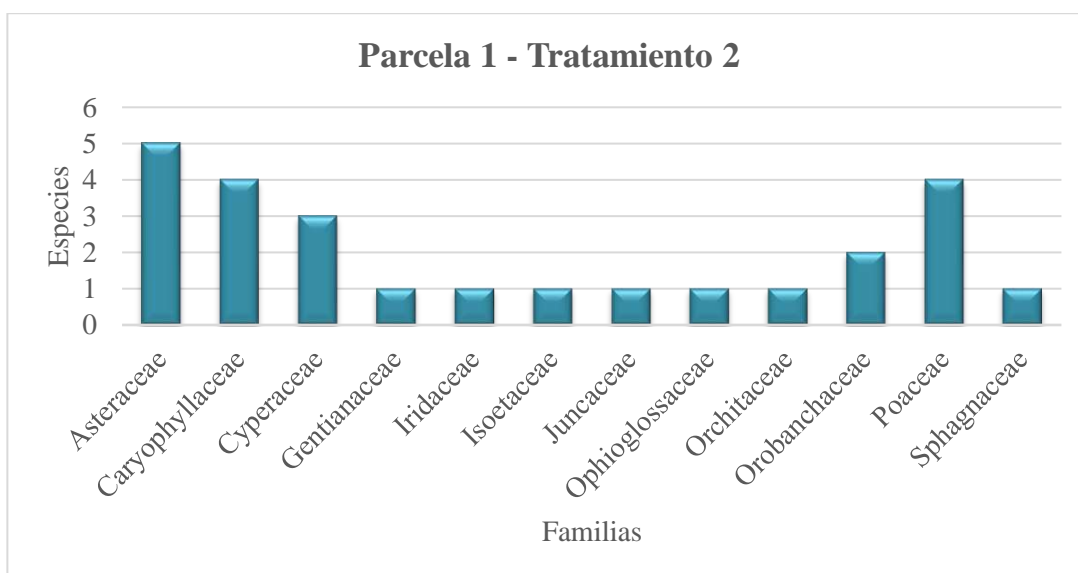


Figura 18. Distribución de las familias y el número de especies de flora, en la parcela 1 (tratamiento 2) del bofedal - Sector Yanama - Huancaya. Fuente: Elaboración propia

En el Apéndice 6, mencionado anteriormente, también muestra los resultados relativos de los parámetros ecológicos de las especies de la flora identificadas en las

parcelas 1, 2 y 3 del bloque 1, y las parcelas 4, 5 y 6 pertenecientes al bloque 2 del área de investigación del bofedal, sector Yanama.

En el primer monitoreo de la parcela 1 (noviembre del año 2016 - antes del tratamiento) se registró 5 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo con el IVI fue *Festuca dolichophylla* con 28.70 % que también obtuvo mayor dominancia, seguida de *Noventia acaulis* (18.61 %), en tanto que el menor valor del IVI lo tuvo la especie *Werneria pygmaea* con 17.74 %. Las especies tipo ichu Sp 17 y Sp 27 representan el 46.96 % del total del IVI. En el muestreo no se registró la especie *D. muscoides*, pero sí se observó poca cobertura dentro de la parcela. Cabe indicar que del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 24.04 %, seguido del 22.3 2% de suelo desnudo, esta última cobertura se presentó debido a la sequedad de los espejos de agua del bofedal producto de la temporada de estiaje (noviembre del año 2016).

En el tercer monitoreo (abril del año 2017 – época de lluvia) se registró 21 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo con el IVI fue *Hypochaeris taraxacoides* con 15.22 %, seguida de *Eleocharis aff. albibracteata* 11.67 %, mientras que el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Arenaria digyna* e *Isoetes lechleri* ambos con 0.52 %. Las especies tipo ichu Sp 27 y Sp 29 representan el 5.16 % del total del IVI y la *D. muscoides* representa el 5.70 %. Del 100% del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 47.77 % este resultado se debe a que durante la época de lluvia se almacenó los espejos de agua y las zanjadas aperturadas.

En el cuarto monitoreo (setiembre - época de estiaje) se registró 22 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo con el IVI fue *H. taraxacoides* con 14.64%, seguida de *E. aff. albibracteata* 12.65 %, mientras que el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Isoetes lechleri*, *Arenaria digyna* e *Hypochaeris cf. echeagarayi* con 0.47 %, 0.49 % y 0.67 % respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 27 y Sp 29 representan el 4.98 % del total del IVI en tanto que *D. muscoides* representa el 5.43 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 44.67 %, seguido del mantillo (3.2 %) y

suelo desnudo (1.35 %), este último valor se debió a la sequedad de espejos de agua del bofedal de la época seca.

En los muestreos de las subparcelas permanentes de la temporada 3 y 4 se registró 8 especies (Sp 34, Sp 32, Sp 35, Sp 19, Sp 37, Sp 33, Sp 36 y Sp 40) más que los anteriores muestreos, evidenciándose el desarrollo de la sucesión ecológica en la parcela debido al aumento paulatino y sustitución de especies en tiempo y espacio para alcanzar una mayor estabilidad. Además, al comparar los tres monitoreos se observa que la especie más importante en el tercer y cuarto monitoreo es *H. taraxacoides* con 15.22 % y 14.64 % del IVI respectivamente, esto debido a la reducción del IVI de las especies tipo ichu de 46.96 % (primera temporada) hasta 5.16 % (tercer monitoreo) y 4.98 % (cuarto monitoreo) producto del efecto del tratamiento, pues algunas de las estepas del bofedal se colocaban sobre especies tipo ichu para que pudieran flotar y sobrevivir. También se observó que la cobertura de espejos de agua se incrementó de 24.04 % (primer monitoreo – época seca) hasta 47.77 % (época de lluvia) y 44.67 % (época seca) de la tercera y cuarta temporada respectivamente, reduciéndose solamente 3.1% entre los dos últimos monitoreos; el alto porcentaje de cobertura de espejos de agua es el resultado del almacenamiento de los espejos de agua y de las zanjas en la época de lluvia. Respecto a la importancia ecológica de la *D. muscoides* disminuyó ligeramente entre la tercera y cuarta temporada de 5.70 % hasta 5.43 % respectivamente.

- Parcela 2 – Tratamiento 1

En esta parcela se registró en total 23 especies distribuidos en 12 familias, siendo las más representativas Asteraceae (5 especies), Poaceae (4 especies) y Cyperaceae (3 especies) debido al mayor registro de especies de cada una en comparación de las demás familias (ver Figura 19). Las especies registradas de la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Hypochaeris cf. echeagarayi*, *Novenia acaulis* y *Xenophyllum poposum*. En la familia Poaceae se encontró las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha*, *Festuca dolichophylla* y *Deyeuxia curvula*. Asimismo, las especies de la familia de la Cyperaceae fueron: *Oreobolus venezuelensis*, *Eleocharis aff. albibracteata* y *Phylloscirpus acaulis*.

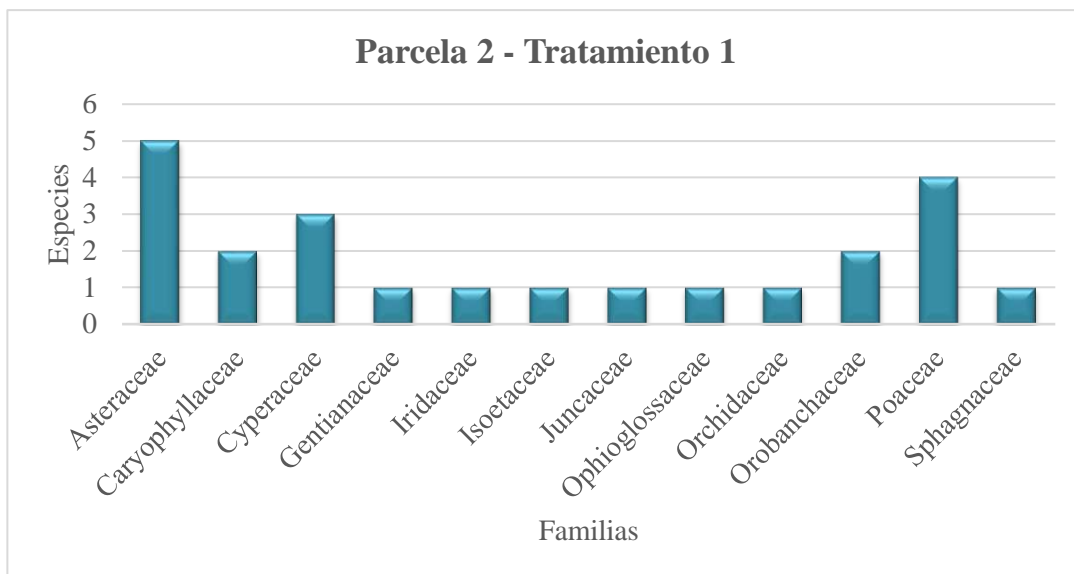


Figura 19. Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 2 (tratamiento 1) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. Fuente: Elaboración propia

En el primer monitoreo de la parcela 2 (noviembre del año 2016 - antes del tratamiento) se registró 6 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Novenia acaulis* con 22.10% el cual tuvo una mayor dominancia, seguida de *Werneria pygmaea* (21.24%) y *Festuca dolichophylla* con 20.26 %, en tanto que el menor valor del IVI lo tuvo la especie *D. muscoides* con 3.47 %. Las especies tipo ichu Sp 17 y Sp 27 representan el 33.37 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 3.47 %. Cabe mencionar que del 100 % del área muestreada, la cobertura de suelo desnudo fue de 38.5 % debido a la sequedad de los espejos de agua en la época seca (noviembre del año 2016).

El tercer monitoreo (abril del año 2017 – época de lluvia) registró 16 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo con el IVI fue *Festuca dolichophylla* con 24.40 %, seguida de *Eleocharis aff. albibracteata* con 14.48 %, mientras que el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Isoetes lechleri* y *Myrosmodes gymnandra*, ambas con 0.56 %. Las especies tipo ichu Sp 27 y Sp 29 representan el 27.03 % del total del IVI y la *D. muscoides* representa el 2.5 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 49.5% este resultado se debe al almacenamiento de los espejos de agua en la época de lluvia.

En el cuarto monitoreo (setiembre - época de estiaje) se registró 20 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Festuca dolichophylla* con 23.14 %, seguida de *Eleocharis aff. albibracteata* con 12.99%. Por otro lado, el menor valor del IVI fue observado en las especies *Myrosmodes gymnandra* y *Oreobolus venezuelensis*, con 0.45 % y 0.77 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 27 y Sp 29 alcanzaron el 25.59 % del total del IVI mientras que *D. muscoides* alcanzó el 2.29%. Del 100% del área muestreada la cobertura de suelo desnudo fue de 30.3 %, seguido de 16.1% de espejos de agua y el 1.01 % de mantillo. Respecto al valor porcentual del suelo desnudo se debió a la sequedad de los espejos de agua del bofedal producto de la temporada de estiaje (setiembre del año 2017).

En los muestreos de las subparcelas permanentes de la temporada 3 y 4 se registraron 10 especies (Sp 26, Sp 18, Sp 33, Sp 37, Sp 29, Sp 19 y Sp 32, Sp 25, Sp 40 y Sp 34) más que los anteriores muestreos evidenciándose el desarrollo de la sucesión ecológica en la parcela debido al aumento paulatino y sustitución de especies en tiempo y espacio para alcanzar una mayor estabilidad. Además, al comparar los tres monitoreos se observa que la especie *F. dolichophylla* aumentó su nivel de importancia en el tiempo de 20.26 % hasta 24.4 % y 23.14 % de la primera, tercera y cuarta temporada, respectivamente, siendo la especie más importante en el tercer y cuarto muestreo. También se observó que la cobertura de espejos de agua se incrementó de 0 % hasta 49.5 % del primer y tercer monitoreo respectivamente disminuyendo hasta 16.1 % en el cuarto monitoreo (época seca). El último porcentaje de cobertura de espejos de agua fue debido al flujo directo del agua de la parcela hacia el canal del bofedal sin poder circular por toda la parcela. Respecto a la importancia ecológica de la *D. muscoides*, precisar que disminuyó ligeramente entre la tercera y cuarta temporada de 2.50 % hasta 2.29 %, respectivamente.

- Parcela 3 – Tratamiento 3

En esta parcela se registraron en total 24 especies distribuidos en 12 familias, siendo las más representativas Asteraceae (5 especies), Caryophyllaceae, Cyperaceae y Poaceae (3 especies en cada una) debido al mayor registro de especies de cada una en comparación de las demás familias (Figura 20).



Las especies registradas de la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Hypochaeris cf. echegarayi*, *Novenia acaulis* y *Xenophyllum poposum*. En la familia Caryophyllaceae se encontró las especies *Paronychia andina*, *Arenaria lanuginosa* y *Drymaria engleriana*. Las especies de la familia Cyperaceae fueron: *Oreobolus venezuelensis*, *Eleocharis aff. albibracteata* y *Phylloscirpus acaulis*. Asimismo, las especies de la familia de la Poaceae fueron: *Calamagrostis tarmensis*, *C. chrysantha* y *Festuca dolichophylla*.

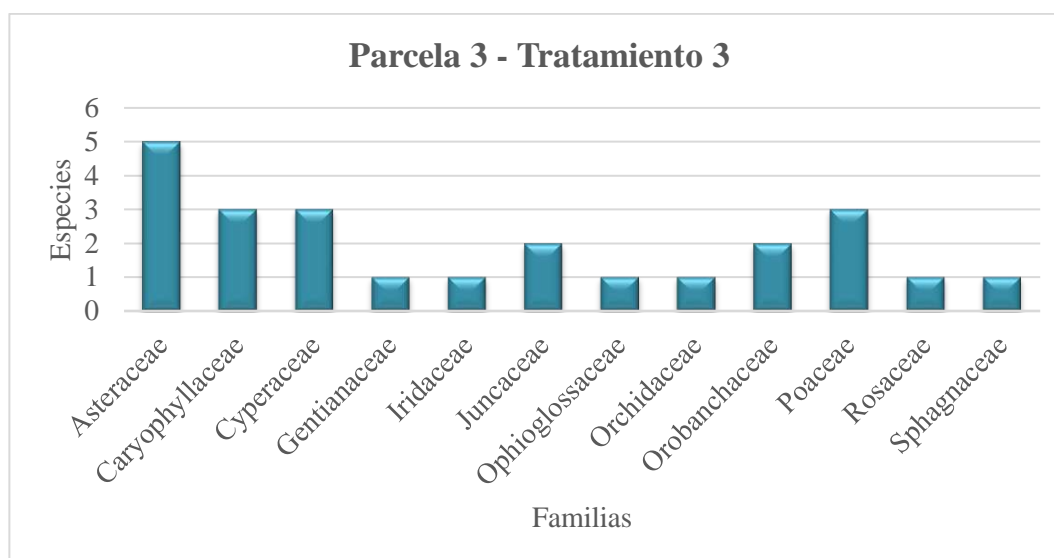


Figura 20. Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 3 (tratamiento 3) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. Fuente: Elaboración propia

En el primer monitoreo de la parcela 3 (noviembre del año 2016 - antes del tratamiento) se registraron 10 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo con el IVI fue *F. dolichophylla* con 24.17 % la cual también tuvo una mayor dominancia, seguida de *C. tarmensis* (20.58 %) y *Novenia acaulis* con 15.26 %, mientras que el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Hypochaeris taraxacoides* y *Gentiana sedifolia* ambos con 0.69 %. Las especies tipo ichu Sp 17 y Sp 27 representan el 44.76 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 3.98 %. En esta parcela no habieron espejos de agua debido a la época seca y a la gran biomasa en desarrollo de las especies tipo ichu.

En el tercer monitoreo (abril del año 2017 – época de lluvia) se registraron 20 especies de plantas, siendo la especie más importante de acuerdo con el IVI *Ophioglossum*

*crotalophoroides* con 16.74 %, seguida de *Werneria pygmaea* e *Hypochaeris taraxacoides* con 14.02 % y 13.4 %, respectivamente. Mientras que, las especies *Gentiana sedifolia* y *Paronychia andina* con 0.70 % y 0.72 % fueron las que reportaron el menor valor del IVI respectivamente, mientras que las especies tipo ichu Sp 27 y Sp 29 alcanzaron el 15.10 % del total del IVI y la *D. muscoides* reportó el 3.80 % del nivel de importancia. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 67.71% este resultado fue debido al almacenamiento de los espejos de agua en la época de lluvia y a la extracción de especies invasoras tipo ichu. El retiro de la biomasa de ichu favoreció al registro de cobertura de espejos de agua, ya que estas especies cubrían la mayor parte de los espejos de agua.

En el cuarto monitoreo (setiembre - época de estiaje) se registraron 20 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Ophioglossum crotalophoroides* con 14.51 %, seguida de *Hypochaeris taraxacoides* y *Werneria pygmaea* con 14.32 % y 12.94% respectivamente, mientras que las especies con menor valor del IVI fueron *Paronychia andina* y *Myrosmodes gymnantra* con 0.62 % y 0.64 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 27 y Sp 29 representaron el 14.43 % del total del IVI y la *D. muscoides* representa el 4.17 % del nivel de importancia. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de suelo desnudo (áreas sin espejos de agua) fue de 38.17 %, seguido del mantillo (19.6 %) y espejo de agua con 8.5 %, este último porcentaje fue el resultado del reducido caudal que presentó la época seca.

En los muestreos de las subparcelas permanentes de la temporada 3 y 4 se registraron 12 especies (Sp 28, Sp 18, Sp 37, Sp 38, Sp 24 y Sp 9, Sp 19, Sp 25, Sp 32, Sp 40, Sp 34 y Sp 35) más que los anteriores muestreos, evidenciándose el desarrollo de la sucesión ecológica en la parcela debido al aumento paulatino y sustitución de especies en tiempo y espacio para alcanzar una mayor estabilidad. Al comparar los tres monitoreos se obtuvo que la especie más importante en el tercer y cuarto monitoreo fue *Ophioglossum crotalophoroides* con 16.74 % y 14.51 % del IVI respectivamente, esto debido a la reducción del IVI de las especies tipo ichu de 44.76 % (primer monitoreo) hasta 15.10 % (tercer monitoreo) y 14.43 % (último monitoreo) producto del efecto del tratamiento. También se observó que la cobertura de espejos de agua se incrementó de 0 % (primer

monitoreo – época seca) hasta 67.71 % en el tercer monitoreo (época lluviosa) disminuyendo hasta 8.5 % durante el cuarto monitoreo (época seca). El bajo porcentaje de cobertura de espejos de agua fue el resultado del flujo directo del agua de la parcela hacia el canal del bofedal sin poder circular por toda la parcela. Respecto a la importancia ecológica de la *D. muscoides* aumentó ligeramente entre la tercera y cuarta temporada de 3.80 % hasta 4.17 % respectivamente. La aplicación de este tratamiento incrementa la tasa de crecimiento y cobertura de la *D. muscoides* y reduce esas mismas variables en las especies invasoras tipo ichu.

## Composición florística y estructura de las parcelas del bloque 2

- Parcela 4 – Tratamiento 1

En esta parcela se registraron en total 28 especies distribuidas en 13 familias, siendo las más representativas Asteraceae y Poaceae (ambas con 5 especies), seguida de Caryophyllaceae (4 especies) y Cyperaceae (3 especies) debido al mayor registro de especies de cada una en comparación de las demás familias (Figura 21). Las especies registradas de la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Hypochaeris cf. echegarayi*, *Novenia acaulis* y *Xenophyllum poposum*. En la familia Poaceae se encontró las especies *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha* y *Festuca dolichophylla*. En la familia Caryophyllaceae se encontraron las especies *Paronychia andina*, *Arenaria lanuginosa*, *Arenaria digyna* y *Drymaria engleriana*. Asimismo, las especies de la familia Cyperaceae fueron: *Oreobolus venezuelensis*, *Eleocharis aff. albibracteata* y *Phylloscirpus acaulis*.

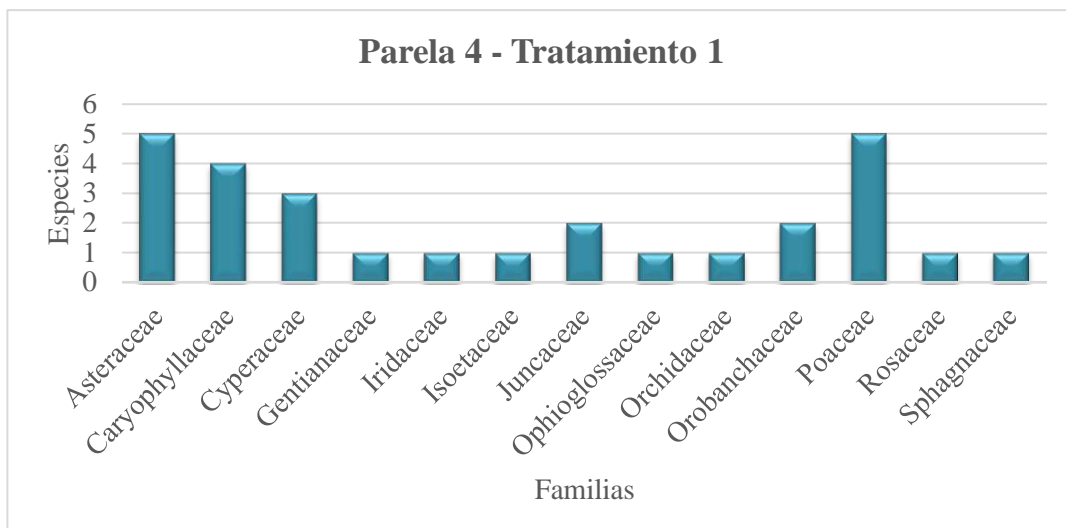


Figura 21. Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 4 (tratamiento 1) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. Fuente: Elaboración propia

En el primer monitoreo de la parcela 4 (noviembre del año 2016 - antes del tratamiento) se registraron 11 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Calamagrostis tarmensis* con 25.36 % el cual tuvo también una mayor dominancia, seguida de *Novenia acaulis* y *Werneria pygmaea* con 16.67% y 15.97 %, respectivamente. En tanto que, el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Gentiana sedifolia*, *Hypochaeris taraxacoides* e *Hypochaeris cf. echeagarayi* con 0.97 %, 1.08 y 1.08 %, respectivamente. La especie tipo ichu Sp 17 representó el 25.36 % del total del IVI mientras que *D. muscoides* alcanzó el 6.69 %. Es preciso mencionar que del 100 % del área muestreada, no se registraron coberturas de espejos de agua en la época seca (noviembre del año 2016).

En el tercer monitoreo (abril del año 2017 – época de lluvia) se registraron 22 especies de plantas, siendo la especie más importante de acuerdo al IVI, *Ophioglossum crotalophoroides* con 16.15 %, seguida de *Werneria pygmaea* e *Hypochaeris taraxacoides* con 14.11 % y 13.87 % respectivamente, mientras que el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Myrosmodes gymnandra*, *Luzula racemosa* e *Hypochaeris cf. echeagarayi*, con 0.28 %, 0.30 % y 0.34 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2 y Sp 29 alcanzaron el 10.86 % del total del IVI mientras que *D. muscoides* representó sólo el 1.12 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 1.95 % (época de lluvia).

En el cuarto monitoreo (setiembre - época de estiaje) se registraron 24 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Werneria pygmaea* con 13.96 %, seguida de *Ophioglossum crotalophoroides* e *Hypochaeris taraxacoides*, con 13.74 % y 13.56 %, respectivamente. Mientras que, el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Luzula racemosa*, *Oreobolus venezuelensis* y *Myrosmodes gymnandra*, con 0.27 %, 0.31 % y 0.51 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2 y Sp 29 alcanzaron el 9.67% del total del IVI en tanto que *D. muscoides* reportó el 1.07 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejos de agua fue de 0.2 % y del mantillo 0.4 %.

En los muestreos de las subparcelas permanentes de las temporadas 3 y 4 se registraron 12 especies (Sp 24, Sp 18, Sp 35, Sp 36, Sp 33, Sp 37, Sp 38, Sp 25, Sp 34, Sp 29, Sp 32 y Sp 40) más que los anteriores muestreos, evidenciándose el desarrollo de la sucesión ecológica debido al aumento paulatino y sustitución de especies en tiempo y espacio para alcanzar una mayor estabilidad. Es así como al comparar los resultados obtenidos de los tres monitoreos se halló que las especies *Werneria pygmaea* y *Ophioglossum crotalophoroides* son las especies de mayor importancia en cada una de las temporadas 3 y 4; mientras que el IVI de las especies tipo ichu disminuyó de 10.86 % en el tercer monitoreo a 9.67 % en el cuarto monitoreo respectivamente. Respecto a la cobertura de espejos de agua, los resultados obtenidos mostraron que de 0 % (porcentaje del primer monitoreo) hubo un incremento de 1.95 % (para el tercer monitoreo – época de lluvia), disminuyendo luego hasta 0.2 % en el cuarto monitoreo (época seca); el bajo porcentaje de cobertura de espejos de agua fue debido a la poca humedad presente en la parcela, es decir no tiene muchas formaciones de hoyos para incrementar el porcentaje de cobertura de espejos de agua como las parcelas del bloque 1. Respecto a la importancia ecológica de *D. muscoides* disminuyó ligeramente entre la tercera y cuarta temporada, de 1.12 % hasta 1.07 %, respectivamente, debido al lento desarrollo de *D. muscoides* y al rápido desarrollo de las demás especies de plantas.

