

MEMORIA DESCRIPTIVA INVENTARIO NACIONAL DE BOFEDALES 2023



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

MEMORIA DESCRIPTIVA INVENTARIO NACIONAL DE BOFEDALES 2023



**Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)**

Av. Centenario 2656, Independencia,
Huaraz, Áncash

www.gob.pe/naigem

Autores:

Beatriz Fuentealba Durand
Raquel Ríos Recra

Con apoyo de:

Rodrigo Puga Calderón
L. Yanett González Huamán
Sandra Arroyo Alfaro
Pedro Tapia Ormeño

Elaboración de mapas:

Yessica Gutiérrez Quenta
Raquel Ríos Recra

Corrección de estilo:

Víctor Liza Jaramillo

Diseño y diagramación:

Joan Ramírez Romero
Sabí Torbisco Cervantes

Fotografías

Renny Diaz Aguilar
Pablo Najarro Cerón
Fernando Quinto Cuba
Raquel Ríos Recra
GORE-Tacna
Dickens Rondán Mallqui
Patricia Barros Pozo

**Instituto Nacional de Investigación en Glaciares
y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM)**

Alta dirección:

Dra. Beatriz Fuentealba Durand
Presidenta Ejecutiva

Ing. Milagros Vilchez Cáceres
Gerenta General

Directores y jefes:

Ing. Jesús Gómez López
Director de Investigación en Glaciares (DIG)

PhD. Pedro Tapia Ormeño
Director(e) de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM)

Dr. Daniel Martínez Castro
Director(e) de Información y Gestión del Conocimiento (DIGC)

Ing. Víctor Bustinza Urviola
Jefe de la Oficina Desconcentrada Macrorregión Sur - Cusco

Ing. Roque Vargas Huamán
Jefe(e) de la Oficina Desconcentrada Macrorregión Centro - Lima

ÍNDICE

	Pág
PRESENTACIÓN	10
RESUMEN EJECUTIVO	14
GLOSARIO DE TÉRMINOS	16
PARTE 1: BOFEDALES Y SU IMPORTANCIA	20
1. CARACTERÍSTICAS DE LOS BOFEDALES	
1.1. Agua	23
1.2. Suelo	
1.3. Vegetación	
2. LOS BOFEDALES EN EL PERÚ	
2.1. Características Generales	30
2.2. Heterogeneidad de los bofedales en el Perú	
3. BENEFICIOS DE LOS BOFEDALES	
3.1. Forraje para el ganado	38
3.2. Almacenamiento de carbono	
3.3. Almacenamiento de agua	
3.4. Ecoturismo	
4. PRINCIPALES AMENAZAS PARA LOS BOFEDALES	
4.1. Alteraciones hidrológicas	
4.2. Extracción de turba	
4.3. Sobrepastoreo	
4.4. Otras amenazas	41

	Pág
PARTE 2: INVENTARIO NACIONAL DE BOFEDALES	46
1. ANTECEDENTES	48
2. OBJETIVOS	51
3. ALCANCE	53
4. METODOLOGÍA	
4.1. Marco metodológico	55
4.2. Insumos para el Inventario Nacional de Bofedales	
4.3. Elaboración del Inventario Nacional de Bofedales	
5. RESULTADOS	
5.1. Resultados a nivel nacional	94
5.2. Resultados a nivel departamental	
AGRADECIMIENTOS	149
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
ANEXOS	168

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
1. Significado de Acrónimos	17
2. Significado de siglas	18
3. Descripción de términos	19
2.1. Características de los bofedales por macrozona	34
2.2. Hidroperiodo de los bofedales por macrozona	35
2.3. Tipo de formación vegetal de los bofedales por macrozona	35
2.4. Características de los bofedales por tipo de formación vegetal	36
2.5. Hidroperiodo de los bofedales por formación vegetal	36
4.1. Superficie de Macrozonas	63
4.2. Técnicas de clasificación en teledetección	69
4.3. Firmas espectrales utilizadas por macrozona	73
4.4. Cantidad de firmas espectrales tomadas por especies vegetales	74
4.5. Umbrales para cada indicador por macrozona	85
4.6. Variables para cálculo del tamaño de muestra	89
4.7. Criterios estandarizados de información de campo	90
4.8. Puntos de validación departamental	91
4.9. Matriz de confusión general	92
5.1. Superficie de bofedales por departamentos	95
5.2. Superficie de bofedales por macrozonas	97
5.3. Superficie de bofedales en Áreas Naturales protegidas (ANP)	100
5.4. Superficie de bofedales en Áreas de Conservación Regional (ACR)	101
5.5. Superficie de bofedales en Áreas de Conservación Privada (ACP)	102
5.6. Superficie de bofedales en comunidades campesinas por departamento	103
5.7. Superficies de bofedales en concesiones mineras por departamento	104
5.8. Ranking de la superficie de bofedales y su proporción, de acuerdo a la superficie departamental	108