- Parcela 5 – Tratamiento 3

En esta parcela se registraron en total 30 especies distribuidas en 14 familias, siendo las más representativas Asteraceae y Poaceae, con 6 y 5 especies, respectivamente, seguida de Caryophyllaceae y Cyperaceae (ambas con 3 especies) debido al mayor registro de

especies de cada una en comparación de las demás familias (Figura 22). Las especies registradas para la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Hypochaeris cf. echegarayi*, *Novenia acaulis*, *Xenophyllum poposum* y *Werneria heteroloba*. En la familia Poaceae se reportaron las especies *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis vicunarium*, *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha* y *Festuca dolichophylla*, mientras que para la familia Caryophyllaceae las especies reportadas fueron: *Drymaria engleriana*, *Paronychia andina* y *Arenaria digyna*. Asimismo, las especies de la familia Cyperaceae correspondieron a: *Oreobolus venezuelensis*, *Eleocharis aff. albibracteata* y *Phylloscirpus acaulis*.

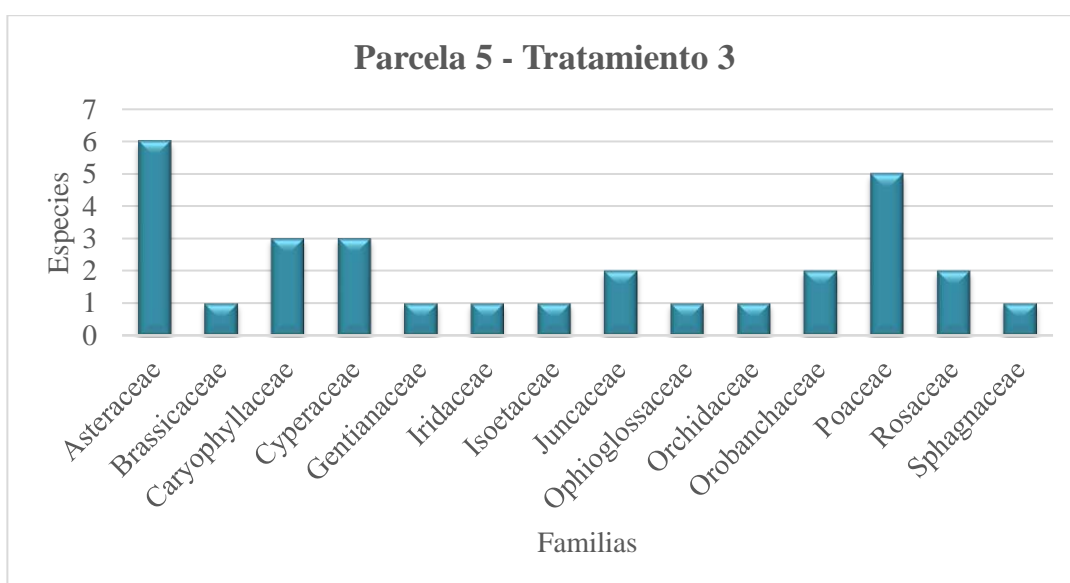


Figura 22. Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 5 (tratamiento 3) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. Fuente: Elaboración propia

En el primer monitoreo de la parcela 5 (noviembre del año 2016 - antes del tratamiento) se registraron 17 especies de plantas, siendo la especie más importante de acuerdo al IVI, *Calamagrostis tarmensis* con 17.25 %, reportando también mayor dominancia, seguida de *Novenia acaulis* y *Werneria pygmaea*, con 15.99 % y 15.34 %, respectivamente. Respecto a las especies con menor valor del IVI los resultados obtenidos mostraron a *Myrosmodes gymnandra*, *Lachemilla pinnata* y *Draba aff. schusteri*, con 0.44 %, 0.53 % y 0.90 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 11, Sp 17 y Sp 27 alcanzaron un total de 23.58% del total del IVI mientras que *D. muscoides* sólo alcanzó un 4 %. En esta parcela la cobertura de espejos de agua alcanzó el 5.98 % del total de la superficie muestreada.

En el tercer monitoreo (abril del año 2017 – época de lluvia) se registraron 21 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Werneria pygmaea* con 15.03 %, seguida de *Hypochaeris taraxacoides* y *Ophioglossum crotalophoroides*, con 14.49 % y 14.34 %, respectivamente. En tanto que, el menor valor del IVI fue observado en las especies *Lachemilla diplohylla*, *Isoetes lechleri* y *Sisyrinchium brevipes*, todas con 0.40 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2 y Sp 29 representan el 6.57 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 5.97 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua representó el 21.75 % este resultado se debió principalmente al almacenamiento de los espejos de agua (charcos) en la época de lluvia.

En el cuarto monitoreo (setiembre - época de estiaje) se registraron 24 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Werneria pygmaea* con 13.32 %, seguida de *Ophioglossum crotalophoroides* e *Hypochaeris taraxacoides*, con 12.81 % y 12.40 %, respectivamente. Mientras que, el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Luzula racemosa*, *Arenaria digyna* e *Isoetes lechleri*, con 0.28 %, 0.28 % y 0.35 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2 y Sp 29 representan el 6.52 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 5.61 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejos de agua fue de 13.91 %, seguido del suelo desnudo (áreas sin espejos de agua) con 1.5 %.

En los muestreos de las subparcelas permanentes de la temporada 3 y 4, se registraron 9 especies (Sp 24, Sp 36, Sp 33, Sp 37, Sp 38, Sp 39, Sp 34, Sp 32 y Sp 40) más que los anteriores muestreos, evidenciándose el desarrollo de la sucesión ecológica en la parcela debido al aumento paulatino y sustitución de especies en tiempo y espacio para alcanzar una mayor estabilidad. Además, al comparar los tres monitoreos se observa que la especie más importante en el tercer y cuarto monitoreo dio como resultado a *Werneria pygmaea*, con 15.03 % y 13.32 % del IVI, respectivamente, esto debido a la reducción del IVI de las especies tipo ichu de 23.58 % (primera temporada) hasta 6.57 % (tercer monitoreo) y 6.52 % (cuarto monitoreo) producto del efecto del tratamiento. También se observó que la cobertura de espejos de agua se incrementó de 5.98 % (primer monitoreo – época seca) hasta 21.75 % (tercer monitoreo - época de lluvia), mientras que para el

(cuarto monitoreo - época seca), sufrió una disminución hasta de un 13.91 % debido al almacenamiento de los espejos de agua (presencia de charcos cuyas dimensiones pueden ser de hasta 2 m<sup>2</sup>) en la época de lluvia. Respecto a la importancia ecológica de *D. muscoides*, aumentó de 4 % del primer monitoreo hasta 5.97 % del tercer monitoreo, reduciéndose ligeramente hasta el último monitoreo hasta 5.61 %. La aplicación de este tratamiento incrementa la tasa de crecimiento y cobertura de la *D. muscoides* y reduce esas mismas variables en las especies invasoras tipo ichu.

- Parcela 6 – Tratamiento 2

En esta parcela se registraron en total 38 especies distribuidas en 18 familias, siendo las más representativas Asteraceae y Poaceae ambas con 6 especies, seguida de Caryophyllaceae y Cyperaceae, con 5 y 3 especies, respectivamente, debido al mayor registro de especies de cada una en comparación de las demás familias (ver Figura 23). Las especies registradas de la familia Asteraceae fueron: *Werneria pygmaea*, *Hypochoeris taraxacoides*, *Hypochoeris cf. ehegarayi*, *Novenia acaulis*, *Xenophyllum poposum* y *Werneria heteroloba*. En la familia Poaceae se encontraron las especies *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis chrysantha*, *Festuca dolichophylla* y *Aciachne acicularis*. En la familia Caryophyllaceae, se encontraron las especies *Silene gallica*, *Cerastium sp.*, *Drymaria engleriana*, *Paronychia andina* y *Arenaria digyna*. Asimismo, las especies de la familia Cyperaceae fueron: *Oreobolus venezuelensis*, *Eleocharis aff. albibracteata* y *Phylloscirpus acaulis*.



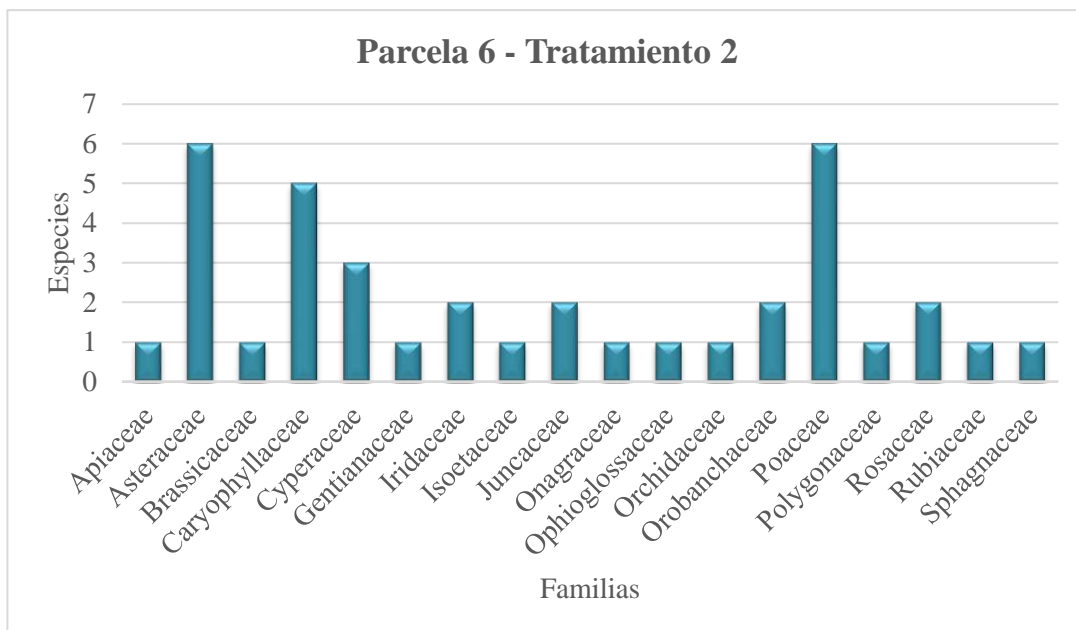


Figura 23. Distribución de las familias y el número de especies de flora, de la parcela 6 (tratamiento 2) del bofedal - Sector Yanama – Huancaya. Fuente: Elaboración propia

En el primer monitoreo de la parcela 6 (noviembre del año 2016 - antes del tratamiento) se registraron 26 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI, fue *Calamagrostis tarmensis* con 15.51 %, la que tuvo también una mayor dominancia, seguida de *Werneria pygmaea* y *Novenia acaulis*, con 14.04 % y 9.74 %, respectivamente. Asimismo, el menor valor del IVI fue observado en las especies *Myrosmodes gymnantra*, *Muehlenbeckia volcanica* y *Cerastium sp.*, con 0.44 %, 0.44 % y 0.51 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2, Sp 11 y Sp 17 representan el 26.60 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 7.42 %. Cabe indicar que del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 3.74 %, seguido del 3.04 % de suelo desnudo, esta última cobertura se presenta debido a la sequedad de los espejos de agua del bofedal producto de la temporada de estiaje (noviembre del año 2016).

En el tercer monitoreo (abril del año 2017 – época de lluvia) se registraron 23 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI fue *Werneria pygmaea* con 13.58 %, seguida de *Hypochoeris taraxacoides* y *Ophioglossum crotalophoroides*, con 13.38 % y 13.06 %, respectivamente. Mientras que, el menor valor del IVI lo tuvieron las especies *Gentiana sedifolia*, *Arenaria digyna* y *Myrosmodes gymnantra*, con 0.35 %, 0.39 % y 0.39 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2, Sp 27 y Sp 29 representan el

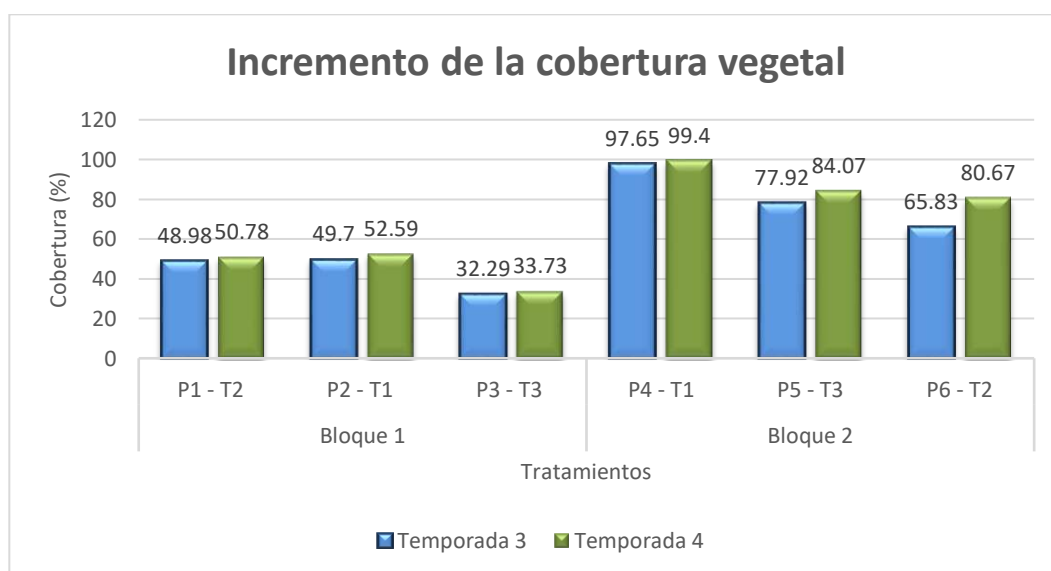
18.45 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 2.70 %. Del 100 % del área muestreada, la cobertura de espejo de agua fue de 33.82 % como consecuencia de la época de lluvia que se almacenó en los espejos de agua y las zanjas aperturadas.

En el cuarto monitoreo (setiembre - época de estiaje) se registraron 24 especies de plantas, la especie más importante de acuerdo al IVI fue *Hypochaeris taraxacoides* con 13.18 %, seguida de *Werneria pygmaea* y *Ophioglossum crotalophoroides*, con 13.16 % y 12.89 %, respectivamente. Mientras que, el menor valor del IVI fue observado en las especies *Gentiana sedifolia*, *Werneria heteroloba* e *Isoetes lechleri*, con 0.59 %, 0.73 % y 0.80 %, respectivamente. Las especies tipo ichu Sp 2, Sp 27 y Sp 29 representan el 15.64 % del total del IVI y *D. muscoides* representa el 2.70 %. Del 100 % del área muestreada en la época seca la cobertura de espejo de agua fue de 9.2 %, seguido del suelo desnudo (6.8 %) y del mantillo (3.3 %).

En los muestreos de las subparcelas permanentes de la temporada 3 y 4 se registró 7 especies (Sp 37, Sp 39, Sp 33, Sp 38, Sp 34, Sp 32 y Sp 40) más que los anteriores muestreos, evidenciándose el desarrollo de la sucesión ecológica debido al aumento paulatino y sustitución de especies en tiempo y espacio para alcanzar un mayor equilibrio. Además, al comparar los tres monitoreos se observa que las dos especies más importantes en el tercer y cuarto monitoreo fueron *Hypochaeris taraxacoides* y *Werneria pygmaea*, esto debido a la reducción del IVI de las especies tipo ichu de 26.6 % (primera temporada) hasta 18.45 % (tercer monitoreo) y 15.64 % (cuarto monitoreo) producto del efecto del tratamiento, pues algunas de las estepas del bofedal se colocaban sobre especies tipo ichu para que pudieran flotar y sobrevivir. También se observó que la cobertura de espejos de agua se incrementó de 3.74 % (primer monitoreo – época seca) hasta 33.82 % (tercer monitoreo - época de lluvia), disminuyendo luego hasta 9.2 % (cuarto monitoreo - época seca), este último resultado del porcentaje de cobertura de espejos de agua se debe al almacenamiento de estos y de las zanjas en la época de lluvia. Respecto a la importancia ecológica de *D. muscoides* fue de 2.70 % en la tercera y cuarta temporada, respectivamente.

## Cobertura de cada unidad experimental

La cobertura de la vegetación del bofedal se incrementó a través del tiempo en todos los tratamientos entre la tercera y cuarta temporada (Figura 24). Las parcelas del bloque 2 tuvieron mayor cobertura vegetal muestreada (área con menor humedad de aproximadamente 7.8 %) respecto a las parcelas del bloque 1 (área con mayor humedad de aproximadamente 23.1 %). En el bloque 1, la parcela 2 (Tratamiento 1) tuvo el mayor incremento de la cobertura vegetal (5.8 %), seguido de la parcela 3 (Tratamiento 3) con 4.5 % y por último la parcela 1 (Tratamiento 2) con el 3.7 %. El mayor incremento de cobertura de la parcela 2 respecto a las parcelas (P1 y P3) fue debido a la mayor superficie del área muestreada de suelo que tuvo con respecto a las otras 2 parcelas, es decir las parcelas 1 y 3 tuvieron mayor superficie muestreada de espejos de agua. Asimismo, en el bloque 2 la parcela P 6 (Tratamiento 2) tuvo el mayor incremento de la cobertura (22.5 %), seguido de la parcela 5 (Tratamiento 3) con 7.9 % y la parcela 4 (Tratamiento 1) con 1.8 %. El elevado incremento de cobertura vegetal de la parcela 6 se debió a la gran cantidad de agua que fluía sobre la parcela debido al desborde del canal del bofedal (incremento del caudal) durante la época de lluvia, motivo por el cual se incrementó rápidamente la cobertura.



*Figura 24.* Incremento de la cobertura vegetal en las subparcelas permanentes, instaladas en cada parcela del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal, entre la temporada 3 y 4. Sector Yanama – Huancaya (P: Parcela; T: Tratamiento).  
*Fuente:* Elaboración propia

## Altura de *Distichia muscoides* en cada unidad experimental

El crecimiento promedio de *D. muscoides* en un periodo de 5 meses (desde abril hasta setiembre) se presenta en la Figura 25. El crecimiento en el bloque 1 fue mayor (0.08 cm) en el tratamiento 2, seguido del tratamiento 3 (0.06 cm), y en el tratamiento 1 no hubo variación; el mayor crecimiento de esta planta muy probablemente se debe a la continua circulación de agua y/o presencia de charcos de agua en la unidad experimental además de otros factores climáticos, la *Distichia muscoides* presente en el T1 no estaba expuesto a un flujo de agua, solamente a la humedad del suelo. Asimismo, en el bloque 2 se observó que el mayor crecimiento de *D. muscoides* se dio en el tratamiento 3 (0.05 cm), seguido del tratamiento 1 (0.04 cm) y el tratamiento 2 el cual tuvo un crecimiento de 0.01 cm. El mayor crecimiento de la planta muy probablemente estuvo influenciado por la presencia de charcos de agua permanente en la unidad experimental, otros atributos importantes que afecta el bofedal es el pH, la temperatura, sustrato edafico del bofedal, nula intensidad de uso del bofedal (Alzérreca *et al.*, 2001)

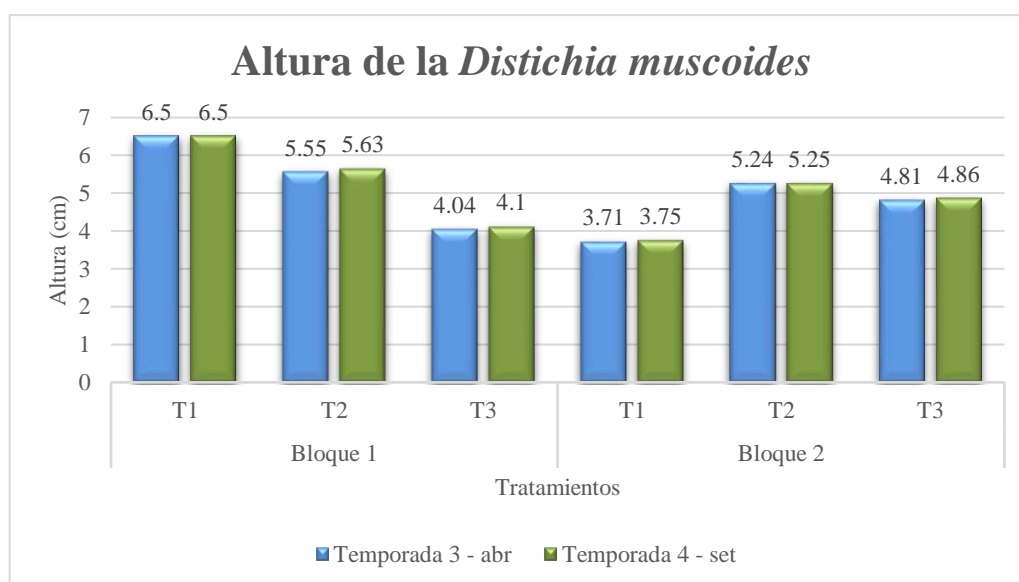


Figura 25. Crecimiento (cm) de la *Distichia muscoides* entre la temporada 3 y temporada 4 del año 2107, en el bloque 1 y 2 – Sector Yanama – Huancaya (T: Tratamiento). Fuente: Elaboración propia

## Curvas diversidad - dominancia

Los tratamientos de cada bloque de la temporada 4 (último monitoreo) presentaron una alta uniformidad (Tabla 11), reflejada en las curvas de diversidad – dominancia, con pendientes similares poco pronunciadas para cada tratamiento.

Cuando se compararon las curvas de diversidad – dominancia del área de referencia del bofedal y de las parcelas restauradas (correspondiente a los tres tratamientos de cada bloque de la cuarta temporada), no resultaron diferencias estadísticamente significativas entre los patrones de distribución de abundancia de especies dominantes y raras del bloque 1 (T2:  $D=0.285$ ,  $p=0.39$ ; T1:  $D=0.23$ ,  $p=0.68$  y T3:  $D=0.2$ ,  $p=0.84$ ) y bloque 2 (T1:  $D=0.183$ ,  $p=0.88$ ; T3:  $D=0.15$ ,  $p=0.98$  y T2:  $D=0.23$ ,  $p=0.63$ ), es decir las parcelas restauradas tienen parcialmente parecido patrón de distribución de abundancia con el área de referencia. Con el paso del tiempo uno de los tratamientos podría tener un patrón de distribución parecido al ecosistema de referencia, siendo los tratamientos (T2 y T3) los más probables en alcanzarlo primero, debido principalmente a la notable reducción de especies tipo ichu, al incremento de cobertura de *D. muscoides* (trasplante) y al incremento de coberturas de espejos de agua de cada una de sus parcelas.

En las subparcelas permanentes evaluadas en la temporada cuatro se observó que las especies que dominaron en la unidad experimental del tratamiento 1 del bloque 1 fueron Sp 27, Sp 34 y Sp 3 y en el bloque 2 fueron Sp 4, Sp 3 y Sp 15. En la parcela del tratamiento 2 del bloque 1 las especies con mayor dominancia fueron Sp 15, Sp 34 y Sp 3 y en el bloque 2 fueron Sp 15, Sp 4, Sp 3 y Sp 27. Las especies más dominantes de la parcela del tratamiento 3 del bloque 1 y 2 fueron Sp 15, Sp 3 y Sp 4.

A continuación, se muestran las distribuciones de abundancia de especies de las parcelas del bloque 1 (P1, P2 y P3) y del bloque 2 (P4, P5 y P6) de la primera (antes del tratamiento) y cuarta temporada (después del tratamiento) para observar el cambio de la dominancia de especies en cada unidad experimental.

## Distribución de abundancia vegetal de las parcelas del bloque 1 – temporada 4

En la temporada cuatro, las Figuras 26, 27 y 28 representan las curvas de diversidad de las parcelas P1, P2 y P3 correspondientes a los tratamientos T2, T1 y T3, respectivamente. Las especies más dominantes en el T2 fueron *Hypochaeris taraxacoides* (18.35 %), *Eleocharis aff. albibracteata* (16.4 %) y *Ophioglossum crotalophoroides* (8.82 %). Las especies *Festuca dolichophylla* (29.47 %), *E. aff. albibracteata* (15.99 %) y *O. crotalophoroides* (9.47 %) son las que tuvieron mayor dominancia en el T1. El T3 estuvo dominada por las especies *H. taraxacoides* (18.86 %), *O. crotalophoroides* (18.26 %) y *Werneria pygmaea* (16.78 %). La dominancia de *D. muscoides* en general fue baja, sin embargo, presentó una mayor dominancia en el T2 (6.09 %), seguido del T3 (3.62 %) y T1 (2.85 %), respectivamente. Cabe indicar que la dominancia de las especies tipo ichu fue mayor en el T1 (30.82 %), seguido del T3 (13.75 %) y T2 (3.86 %) (ver Apéndice 6).



Figura 26. Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T2 del bloque 1 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T2: Tratamiento 2; Sp: Especie).

Fuente: Elaboración propia

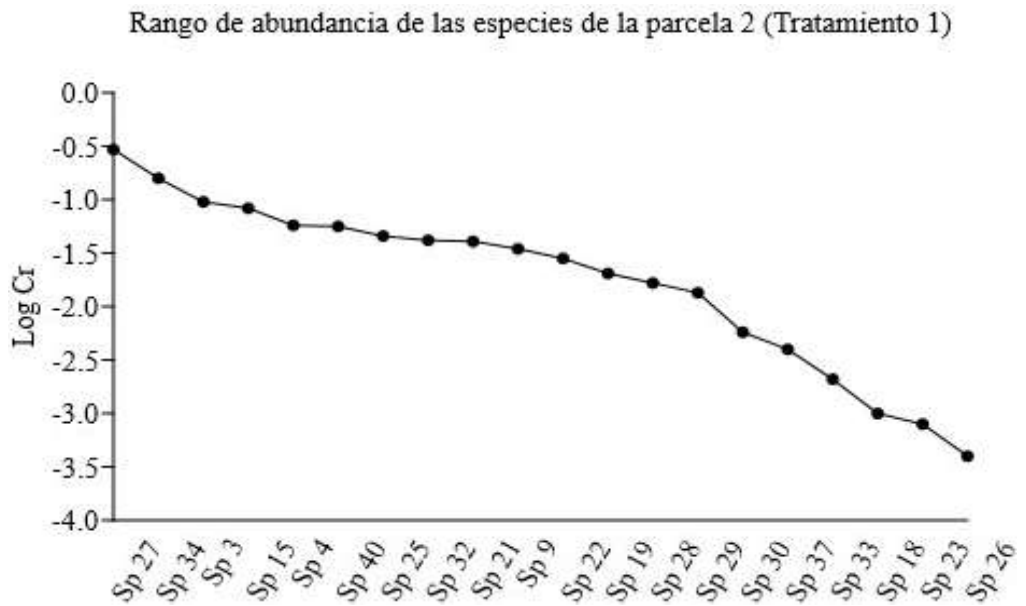


Figura 27. Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T1 del bloque 1 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T1: Tratamiento 1; Sp: Especie).

Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T3 del bloque 1 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T3: Tratamiento 3; Sp: Especie).

Fuente: Elaboración propia.

En la parcela 1 (antes del tratamiento 2), la dominancia de las especies invasoras tipo ichu fue de 49.61 %, sin embargo, luego de efectuar el T2 la dominancia de estas especies en las temporadas 3 y 4 disminuyeron hasta 3.68 % y 3.86 %, respectivamente. Estos datos

de la reducción de la abundancia de las especies tipo ichu tienen relación con la reducción de sus IVI cuyos valores fueron 46.96 %, 5.16 % y 4.98 % de la primera, tercera y cuarta temporada, respectivamente. Respecto a la abundancia de *D. muscoides*, se incrementó al efectuar el tratamiento debido al trasplante de *D. muscoides*. En las evaluaciones biológicas realizadas en la temporada 3 y 4, la dominancia de *D. muscoides* disminuyó ligeramente de 6.23 % a 6.09 % respectivamente. Estos valores de dominancia de la *D. muscoides* tienen relación con la reducción de sus IVI de 5.70 % a 5.43 % para las temporadas 3 y 4 respectivamente.

En la parcela 2 (antes del tratamiento 1) la dominancia de las especies invasoras tipo ichu no fue alterada por lo tanto se desarrollaron normalmente registrándose en la temporada 1 un porcentaje de 31.87 % disminuyendo ligeramente hasta 30.99 % y 30.82 % de la tercera y cuarta temporada respectivamente, siendo la especie Sp 27 la más dominante de la unidad experimental (ver Apéndice 6). Estos valores de abundancia de las especies tipo ichu coinciden con la reducción de sus IVI cuyos valores fueron de 33.37 %, 27.03 % y 25.59 % de la primera, tercera y cuarta temporada, respectivamente. Respecto a la dominancia de la *D. muscoides*, disminuyó ligeramente de 3.02 % (época de avenida – tercera temporada) hasta 2.85 % (época de estiaje – cuarta temporada). Estos últimos valores de abundancia guardan relación con la ligera reducción de sus IVI de *D. muscoides* de 2.50 % a 2.29 % de la tercera y cuarta temporada, respectivamente.

En la parcela 3 (antes del tratamiento 3) la dominancia de las especies invasoras tipo ichu fue de 53.87 %, sin embargo, después de aplicar el T3 la dominancia de estas especies en las temporadas 3 y 4 disminuyeron hasta 13.47 % y 13.75 % respectivamente. Estos valores descendentes de abundancia de las especies tipo ichu guardan relación con los valores decrecientes de sus IVI cuyos porcentajes fueron 44.76 %, 15.10 % y 14.43 % de la primera, tercera y cuarta temporada, respectivamente. Respecto a la abundancia de *D. muscoides* se incrementó al efectuar el tratamiento debido a su trasplante. En las evaluaciones biológicas realizadas en la temporada 3 y 4, la dominancia de *D. muscoides* disminuyó ligeramente de 3.65 % hasta 3.62 % de la tercera y cuarta temporada, respectivamente; por el contrario, sus IVI aumentaron de 3.80 % en la tercera temporada hasta 4.17 % de la cuarta temporada.



## Distribución de abundancia vegetal de las parcelas del bloque 2 – temporada 4

En la temporada cuatro, las Figuras 29, 30 y 31 representan las curvas de diversidad de las parcelas P4, P5 y P6 correspondientes a los tratamientos T1, T3 y T2, respectivamente. Las especies más dominantes en el T1 son *Werneria pygmaea* (17.32 %), *Ophioglossum crotalophoroides* (16.99 %) e *Hypochoeris taraxacoides* (16.71%). En el T3 las especies con mayor dominancia fueron *W. pygmaea* (16.36 %), *O. crotalophoroides* (15.58 %) e *H. taraxacoides* (14.98 %). En el T2 las especies con mayor dominancia fueron *H. taraxacoides* (15.61 %), seguida de *W. pygmaea* (15.57 %), *O. crotalophoroides* (15.17 %) y *Festuca dolichophylla* (10.6 %). La dominancia de *D. muscoides* en general fue baja, sin embargo, presentó una mayor dominancia en el T3 (6.4 %), seguido del T2 (3.2 %) y T1 (0.88 %) respectivamente. Cabe indicar que la dominancia de las especies tipo ichu fue mayor en el T2 con 16.8 %, seguido del T1 con 9.43 % y el T3 con 4.94 % (ver Apéndice 6).



**Figura 29.** Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T1 del bloque 2 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T1: Tratamiento 1; Sp: Especie). Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T3 del bloque 2 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T3: Tratamiento 3; Sp: Especie).  
Fuente: Elaboración propia.

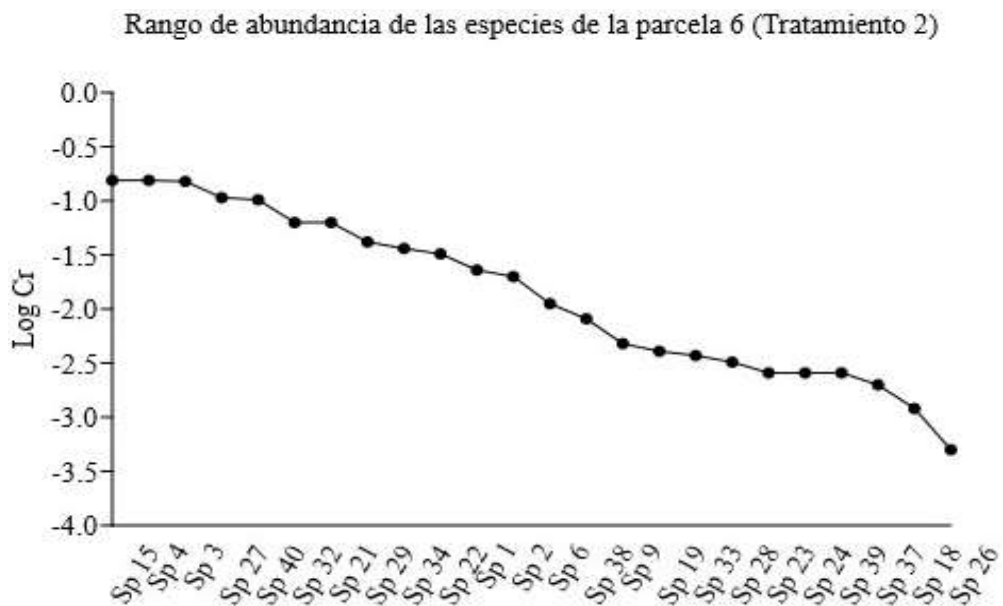


Figura 31. Curva rango de abundancia de las especies de la flora registrada en el T2 del bloque 2 de la temporada 4, en el área de investigación del bofedal - sector Yanama (T2: Tratamiento 2; Sp: Especie). Fuente: Elaboración propia.

En la parcela 4 (antes del tratamiento 1) la dominancia de las especies invasoras tipo ichu no fueron alteradas por lo tanto se desarrollaron normalmente, en el último monitoreo se registró una dominancia del 9.43 %. Respecto a la dominancia de *D. muscoides*,

aumentó ligeramente de 0.87 % (temporada 3) hasta 0.88 % (temporada 4); sin embargo, sus IVI disminuyeron ligeramente de 1.12 % hasta 1.07 % de la tercera y cuarta temporada, respectivamente.

En la parcela 5 (antes del tratamiento 3), la dominancia de las especies invasoras tipo ichu fue de 28.48 %; sin embargo, luego de aplicar el T3 disminuyó hasta 4.15 % y 4.94 % de la tercera y cuarta temporada, respectivamente. En consecuencia, el IVI de estas especies invasoras disminuyeron de 23.58 % (primera temporada) hasta 6.57 % y 6.52 % de la tercera y cuarta temporada, respectivamente. Respecto a la abundancia de *D. muscoides*, se incrementó al efectuar el tratamiento debido al trasplante de estepas de bofedal. En las evaluaciones biológicas realizadas en la temporada 3 y 4, la dominancia de *D. muscoides* disminuyó ligeramente de 6.57 % (tercera temporada) hasta 6.40 % (cuarta temporada). Estos últimos valores de abundancia tienen relación con la ligera reducción de sus IVI de *D. muscoides* de 5.97 % hasta 5.61 % de la tercera y cuarta temporada respectivamente.

En la parcela 6 (antes del tratamiento 2) la dominancia de las especies invasoras tipo ichu fue de 31.11 %, sin embargo, luego de efectuar el T2 disminuyó hasta 16.8 % de la temporada 4. En consecuencia, el IVI de estas especies disminuyó de 26.6 % (primera temporada) hasta 15.64 % (temporada 4). Respecto a la abundancia de *D. muscoides*, se incrementó al efectuar el tratamiento debido al trasplante de estepas de bofedal. En el muestreo de la tercera y cuarta temporada la dominancia aumentó ligeramente de 3.04 % a 3.22 % respectivamente, el IVI de esta especie no varió (2.70 %) entre estas dos temporadas.

Según los resultados de rango de abundancia del bloque 1 y 2 (ambos con diferente gradiente de humedad de 23.1 % y 7.8 % respectivamente) evaluadas en todo el periodo de estudio, las especies con potencial para restauración en ambos bloques son principalmente: *Hypochaeris taraxacoides*, *Werneria pygmaea*, *Ophioglossum crotalophoroides* y *D. muscoides*; no obstante, el área del bloque 1 tiene la mayor capacidad para ayudar al establecimiento de las especies debido a la mayor humedad (23.1 %) presente en el suelo.

### **3.1.6. Recambio de especies de cada tratamiento entre las distintas temporadas: diversidad beta**

Entre los últimos 2 monitoreos, en el bloque 2, los tratamientos T3 y T2 presentaron el mayor número de especies exclusivas con 3, seguido del tratamiento T1 con dos. En el bloque 1, el tratamiento T1 presentó el mayor número de especies exclusivas con 4, seguido de los tratamientos T3 y T2 con dos y una respectivamente.

Bloque 1:

Las más altas similitudes se presentaron entre las temporadas 3 y 4, el tratamiento 2 tuvo un 95.5 % debido a la cantidad de especies en común, seguido del tratamiento 3 con 90.5 % y el tratamiento 1 con 80 %, mientras que entre las temporadas 2 y 3 se presentó la más baja proporción de especies en común (ver Tabla 13). En conjunto, el par de temporadas (T2 - T4) tuvieron el mayor número de especies únicas, el tratamiento 3 fue el mayor, seguido de los tratamientos 1 y 2 respectivamente (Tabla 13).

El recambio promedio entre los pares de temporadas de cada tratamiento fue mayor en el tratamiento 3 con 46 %, seguido de los tratamientos 1 y 2 con 42 % y 29 %. La mayor complementariedad se presentó entre las temporadas 2 y 4, el tratamiento 3 tuvo el mayor valor, seguido de los tratamientos 1 y 2, respectivamente, mientras la menor complementariedad se presentó entre el par de temporadas 3 y 4 (Tabla 13).

Todos los pares de temporadas de los tratamientos del bloque 1 compartieron el 23 % de las especies encontradas, sólo las especies invasoras Sp 27 y Sp 29 se registraron en todos los tratamientos de la tercera y cuarta temporada.

Tabla 13

*Valores porcentuales de especies compartidas y complementariedad de especies de cada tratamiento del bloque 1 entre pares de temporadas (T2: Temporada 2, T3: Temporada 3 y T4: Temporada 4)*

Tratamientos del Bloque 1	Par de temporadas	N° sp compartidas	N° sp total entre par de temporadas	Porcentaje similitud %	Complementariedad entre temporadas	
					Únicas	Complementariedad
<b>Tratamiento 2</b>	T2-T3	14	23	60.87	9	0.39
	T2-T4	14	24	58.33	10	0.42
	T3-T4	21	22	95.45	1	0.05
<b>Tratamiento 1</b>	T2-T3	9	19	47.37	10	0.53
	T2-T4	10	22	45.45	12	0.55
	T3-T4	16	20	80.00	4	0.20
<b>Tratamiento 3</b>	T2-T3	8	22	36.36	14	0.64
	T2-T4	8	22	36.36	14	0.64
	T3-T4	19	21	90.48	2	0.10

*Fuente:* Elaboración propia.

#### Bloque 2:

Las más altas similitudes se presentaron entre las temporadas 3 y 4, el tratamiento 1 tuvo un 91.7 % debido a la cantidad de especies en común, seguido del tratamiento 2 con 88 % y el tratamiento 3 con 87.5 %, mientras que entre las temporadas 2 y 3 el tratamiento 1 presentó la más baja proporción de especies en común con 8, seguido del tratamiento 3 con 13 y el tratamiento 2 con 15 (ver Tabla 14). El par de temporada (T2 - T4) tuvo el mayor número de especies únicas, el tratamiento 1 fue el mayor, seguido del tratamiento 2 del par de temporada (T2 – T3) (Tabla 14).

El recambio promedio entre los pares de temporadas de cada tratamiento fue mayor en el tratamiento 1 con 48 %, seguido de los tratamientos 3 y 2 con 36 % y 35.6 %, respectivamente. La mayor complementariedad se presentó entre las temporadas 2 y 3, el tratamiento 1 tuvo el mayor valor, seguido de los tratamientos 2 y 3 respectivamente,

mientras la menor complementariedad se presentó entre el par de temporadas 3 y 4 (Tabla 14).

Todos los pares de temporadas de los tratamientos del bloque 2 compartieron el 22 % de las especies encontradas, solo las especies invasoras Sp 2 y Sp 29 se registraron en todos los tratamientos de la tercera y cuarta temporada, la proporción restante de especies compartidas fueron especies nativas.

Tabla 14

*Valores porcentuales de especies compartidas y complementariedad de especies de cada tratamiento del bloque 2 entre pares de temporadas (T2: Temporada 2, T3: Temporada 3 y T4: Temporada 4)*

Tratamientos del Bloque 2	Par de temporadas	N° sp compartidas	N° sp total entre par de temporadas	Porcentaje similitud	Complementariedad entre temporadas	
					Únicas	Complementariedad
<b>Tratamiento 1</b>	T2-T3	8	26	30.77	18	0.69
	T2-T4	9	27	33.33	18	0.67
	T3-T4	22	24	91.67	2	0.08
<b>Tratamiento 3</b>	T2-T3	13	25	52.00	12	0.48
	T2-T4	14	27	51.85	13	0.48
	T3-T4	21	24	87.50	3	0.13
<b>Tratamiento 2</b>	T2-T3	15	30	50.00	15	0.50
	T2-T4	16	29	55.17	13	0.45
	T3-T4	22	25	88.00	3	0.12

*Fuente:* Elaboración propia.

A continuación, se presenta los resultados del análisis del índice de similaridad, con datos de cobertura relativa de la vegetación muestreada en las unidades experimentales del bofedal en los meses de febrero, abril y setiembre del año 2017. Los resultados muestran el porcentaje de similaridad de la composición florística entre los tratamientos y el área de referencia del bofedal.

### 3.1.7. Índice de similitud de Bray – Curtis con datos de cobertura relativa

Presentó diferentes asociaciones en cada muestreo (febrero, abril y setiembre del 2017). Tal es así que después del primer mes de haber realizado los tratamientos en las unidades experimentales (segundo muestreo) de cada bloque se observó que el tratamiento 1 y el tratamiento 3 de los bloques 1 y 2, respectivamente, mostraron mayor semejanza con el área de referencia del bofedal en 46.9 % y 39.7 % respectivamente. Después de tres meses de la aplicación de los tratamientos (tercer muestreo) se evidenció que el tratamiento 2 y el tratamiento 3 del bloque 1 y 2 respectivamente son los más semejantes al área de referencia del bofedal en 32.5 % y 32.5 % respectivamente. Para el cuarto muestreo realizado en setiembre del año 2017 (después de 8 meses de la ejecución de los tratamientos), se vuelve a evidenciar que el tratamiento 2 y el tratamiento 3 de los bloques 1 y 2 respectivamente son los más similares al área de referencia del bofedal en 31.1 % y 33.9 % respectivamente (Tabla 15 y Figura 32). Cabe resaltar que el tratamiento 1 de los bloques 1 y 2 evaluados en el tercer y cuarto muestreo tuvieron el menor porcentaje de similitud con el relicto del bofedal.

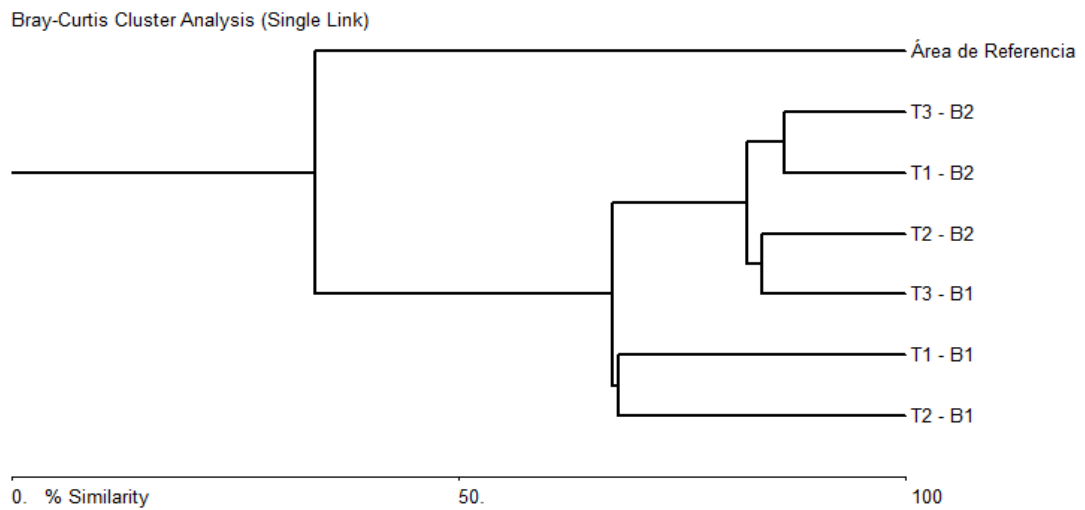
Tabla 15

*Similitud (%) entre tratamientos y el área de referencia del bofedal en cada temporada*

BLOQUES	TRATAMIENTOS	Área de referencia del bofedal		
		Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
BLOQUE 1	T2	35.4	32.5	31.1
	T1	46.9	22.5	23.9
	T3	35.7	26.9	27.3
BLOQUE 2	T1	26.4	28.7	28.9
	T3	39.7	32.5	33.9
	T2	29.2	27.1	26.7
Época del año		Avenida - febrero	Avenida - abril	Estiaje - setiembre

F

Fuente: Elaboración propia



*Figura 32.* Análisis de Clúster, basado en datos de cobertura relativa, entre el área de referencia del bofedal y los tratamientos de los bloques 1 y 2 del área de investigación del bofedal. Sector Yanama – Temporada 4 (ver Apéndice 8: Matriz de similitud de Bray Curtis). *Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1.8. Caudal

El monitoreo del caudal se realizó mensualmente y se inició en el mes de noviembre del año 2016 hasta setiembre del año 2017, con excepción de los meses de febrero (no se logró acceder al préstamo del instrumento), marzo (no se realizó el viaje a campo por el intenso periodo de lluvias) y setiembre (no se realizó el viaje porque los guardaparques de la RPNYC tuvieron otras actividades programadas). La falta de datos de los meses de febrero y marzo no permitió saber el caudal máximo al que pudo haber llegado el bofedal en época de lluvia. En la Figura 33 se observa que el caudal se incrementó de 0.67 l/s (noviembre del año 2016) hasta 14.85 l/s (abril del año 2017), debido a la llegada de la época de lluvia. Después de este periodo el caudal disminuyó hasta 3.6 l/s del mes de setiembre (época seca), siendo este último valor mayor que del inicio de la investigación. Estos valores del caudal del bofedal tienen relación con los valores de precipitación recolectados en la estación meteorológica de Vilca, mostrados anteriormente en la Figura 2. Durante los meses de noviembre hasta enero el caudal medido en campo y la precipitación aumentan, por el contrario, descienden desde abril hasta setiembre.



Según el monitoreo del caudal del bofedal, la naturaleza le ha proporcionado al área de estudio suministro de agua durante todo el año, sin embargo, es en la época seca en la que se dispone de menor cantidad; no obstante, con la recuperación de la vegetación y con la aplicación del mejor tratamiento podría incrementar el caudal en esta época seca.

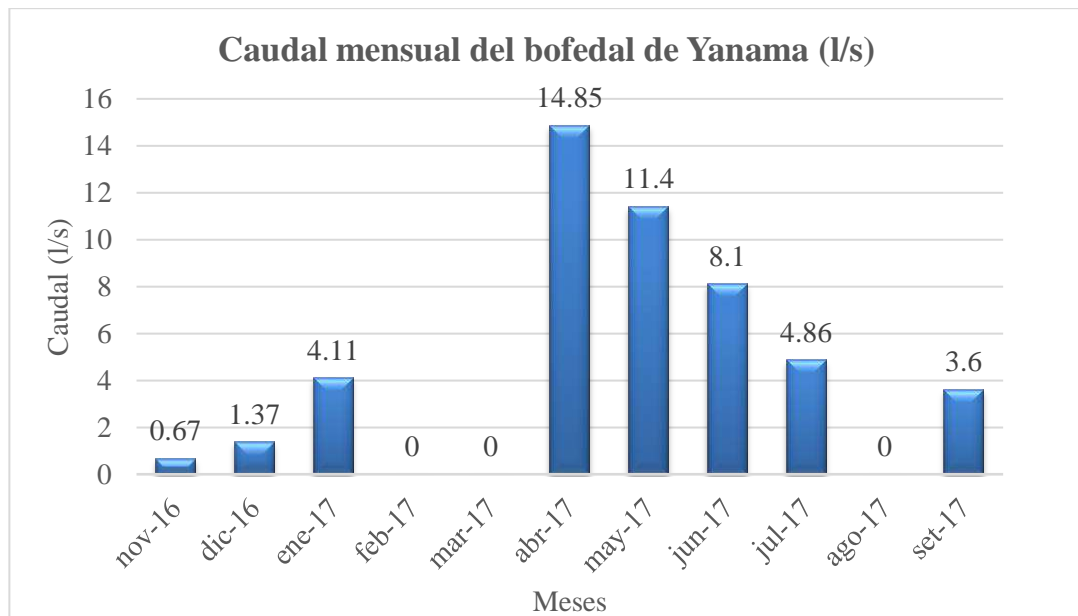


Figura 33. Caudales mensuales (l/s) durante el periodo de investigación del bofedal del sector de Yanama – Huancaya- Yauyos. Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

Un monitoreo permite mostrar si ha ocurrido un cambio en un sistema, revela si el sistema se mantiene estable al compararlo de manera seguida o periódica con su estado inicial o con un intervalo de variación (Murcia y Guariguata, 2014). Procesos de restauración ecológica manipulan el sistema hacia una dirección esperada, en este caso el desarrollo del monitoreo permitirá evaluar los cambios del sistema respecto a su condición inicial, así como también si ha cambiado en la dirección esperada hacia un estado de referencia o ideal y que tan cerca está de aquel estado (Ferraro y Pattnayak, 2006, citado en Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

UNAP (2001) destaca que los bofedales cumplen roles importantes en el funcionamiento del sistema altoandino, consiguen el desarrollo de una vegetación debido al almacenamiento eficiente del recurso hídrico; sin embargo, el desarrollo de estos ecosistemas depende de diferentes factores (altitud, precipitación, temperatura, cantidad de agua que reciben, latitud, topografía y el efecto transformador que ocasiona el hombre incluidos la ganadería y agricultura) los cuales determinan su estructura y dinámica. Cada factor mencionado debe ser tomado en cuenta por separado o combinado, como fundamentales durante un proceso de restauración de un ecosistema perturbado (Palmer *et al.*, 2006, citado en Linares-Palomino *et al.*, 2013).

Según Jiménez y Hortal (2003) en los inventarios de la diversidad biológica no se registran la riqueza real de especies por ende es necesario estimar la riqueza verdadera a partir de la riqueza muestreada. López y Williams (2006) resaltan las ventajas de usar estimadores no paramétricos (usan datos de incidencia de especies) respecto a otros estimadores de riqueza (extrapolación como el modelo de Clench y estimadores paramétricos), pues tienen un sesgo menor que la extrapolación y requieren menor cantidad de datos que los métodos paramétricos (Colwell y Coddington, 1994), además el

cálculo es más sencillo y rápido, y son fáciles de comprender (Escalante, 2003). En el estudio se utilizó estimadores no paramétricos (Jacknife 1 y 2 y Bootstrap), el muestreo general logró una representatividad mayor al 80 %, esto sugiere que el estudio alcanzó un porcentaje satisfactorio respecto a la riqueza real de especies que alberga el bofedal (Soberón y Llorente, 1993). En otros estudios, al evaluar los estimadores no paramétricos a través de curvas de acumulación de especies observaron que la curva de la riqueza observada no se asemeja a la trayectoria de Jacknife 1 y 2, pero si se asemeja a la curva de Bootstrap, esto se debe porque los estimadores más eficaces son Jacknife 1 y 2, pues presentaron menor sesgo y mayor exactitud (López y Williams, 2006). Palmer (1990) en un estudio de plantas de un bosque comparó estimadores de riqueza paramétricos (Logaritmos, Preston y Monod) y no paramétricos (Jacknife 1 y 2 y Bootstrap); como resultado obtuvo que los estimadores no paramétricos eran los menos sesgados y más precisos que todos.

En el estudio de López y Williams (2006) la curva singletons no tendió a decrecer o a sobreponerse con la curva doubletons. Sorensen (2004) indica que ello influyó en que las curvas de los estimadores no alcanzaran una asíntota definida, en esta situación se necesitaría realizar más muestreos hasta conseguir un porcentaje de representatividad satisfactorio. Por el contrario, en el bofedal de Yanama, se observó que las curvas de especies únicas y dobles decrecieron con el esfuerzo del muestreo y posiblemente ello influyó en que la curva del número de especies observadas tendió a alcanzar una asíntota definida, seguida de las curvas Bootstrap, alejándose cada vez más Jacknife 1 y Jacknife 2 respectivamente. El estudio realizado por Medina-Rangel (2011) sobre la diversidad de reptiles también tuvo la misma representatividad, el estimador Bootstrap fue el que más se acercó a la trayectoria de la curva de especies observadas, asimismo las curvas de especies únicas y duplicadas se redujeron conforme avanzó el muestreo, ello comprobó la eficiencia de aquel muestreo.

En Perú son pocos los monitoreos realizados en bofedales, generalmente los inventarios se realizan una sola vez, es por ello que no registran la mayor cantidad de especies que existen debido al recambio que hay entre época seca y lluviosa o viceversa. Por ejemplo, Palabral (2013), en su investigación en bofedales comprendidos entre 4 180

m.s.n.m. y 4 850 m.s.n.m., reportó que la riqueza de los tres bofedales fluctuó entre 17 y 29 especies. En cambio, Maldonado (2010) en su investigación de cuatro bofedales ubicados entre 4 200 y 4 800 m.s.n.m. en total registró que la riqueza de cada uno de los cuatro (4) bofedales estuvo comprendida entre 20 y 30 especies; esta riqueza corresponde a la evaluación de dos temporadas del año (época seca y lluviosa). Sin embargo, en el monitoreo del presente estudio se registró 40 especies en total, debido a la realización de cuatro (4) inventarios en un periodo de 10 meses, (dos (2) evaluaciones en la temporada seca y dos (2) en la temporada lluviosa), ello refleja que en un monitoreo se reportará mayor riqueza de especies porque se registrará especies periódicamente.

### **Diversidad alfa por Tratamiento**

El muestreo de las unidades experimentales del bloque 1 alcanzó una mediana representatividad en comparación con todo el estudio, en contraste las unidades experimentales del bloque 2 tuvieron una mediana a alta representatividad. Por otro lado, las tres (3) unidades experimentales del bloque 1 y 2 respectivamente fueron muestreadas correctamente ya que obtuvieron por lo general una representatividad mayor al 80 %, este resultado sugiere que el estudio logró un porcentaje satisfactorio para todas las unidades experimentales respecto a la riqueza real del bofedal.

Todos los tratamientos tuvieron 21 especies en común siendo estos *Ophioglossum crotalophoroides*, *Werneria pygmaea*, *Sisyrinchium brevipes*, *Hypochaeris taraxacoides*, *Calamagrostis tarmensis*, *Myrosmodes gymnandra*, *Hypochaeris cf. echeagarayi*, *Drymaria engleriana*, *Novenia acaulis*, *Distichia muscoides*, *Bartsia melampyroides*, *Sphagnum sp.*, *Gentiana sedifolia*, *Festuca dolichophylla*, *Paronychia andina*, *Calamagrostis chrysantha*, *Oreobolus venezuelensis*, *Xenophyllum poposum*, *Eleocharis aff. albibracteata*, *Bartsia diffusa* y *Phylloscirpus acaulis*. El resto de las especies por lo general fueron registradas en el bloque 2 y en especial en la parcela 6 donde se realizó el tratamiento 2, la lista de especies (*Aciachne acicularis*, *Sisyrinchium chilense*, *Muehlenbeckia volcánica*, *Oenothera multicaulis*, *Silene gallica*, *Oreomyrrhis andicola*, *Galium hypocarpium* y *Cerastium sp.*) solamente fueron registradas antes de realizar los tratamientos (noviembre - época seca) y no fueron registradas en otras unidades experimentales durante el estudio. De

ellas, *A. acicularis* es un indicador de sobrepastoreo; además coincidentemente la parcela 6 tuvo mayor flujo de agua por factores naturales.

Por lo general todos los tratamientos de cada bloque tuvieron un incremento de la riqueza y diversidad en el tiempo; en la última evaluación biológica la riqueza en los tratamientos del bloque 1 estuvo comprendida entre 20 y 22 especies, y en cada tratamiento del bloque 2 se registró 24 especies. La diversidad de los tratamientos 2 y 3 de cada bloque y temporada fue generalmente mayor que el tratamiento 1. En general, la diversidad del bofedal fue medianamente diverso en todos los tratamientos y en cada temporada (variando de 2.25 a 3.64 bit/unidad cobertura) con excepción del tratamiento 2 del bloque 1 de la última temporada el cual tuvo una alta diversidad. En otros estudios no registran periódicamente la diversidad de los bofedales, por ejemplo, en el estudio de Trinidad et.al (2012) la diversidad de los bofedales varió de menos diverso a diverso (1.83 a 4.26 bit/unidad cobertura) debido al pastoreo al que son sometidos. En la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca la diversidad de los bofedales varió de medianamente diverso a diverso (3.92 a 4.62 bit/unidad cobertura). Estos resultados confirman que la vegetación del bofedal del sector de Yanama fue afectado por el sobrepastoreo, pero, con las acciones de restauración la diversidad se irá incrementando con el tiempo.

Los datos muestran que la uniformidad de los tratamientos por lo general aumenta entre las temporadas 3 y 4 con excepción del T1 del bloque 1, estos valores reflejarían un alto equilibrio de la composición y distribución de especies del bofedal.

Lugares de gran altitud superiores a 4 200 m.s.n.m. donde hay oxígeno reducido, bajas temperaturas, bajas tasas de geminación y una corta temporada de crecimiento no son convenientes para realizar siembras (Linares-Palomino *et al.*, 2013), debido a ello se trasplantó estepas de *D. muscoides* en parcelas experimentales en el bofedal del sector de Yanama. Asimismo, se observó un aumento de la cobertura de especies en especial de la *D. muscoides* debido a la traslocación de estepas. El trasplante de plantas es una de las estrategias que se utilizan en proyectos de restauración (Vargas, 2010; Insuasty-Torres et al., 2011) pero principalmente en ambientes tropicales altoandinos por encima de los 3 800

m.s.n.m. (Squeo *et al.*, 2006a; Linares-Palomino *et al.*, 2013). En el plan de manejo de biorrestauración implementada por la empresa PERÚ LNG por la construcción del gasoducto, también se trasplantó pastos nativos (*Festuca rigescens*, *F. dolichophylla*, *Calamagrostis spp*, *Scirpus rigidus* y otras especies) para estabilizar el suelo, controlar procesos erosivos y restaurar la vegetación; asimismo en zonas de bofedales las estepas de *D. muscoides* fueron removidas para posteriormente ser trasplantadas inmediatamente después de la construcción (Linares-Palomino *et al.*, 2013). En el proyecto de restauración de Insuasty-Torres *et al.* (2011), los autores comprobaron que el trasplante de *E. grandiflora* y macollas de pajonal fue una buena técnica porque facilitó la creación de núcleos de regeneración. Como se aprecia el uso de esta técnica ayuda acelerar el establecimiento de especies nativas en lugares con características propias de ambientes andinos, así mismo ayuda a recuperar la composición y estructura de ambientes afectados negativamente por actividades antrópicas por ejemplo el sobrepastoreo.

De acuerdo con estudios realizados anteriormente (Tovar, 1993; MINAM, 2011; Ortiz, 2014; Meneses *et al.*, 2015), las especies tipo ichu registradas en el estudio (*Festuca dolichophylla* “Sp 27”, *Calamagrostis vicunarum* “Sp 11”, *Calamagrostis heterophylla* “Sp 2”, *Deyeuxia curvula* “Sp 31”, *Calamagrostis tarmensis* “Sp 17” y *Calamagrostis chrysantha* “Sp 29”) no son propias de los bofedales, representando el 15 % del total de la riqueza. UNAP (2001) indica que la especie *A. acicularis* es una especie indicadora de lugares sobrepastoreados, por lo que las especies de tipo ichu son evidencias que el bofedal se encuentra perturbado.

Aunque las especies invasoras tipo ichu tienden a dominar la vegetación del bofedal, los datos presentados demuestran que la cobertura y dominancia de estas especies invasoras disminuye con la aplicación de dos tratamientos (T2 y T3) y en especial con el T3. Linares-Palomino *et al.* (2013), en el proyecto de PERÚ LNG también consideraron planes para erradicar especies invasoras; no obstante, a pesar del incremento de la cobertura de especies nativas, el proceso de restauración demorará varios años debido al impacto ocasionado por la construcción del gasoducto. Sin embargo, para el presente estudio el proceso de restauración probablemente no tardará muchos años, ya que el principal impacto antrópico generado en el bofedal fue el sobrepastoreo, el cual fue

controlado con la instalación de un cerco ganadero para evitar el ingreso de ganado. Por otra parte, la aplicación del T3 aceleró la restauración del bofedal debido al trasplante exitoso de la *Distichia muscoides* y retiro de especies invasoras tipo ichu.

Según Florez (2005), en la sierra de Perú, entre los 3 800 a 4 400 m.s.n.m., las praderas altoandinas (pajonales, bofedales, entre otros) están constituidas por una vegetación baja cuya época de avenida coincide con el crecimiento de los pastos, seguida de la época de estiaje, en la que la vegetación herbácea más frágil desaparece y queda compuesta principalmente por poáceas. En los tratamientos (T3 y T2) del bloque 1 se observaron cambios notorios respecto al tratamiento 1, debido a la disminución de las especies invasoras, así como al incremento de espejos de agua, además de la aclimatación de las estepas de *D. muscoides*. Aproximadamente el 90 % de estepas traslocadas sobrevivieron en cada tratamiento del bloque 1 y 2, esto probablemente al enraizamiento alcanzado durante la época de lluvia. Asimismo, el porcentaje restante de estepas que no sobrevivió corresponde por lo general a aquellas que estuvieron sumergidas parcialmente en el agua debido al incremento del caudal del bofedal en periodo de lluvias, esta situación provocó que las estepas quedaran sumergidas y no pudieran desarrollarse en el sitio. En el estudio se observó que estepas de bofedal expuestas a una corriente de agua, zanjas y/o charcos adquieren un mayor crecimiento de sus hojas y raíces que aquellas que no están expuestas al agua. Del mismo modo Wright y Astudillo (2002) estiman que, por lo general, el crecimiento de las plantas y la existencia de capas más profundas de turba están influenciadas por la cercanía a fuentes de agua que abastecen al bofedal.

La supervivencia de la mayoría de las estepas de bofedal traslocadas incrementó el porcentaje de materia viva de *D. muscoides* en cada unidad experimental (P1, P3, P5 y P6) y por ende aumentaría el porcentaje del sistema radicular (biomasa subterránea) de este tipo de especie en cada parcela, siendo aproximadamente 14.4 m<sup>2</sup> el incremento de biomasa subterránea en toda el área de investigación. Esto influirá a su vez que esta planta tenga mayor capacidad de retención hídrica. Palabral (2013), en su estudio en bofedales, señala que el alto porcentaje de materia orgánica permite la captación y acumulación de agua en el suelo, para posteriormente liberarla gradualmente. Asimismo, indica que esto se

debe a la porosidad del suelo y al crecimiento dominante y compacto de estas especies, el cual permiten almacenar grandes volúmenes de agua (Palabral, 2013).

Ramírez (2011), en su estudio realizado en Ancash entre los años 2008 (final de la época seca) y 2009 (final de la época húmeda) distinguió dos tipos de bofedales en función a su dominancia, forma de vida y nivel de inundación del suelo. Así mismo, en el presente estudio se observó que el área de referencia del bofedal, tuvo similares características a las del primer bofedal estudiado por Ramírez (2011), debido al dominio de la *D. muscoides*, presencia de espejos de agua (suelos inundados), topografía inclinada del terreno, presencia de musgos y pastoreo discontinuo del área; estas características son propias de bofedales en buen estado de conservación. Por otra parte, el área de investigación del bofedal tuvo similares características a las del segundo bofedal estudiado por Ramírez (2011), debido al dominio de especies tipo ichu, presencia de canales, espejos de agua con islas de vegetación y afectado principalmente por el sobrepastoreo continuo de ganado bovino (vacas), siendo estas características reflejo de un bofedal no conservado.

En varios proyectos de restauración realizados en el país de Colombia se ha registrado que el principal indicador de éxito a corto plazo es la supervivencia y crecimiento de la vegetación, otros indicadores son la composición de la vegetación, el aumento de la cobertura, abundancia o biomasa de plantas nativas o reducción de la cobertura, biomasa o abundancia de plantas invasoras (Murcia y Guariguata, 2014). En el presente estudio el principal indicador del éxito del proceso de restauración fue la supervivencia de las estepas de *Distichia muscoides* además de la disminución de la cobertura de especies invasoras tipo ichu. Sin embargo, es necesario monitorear a mediano y largo plazo los cambios ecológicos que podría generar el enraizamiento de las estepas en el bofedal. Experiencias en otros proyectos de restauración indican que el tiempo estimado para restaurar los sistemas está en el orden de las décadas y dependerá del ecosistema y tipo de perturbación (Linares-Palomino *et al.*, 2013). Por ejemplo, en los bofedales afectados por sobrepastoreo en los distritos de Huayana y Pomacocha del departamento de Apurímac se restauró 100 ha de bofedales, logrando un cambio de provisión del agua de 1.5 l/s a 4.7 l/s entre los años 2013 y 2014. (MINAM, 2014e). Por otro lado, la restauración de bofedales y pajonales realizadas por el proyecto de PERÚ LNG entre los departamentos



de Ayacucho y Huancavelica tardará varios años debido al impacto generado por la construcción del gasoducto (Linares-Palomino *et al.*, 2013).

### **Diversidad beta – recambio de especies entre temporadas y dendrograma de Bray Curtis**

Los resultados sobre recambio promedio entre temporadas de los tratamientos 3 y 1 son similares a lo obtenido por Medina-Rangel (2011) en su estudio realizado sobre la diversidad de reptiles, donde obtuvo un 49 % de recambio entre cinco (5) tipos de hábitats. Asimismo, Etchepare *et al.* (2013) en su estudio “Diversidad de las comunidades de escamados de dos sitios en la Reserva Natural del Iberá en Argentina” obtuvieron un 45 % de especies complementarias entre ambos sitios. Otro estudio registró un recambio de especies cercano al presente estudio donde la complementariedad tuvo valores próximos al 50 % entre hábitats distintos de bosque (Carbajal-Cogollo, 2008). Sin embargo, Pineda y Halffter (2004) señalan que un resultado 49 % de recambio es baja en comparación con otros tipos de ecosistemas donde la complementariedad llega hasta 78 %. Halffter y Moreno (2005) y Medina-Rangel (2011) señalan que la complementariedad de especies entre hábitats depende de la disponibilidad de recursos en cada uno de ellos, por ende, la biota que se establece cambia de acuerdo al uso de recursos alimenticios.

El tratamiento 3 del bloque1 presentó la más alta complementariedad y el mayor número de especies únicas entre el par de temporadas (T2 y T4), cuando se compara con los otros tratamientos, podría sugerirse que el tratamiento 3 genera un mayor recambio de especies, si consideramos que fue debido a la diferenciación de los tratamientos debido a la discontinuidad abrupta de la estructura de las unidades experimentales (Halffter y Moreno 2005).

En comparación de las dos últimas temporadas (entre época lluviosa y época seca) se observó que el tratamiento 2 presentó la mayor cantidad de especies compartidas, seguido del tratamiento 3, esto podría atribuirse a las condiciones ambientales (mayor humedad y menor dominancia de especies tipo ichu en cada parcela) que presenta cada unidad

experimental. En contraste el tratamiento 1 presentó menor número de especies compartidas muy posiblemente por la menor humedad (época seca – última temporada) y mayor dominancia de especies tipo ichu. Para lograr la recuperación y conservación de estos ecosistemas húmedos es importante considerar la aplicación de los tratamientos T3 y T2. A pesar del bajo recambio de especies de cada tratamiento entre la tercera temporada (abril- época de lluvia) y cuarta temporada (setiembre - época seca).

Para efectos de restauración del bofedal, es importante elegir los tratamientos 3 y 2 como prioridad. El alto porcentaje de especies compartidas de cada tratamiento (T3 y T2) entre la tercera y cuarta temporada asegura la supervivencia y permanencia de las especies en época seca, siempre y cuando se mantenga aislado de perturbaciones antrópicas principalmente del pastoreo de ganado vacuno.

El tratamiento 3 del bloque 2 presentó la más alta complementariedad entre el par de temporadas (T3 y T4), seguido del T2 y T1 respectivamente. En comparación de las dos últimas temporadas (entre época lluviosa y época seca) se observa que cada tratamiento tuvo aproximadamente la misma cantidad de especies compartidas, así mismo, hubo un bajo recambio de especies en cada tratamiento. En el bloque 2 cualquier tratamiento asegura la supervivencia y permanencia de las especies en la época seca siempre y cuando el área permanezca aislada principalmente de los efectos que ocasiona el pastoreo de ganado vacuno.

Según el porcentaje de similaridad alcanzado en la última temporada entre los tratamientos del bloque 1 y el área de referencia, el T1 tuvo el mayor porcentaje de disparidad con el área de referencia, seguido del T3 y T2 respectivamente. De acuerdo con los datos el T2 fue el que mayor semejanza tuvo con el área de referencia. Sin embargo, este resultado podría haber cambiado si en el T3 se hubiese retirado por completo las especies tipo ichu en especial la *Festuca dolichophylla*, ya que al final de la temporada registró un valor de importancia de 8.81 %, vale decir que esta especie no fue registrada en el área de referencia. Por motivos de seguridad el retiro de la especie *Festuca dolichophylla* fue incompleto ya que esta especie se encontraba en zonas más profundas de

la parcela del bofedal. Lo mencionado anteriormente se puede sustentar en los resultados de similitud del bloque 2. El tratamiento más semejante al área de referencia fue el T3; vale decir que en este tratamiento y en el área de referencia el IVI de la especie *F. dolichophylla* fue nula, sólo estuvo presente en los demás tratamientos (T1 y T2). En otros estudios también se registró bajo porcentaje de similitud entre el área de referencia y otras áreas impactadas, por ejemplo Mora *et al.* (2013) en su estudio “Efecto de la ganadería en la composición y diversidad arbórea y arbustiva del Matorral Espinoso Tamaulipeco” seleccionaron 3 áreas del matorral (referencia, regeneración y ganadería) y observan que el área de referencia apenas registró un 10 % de similitud con las otras dos (2) áreas restantes, vale decir que el sobrepastoreo reduce significativamente la estructura, composición y diversidad de la vegetación. Canahuire (2017) en su estudio “Composición florística y estructura de la recuperación natural en un área degradado por minería en la Comunidad Nativa de Tres Islas, Tambopata – Madre de Dios” estableció 4 áreas de estudio (área de referencia y otras tres áreas afectadas por la minería en los años 1992, 2004 y 2010) y registró que las áreas con más bajo porcentaje de similitud con el área de referencia fueron las áreas de los años 2004 y 2010, mientras, que el área afectada del año 1992 fue el área con mayor similitud (de 20.25 % hasta 28.24 %) con el área de referencia debido al mayor tiempo de recuperación que tuvo respecto a las otras dos áreas afectadas.

Según los resultados de los datos recolectados en campo, de las observaciones de campo y del esfuerzo requerido para la aplicación de los tratamientos se sugiere que el T3 fue el mejor tratamiento por las siguientes razones: El 90 % de estepas de bofedal lograron enraizarse al final de la investigación (época seca), la eliminación de la especie tipo ichu en especial *F. dolichophylla* incrementaría la semejanza con el área de referencia, alto porcentaje de especies compartidas entre las dos últimas temporadas (de época lluviosa a época seca). Sin embargo, en algunas zonas del bofedal también es necesario la aplicación del T2, para crear y/o incrementar espejos de agua útiles para el mantenimiento de la época seca, también es necesario porque existen zonas del bofedal que requieren mayor circulación del agua para evitar procesos de eutrofización.

Para conseguir la restauración completa de un ecosistema es necesario monitorear el sistema en diferentes periodos de tiempo de manera que se pueda valorar los resultados obtenidos al final del proyecto.

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

1. En todo el periodo de estudio se registró 40 especies agrupadas en 18 familias y 31 géneros en el área de investigación del bofedal del sector de Yanama. La forma de crecimiento fue principalmente herbácea (98 %). El 60 % de las especies registradas serían nuevas incorporaciones al inventario de la flora silvestre de la RPNYC. Existe presencia de *Aciachne acicularis* especie indicadora de sobrepastoreo. Así mismo se registró 2 especies endémicas (*Drymaria engleriana* y *Paronychia andina*), y una especie amenazada de flora silvestre (*Distichia muscoides*) categorizada como casi amenazada (NT).
2. En las parcelas experimentales las familias Poaceae, Asteraceae y Caryophyllaceae fueron las familias más representativas con el 47 % de la flora total registrada; los géneros con mayor riqueza fueron *Calamagrostis*, *Hypochaeris*, *Werneria*, *Lachemilla*, *Bartsia*, *Sisyrinchium* y *Arenaria*. En el área de referencia, las familias más diversas fueron la Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae, por otra parte, el género más diverso fue *Calamagrostis*.
3. Las unidades experimentales que tuvieron mayor riqueza de especies fueron aquellos donde se aplicó los tratamientos 2 y 3. Según los índices la diversidad de especies, la mayoría de las unidades experimentales en las distintas temporadas se encuentran dentro de medianamente diversos. Las afectaciones sobre la diversidad fueron causadas por el sobrepastoreo, por el establecimiento de especies invasoras, así como la poca disponibilidad de agua en época seca.
4. Las parcelas de restauración con mayor índice de Shannon Wiener y Simpson en el tercer y cuarto monitoreo fueron los correspondientes a los tratamientos 2 y 3 del bloque 1 y 2 respectivamente.

5. Antes de intervenir las parcelas de restauración del bloque 1 y 2 las especies con alto IVI fueron las especies tipo ichu (*F. dolichophylla* y *Calamagrostis tarmensis*), y después de aplicar los tratamientos en las parcelas (P1, P3, P5 y P6) las especies con mayor IVI en el tercer y cuarto monitoreo fueron *H. taraxacoides*, *Ophioglossum crotalophoroides*, *Werneria pygmaea*. Por otra parte, en el área de referencia la especie más dominante e importante fue la *Distichia muscoides*; otras especies importantes registradas (con IVI moderado) fueron *Ophioglossum crotalophoroides* y *Werneria pygmaea*. Por lo tanto, se explica que algunas zonas perturbadas del bofedal (parcelas de restauración intervenidas) se encontraron en proceso de recuperación, debido a la presencia de especies vegetales características del proceso de sucesión ecológica, reportadas en el área de referencia.
6. El trasplante por nucleación de *Distichia muscoides* fue exitoso porque crea núcleos de regeneración que permitirán mejorar la provisión de agua del bofedal para consumo y riego de las comunidades campesinas de la RPNYC, ello facilitará la restauración del bofedal. El crecimiento en altura (cm) de la especie *Distichia muscoides* fue mayor en las unidades experimentales donde se aplicó el tratamiento 2 y el tratamiento 3.
7. La unidad experimental donde se aplicó el tratamiento 3 tiene mayor semejanza con el área de referencia del bofedal. Este tratamiento acelera y direcciona el estado sucesional hacia estados característicos de un bofedal que permitirán la mejora de la provisión del agua. Además, sería necesario la aplicación del tratamiento 2 en algunas zonas del bofedal para generar mayor circulación y almacenamiento del agua para el mantenimiento de la vegetación.
8. Se registró un mayor caudal del bofedal en periodo de lluvia (14.85 l/s), por el contrario, el caudal disminuyó en época seca (3.6 l/s). Cabe decir que el caudal fue mayor al final del estudio que al inicio (3.6 l/s y 0.67 l/s respectivamente). La reducción del caudal entre la temporada 3 y 4 (época seca) tuvo una relación directa con la disminución del IVI de la *Distichia muscoides* de todas las parcelas de restauración con excepción de la parcela 3. Por el contrario, en todas las parcelas entre estas dos temporadas hubo un incremento de la cobertura vegetal y altura de las estepas de *Distichia muscoides*.

## **CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES**

1. Sería necesario aplicar en el bofedal el aislamiento con el T3 (retiro de especie invasora y trasplante de estepas de *Distichia muscoides*) para promover la restauración del bofedal y en consecuencia en el largo plazo mejorar la provisión de agua. La aplicación del T2 y T3 generaron un costo aproximado de S./310.00 y S./320.00 nuevos soles respectivamente. Los costos totales consideraron gastos de herramientas utilizados para la ejecución de cada tratamiento y el transporte de cada comunero.
2. Se sugiere criar camélidos y/o ovinos en vez de ganado vacuno para que estos animales no compactan ni degradan el suelo ni la vegetación tan rápido como el ganado vacuno y de esta manera la vegetación tenga la posibilidad de recuperarse más rápido siempre y cuando exista un manejo rotativo del ganado.
3. Se recomienda seguir monitoreando las variables (cobertura y altura) del bofedal en las parcelas permanentes instaladas tanto en periodo seco como lluvioso para observar los cambios que puedan presentarse en la estructura, composición y diversidad. Así mismo, se aconseja continuar con los monitoreos del caudal del bofedal para determinar el suministro mensual de agua.
4. Se propone replicar los tratamientos en otras áreas de la RPNYC en conjunto y/o por separado dependiendo de las condiciones del bofedal para recuperar y conservar la vegetación de bofedales así mismo para mejorar los servicios ecosistémicos y en especial el de regulación y provisión de agua.
5. Se recomienda difundir los resultados de la investigación a las comunidades de la RPNYC, autoridades locales y regionales y público en general para concientizar de los beneficios que se obtendría de bofedales bien manejados.

6. Sería recomendable realizar estudios sobre el crecimiento (ancho y altura) de la biomasa superficial de las estepas traslocadas en el bofedal para cuantificar la evolución de la riqueza y diversidad de especies vegetales en el área de investigación.
  
7. Se recomienda que en procesos de restauración de bofedales se realice el aislamiento alrededor de la mayor área de recarga del bofedal, ya que en este caso por decisión de la Comunidad de Huancaya y SERNANP se cercó una parte del bofedal y en consecuencia se tuvo la presión permanente de ganado vacuno.



## REFERENCIAS

- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE y Ministerio del Ambiente – MINAM. (2014). Manejo de pastos naturales altoandinos. *Programa de Adaptación al Cambio Climático – PACCP Perú*, Manual Técnico (2), 5-44.
- Aguilar-Garavito M. y W. Ramirez (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres*. Colombia, Bogotá D.C: Editorial Alexander von Humboldt.
- Aguirre, Z. y Aguirre, N. (1999). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales*, Herbario Loja N° 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Ecuador, Loja.
- Alva, H. M. y Ramos, A. R. (2017). Evolución de los glaciares de los nevados Collquepucre, Llongote, Pariacaca y Ticla en la cuenca del río Cañete. *Investigaciones Sociales*, 21 (38), 97-106. <https://doi.org/10.15381/is.v21i38.14219>
- Alzérreca, A. H., Prieto, C. G., Laura, C. J., Luna, Ch. D. y Laguna, B. S. (2001) *Características y Distribución de los Bofedales en el Ámbito Boliviano*. Bolivia, La Paz
- Alzérreca, A. H. y Luna. Ch. D. (2001). *Manual del ganadero para el manejo de bofedales*. Bolivia, La Paz.
- Aronson, J., Milton, S. J. y Blignaut, J. N. (2007). *Restoring Natural Capital: Science, business and practice*. E.E.U.U, Washington, D.C: Island Press
- Aronson, J. y Alexander, S. 2013. Ecosystem Restoration is now a global priority: Timeto roll upour sleeves. *Restoration Ecology* 21(3), 293-296. DOI: 10.1111/REC.12011.
- Avila, R. L. y Vargas, R. O. (2011). Núcleos de restauración de *Lupinus bogotensis* en claro de plantaciones de *Pinus patula* y *Cupressus lusitánica*. *En La restauración ecológica en la práctica*.
- Barrera, C. J. y Valdés, L. C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*. 12(2), 11-24. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/499/49912203.pdf>

- Barrera-Cataño, J., Contreras-Rodriguez, S., Garzón-Yepes, N., Moreno-Cardenas, A. y Montoya-Villarreal, S. (2010). *Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados del Distrito Capital*. Colombia, Bogotá: Subdirección Imprenta Distrital – DDDI.
- Begon, M., Harper, L. J. y Townsend, R. C. (1999). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. España, Barcelona: Omega
- Brako, L. y Zaruchi, J. L. (1993). *Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru*. Perú, Lima: Missouri Botanical Garden.
- Brown, S. y Lugo, A. (1994). Rehabilitación of tropical lands: A key to Sustaining development. *Restoration Ecology*, 2(2), 97-111.
- Cabezas, G. E. (2012). *Plan de Manejo para la Restauración de dos Humedales del Ecosistema Páramo de Sachahuayco de la Mancomunidad Frente Sur Occidental del Canton Mocha, Provincia de Tungurahua*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de [https://www.google.com/search?q=\).+Plan+de+Manejo+para+la+Restauraci%C3%B3n+de+dos+Humedales+del+Ecosistema+P%C3%A1ramo+de+Sachahuayco+de+la+Mancomunidad+Frente+Sur+Occidental+del+Canton+Mocha%2C+Provincia+de+Tungurahua&oq=\).+Plan+de+Manejo+para+la+Restauraci%C3%B3n+de+dos+Humedales+del+Ecosistema+P%C3%A1ramo+de+Sachahuayco+de+la+Mancomunidad+Frente+Sur+Occidental+del+Canton+Mocha%2C+Provincia+de+Tungurahua&aqs=chrome..69i57.1201j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=).+Plan+de+Manejo+para+la+Restauraci%C3%B3n+de+dos+Humedales+del+Ecosistema+P%C3%A1ramo+de+Sachahuayco+de+la+Mancomunidad+Frente+Sur+Occidental+del+Canton+Mocha%2C+Provincia+de+Tungurahua&oq=).+Plan+de+Manejo+para+la+Restauraci%C3%B3n+de+dos+Humedales+del+Ecosistema+P%C3%A1ramo+de+Sachahuayco+de+la+Mancomunidad+Frente+Sur+Occidental+del+Canton+Mocha%2C+Provincia+de+Tungurahua&aqs=chrome..69i57.1201j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- Calixto, F. R., Herrera, R. L. y Hernández, G. V. (2008). *Ecología y Medio Ambiente*. (2da Edición). México, Ciudad de México: Cengage Learning.
- Canahuire, R. R. (2017). *Composición florística y estructura de la recuperación natural en un área degradado por minería en la Comunidad Nativa de Tres Islas, Tambopata – Madre de Dios*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú. Recuperado de <http://190.116.37.5/handle/UNAMAD/258>
- Carbajal-Cogollo, J. (2008). *Evaluación de efectos antropogénicos sobre la diversidad de reptiles de un bosque fragmentado en el departamento de Córdoba, Colombia*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México, Ciudad de México: Diaz de Santos. Recuperado de [https://drive.google.com/file/d/0B0s38cputCj\\_YlQxek9tREpnRkk/view](https://drive.google.com/file/d/0B0s38cputCj_YlQxek9tREpnRkk/view)

- Clewell, A. F. y Aronson, J. (2013). *Ecological restoration: Principles, values and structure of an emerging profession*. (2da edición). Estados Unidos de América, Washington, D.C: Island Press.
- Collins, L. S. (1987). Interaction of disturbances in Tallgrass prairie: a field experiment. *Ecology*, 68(5), 1243-1250.
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Royal Society*, 345 (1311), 101-118. DOI: 10.2307/56143
- Colwell, R. K. (2005). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. (Versión 9.1.0.) User's guide and application. U.S.A., Connecticut: Department of Ecology y Evolutionary Biology, University of Connecticut. Recuperado: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/>.
- Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (2014). *Perú: Ecosistemas altoandinos, cuencas y regulación hídrica*. Perú, Lima: CONDESAN.
- Convención de Ramsar. (2015). *El Plan Estratégico de Ramsar para 2016 – 2024*. Uruguay, Punta del Este.
- Convención de Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)* (6ta. edición). Suiza, Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Convención de Ramsar y 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.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica – CDB. 2010. *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, incluidas las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica*. URL: <https://www.cbd.int/sp/targets/>.
- Chará, J. D., Giraldo, L. P., Zuñiga, M. del C., Chará-Serna, A. M. y Pedraza, G. X. (2008). Cambios en el ambiente acuático asociados a la restauración del corredor ribereño en una quebrada afectada por ganadería en la cuenca del río La Vieja, Colombia. En la restauración ecológica en la práctica.

- Dallmeier, F., Beltrán, R., Langstroth, R., Huppman, R. y Alonso, A. (2009). *Marco Histórico para el Desarrollo del Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad a través de los Andes Peruanos. Monitoreo de Biodiversidad lecciones de un Megaproyecto Transandino*. Perú, Lima.
- Díaz, M., Larraín, J., Zegers, G. y Tapia, C. (2008). Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 81, 455-468. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2008000400002>.
- Dourojeanni, P., Fernandez, E., Giada, S., Leslie, J., Podvin, K. y Zapata, F. (2016). Vulnerability Assessments for Ecosystem – based Adaptation: Lessons from the Nor Yauyos Cochas Landscape Reserve in Peru. 141-160. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40773-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40773-9_8)
- Escalante, T. (2003). *¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao*. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 10 (52), 53 – 56.
- Etchepare, E., Ingaramo, M., Porcel, E., y Álvarez, B. (2013). Diversidad de las comunidades de escamados en la Reserva Natural del Iberá, Corrientes, Argentina. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(4), 1273-1283. <https://doi.org/10.7550/rmb.36248>
- Flores, E., Tácuna, R., y Calvo, V. (2014). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales*. Perú, Huaraz: Corporación Globalmark.
- Florez, M. A. (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Perú, Lima: ITDG AL, OIKOS, 2005.
- Fundación para el Desarrollo Agrario – FDA. (2014). *Evaluación de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climático en la Reserva Paisajística Nor Yauyos – Cochas y su Zona de Amortiguamiento (VIA RPNYC)*. Perú, Lima: Universidad Agraria La Molina.
- Gálvez, R. J. (2002). *La Restauración Ecológica: Conceptos y Aplicaciones*. Guatemala. Recuperado de [http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/serie\\_tec/08tec2002.pdf](http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/serie_tec/08tec2002.pdf)
- González, P., Suni, M., Deanna, R., Scaldaferrro, M., Castañeda, E., Ramirez, D., Valencia, N. y Cano, A. (2016). Biología reproductiva y citogenética de *Distichia Muscoides* (Juncaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 51(1), 123-133. DOI: 10.31055/1851.2372.v51.n1.14422

- Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático – IPCC. (2014). *Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Aportación del grupo de trabajo II al quinto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático*. Cambridge, Reino Unido/ Nueva York, Cambridge University Press.
- Haila, Y. y Margules, C. R. (1996). Survey research in conservation biology. *Ecography*, 19(3), 323-331. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1996.tb01261.x>
- Halffter, G. y Moreno, C.E. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*.
- Hammer O., Harper, D. T. A. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), 9.
- Herrera, M. A. (2000). *La clasificación numérica y su aplicación en la ecología*. República Dominicana, Santo Domingo: Editorial Tecnológico de Santo Domingo.
- Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Costa Rica, San José: Agroamerica.
- Hurtado, C. (2006). Evaluación y soportabilidad de los bofedales de la cuenca del Uchusuma zona altoandina de Tacna-2006. *Ciencia y Desarrollo*, (10), 103-106. <https://doi.org/10.33326/26176033.2006.10.211>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA. (2006). *Plan Maestro de la Reserva Paisajística Nor-Yayos Cochas*. Perú, Lima: Impresos y Diseños S.A.C.
- Insuasty-Torres, J., Gomez-Ruiz, P. A. Rojas-Zamora, O., De los Ángeles Cardenas, C. y Vargas Ríos, O. (2011). Estrategias para la Restauración ecológica de los páramos en áreas afectadas por pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). En *La Restauración Ecológica en la Práctica*.
- Ipenza, C. (2010). *El Convenio sobre la Diversidad Biológica en el Perú. Análisis de su aplicación y avances en el Perú*. Perú, Lima: Ministerio del Ambiente.
- Izurieta X. (2005). *Turberas Altoandinas. Espacios Frágiles de Vida y Cultura*. Proyecto Peatlands in the Tropical Andes. Ecuador, Quito: Global Peatland Initiative/NC-IUCN/ECOPAR/GRUPO PARAMO.

- Jiménez, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8(31), 151-161.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Perú, Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Keenleyside, K.A., Dudley, N., Cairns, S., Hall, C.M. y Stolton, S. (2014). *Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas*. Suiza, Gland: UICN.
- La Matta, F. (2017). *Percepciones, actores y manejo actual de los humedales altoandinos de la comunidad campesina Santiago de Carampoma, Huarochirí-Lima*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9123/LA\\_MATTA\\_ROMERO\\_PERCEPCIONES\\_ACTORES\\_Y\\_MANEJO\\_ACTUAL\\_DE\\_LOS\\_HUMEDALES\\_ALTOANDINOS.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9123/LA_MATTA_ROMERO_PERCEPCIONES_ACTORES_Y_MANEJO_ACTUAL_DE_LOS_HUMEDALES_ALTOANDINOS.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- León, B., Pitman, N. y Roque, J. (2006). El Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú (2006). *Revista Peruana de Biología*, 13(2). Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.
- Libro de Actas de la Comunidad Campesina de Huancaya (2000 – 2015). Comunidad Campesina de Huancaya, distrito de Huancaya, provincia de Yauyos, departamento de Junín. Perú.
- Linares-Palomino, R., Alonso, A., Dallmeier, F., Langstroth, R., Mamani, G., Dholoo, E., Sáenz, V., Pace, A. y Deichmann, J. (2013). *Restauración de la vegetación en Ambientes Andinos: Logros y Retos: En Monitoreo de Biodiversidad lecciones de un Megaproyecto Transandino*. Perú, Lima.
- Lozada, S. A. y Pinzon, G. J. (2006). *Diseño Metodológico de Restauración de la Reserva Forestal Cárpatos. Guasca – Cundinamarca*. (Tesis Doctoral). Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Colombia, Bogota.
- López, A. y Williams, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 78, 7 -15.

- Mamani, M. G. (2009). Las especies forrajeras nativas de importancia ganadera para la zona altoandina. Perú, Ayacucho. Recuperado de <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/agroinnova/v3n13/a2.pdf>
- Maldonado, F. M. (2010). *Comportamiento de la vegetación de bofedales influenciados por actividades antrópicas*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Posgrado. Lima, Perú.
- Matteucci, D. y Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Estados Unidos de América, Washington D. C: The General Secretariat of the Organization of American States.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Estados Unidos de América, New Jersey: Crom Helm
- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity*. Estados Unidos de América, Oxford: Wiley
- Medina, M. y Aléndez, L. (2014). *Piloto de Restauración Ecológica Participativa como estrategia de disminución de la vulnerabilidad al cambio climático en el Bosque Sho'let – Selva Central – Pasco*. Perú, Villa Rica: MINAM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/prodern-impulsa-restauracion-de-humedades-como-medida-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-ecosistemas-de-montana/>
- Medina-Rangel, G. (2011). Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatosa, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 935-968.
- Meneses, R. I., Ortuño, T., Loza Herrera, S., Domic, A., Palabral-Aguilera, A. N. y Zeballos, G. (2015). Bofedales altoandinos. En *Historia Natural de un Valle en Los Andes*. Bolivia, La Paz.
- Millennium Ecosystem Assessment – MEA (Program). (2005). *Ecosystems and human well-being*. Estados Unidos de América, Washington, D. C: Island Press.
- Miller. G. T. (2002). *Introducción a la Ciencia Ambiental. Desarrollo Sostenible de la Tierra*. España: Thomson - Paraninfo

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). *Colombia: Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Colombia, Bogotá: MINAMBIENTE.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2016). Perú: *Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre*. Perú, Lima: MINAGRI
- Ministerio del Ambiente (2015a). Perú: *Estrategia Nacional de Humedales del Perú*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2015b). Perú: *Quinto Informe Nacional ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica: Perú (2010-2013)*. Pedrú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2015c). Perú: *Parcelas de restauración distrito de Huancaya. Servicio Nacional de áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP)*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2014a). Perú: *Situación del agua en el Perú*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2014b). Perú: *Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012-2013*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2014c). Perú: *Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014 – 2018*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2014d). Perú: *Lineamientos para la Compensación Ambiental en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2014e). Perú: *Proyecto de Recuperación de Humedales Andinos como Estrategia para la Adaptación al Cambio Climático y Gestión de Recurso Hídrico*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2014f). Perú: *Estrategia Nacional de Humedales del Perú*. Perú, Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2012). Perú: *Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana*. Perú, Lima: MINAM.



- Ministerio del Ambiente (2011). *Perú: Inventario y Evaluación del Patrimonio Natural en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabambas*. Perú, Lima: MINAM.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Da Fonseca, y J. Kent. (2000). Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature*, 403 (6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Mora, C., Jiménez, J. y Alanís, E. (2013). Efecto de la ganadería en la composición y diversidad arbórea y arbustiva del Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4 (17), 124 – 137. DOI: 10.29298/rmcf.v4i17.426
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA, vol. 1*. España, Zaragoza: CYTED, ORCYT/UNESCO y SEA.
- Mostacero, L. J., Ramírez, V. R., Mejía, C. F. y Zelada, E. W. (2013). Rol de los conchales en el equilibrio biológico de los ecosistemas altoandinos del norte del Perú. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo*, 33(2), 90-98.
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Bolivia, Santa Cruz: Editora El País.
- Murcia, C. y Guariguata, M. R. (2014). *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades*. Indonesia, Bogor: CIFOR.
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Peralvo, M. y Gálmez, V. (2017). *La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro*. Indonesia, Bogor: CIFOR
- Noss, R. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355-364. DOI: 10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2012). *Perspectivas ambientales de la OCDE hacia 2050: Consecuencias de la inacción*. Francia, París: Ediciones de la OCDE.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1976). *Mapa Ecológico del Perú – Guía Explicativa*. Perú, Lima: ONERN

- Organización de las Naciones Unidas – ONU. (2018). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. Francia, París: UNESCO.
- Ortiz, B. (2014). *Estudio agrotoedafológico y capacidad de carga animal en contadera – Tomas – Yauyos*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú, Lima. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/433928733/Estudio-Agrotoedafologico-y-Capacidad-de-Carga-Animal>
- Palabral, A. A. (2013). *Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama, Bolivia*. Bolivia.
- Palmer, M. (1990). The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71(3), 1195-1198. DOI: 10.2307/1937387
- Pineda, E. y Halffter, G. (2004). Species diversity and hábitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in México. *Biol. Conserv*, 117(5), 499-508. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.08.009>
- Ponce de León, G. (2007). *Guía Técnica para proyectos piloto de Restauración Ecológica Participativa*. Colombia. Bogotá D. C.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN y Instituto de Montaña – IM (2016). *El futuro ancestral: La adaptación basada en ecosistemas. Lecciones aprendidas para la adaptación al cambio climático en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas*. Perú, Lima: UNDP
- Pulgar-Vidal, M. (2016). *El Acuerdo de París: El largo proceso hacia el éxito. Rol, retos y oportunidades para el Perú*. Perú, Lima: Ministerio del Ambiente.
- Ramírez, H. D. (2011). *Flora vascular y vegetación de los humedales de Conococha, Ancash, Perú*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado de [http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/\\_data/62.pdf](http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/_data/62.pdf)
- Red Vasca de Municipios hacia la Sostenibilidad – Udalsarea 21. (2002). *Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, Proyecto de restauración de los humedales de Salburua*. España, Vitoria. Recuperado de <http://www.udalsarea21.net/paginas/ficha.aspx?IdMenu=8ED0CB4A-472E-4634-8CCA-06FA8B173108&Idioma=es-ES>

- Rey-Benayas, J. (2012). *Restauración de campos agrícolas sin competir por el uso de la tierra para aumentar su biodiversidad y servicios ecosistémicos*. España, Alcalá: Instituto Nacional de Ecología - SEMARNAT
- Salvador, F., Monerris, J. y Rochefort, L. (2014). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, Volume 15(3), 1-17.
- Sampieri, H. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Sarmiento, F. O. (2000). *Diccionario de Ecología. Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para Latinoamérica*. Ecuador, Quito: Abya Yala
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2018a). *Mapa Climático Nacional*. Perú, Lima: SENAMHI.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2018b). *Datos Históricos*. Perú, Lima: SENAMHI.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2013). *Protocolo para la instalación y operación de estaciones metereológicas, agrometeorológicas e hidrológicas*. Perú, Lima: SENAMHI.
- Soberón, J. M. y Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7(3), 480-488.
- Society for Ecological Restoration International – SER. Grupo de trabajo sobre ciencia y política (2004). *Principios de SER Internacional sobre la Restauración Ecológica*. Estados Unidos de América, Tucson: Society for Ecological Restoration International
- Society for Ecological Restoration y International Union for Conservation of Nature (2004). *Ecological Restoration, a means of conserving biodiversity and sustaining livelihoods*: Tucson, Arizona: SER; Gland: IUCN.
- Sorando, R., Comín, F. y Moreno, S. (2007). La restauración ecológica de los Ojos de Monreal del Campo (Teruel). *Xiloca*, 127–152.

- Sorensen, L. L. (2004). Composition and diversity of the spider fauna in the canopy of a montane forest in Tanzania. *Biodiversity and Conservation*, 13, 437 – 452.
- Squeo, F., Ibacache, E., Warner, B., Espinoza, D., Aravena, R. y Gutiérrez, J. (2006a). *Productividad y diversidad florística de la Vega Tambo: Cordillera de Doña Ana*. Chile, La Serena: Ediciones Universidad de La Serena.
- Squeo, F., Warner, B., Aravena, R. y Espinoza, D. (2006b) Bofedales: High Altitude Peatlands of the Central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79, 245-255. DOI: 10.4067/S0716-078X2006000200010
- Stiling, P. D. (1996). *Ecology: Theory and applications*. Estados Unidos de América: Prentice Hall.
- Trinidad, H., Huamán, E., Roca B., Bazan, M., Nina, P. y Molina, Johanny. (2012) *Inventario de Bofedales en el área de influencia directa e indirecta de la Minera Corihuarmi IRL S.A.* Perú.
- Toro, J., Rodríguez, M., Castañeda, M., Valero, L. y Quevedo, J. (2012). *Restauración Ecológica de Áreas de Páramo y Conservación de Nacientes y Humedales Alto andinos*. Ecuador, Quito: CONDESAN.
- Tovar, O. (1993). *Las gramíneas (Poaceae) del Perú*. España, Madrid: Editorial CSIC – CSIC Press.
- Tropicos (2018). Tropicos.org, Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/>
- Universidad Nacional del Altiplano – UNAP. (2001). *Evaluación de las características y distribución de bofedales en el ámbito peruano del sistema TDPS*. Perú, Puno.
- Vargas, O. (2007). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del bosque altoandino*. Colombia, Bogotá D. C.
- Vargas, R. O., Reyes, B. S., Gómez, R. P. y Díaz, T. J. (2010). *Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de Ecosistemas*. Colombia, Bogotá D. C.
- Vargas, R. O. y Reyes, B. S. (2011). *La Restauración Ecológica en la Práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. Colombia, Bogotá D. C.

- Vargas, R. O. y Velasco, L. P. (2011). *Reviviendo nuestros páramos*. Colombia, Bogotá D.C: Artes gráficas Silva.
- Vargas, R. O., Díaz, T. J., Reyes, B. S. y Gómez, R. P. (2012). *Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia*. Colombia, Bogotá D. C.
- Vega, E., y Peters, E. (2017). *Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas*. México, D. F. Recuperado de [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/vega\\_peters.html](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/vega_peters.html)
- Villagrán, M. C., y Castro, R. V. (2004). *Ciencia Indígena de los Andes del Norte de Chile*. Chile, Santiago: Editorial Universitaria.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina M. y Umaña, A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad (2da edición)*. Colombia, Bogotá: Ramos López Editorial.
- Weberbauer, A. (1945). *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos*. Perú, Lima: Talleres gráficos de la editorial Lumen S.A. – Lima, Perú.
- White, P. S. y Pickett, S. T. A. (1985). *The ecology natural disturbance and patch dynamics*. Estados Unidos de América, Orlando: Printed in the United States of America
- World Commission on Environment and Development – WCED. (1987). *Our common future - The Brundtland Report*. Estados Unidos de América, Oxford: Oxford University Press.
- Wright, C. y Astudillo, J. (2002). *Los bofedales – Turba Alcalina Pantanosa del Altiplano Chileno, Semi-árido, ubicados de 4000 a 4500 msnm*. Chile, Iquique.
- Whitmore, T. C. (1989). Canopy Gaps and Two Major Groups of Forest Trees. *Ecology*, 70 (3), 536-538.
- Zar, J. H. 1998. *Biostatistical analysis*. Estados Unidos de América, Nueva Jersey: Prentice Hall.

## TERMINOLOGÍA

**Amenazas:** Aspectos del entorno que se presentan perjudiciales para el santuario y que podrían afectarlo de manera adversa (INRENA, 2006).

**Alteración:** Es el proceso ecológico desencadenado por una o más perturbaciones, a través del cual se modifican la estructura, la composición y/o la función de un ecosistema (Ponce de León, 2007).

**Área natural protegida:** Son áreas continentales o marinos del territorio nacional formalmente reconocidos y declarados como tal para conservar la biodiversidad y los demás valores asociados de interés paisajístico, cultural y científico, así como por su aporte al desarrollo sostenible del país (INRENA, 2006).

**Biodiversidad:** Comprende la variedad de organismos vivos (animales, plantas y otros organismos) que se desarrollan en el planeta, considera la diversidad entre individuos de la misma especie, individuos de especie diferente y de ecosistemas (terrestres y acuáticos) (Ipenza, 2010).

**Cambio climático:** Es la alteración de los patrones del clima conocidos y adecuados para nuestra vida en el planeta, por causa del calentamiento global. Se evidencia en modificaciones de la circulación de las corrientes oceánicas y vientos continentales, de la nubosidad y de las precipitaciones; el calentamiento genera desglaciación, temperaturas extremas, inundaciones, sequías y desencadena otros efectos y cambios de difícil pronóstico (Pulgar-Vidal, 2016).

**Caudal:** Es la cantidad de un fluido que circula por un punto determinado en una unidad de tiempo; también puede considerarse como la cantidad de agua que sale de una fuente (canal, río, etc.) o vertedero (Sarmiento, 2000).

**Cuenca hidrográfica:** Es un sistema formado por la unión de varios cursos de agua, de vertientes, riachuelos y ríos, que desembocan en un río mayor, en un lago o en el mar.

**Calentamiento global:** Es el incremento reciente de la temperatura promedio del planeta, causado por la acumulación excesiva de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, debido al aumento de emisiones de estos gases por las actividades antrópicas y su intenso crecimiento desde el comienzo de la era industrial (1750) (Pulgar-Vidal, 2016).

**Composición:** Son las variables que se usan para describir la intervención de las diferentes especies biológicas presentes en un ecosistema, en términos de su identidad taxonómica, la cantidad de especies, las asociaciones entre ellas, las proporciones entre grupos funcionales, taxonómicos o morfológicos, etc. (Ponce de León, 2007).

**Comunidad campesina:** Es una organización de interés público con existencia legal y personería jurídica, constituida por familias que residen y controlan determinados territorios, estas están ligadas por vínculos culturales, ancestrales, sociales y económicos, antedichos en la propiedad cultural de la tierra, el trabajo comunal, la ayuda mutua, el gobierno democrático, el desarrollo de actividades multisectoriales, cuya finalidad se orienta a la realización plena de sus miembros y del país. Está regulada por la ley 24656 (INRENA, 2006).

**Conservación:** La filosofía de la conservación se sostiene en la ciencia ecológica y considera el mantenimiento de los procesos ecológicos fundamentales, la preservación de la diversidad genética y el manejo sostenible de las especies y ecosistemas. El concepto actual comprende el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente por ser humano, de manera tal de producir los mayores beneficios para las generaciones actuales y futuras garantizando la satisfacción de sus necesidades y aspiraciones (INRENA, 2006).

**Correntómetro:** Instrumento para medir la velocidad del agua en un punto, calculando el número de vueltas de las cazoletas o hélice contra las que incide la corriente (SENAMHI, 2013).

**Desarrollo sostenible:** “Es aquel desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987). El desarrollo sostenible considera 3 objetivos simultáneos:

sostenibilidad social (mejoramiento de la calidad de la vida), económica (generación de bienes y servicios), y ambiental (conservación de la integridad ecológica) MINAM, 2012).

**Desertificación:** Es un proceso de la degradación de las tierras y de la vegetación, la erosión del suelo y la pérdida de la capa superficial del suelo y de las tierras fértiles en las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, originada principalmente por las actividades humanas y por las variaciones del clima (MINAM, 2012).

***Distichia muscoides*:** Es una planta cespitosa, de tallos que tienen forma de aguja y se encuentran muy cercanos, formando una especie de manto arrosetado de aspecto ondulante y sólido resistente al peso de los animales, especialmente, de los camélidos, para los que constituye su fuente principal de alimentación (Florez, 2005).

**Ecosistema de referencia:** Es un cuadro descriptivo del estado al cual debería tender la restauración más completa en un área determinada. El ecosistema de referencia es un modelo que suele construirse con base a información histórica sobre el estado pre-disturbio y/o por observación de ecosistemas no perturbados sobre áreas vecinas con condiciones ambientales similares. El ecosistema de referencia es uno de los ecosistemas restaurables, no el único ni necesariamente el más factible (Ponce de León, 2007).

**Efecto invernadero:** Es el mantenimiento de un nivel de temperatura promedio en la tierra que favorece la generación y subsistencia de las formas de vida que rodean al hombre y sustentan su existencia (alrededor de 15°C). Es causado por la retención del reflejo de los rayos del sol en la tierra, y su devolución a la superficie del planeta, incrementando la radiación térmica. La retención y reflejo la realizan los denominados “gases de efecto invernadero” (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso entre otros) que se mantienen y acumulan en la atmósfera (Pulgar-Vidal, 2016).

**Especie:** Es un conjunto de individuos que cumplen una función ecológica, tienen características similares, se reproducen y comparten un destino evolutivo en común. (Sarmiento, 2000).



**Estructura:** Es el conjunto de variables relacionadas con el tamaño, la cantidad, la distribución espacial y la proporciones entre los elementos físicos o bióticos, que conforman el ecosistema (Ponce de León, 2007).

**Estación meteorológica:** Sitio seleccionado para la generación de datos meteorológicos. Estos datos incluirán los siguientes elementos: estado del tiempo, nubosidad, viento, temperatura, humedad, precipitación, presión atmosférica e insolación (SENAMHI, 2013).

**Ichu o pajas bravas:** Es un pasto natural que predomina en los andes, esta planta proporciona la fisonomía de pajonal al piso altoandino. El término ichu designa a un conjunto de especies de similares características (*Calamagrostis*, *Festuca*, etc.) (Villagrán y Castro, 2004).

**Monitoreo:** Es la toma sistemática de información sobre los cambios en el ecosistema intervenido, concentrada primordialmente en los efectos esperados de la restauración (Ponce de León, 2007).

**Parcela:** Es aquella unidad de muestreo en un estudio de campo. Es la más pequeña muestra que presenta los elementos que generan condiciones comparables y resultados extrapolables para toda la población (Sarmiento, 2000).

**Perturbación o disturbio:** Es un evento más o menos discreto en el tiempo (empieza y termina) de pérdida destructiva de elementos u organización en el ecosistema, generado por uno o más tensionantes. El disturbio, como efecto directo de un tensionante, es el primero de una serie de cambios dentro del proceso de alteración (Ponce de León, 2007).

**Población:** En el presente texto, si no se especifica otra cosa, el término población se refiere a la población biológica, es decir, el total de los individuos de una misma especie presentes dentro de un área determinada o ecosistema (Ponce de León, 2007).

**Planta invasora:** Son plantas que llegan de otros sitios (otro tipo de pradera) y colonizan la comunidad, cuando está afectada por factores como el sobrepastoreo (Florez, 2005).

**Tensionante:** Es aquel factor ajeno a los ritmos fenológicos o ciclos biológicos de las poblaciones biológicas nativas, que ocasiona una pérdida destructiva de elementos u organización del ecosistema. Ejemplo: sobrepastoreo, fuego, caza, vertimientos, tala, etc (Ponce de León, 2007).

**Sere:** Llamada también serie sucesional o serie ecológica, es el orden en la cual se presentan las distintas poblaciones en la sucesión característica de una cierta área o en unas determinadas condiciones ambientales (Ponce de León, 2007).

**Sobrepastoreo:** Es la reutilización constante del mismo tipo de planta en una misma área, para alimentación de ganado vacuno, ovino, etc; por el ramoneo continuo, exclusivamente sobreviven especies como las gramíneas que tienen un sistema de tallos subterráneos y que pueden tolerar dichas podas constantes. Esta situación compacta el suelo y en consecuencia se reduce la cobertura de las especies de plantas hasta desaparecer (Sarmiento, 2000).

**Sucesión:** Proceso de invasión y colonización de un área determinada por la biota, o el reemplazo de una comunidad por otra, a través del tiempo secuencial, por medio de fases, series o periodos, pero en el mismo espacio geográfico (Sarmiento, 2000).

**Suelo:** Es una mezcla compleja de partículas rocosas, materia orgánica en descomposición, aire, agua y organismos vivos (Sarmiento, 2000).

**Viabilidad:** Este atributo clave en la evaluación y planificación de la restauración corresponde a qué tan viable es el proceso de regeneración (espontáneo o planificado) y qué tan viable es la conservación del ecosistema restaurado, a corto y mediano plazo en el contexto social y ambiental presente y en el que se puede prever a corto y mediano plazo (Ponce de León, 2007).

# APÉNDICES

## APÉNDICE 1:

**Sectores de Yanama y Apas del distrito de Huancaya – Yauyos – Lima se observa la existencia de corrales ganaderos y una vía de acceso en los años 1969 y 2010**



Fuente: Google Earth.

## APÉNDICE 2:

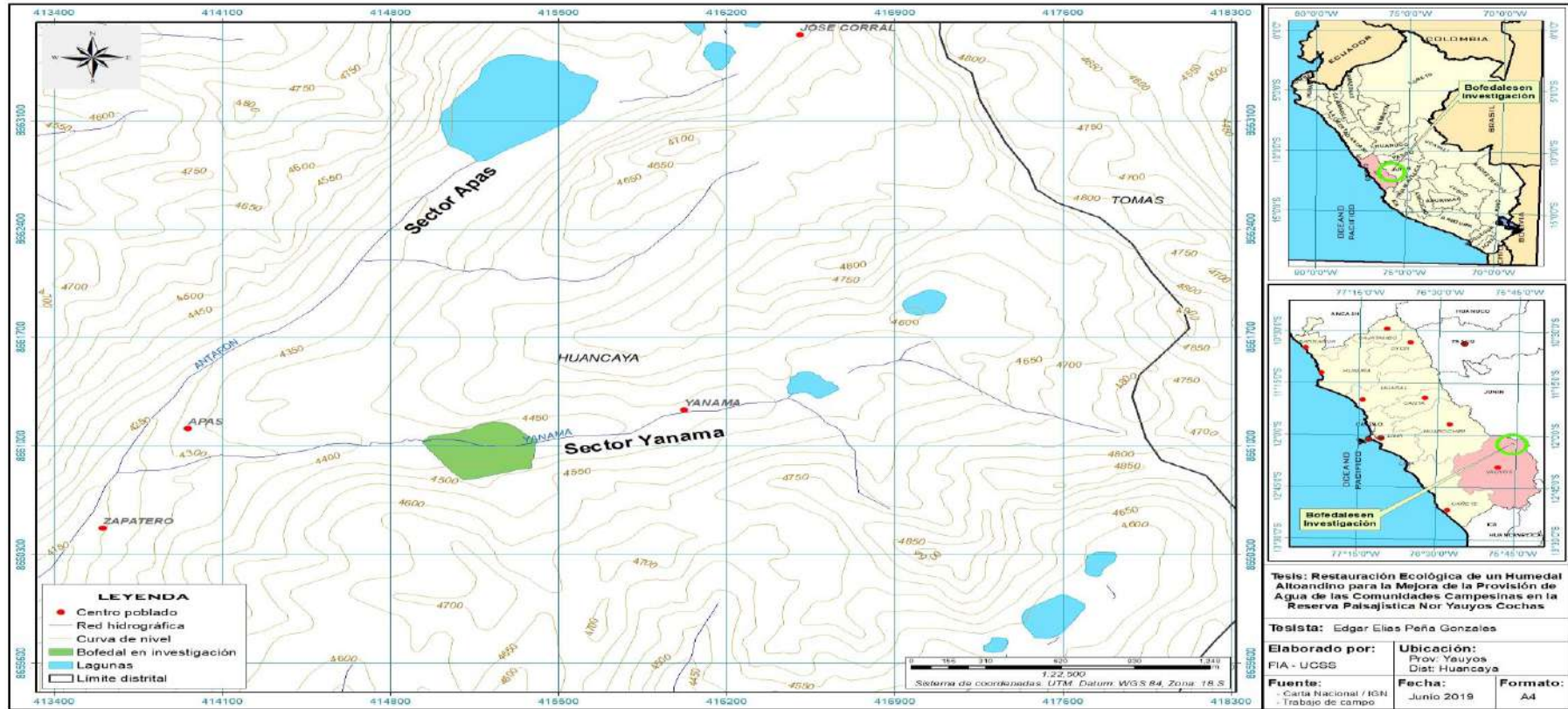
### Datos históricos de la estación meteorológica de Vilca – SENAMHI

Estación : VILCA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : LIMA			Provincia : YAUYOS			Distrito : HUANCAYA			Ir : 2017-09 ▼			
Latitud : 12° 6' 52.44"			Longitud : 75° 49' 34.21"			Altitud : 3832						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Sep-2017	19.2	2	2	18.4	8	-1	12.2	3.8	0	0		
02-Sep-2017	20	3.2	4	19.2	8.4	3.6	11.8	4	.5	0		
03-Sep-2017	18.4	3	4.6	17.6	8.6	1	11.4	4.2	0	0		
04-Sep-2017	19	1	1.8	18.8	9	-1.6	12.8	3.8	0	0		
05-Sep-2017	19	3	4.2	19	9.2	.6	12	4.8	0	0		
06-Sep-2017	19.4	3.8	5.4	18	7.6	1.8	13	7.6	0	3.2		
07-Sep-2017	17.8	2	3.8	16.6	7.4	3.6	12.4	3.6	1.4	0		
08-Sep-2017	18	1.6	1.6	17	9	-2	12	4	0	0		
09-Sep-2017	19	3	4.8	19	9	.2	12.6	3.2	0	0		
10-Sep-2017	19.8	4	4.4	18.6	8.8	.4	12.8	3.4	0	0		
11-Sep-2017	18	4	4.6	17.4	7.8	1	11.6	3.8	0	0		
12-Sep-2017	17.8	3	4	16	8.4	.6	10.2	8.4	0	2.6		
13-Sep-2017	20	3	4.2	18.2	9	4	13	4	1	0		
14-Sep-2017	18	4	5.2	17	8.6	2	12.8	3.4	0	0		
15-Sep-2017	18	5	6.6	16.8	8	6.4	13.4	8	.6	1.2		
16-Sep-2017	18.8	6	8	17.6	8.2	7.6	14	8.2	.8	1.6		
17-Sep-2017	18	5.2	6.4	16.6	8	6.2	13.8	8	.5	4		
18-Sep-2017	18	5	6.2	17	6.8	6	13.6	6.6	2.2	.5		
19-Sep-2017	18.8	6	7	17.8	7.6	6.8	14.4	7.6	.4	10.2		
20-Sep-2017	20	5	5	18.6	7	3	12.2	2	0	10		
21-Sep-2017	20	4	4.6	19.4	7.4	1.8	13	3	0	0		
22-Sep-2017	20	5	6	18.2	8	2.6	12.6	3.2	0	0		
23-Sep-2017	20	6	7.2	19	7	3.4	12	2.4	0	0		
24-Sep-2017	19	4	5.2	17.8	8.8	2	11.4	4.8	0	0		
25-Sep-2017	20	3	3.8	18.6	7.2	1	12.8	3.8	0	0		
26-Sep-2017	18	4.8	5.6	16.6	8.2	5.6	13	8.2	4.4	2.6		
27-Sep-2017	20	3	3.8	18.4	8	1.2	12	3.6	0	0		
28-Sep-2017	19	3	4.2	19	8.4	1	11.6	4	0	0		
29-Sep-2017	20	2	2	20	9	-1.4	11	3.4	0	0		
30-Sep-2017	20.8	3.2	3.2	19.8	8.8	-1	12.2	3.8	0	0		

\* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

### APÉNDICE 3:

#### Mapa de la red hidrográfica e hidrológica de los sectores de Yanama y Apas





#### APÉNDICE 4:

**Codificación de la lista de especies de plantas identificadas en los muestreos y sus formas de vida de la vegetación del área de investigación del bofedal (Sector Yanama – temporada 1, 2, 3 y 4)**

<b>Código</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Forma de vida</b>
SP1	Poaceae	<i>Aciachne acicularis</i>	Hierba
SP2	Poaceae	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	Hierba
SP3	Ophioglossaceae	<i>Ophioglossum crotalophoroides</i>	Hierba
SP4	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	Hierba
SP5	Iridaceae	<i>Sisyrinchium chilense</i>	Hierba
SP6	Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	Hierba
SP7	Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>	Hierba – sub arbusto
SP8	Onagraceae	<i>Oenothera multicaulis</i>	Hierba
SP9	Iridaceae	<i>Sisyrinchium brevipes</i>	Hierba
SP10	Caryophyllaceae	<i>Silene gallica</i>	Hierba
SP11	Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Hierba
SP12	Apiaceae	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	Hierba
SP13	Brassicaceae	<i>Draba aff. Schusteri</i>	Hierba
SP14	Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i>	Hierba
SP15	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	Hierba
SP16	Caryophyllaceae	<i>Cerastium sp.</i>	Hierba
SP17	Poaceae	<i>Calamagrostis tarmensis</i>	Hierba
SP18	Orchitaceae	<i>Myrosmodes gymnandra</i>	Hierba
SP19	Asteraceae	<i>Hypochaeris cf. echeagarayi</i>	Hierba
SP20	Caryophyllaceae	<i>Drymaria engleriana</i>	Hierba
SP21	Asteraceae	<i>Novenia acaulis</i>	Hierba
SP22	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	Hierba
SP23	Orobanchaceae	<i>Bartsia melampyroides</i>	Hierba
SP24	Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i>	Hierba
SP25	Sphagnaceae	<i>Sphagnum sp.</i>	Musgo
SP26	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	Hierba
SP27	Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i>	Hierba
SP28	Caryophyllaceae	<i>Paronychia andina</i>	Hierba
SP29	Poaceae	<i>Calamagrostis chrysantha</i>	Hierba
SP30	Cyperaceae	<i>Oreobolus venezuelensis</i>	Hierba
SP31	Poaceae	<i>Deyeuxia curvula</i>	Hierba
SP32	Asteraceae	<i>Xenophyllum poposum</i>	Hierba
SP33	Isoetaceae	<i>Isoetes lechleri</i>	Hierba
SP34	Cyperaceae	<i>Eleocharis aff. Albibracteata</i>	Hierba
SP35	Caryophyllaceae	<i>Arenaria lanuginosa</i>	Hierba
SP36	Caryophyllaceae	<i>Arenaria digyna</i>	Hierba
SP37	Orobanchaceae	<i>Bartsia diffusa</i>	Hierba
SP38	Rosaceae	<i>Lachemilla diplohylla</i>	Hierba
SP39	Asteraceae	<i>Werneria heteroloba</i>	Hierba
SP40	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus acaulis</i>	Hierba

Fuente: Elaboración propia.

**APÉNDICE 5:**

**Valores de los estimadores de riqueza y la representatividad del muestreo para todas las especies de la flora registrada en el bofedal del sector de Yanama**

<b>EN GENERAL TODAS LAS ESPECIES PARA TODO EL ESTUDIO</b>					
<b>S (est)</b>	<b>Uniques</b>	<b>Duplicates</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
17.41	17.6	0	17.6	0	17.6
23.62	13.43	10.14	30.29	30.29	26.93
27.04	10.84	8.74	34.28	36.43	30.59
29.27	8.92	7.37	35.71	37.71	32.33
30.87	7.84	6.63	36.93	38.65	33.8
32.08	7.19	5.86	37.82	39.49	34.84
33.05	6.87	5.23	38.86	40.65	35.91
33.84	6.54	4.84	39.58	41.38	36.71
34.51	6.13	4.53	39.85	41.53	37.12
35.09	5.97	4.04	40.59	42.5	37.88
35.6	5.86	3.88	41.06	42.99	38.35
36.08	5.72	3.74	41.63	43.57	38.97
36.47	5.67	3.44	42.11	44.24	39.43
36.85	5.59	3.06	42.39	44.76	39.68
37.21	5.57	2.98	42.88	45.31	40.15
37.54	5.51	2.75	43.06	45.63	40.32
37.86	5.46	2.43	43.2	46.01	40.44
38.16	5.5	2.16	43.49	46.58	40.66
38.45	5.53	2.14	43.88	47.02	41
38.73	5.58	1.98	44.16	47.49	41.22
39	5.52	1.95	44.19	47.51	41.26
39.26	5.69	1.91	44.67	48.19	41.62
39.51	5.73	1.89	44.87	48.46	41.78
39.76	5.99	1.95	45.56	49.34	42.3
40	6	2	45.76	49.52	42.49
<b>Represent.(%)</b>			<b>87.4</b>	<b>80.8</b>	<b>94.1</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

## APÉNDICE 6:

**Resultados relativos de la cobertura, densidad, frecuencia, dominancia y el índice de valor de importancia (IVI) de la flora registrada en cada parcela del bloque 1 y 2, en el área de investigación del bofedal (sector Yanama – temporada 1 hasta temporada 4)**

<b>PARCELA 1 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 1</b>						
<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 4</b>	9.06	16.89	16.89	19.44	16.89	17.74
<b>Sp 17</b>	8.73	16.28	16.28	22.22	16.28	18.26
<b>Sp 20</b>	8.21	15.31	15.31	19.44	15.31	16.69
<b>Sp 21</b>	9.76	18.20	18.20	19.44	18.20	18.61
<b>Sp 27</b>	17.88	33.33	33.33	19.44	33.33	28.70
$\Sigma$ cobertura de las especies	53.64	100	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 2 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 1</b>						
<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 4</b>	13.3	21.63	21.63	20.45	21.63	21.24
<b>Sp 17</b>	5.8	9.43	9.43	20.45	9.43	13.11
<b>Sp 20</b>	12	19.51	19.51	20.45	19.51	19.83
<b>Sp 21</b>	14.1	22.93	22.93	20.45	22.93	22.10
<b>Sp 22</b>	2.5	4.07	4.07	2.27	4.07	3.47
<b>Sp 27</b>	13.8	22.44	22.44	15.91	22.44	20.26
$\Sigma$ cobertura de las especies	61.5	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.



<b>PARCELA 3 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 1</b>						
<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	0.14	0.14	0.14	6.12	0.14	2.13
<b>Sp 4</b>	14.2	14.27	14.27	16.33	14.27	14.96
<b>Sp 15</b>	0.02	0.02	0.02	2.04	0.02	0.69
<b>Sp 17</b>	22.6	22.71	22.71	16.33	22.71	20.58
<b>Sp 20</b>	13.56	13.63	13.63	16.33	13.63	14.53
<b>Sp 21</b>	14.66	14.73	14.73	16.33	14.73	15.26
<b>Sp 22</b>	2.9	2.91	2.91	6.12	2.91	3.98
<b>Sp 23</b>	0.4	0.40	0.40	8.16	0.40	2.99
<b>Sp 26</b>	0.02	0.02	0.02	2.04	0.02	0.69
<b>Sp 27</b>	31	31.16	31.16	10.20	31.16	24.17
<b>Σ cobertura de las especies</b>	99.5	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 4 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 1</b>						
<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	0.7	0.73	0.73	13.89	0.73	5.11
<b>Sp 4</b>	16.4	17.02	17.02	13.89	17.02	15.97
<b>Sp 15</b>	0.22	0.23	0.23	2.78	0.23	1.08
<b>Sp 17</b>	29.97	31.10	31.10	13.89	31.10	25.36
<b>Sp 19</b>	0.22	0.23	0.23	2.78	0.23	1.08
<b>Sp 20</b>	14.9	15.46	15.46	13.89	15.46	14.94
<b>Sp 21</b>	17.4	18.06	18.06	13.89	18.06	16.67
<b>Sp 22</b>	7	7.26	7.26	5.56	7.26	6.69
<b>Sp 23</b>	4.7	4.88	4.88	8.33	4.88	6.03
<b>Sp 26</b>	0.06	0.06	0.06	2.78	0.06	0.97
<b>Sp 28</b>	4.8	4.98	4.98	8.33	4.98	6.10
<b>Σ cobertura de las especies</b>	96.37	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 5– BLOQUE 2 – TEMPORADA 1</b>						
<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	4.65	5.02	5.02	11.49	5.02	7.18
<b>Sp 4</b>	16	17.27	17.27	11.49	17.27	15.34
<b>Sp 6</b>	0.2	0.22	0.22	1.15	0.22	0.53
<b>Sp 11</b>	2	2.16	2.16	1.15	2.16	1.82
<b>Sp 13</b>	0.18	0.19	0.19	2.30	0.19	0.90
<b>Sp 15</b>	1.34	1.45	1.45	8.05	1.45	3.65
<b>Sp 17</b>	19.18	20.70	20.70	10.34	20.70	17.25
<b>Sp 18</b>	0.08	0.09	0.09	1.15	0.09	0.44
<b>Sp 19</b>	0.81	0.87	0.87	9.20	0.87	3.65
<b>Sp 20</b>	14.4	15.54	15.54	10.34	15.54	13.81
<b>Sp 21</b>	16.9	18.24	18.24	11.49	18.24	15.99
<b>Sp 22</b>	4.5	4.86	4.86	2.30	4.86	4.00
<b>Sp 23</b>	0.97	1.05	1.05	6.90	1.05	3.00
<b>Sp 25</b>	2	2.16	2.16	1.15	2.16	1.82
<b>Sp 26</b>	0.25	0.27	0.27	6.90	0.27	2.48
<b>Sp 27</b>	5.21	5.62	5.62	2.30	5.62	4.51
<b>Sp 28</b>	4	4.32	4.32	2.30	4.32	3.64
<b>Σ cobertura de las especies</b>	92.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 6 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 1</b>						
<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 1</b>	8.1	8.80	8.80	4.40	8.80	7.33
<b>Sp 2</b>	6.51	7.07	7.07	3.30	7.07	5.82
<b>Sp 3</b>	4.82	5.24	5.24	8.79	5.24	6.42
<b>Sp 4</b>	14.32	15.56	15.56	10.99	15.56	14.04
<b>Sp 5</b>	1.07	1.16	1.16	2.20	1.16	1.51
<b>Sp 6</b>	0.2	0.22	0.22	1.10	0.22	0.51
<b>Sp 7</b>	0.1	0.11	0.11	1.10	0.11	0.44
<b>Sp 8</b>	0.18	0.20	0.20	2.20	0.20	0.86
<b>Sp 9</b>	1.51	1.64	1.64	3.30	1.64	2.19
<b>Sp 10</b>	0.84	0.91	0.91	3.30	0.91	1.71
<b>Sp 11</b>	4.75	5.16	5.16	5.49	5.16	5.27
<b>Sp 12</b>	0.7	0.76	0.76	2.20	0.76	1.24
<b>Sp 13</b>	0.45	0.49	0.49	1.10	0.49	0.69
<b>Sp 14</b>	0.6	0.65	0.65	2.20	0.65	1.17
<b>Sp 15</b>	0.22	0.24	0.24	4.40	0.24	1.62
<b>Sp 16</b>	0.2	0.22	0.22	1.10	0.22	0.51
<b>Sp 17</b>	17.37	18.88	18.88	8.79	18.88	15.51
<b>Sp 18</b>	0.1	0.11	0.11	1.10	0.11	0.44
<b>Sp 19</b>	0.95	1.03	1.03	3.30	1.03	1.79
<b>Sp 20</b>	7.86	8.54	8.54	6.59	8.54	7.89
<b>Sp 21</b>	9.9	10.76	10.76	7.69	10.76	9.74
<b>Sp 22</b>	8.72	9.48	9.48	3.30	9.48	7.42
<b>Sp 23</b>	0.24	0.26	0.26	4.40	0.26	1.64
<b>Sp 24</b>	0.3	0.33	0.33	4.40	0.33	1.68
<b>Sp 25</b>	1.9	2.06	2.06	1.10	2.06	1.74
<b>Sp 26</b>	0.11	0.12	0.12	2.20	0.12	0.81
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	92.02	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 1- BLOQUE 1 – TEMPORADA 2</b>						
<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	3.23	5.92	5.92	7.25	5.92	6.36
<b>Sp 26</b>	0.02	0.04	0.04	1.45	0.04	0.51
<b>Sp 4</b>	10.1	18.52	18.52	10.14	18.52	15.73
<b>Sp 3</b>	6.6	12.10	12.10	10.14	12.10	11.45
<b>Sp 28</b>	0.38	0.70	0.70	4.35	0.70	1.91
<b>Sp 29</b>	3.4	6.23	6.23	5.80	6.23	6.09
<b>Sp 18</b>	0.05	0.09	0.09	1.45	0.09	0.54
<b>Sp 25</b>	0.75	1.37	1.37	2.90	1.37	1.88
<b>Sp 15</b>	4.25	7.79	7.79	7.25	7.79	7.61
<b>Sp 9</b>	1.65	3.02	3.02	10.14	3.02	5.40
<b>Sp 30</b>	2.12	3.89	3.89	5.80	3.89	4.52
<b>Sp 17</b>	3.9	7.15	7.15	7.25	7.15	7.18
<b>Sp 31</b>	0.25	0.46	0.46	2.90	0.46	1.27
<b>Sp 23</b>	0.9	1.65	1.65	5.80	1.65	3.03
<b>Sp 21</b>	11.15	20.44	20.44	10.14	20.44	17.01
<b>Sp 27</b>	5.8	10.63	10.63	7.25	10.63	9.50
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>54.55</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 2 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 2**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	7.45	18.30	18.30	5.45	18.30	14.02
<b>Sp 4</b>	5.95	14.62	14.62	9.09	14.62	12.78
<b>Sp 3</b>	3.95	9.71	9.71	12.73	9.71	10.71
<b>Sp 28</b>	1.2	2.95	2.95	7.27	2.95	4.39
<b>Sp 15</b>	3.52	8.65	8.65	10.91	8.65	9.40
<b>Sp 9</b>	0.4	0.98	0.98	3.64	0.98	1.87
<b>Sp 30</b>	4.6	11.30	11.30	10.91	11.30	11.17
<b>Sp 17</b>	2.65	6.51	6.51	5.45	6.51	6.16
<b>Sp 31</b>	0.23	0.57	0.57	5.45	0.57	2.19
<b>Sp 23</b>	0.7	1.72	1.72	10.91	1.72	4.78
<b>Sp 21</b>	5.55	13.64	13.64	9.09	13.64	12.12
<b>Sp 27</b>	4.5	11.06	11.06	9.09	11.06	10.40
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	40.7	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 3 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 2**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	4.7	9.61	9.61	7.14	9.61	8.79
<b>Sp 26</b>	0.09	0.18	0.18	7.14	0.18	2.50
<b>Sp 4</b>	5.6	11.45	11.45	9.52	11.45	10.81
<b>Sp 3</b>	6.85	14.01	14.01	14.29	14.01	14.10
<b>Sp 29</b>	0.2	0.41	0.41	2.38	0.41	1.07
<b>Sp 15</b>	7.87	16.09	16.09	14.29	16.09	15.49
<b>Sp 30</b>	11.89	24.31	24.31	14.29	24.31	20.97
<b>Sp 17</b>	6.45	13.19	13.19	19.05	13.19	15.14
<b>Sp 23</b>	0.1	0.20	0.20	2.38	0.20	0.93
<b>Sp 21</b>	5.15	10.53	10.53	9.52	10.53	10.20
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	48.9	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 4 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 2</b>						
<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	0.2	0.21	0.21	1.27	0.21	0.56
<b>Sp 4</b>	17.05	18.02	18.02	12.66	18.02	16.23
<b>Sp 3</b>	7.78	8.22	8.22	12.66	8.22	9.70
<b>Sp 11</b>	1.6	1.69	1.69	3.80	1.69	2.39
<b>Sp 28</b>	0.3	0.32	0.32	2.53	0.32	1.06
<b>Sp 15</b>	8.51	9.00	9.00	12.66	9.00	10.22
<b>Sp 9</b>	0.8	0.85	0.85	5.06	0.85	2.25
<b>Sp 30</b>	14.78	15.62	15.62	12.66	15.62	14.64
<b>Sp 17</b>	24.2	25.58	25.58	12.66	25.58	21.27
<b>Sp 23</b>	1.15	1.22	1.22	10.13	1.22	4.19
<b>Sp 21</b>	17.93	18.95	18.95	12.66	18.95	16.86
<b>Sp 27</b>	0.3	0.32	0.32	1.27	0.32	0.63
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	94.6	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

**PARCELA 5 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 2**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	6.92	8.49	8.49	5.75	8.49	7.58
<b>Sp 26</b>	0.04	0.05	0.05	3.45	0.05	1.18
<b>Sp 4</b>	21.28	26.11	26.11	10.34	26.11	20.85
<b>Sp 3</b>	5.91	7.25	7.25	10.34	7.25	8.28
<b>Sp 2</b>	0.2	0.25	0.25	1.15	0.25	0.55
<b>Sp 11</b>	0.2	0.25	0.25	1.15	0.25	0.55
<b>Sp 28</b>	0.3	0.37	0.37	1.15	0.37	0.63
<b>Sp 29</b>	5	6.13	6.13	2.30	6.13	4.86
<b>Sp 18</b>	0.09	0.11	0.11	2.30	0.11	0.84
<b>Sp 15</b>	6.38	7.83	7.83	10.34	7.83	8.67
<b>Sp 9</b>	0.83	1.02	1.02	6.90	1.02	2.98
<b>Sp 30</b>	12.01	14.73	14.73	9.20	14.73	12.89
<b>Sp 17</b>	2.65	3.25	3.25	10.34	3.25	5.62
<b>Sp 23</b>	0.5	0.61	0.61	8.05	0.61	3.09
<b>Sp 21</b>	18.61	22.83	22.83	10.34	22.83	18.67
<b>Sp 19</b>	0.26	0.32	0.32	4.60	0.32	1.75
<b>Sp 6</b>	0.33	0.40	0.40	2.30	0.40	1.04
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>81.51</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 6 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 2**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 22</b>	3.9	4.83	4.83	5.95	4.83	5.21
<b>Sp 26</b>	0.04	0.05	0.05	2.38	0.05	0.83
<b>Sp 4</b>	15.39	19.07	19.07	9.52	19.07	15.89
<b>Sp 3</b>	3.34	4.14	4.14	9.52	4.14	5.93
<b>Sp 2</b>	0.3	0.37	0.37	1.19	0.37	0.64
<b>Sp 11</b>	1.4	1.73	1.73	2.38	1.73	1.95
<b>Sp 28</b>	0.4	0.50	0.50	2.38	0.50	1.12
<b>Sp 29</b>	1.33	1.65	1.65	2.38	1.65	1.89
<b>Sp 18</b>	0.05	0.06	0.06	1.19	0.06	0.44
<b>Sp 15</b>	3.95	4.89	4.89	9.52	4.89	6.44
<b>Sp 9</b>	0.99	1.23	1.23	8.33	1.23	3.60
<b>Sp 30</b>	8.87	10.99	10.99	9.52	10.99	10.50
<b>Sp 17</b>	10.23	12.68	12.68	9.52	12.68	11.63
<b>Sp 23</b>	0.25	0.31	0.31	4.76	0.31	1.79
<b>Sp 21</b>	13.6	16.85	16.85	9.52	16.85	14.41
<b>Sp 27</b>	6.5	8.05	8.05	2.38	8.05	6.16
<b>Sp 19</b>	0.08	0.10	0.10	1.19	0.10	0.46
<b>Sp 6</b>	0.2	0.25	0.25	1.19	0.25	0.56
<b>Sp 5</b>	1.18	1.46	1.46	2.38	1.46	1.77
<b>Sp 13</b>	0.1	0.12	0.12	1.19	0.12	0.48
<b>Sp 1</b>	8.6	10.66	10.66	3.57	10.66	8.29
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	80.7	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.



**PARCELA 1- BLOQUE 1 – TEMPORADA 3**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	4.45	9.09	9.09	8.14	9.09	8.77
<b>Sp 4</b>	3.28	6.70	6.70	5.81	6.70	6.40
<b>Sp 9</b>	2.02	4.12	4.12	9.30	4.12	5.85
<b>Sp 15</b>	9.19	18.76	18.76	8.14	18.76	15.22
<b>Sp 18</b>	1.07	2.18	2.18	6.98	2.18	3.78
<b>Sp 19</b>	0.25	0.51	0.51	1.16	0.51	0.73
<b>Sp 21</b>	2.6	5.31	5.31	5.81	5.31	5.48
<b>Sp 22</b>	3.05	6.23	6.23	4.65	6.23	5.70
<b>Sp 25</b>	4.35	8.88	8.88	8.14	8.88	8.63
<b>Sp 26</b>	0.07	0.14	0.14	3.49	0.14	1.26
<b>Sp 27</b>	0.4	0.82	0.82	1.16	0.82	0.93
<b>Sp 28</b>	0.33	0.67	0.67	4.65	0.67	2.00
<b>Sp 32</b>	5.1	10.41	10.41	5.81	10.41	8.88
<b>Sp 30</b>	2.05	4.19	4.19	2.33	4.19	3.57
<b>Sp 29</b>	1.4	2.86	2.86	6.98	2.86	4.23
<b>Sp 23</b>	0.75	1.53	1.53	4.65	1.53	2.57
<b>Sp 33</b>	0.1	0.20	0.20	1.16	0.20	0.52
<b>Sp 34</b>	7.15	14.60	14.60	5.81	14.60	11.67
<b>Sp 35</b>	1.12	2.29	2.29	2.33	2.29	2.30
<b>Sp 36</b>	0.1	0.20	0.20	1.16	0.20	0.52
<b>Sp 37</b>	0.15	0.31	0.31	2.33	0.31	0.98
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	48.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 2 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 3**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	4.95	9.96	9.96	10.29	9.96	10.07
<b>Sp 4</b>	3.1	6.24	6.24	8.82	6.24	7.10
<b>Sp 9</b>	1.3	2.62	2.62	5.88	2.62	3.70
<b>Sp 15</b>	4.2	8.45	8.45	7.35	8.45	8.08
<b>Sp 18</b>	0.05	0.10	0.10	1.47	0.10	0.56
<b>Sp 19</b>	1	2.01	2.01	5.88	2.01	3.30
<b>Sp 21</b>	2.6	5.23	5.23	8.82	5.23	6.43
<b>Sp 22</b>	1.5	3.02	3.02	1.47	3.02	2.50
<b>Sp 25</b>	3.6	7.24	7.24	8.82	7.24	7.77
<b>Sp 27</b>	14.9	29.98	29.98	13.24	29.98	24.40
<b>Sp 28</b>	0.25	0.50	0.50	2.94	0.50	1.32
<b>Sp 32</b>	2.75	5.53	5.53	5.88	5.53	5.65
<b>Sp 29</b>	0.5	1.01	1.01	5.88	1.01	2.63
<b>Sp 23</b>	0.35	0.70	0.70	2.94	0.70	1.45
<b>Sp 33</b>	0.05	0.10	0.10	1.47	0.10	0.56
<b>Sp 34</b>	8.6	17.30	17.30	8.82	17.30	14.48
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	49.7	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 3– BLOQUE 1 – TEMPORADA 3**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	6.79	21.03	21.03	8.16	21.03	16.74
<b>Sp 4</b>	5.8	17.96	17.96	6.12	17.96	14.02
<b>Sp 9</b>	0.2	0.62	0.62	2.04	0.62	1.09
<b>Sp 15</b>	5.5	17.03	17.03	6.12	17.03	13.40
<b>Sp 18</b>	0.03	0.09	0.09	2.04	0.09	0.74
<b>Sp 19</b>	0.53	1.64	1.64	4.08	1.64	2.45
<b>Sp 21</b>	2.03	6.29	6.29	6.12	6.29	6.23
<b>Sp 22</b>	1.18	3.65	3.65	4.08	3.65	3.80
<b>Sp 24</b>	0.17	0.53	0.53	4.08	0.53	1.71
<b>Sp 25</b>	0.73	2.26	2.26	8.16	2.26	4.23
<b>Sp 26</b>	0.01	0.03	0.03	2.04	0.03	0.70
<b>Sp 27</b>	2.9	8.98	8.98	10.20	8.98	9.39
<b>Sp 28</b>	0.02	0.06	0.06	2.04	0.06	0.72
<b>Sp 32</b>	2.4	7.43	7.43	6.12	7.43	7.00
<b>Sp 29</b>	1.45	4.49	4.49	8.16	4.49	5.71
<b>Sp 23</b>	0.2	0.62	0.62	2.04	0.62	1.09
<b>Sp 34</b>	2.05	6.35	6.35	10.20	6.35	7.63
<b>Sp 35</b>	0.1	0.31	0.31	2.04	0.31	0.89
<b>Sp 37</b>	0.05	0.15	0.15	2.04	0.15	0.78
<b>Sp 38</b>	0.15	0.46	0.46	4.08	0.46	1.67
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>32.29</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 4 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 3**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 2</b>	1.3	1.33	1.33	3.25	1.33	1.97
<b>Sp 3</b>	19.68	20.15	20.15	8.13	20.15	16.15
<b>Sp 4</b>	16.7	17.10	17.10	8.13	17.10	14.11
<b>Sp 9</b>	2.15	2.20	2.20	4.07	2.20	2.82
<b>Sp 15</b>	16.35	16.74	16.74	8.13	16.74	13.87
<b>Sp 18</b>	0.02	0.02	0.02	0.81	0.02	0.28
<b>Sp 19</b>	0.1	0.10	0.10	0.81	0.10	0.34
<b>Sp 21</b>	11.43	11.71	11.71	8.13	11.71	10.51
<b>Sp 22</b>	0.85	0.87	0.87	1.63	0.87	1.12
<b>Sp 24</b>	0.04	0.04	0.04	0.81	0.04	0.30
<b>Sp 25</b>	1.45	1.48	1.48	4.88	1.48	2.62
<b>Sp 26</b>	0.08	0.08	0.08	5.69	0.08	1.95
<b>Sp 28</b>	0.73	0.75	0.75	3.25	0.75	1.58
<b>Sp 32</b>	12.9	13.21	13.21	7.32	13.21	11.25
<b>Sp 29</b>	9.05	9.27	9.27	8.13	9.27	8.89
<b>Sp 23</b>	0.7	0.72	0.72	4.88	0.72	2.10
<b>Sp 33</b>	0.13	0.13	0.13	1.63	0.13	0.63
<b>Sp 34</b>	2.9	2.97	2.97	7.32	2.97	4.42
<b>Sp 35</b>	0.16	0.16	0.16	2.44	0.16	0.92
<b>Sp 36</b>	0.23	0.24	0.24	4.07	0.24	1.51
<b>Sp 37</b>	0.2	0.20	0.20	5.69	0.20	2.03
<b>Sp 38</b>	0.5	0.51	0.51	0.81	0.51	0.61
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>97.65</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 5 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 3**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 2</b>	0.2	0.26	0.26	2.86	0.26	1.12
<b>Sp 3</b>	13.42	17.22	17.22	8.57	17.22	14.34
<b>Sp 4</b>	14.23	18.26	18.26	8.57	18.26	15.03
<b>Sp 9</b>	0.1	0.13	0.13	0.95	0.13	0.40
<b>Sp 15</b>	13.6	17.45	17.45	8.57	17.45	14.49
<b>Sp 18</b>	0.25	0.32	0.32	3.81	0.32	1.48
<b>Sp 19</b>	0.28	0.36	0.36	1.90	0.36	0.87
<b>Sp 21</b>	8.61	11.05	11.05	8.57	11.05	10.22
<b>Sp 22</b>	5.12	6.57	6.57	4.76	6.57	5.97
<b>Sp 25</b>	0.48	0.62	0.62	2.86	0.62	1.36
<b>Sp 26</b>	0.03	0.04	0.04	2.86	0.04	0.98
<b>Sp 28</b>	2.27	2.91	2.91	4.76	2.91	3.53
<b>Sp 32</b>	9.35	12.00	12.00	8.57	12.00	10.86
<b>Sp 29</b>	3.03	3.89	3.89	8.57	3.89	5.45
<b>Sp 23</b>	1.49	1.91	1.91	7.62	1.91	3.81
<b>Sp 33</b>	0.1	0.13	0.13	0.95	0.13	0.40
<b>Sp 34</b>	4.3	5.52	5.52	7.62	5.52	6.22
<b>Sp 36</b>	0.09	0.12	0.12	1.90	0.12	0.71
<b>Sp 37</b>	0.27	0.35	0.35	3.81	0.35	1.50
<b>Sp 38</b>	0.1	0.13	0.13	0.95	0.13	0.40
<b>Sp 39</b>	0.6	0.77	0.77	0.95	0.77	0.83
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	77.92	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 6 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 3**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 1</b>	1.8	2.73	2.73	1.01	2.73	2.16
<b>Sp 2</b>	1.3	1.97	1.97	4.04	1.97	2.66
<b>Sp 3</b>	9.57	14.54	14.54	10.10	14.54	13.06
<b>Sp 4</b>	10.08	15.31	15.31	10.10	15.31	13.58
<b>Sp 6</b>	0.18	0.27	0.27	2.02	0.27	0.86
<b>Sp 15</b>	9.89	15.02	15.02	10.10	15.02	13.38
<b>Sp 18</b>	0.05	0.08	0.08	1.01	0.08	0.39
<b>Sp 19</b>	0.2	0.30	0.30	1.01	0.30	0.54
<b>Sp 21</b>	6.31	9.59	9.59	9.09	9.59	9.42
<b>Sp 22</b>	2	3.04	3.04	2.02	3.04	2.70
<b>Sp 24</b>	0.57	0.87	0.87	5.05	0.87	2.26
<b>Sp 26</b>	0.01	0.02	0.02	1.01	0.02	0.35
<b>Sp 27</b>	8.2	12.46	12.46	6.06	12.46	10.32
<b>Sp 28</b>	0.1	0.15	0.15	1.01	0.15	0.44
<b>Sp 32</b>	6.31	9.59	9.59	9.09	9.59	9.42
<b>Sp 29</b>	3.4	5.16	5.16	6.06	5.16	5.46
<b>Sp 23</b>	0.48	0.73	0.73	5.05	0.73	2.17
<b>Sp 33</b>	0.3	0.46	0.46	2.02	0.46	0.98
<b>Sp 34</b>	3.75	5.70	5.70	6.06	5.70	5.82
<b>Sp 36</b>	0.05	0.08	0.08	1.01	0.08	0.39
<b>Sp 37</b>	0.43	0.65	0.65	3.03	0.65	1.45
<b>Sp 38</b>	0.65	0.99	0.99	3.03	0.99	1.67
<b>Sp 39</b>	0.2	0.30	0.30	1.01	0.30	0.54
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>65.83</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 1- BLOQUE 1 – TEMPORADA 4</b>						
<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	4.48	8.82	8.82	7.22	8.82	8.29
<b>Sp 4</b>	3.2	6.30	6.30	5.15	6.30	5.92
<b>Sp 9</b>	1.94	3.82	3.82	8.25	3.82	5.30
<b>Sp 15</b>	9.32	18.35	18.35	7.22	18.35	14.64
<b>Sp 18</b>	1.04	2.05	2.05	7.22	2.05	3.77
<b>Sp 19</b>	0.25	0.49	0.49	1.03	0.49	0.67
<b>Sp 21</b>	2.13	4.19	4.19	5.15	4.19	4.51
<b>Sp 22</b>	3.09	6.09	6.09	4.12	6.09	5.43
<b>Sp 25</b>	3.91	7.70	7.70	7.22	7.70	7.54
<b>Sp 26</b>	0.07	0.14	0.14	4.12	0.14	1.47
<b>Sp 27</b>	0.4	0.79	0.79	1.03	0.79	0.87
<b>Sp 28</b>	0.28	0.55	0.55	4.12	0.55	1.74
<b>Sp 32</b>	3.92	7.72	7.72	5.15	7.72	6.86
<b>Sp 30</b>	1.69	3.33	3.33	3.09	3.33	3.25
<b>Sp 29</b>	1.56	3.07	3.07	6.19	3.07	4.11
<b>Sp 23</b>	0.37	0.73	0.73	4.12	0.73	1.86
<b>Sp 33</b>	0.1	0.20	0.20	1.03	0.20	0.47
<b>Sp 34</b>	8.33	16.40	16.40	5.15	16.40	12.65
<b>Sp 35</b>	1.36	2.68	2.68	2.06	2.68	2.47
<b>Sp 36</b>	0.11	0.22	0.22	1.03	0.22	0.49
<b>Sp 37</b>	0.17	0.33	0.33	4.12	0.33	1.60
<b>Sp 40</b>	3.06	6.03	6.03	6.19	6.03	6.08
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>50.78</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**PARCELA 2 – BLOQUE 1 – TEMPORADA 4**

<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	4.98	9.47	9.47	8.14	9.47	9.03
<b>Sp 4</b>	3	5.70	5.70	6.98	5.70	6.13
<b>Sp 9</b>	1.81	3.44	3.44	5.81	3.44	4.23
<b>Sp 15</b>	4.34	8.25	8.25	5.81	8.25	7.44
<b>Sp 18</b>	0.05	0.10	0.10	1.16	0.10	0.45
<b>Sp 19</b>	1.06	2.02	2.02	4.65	2.02	2.89
<b>Sp 21</b>	2.14	4.07	4.07	6.98	4.07	5.04
<b>Sp 22</b>	1.5	2.85	2.85	1.16	2.85	2.29
<b>Sp 25</b>	2.38	4.53	4.53	6.98	4.53	5.34
<b>Sp 26</b>	0.02	0.04	0.04	2.33	0.04	0.80
<b>Sp 27</b>	15.5	29.47	29.47	10.47	29.47	23.14
<b>Sp 28</b>	0.88	1.67	1.67	3.49	1.67	2.28
<b>Sp 32</b>	2.2	4.18	4.18	4.65	4.18	4.34
<b>Sp 30</b>	0.3	0.57	0.57	1.16	0.57	0.77
<b>Sp 29</b>	0.71	1.35	1.35	4.65	1.35	2.45
<b>Sp 23</b>	0.04	0.08	0.08	2.33	0.08	0.83
<b>Sp 33</b>	0.11	0.21	0.21	3.49	0.21	1.30
<b>Sp 34</b>	8.41	15.99	15.99	6.98	15.99	12.99
<b>Sp 37</b>	0.21	0.40	0.40	5.81	0.40	2.20
<b>Sp 40</b>	2.95	5.61	5.61	6.98	5.61	6.07
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	52.59	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.



<b>PARCELA 3– BLOQUE 1 – TEMPORADA 4</b>						
<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 3</b>	6.16	18.26	18.26	7.02	18.26	14.51
<b>Sp 4</b>	5.66	16.78	16.78	5.26	16.78	12.94
<b>Sp 9</b>	0.23	0.68	0.68	3.51	0.68	1.62
<b>Sp 15</b>	6.36	18.86	18.86	5.26	18.86	14.32
<b>Sp 18</b>	0.03	0.09	0.09	1.75	0.09	0.64
<b>Sp 19</b>	0.55	1.63	1.63	3.51	1.63	2.26
<b>Sp 21</b>	1.6	4.74	4.74	5.26	4.74	4.92
<b>Sp 22</b>	1.22	3.62	3.62	5.26	3.62	4.17
<b>Sp 24</b>	0.13	0.39	0.39	3.51	0.39	1.43
<b>Sp 25</b>	0.65	1.93	1.93	5.26	1.93	3.04
<b>Sp 26</b>	0.05	0.15	0.15	3.51	0.15	1.27
<b>Sp 27</b>	2.98	8.83	8.83	8.77	8.83	8.81
<b>Sp 28</b>	0.02	0.06	0.06	1.75	0.06	0.62
<b>Sp 32</b>	1.58	4.68	4.68	5.26	4.68	4.88
<b>Sp 29</b>	1.66	4.92	4.92	7.02	4.92	5.62
<b>Sp 23</b>	0.12	0.36	0.36	1.75	0.36	0.82
<b>Sp 34</b>	2.45	7.26	7.26	10.53	7.26	8.35
<b>Sp 37</b>	0.05	0.15	0.15	3.51	0.15	1.27
<b>Sp 38</b>	0.1	0.30	0.30	1.75	0.30	0.78
<b>Sp 40</b>	2.13	6.31	6.31	10.53	6.31	7.72
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>33.73</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**PARCELA 4 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 4**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 2</b>	1.43	1.44	1.44	2.90	1.44	1.93
<b>Sp 3</b>	16.89	16.99	16.99	7.25	16.99	13.74
<b>Sp 4</b>	17.22	17.32	17.32	7.25	17.32	13.96
<b>Sp 9</b>	1.77	1.78	1.78	3.62	1.78	2.39
<b>Sp 15</b>	16.61	16.71	16.71	7.25	16.71	13.56
<b>Sp 18</b>	0.04	0.04	0.04	1.45	0.04	0.51
<b>Sp 19</b>	0.09	0.09	0.09	1.45	0.09	0.54
<b>Sp 21</b>	6.52	6.56	6.56	7.25	6.56	6.79
<b>Sp 22</b>	0.87	0.88	0.88	1.45	0.88	1.07
<b>Sp 24</b>	0.04	0.04	0.04	0.72	0.04	0.27
<b>Sp 25</b>	1.05	1.06	1.06	4.35	1.06	2.15
<b>Sp 26</b>	0.09	0.09	0.09	4.35	0.09	1.51
<b>Sp 28</b>	0.92	0.93	0.93	2.90	0.93	1.58
<b>Sp 32</b>	10.54	10.60	10.60	6.52	10.60	9.24
<b>Sp 30</b>	0.1	0.10	0.10	0.72	0.10	0.31
<b>Sp 29</b>	7.94	7.99	7.99	7.25	7.99	7.74
<b>Sp 23</b>	0.59	0.59	0.59	4.35	0.59	1.84
<b>Sp 33</b>	0.15	0.15	0.15	2.17	0.15	0.83
<b>Sp 34</b>	3.26	3.28	3.28	6.52	3.28	4.36
<b>Sp 35</b>	0.1	0.10	0.10	2.17	0.10	0.79
<b>Sp 36</b>	0.14	0.14	0.14	3.62	0.14	1.30
<b>Sp 37</b>	0.2	0.20	0.20	6.52	0.20	2.31
<b>Sp 38</b>	0.6	0.60	0.60	0.72	0.60	0.64
<b>Sp 40</b>	12.24	12.31	12.31	7.25	12.31	10.62
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	99.4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

<b>PARCELA 5 - BLOQUE 2 – TEMPORADA 4</b>						
<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 2</b>	0.2	0.24	0.24	2.42	0.24	0.97
<b>Sp 3</b>	13.1	15.58	15.58	7.26	15.58	12.81
<b>Sp 4</b>	13.75	16.36	16.36	7.26	16.36	13.32
<b>Sp 9</b>	0.34	0.40	0.40	3.23	0.40	1.34
<b>Sp 15</b>	12.59	14.98	14.98	7.26	14.98	12.40
<b>Sp 18</b>	0.37	0.44	0.44	4.03	0.44	1.64
<b>Sp 19</b>	0.32	0.38	0.38	2.42	0.38	1.06
<b>Sp 21</b>	6.08	7.23	7.23	7.26	7.23	7.24
<b>Sp 22</b>	5.38	6.40	6.40	4.03	6.40	5.61
<b>Sp 24</b>	0.01	0.01	0.01	0.81	0.01	0.28
<b>Sp 25</b>	0.56	0.67	0.67	2.42	0.67	1.25
<b>Sp 26</b>	0.1	0.12	0.12	4.84	0.12	1.69
<b>Sp 28</b>	2.45	2.91	2.91	4.03	2.91	3.29
<b>Sp 32</b>	7.09	8.43	8.43	7.26	8.43	8.04
<b>Sp 30</b>	0.7	0.83	0.83	1.61	0.83	1.09
<b>Sp 29</b>	3.95	4.70	4.70	7.26	4.70	5.55
<b>Sp 23</b>	1	1.19	1.19	6.45	1.19	2.94
<b>Sp 33</b>	0.1	0.12	0.12	0.81	0.12	0.35
<b>Sp 34</b>	4.77	5.67	5.67	6.45	5.67	5.93
<b>Sp 36</b>	0.02	0.02	0.02	0.81	0.02	0.28
<b>Sp 37</b>	0.12	0.14	0.14	3.23	0.14	1.17
<b>Sp 38</b>	0.2	0.24	0.24	0.81	0.24	0.43
<b>Sp 39</b>	0.7	0.83	0.83	0.81	0.83	0.82
<b>Sp 40</b>	10.17	12.10	12.10	7.26	12.10	10.48
<b>Σcob(i)=cobertura de la comunidad</b>	<b>84.07</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**PARCELA 6 – BLOQUE 2 – TEMPORADA 4**

<b>Código de la especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Frecuencia Relativa (%)</b>	<b>Dominancia Relativa (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<b>Sp 1</b>	1.85	2.29	2.29	0.83	2.29	1.81
<b>Sp 2</b>	1.61	2.00	2.00	3.33	2.00	2.44
<b>Sp 3</b>	12.24	15.17	15.17	8.33	15.17	12.89
<b>Sp 4</b>	12.56	15.57	15.57	8.33	15.57	13.16
<b>Sp 6</b>	0.9	1.12	1.12	1.67	1.12	1.30
<b>Sp 9</b>	0.39	0.48	0.48	2.50	0.48	1.16
<b>Sp 15</b>	12.59	15.61	15.61	8.33	15.61	13.18
<b>Sp 18</b>	0.1	0.12	0.12	3.33	0.12	1.19
<b>Sp 19</b>	0.33	0.41	0.41	2.50	0.41	1.11
<b>Sp 21</b>	5.06	6.27	6.27	7.50	6.27	6.68
<b>Sp 22</b>	2.6	3.22	3.22	1.67	3.22	2.70
<b>Sp 24</b>	0.21	0.26	0.26	5.00	0.26	1.84
<b>Sp 26</b>	0.04	0.05	0.05	1.67	0.05	0.59
<b>Sp 27</b>	8.55	10.60	10.60	5.00	10.60	8.73
<b>Sp 28</b>	0.26	0.32	0.32	2.50	0.32	1.05
<b>Sp 32</b>	5.15	6.38	6.38	7.50	6.38	6.76
<b>Sp 29</b>	3.39	4.20	4.20	5.00	4.20	4.47
<b>Sp 23</b>	0.21	0.26	0.26	4.17	0.26	1.56
<b>Sp 33</b>	0.3	0.37	0.37	1.67	0.37	0.80
<b>Sp 34</b>	2.95	3.66	3.66	5.00	3.66	4.10
<b>Sp 37</b>	0.16	0.20	0.20	2.50	0.20	0.97
<b>Sp 38</b>	0.66	0.82	0.82	2.50	0.82	1.38
<b>Sp 39</b>	0.21	0.26	0.26	1.67	0.26	0.73
<b>Sp 40</b>	8.35	10.35	10.35	7.50	10.35	9.40
<b><math>\Sigma</math>cob(i)=cobertura de la comunidad</b>	80.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Fuente:* Elaboración propia.

**APÉNDICE 7:**

**Valores de los estimadores de riqueza y la representatividad del muestreo para todas las especies de la flora registrada en cada una de las parcelas muestreadas del bofedal del sector de Yanama**

Parcela 1 (Tratamiento 2-Bloque 1) para todas las especies						
<b>Samples</b>	<b>S(est)</b>	<b>Doubletons</b>	<b>Uniques</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
1	16	0	14.88	14.88	0	14.88
2	22.17	9.33	12.92	28.71	28.71	25.48
3	24.25	12.35	6.4	28.55	28.62	26.63
4	25	8	3	27.25	26.08	26.49
Represent. (%)				91.74	95.86	94.38

Parcela 2 (Tratamiento 1-Bloque 1) para todas las especies						
<b>Samples</b>	<b>S(est)</b>	<b>Doubletons</b>	<b>Uniques</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
1	13.5	0	12.58	12.58	0	12,58
2	19	7.56	11.54	24.87	24.87	21.99
3	21.75	8.24	8.41	27.41	28.84	24.6
4	23	9	5	26.75	26.25	25.16
Represent. (%)				85.98	87.62	91.41

Parcela 3 (Tratamiento 3-Bloque 1) para todas las especies						
<b>Samples</b>	<b>S(est)</b>	<b>Doubletons</b>	<b>Uniques</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
1	15	0	14.2	14.2	0	14.2
2	20.17	9.21	10.98	25.68	25.68	22.94
3	23	6.84	8.68	28.79	30.54	25.83
4	24	11	4	27	25.33	25.96
Represent. (%)				88.89	94.75	92.45

Parcela 4 (Tratamiento 1-Bloque 2) para todas las especies						
<b>Samples</b>	<b>S(est)</b>	<b>Doubletons</b>	<b>Uniques</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
1	17.25	0	16.27	16.27	0	16.27
2	23.67	10.05	13.77	30.71	30.71	27.26
3	27	9.06	10.24	33.86	35.76	30.4
4	28	14	4	31	28.33	30.15
Represent. (%)				90.32	98.84	92.87

Parcela 5 (Tratamiento 3-Bloque 2) para todas las especies						
<b>Samples</b>	<b>S(est)</b>	<b>Doubletons</b>	<b>Uniques</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
1	19.75	0	19.25	19.25	0	19.25
2	25.67	13.37	12.49	32.11	32.11	28.98
3	28.75	8.49	9.4	35.1	36.82	31.93
4	30	11	5	33.75	32.58	32.29
Represent. (%)				88.89	92.08	92.91

Parcela 6 (Tratamiento 2-Bloque 2) para todas las especies						
<b>Samples</b>	<b>S(est)</b>	<b>Doubletons</b>	<b>Uniques</b>	<b>Jack 1</b>	<b>Jack 2</b>	<b>Bootstrap</b>
1	23.5	0	23.58	23.58	0	23.58
2	30.83	15.81	15.3	38.76	38.76	34.94
3	35.25	8.74	13.43	44.34	47.36	39.69
4	38	10	11	46.25	48.42	42.13
Represent. (%)				82.16	78.48	90.20

### APÉNDICE 8:

#### Matriz de similaridad de Bray Curtis entre el área de referencia y los tratamientos del bloque 1 y 2 del área de investigación del bofedal – temporada 4

Similarity Matrix							Área de Ref.
	T2 - B1	T1 - B1	T3 - B1	T1 - B2	T3 - B2	T2 - B2	
T2 - B1	*	67.94	67.01	61.89	67.27	60.11	31.10
T1 - B1	*	*	62.23	47.26	51.32	57.58	23.91
T3 - B1	*	*	*	78.16	79.11	84.05	27.31
T1 - B2	*	*	*	*	86.56	81.39	28.99
T3 - B2	*	*	*	*	*	82.35	33.90
T2 - B2	*	*	*	*	*	*	26.68
Área de Ref.	*	*	*	*	*	*	*



**RESOLUCION JEFATURAL DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS  
N° 005-2016-SERNANP-JEF**

Huancayo, 06 de Mayo del 2016

**VISTO:**

La solicitud presentada por el señor **EDGAR ELÍAS PEÑA GONZALES**, con DNI 44957078 para realizar la investigación científica que incluye la colecta de muestras biológicas de especies de flora propias al bofedal altoandino, alteración del entorno con la apertura de canales en los bofedales e instalación de cercos para aislar la zona de muestreo, en el marco del proyecto denominado: **"RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE UN HUMEDAL ALTOANDINO PARA MEJORA DE LA PROVISION DE AGUA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS, EN EL SECTOR YANAMA-HUANCAAYA - YAUYOS"**, en el ámbito de la **RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS** en el distrito de Huancaya, en el sector de Apas perteneciente a la comunidad de Huancaya, por el periodo de 1 año.

**CONSIDERANDO:**

Que, según lo previsto en los incisos g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, uno de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, la actualización del Plan Director de las Áreas Naturales Prótegidas, aprobada por Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, refiere que la investigación científica constituye una herramienta básica para la generación de información que permita mejorar el conocimiento sobre la diversidad biológica, así como para el manejo de recursos naturales y la gestión de riesgos y amenazas;

Que, mediante la Resolución Presidencial N° 250-2013-SERNANP, publicado el 26 de diciembre del 2013, se aprobó el Certificado de Procedencia de los recursos naturales renovables forestales, flora y/o fauna silvestre provenientes de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;





Que, mediante Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, publicado el 23 de setiembre de 2015, se declara de interés nacional el desarrollo de investigaciones al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional, determinándose su gratuidad, así como los procedimientos de aprobación automática y evaluación previa para su otorgamiento;

Que, en el artículo 4° del mencionado Decreto Supremo, se prevé cinco supuestos en los que la autorización de investigación requiere de evaluación previa: a) ingreso a ámbitos de acceso restringido, b) la colecta o extracción de muestras biológicas, c) se prevea la alteración del entorno o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional, d) el uso de equipo o infraestructura perteneciente a las ANP de administración nacional, e) investigación en predios privados;

Que, mediante Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, publicada el 20 de enero de 2016, se aprueban las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, las mismas que establecen las normas y lineamientos que regulan las investigaciones realizadas al interior de las Áreas Naturales Protegidas de administración nacional;

Que, en el artículo 23° de las precitadas Disposiciones Complementarias se establecen los criterios de evaluación del Plan de Investigación;



Que, a través del documento del visto, el señor **EDGAR ELÍAS PEÑA GONZALES** solicita autorización para realizar investigación científica que incluye la colecta de muestras biológicas de especies de flora propias al bofedal altoandino, alteración del entorno con la apertura de canales en los bofedales e instalación de cercos para aislar la zona de muestreo en el marco del proyecto denominado: **"RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE UN HUMEDAL ALTOANDINO PARA MEJORA DE LA PROVISION DE AGUA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE LA RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS, EN EL SECTOR YANAMA-HUANCAAYA – YAUYOS"**, en el ámbito de **RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS** en el distrito de Huancaya, en el sector de Apas perteneciente a la comunidad de Huancaya, por el periodo de 1 año.

Que, mediante Informe N° **032-2016-SERNANP/RPNYC-E-OHP** de fecha **06 de mayo del 2016**, se evalúa la solicitud presentada, concluyendo que el expediente cumple con los requisitos establecidos en el artículo 18° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, y que el Plan de Investigación se encuentra conforme a los criterios establecidos en el artículo 23° de las Disposiciones Complementarias en mención;

En uso de las atribuciones conferidas por el numeral 2.1 del artículo 2° del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, el artículo 14° de las Disposiciones Complementarias al Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas en materia de investigación, aprobadas por Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP, y el artículo 27° del Reglamento de Organización y Funciones del SERNANP, aprobado mediante Decreto Supremo N° 006-2008-MINAM.

**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.-** Autorizar el desarrollo de la investigación científica denominada "RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE UN HUMEDAL ALTOANDINO PARA MEJORA DE LA PROVISIÓN DE AGUA DE LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE LA RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYOS COCHAS, EN EL SECTOR YANAMA-HUANCAYA – YAUYOS" a favor de Sr. **EDGAR ELÍAS PEÑA GONZALES**, a ser realizada en el ámbito de **RESERVA PAISAJÍSTICA NOR YAUYOS COCHAS** en el distrito de Huancaya, en el sector de Apas perteneciente a la comunidad de Huancaya, por el periodo de 1 año, contado a partir de la fecha de emisión de la presente Resolución.

**Artículo 2°.-** Autorizar el ingreso a **EDGAR ELÍAS PEÑA GONZALES** a las siguientes personas, integrantes del equipo de investigación:

Apellidos y Nombres	Documento de identidad	País de Procedencia	Cargo	Institución
María Mercedes Medina Muños	000838970	Colombia	Colaborador	Universidad Católica Sedes Sapientiae de Lima

**Artículo 3°.-** Autorizar la colecta de individuos de flora de Bofedales altoandinos, de acuerdo a lo indicado en el Cuadro N° 1, que no incluye la colecta de individuos de Fauna en general especies de flora considerados como arbustos, árboles y especies propias de pastizales altoandinos.

**Cuadro N° 1**

Especie (Taxón)	Cantidad máxima a ser colectada (en letras y números) Cantidad
<i>Distichia muscoides</i>	Cuatro (4)
<i>Alchemilla pinnata</i>	Cuatro (4)
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cuatro (4)
<i>Plantago tubulosa</i>	Cuatro (4)
<i>Calamagrostis rigescens</i>	Cuatro (4)
<i>Baccharis alpina</i>	Cuatro (4)
<i>Scirpus rigidus</i>	Cuatro (4)
<i>Hypochaeris meyeniana</i>	Cuatro (4)
<i>Gentiana prostrata</i>	Cuatro (4)
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	Cuatro (4)
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Cuatro (4)
<i>Poa subspicata</i>	Cuatro (4)
<i>Agrostis breviculmis</i>	Cuatro (4)
<i>Poa ovatum</i>	Cuatro (4)
<i>Cardionema ramossisima</i>	Cuatro (4)
<i>Festuca andicola</i>	Cuatro (4)
<i>Poa aequigluma</i>	Cuatro (4)



<i>Hordeum muticum</i>	Cuatro (4)
<i>Rorippa nasturtium</i>	Cuatro (4)
<i>Plantago lamprophylla</i>	Cuatro (4)
<i>Altenstenia weberbaueri</i>	Cuatro (4)
<i>Trifolium amabile</i>	Cuatro (4)
<i>Poa gymnantha</i>	Cuatro (4)
<i>Azorella crenata</i>	Cuatro (4)
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	Cuatro (4)
<i>Cerastium sp.</i>	Cuatro (4)
<i>Lepidium chichicara</i>	Cuatro (4)
<i>Dissantheim peruvianum</i>	Cuatro (4)
<i>Descurainia sp.</i>	Cuatro (4)
<i>Poa lilloi</i>	Cuatro (4)
<i>Berberis lutea</i>	Cuatro (4)
<i>Musgo</i>	Cuatro (4)
<i>Acautilva Dryadifolic</i>	Cuatro (4)
<i>Calandrinia acaules</i>	Cuatro (4)
<i>Werneria nubigena</i>	Cuatro (4)
<i>Erigerom Rosulatum</i>	Cuatro (4)
<i>Oreithales integrifolia</i>	Cuatro (4)
<i>Aciachne pulvinata</i>	Cuatro (4)
<i>Agrostis sp.</i>	Cuatro (4)
<i>Poa sp.</i>	Cuatro (4)
<i>Alchemilla sp.</i>	Cuatro (4)



Precisar que la presente autorización no otorga derechos sobre los recursos genéticos o productos derivados de las muestras colectadas.

**Artículo 4°.-** Los integrantes del equipo de investigación son responsables de conocer y cumplir las disposiciones contenidas en la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, y su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 038-2001-AG, modificado por Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, así como en la Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP. Asimismo, los investigadores deberán cumplir con las normas que la Jefatura y su personal dispongan durante el desarrollo de la investigación.

**Artículo 5°.-** El señor **EDGAR ELÍAS PEÑA GONZALES**, autorizado en el artículo 1° de la presente Resolución, en su calidad de investigador principal se compromete a:

- a. Presentar copia de la presente autorización al personal del ANP que lo solicite.
- b. No extraer muestras biológicas distintas a las autorizadas.
- c. Tramitar el certificado de procedencia, cuando se requiera trasladar las muestras de material biológico colectado fuera del ámbito del ANP.
- d. Comunicar al SERNANP cualquier descubrimiento nuevo para la ciencia, debiendo entregar una copia del depósito del holotipo del nuevo taxa en una institución científica nacional.



- e. Gestionar los permisos de exportación ante la autoridad competente, cuando se requiera enviar al extranjero parte del material biológico colectado.
- f. Entregar una vez publicado los resultados de la investigación, una copia digital de la publicación al SERNANP y autorizar su registro en la biblioteca digital del SERNANP.
- g. Entregar a la jefatura del ANP un informe, en el caso de investigaciones que generan información prioritaria para la gestión del ANP y que justificó el apoyo del SERNANP.

El incumplimiento injustificado de estos compromisos producirá el ingreso del investigador en la lista de investigadores inhabilitados para próximas autorizaciones emitidas por el SERNANP.

**Artículo 6°.-** La autorización a la que se refiere el Artículo 1° caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento injustificado de los compromisos adquiridos o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

**Artículo 7°.-** Todas las muestras colectadas serán reportadas a la Jefatura de **RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS** inmediatamente después de la culminación de las labores de campo en el Puesto de Control o sede administrativa más cercana, para la emisión del Certificado de Procedencia correspondiente.

**Artículo 8°.-** El SERNANP se abstiene de toda responsabilidad por los accidentes o daños que puedan sufrir los integrantes del equipo de investigación durante el desarrollo del proyecto de investigación científica.

**Artículo 9°.-** Regístrese la presente Resolución en el Módulo de Seguimiento a las autorizaciones de investigación del SERNANP, en el archivo de autorizaciones de la **RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS** y publíquese en la página web del SERNANP ([www.sernanp.gob.pe](http://www.sernanp.gob.pe)).

Regístrese y comuníquese.



**FERNANDO GONZALO QUIROZ JIMÉNEZ**  
Jefe de la RESERVA PAISAJISTICA NOR YAUYOS COCHAS  
Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado  
SERNANP