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
1.1. Comparación del nivel de agua entre un bofedal estacional y uno permanente	24
1.2. Interacciones entre los componentes de un bofedal	29
4.1. Tipos de vegetación reportada en bofedales por distritos	62
4.2. Mapa de Macrozonas afín al desarrollo de bofedales	65
4.3. Mapa de climas en la zona andina	67
4.4. Mosaico de Imágenes Sentinel 2	70
4.5. Mosaico de Imágenes DEM -ALOS PALSAR	71
4.6. Firmas espectrales de vegetación, suelo y agua de bofedal	72
4.7. Flujo de Procesos en teledetección	76
4.8. Flujo de preprocesamiento óptico	77
4.9. Flujo de preprocesamiento SAR	80
4.10. Árbol de decisiones para cada macrozona	88
4.11. Mapa de puntos de validación	93
5.1. Concentración de bofedales por macrozonas a nivel altitudinal	97
5.2. Concentración de bofedales por rango altitudinal a nivel nacional	98
5.3. Superficie de bofedales a nivel latitudinal	99
5.4. Mapa Nacional de Bofedales	105
5.5. Mapa Nacional de Bofedales con Macrozonas	106
5.6. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Amazonas	110
5.7. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Áncash	113
5.8. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Apurímac	114
5.9. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Arequipa	117
5.10. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Ayacucho	118

5.11. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Cajamarca	121
5.12. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Cusco	122
5.13. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Huancavelica	125
5.14. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Huánuco	126
5.15. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Ica	129
5.16. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Junín	130
5.17. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de La Libertad	133
5.18. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Lima	134
5.19. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Moquegua	137
5.20. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Pasco	138
5.21. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Piura	141
5.22. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Puno	142
5.23. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de San Martín	145
5.24. Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Tacna	146

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) es el ente rector en investigación científica en glaciares y ecosistemas de montaña, y busca promover la gestión sostenible de estos ecosistemas para favorecer a las poblaciones que viven en o se beneficien de ellos. En el cumplimiento estas funciones, tengo el agrado de presentar la **“Memoria Descriptiva del Inventario Nacional de Bofedales – 2023”**, trabajo liderado por la Dirección de Investigación en Ecosistemas de Montaña (DIEM) del INAIGEM.

La realización del primer Inventario Nacional de Bofedales inició en julio de 2020, con el reto de identificar una metodología que pudiera ser automatizada y que incorporara la gran heterogeneidad que presentan los bofedales en nuestro país. Para lo primero, se realizaron consultas con expertos nacionales e internacionales, que ayudaron a orientar los insumos y herramientas de trabajo. Para lo segundo, la incorporación de la heterogeneidad, el proceso fue más complejo, ya que se tuvo que crear criterios que nos permitiera incorporar la variabilidad geográfica y ambiental de los Andes Peruanos, a través de lo que llamamos “macrozonas”. Además, se tuvo que proponer la clasificación de “tipos de vegetación”, tomando como base las publicaciones científicas, y luego validando la propuesta con un grupo de expertos en botánica. Posteriormente, esta metodología fue probada en campo y ajustada de acuerdo a las macrozonas diferenciadas. La etapa final fue el proceso de automatización y aplicación de la metodología, para obtener los resultados que aquí se presentan.

El presente documento se ha organizado en dos grandes secciones. En la primera sección el público más académico podrá encontrar una síntesis de información sobre los bofedales del Perú, y sus principales características, incluyendo la identificación de vacíos de información que será importante abordar durante los siguientes años. Aquí se describe, a partir de la revisión de literatura, cuáles son los principales componentes que permiten caracterizar un bofedal, y luego, a partir del análisis de información de campo y de información reportada en diferentes artículos científicos y tesis, se describe cuáles son las principales características de los bofedales en el Perú. Para ello, además, se comparan bofedales siguiendo dos criterios importantes que han sido propuestos en el proceso de elaboración del presente inventario: las macrozonas y los tipos de

vegetación. Finalmente se describen cuáles son los principales beneficios que ofrecen estos ecosistemas, así como las principales amenazas que enfrentan.

En la segunda sección se presenta el inventario Nacional de Bofedales. Se describen los antecedentes, objetivos y alcance del mismo. Luego se da una descripción de la metodología aplicada para la elaboración de este inventario. Esta descripción incluye la descripción del marco conceptual referido a la identificación de los indicadores utilizados, la definición de los tipos de vegetación incluidos en la identificación de bofedales, y la propuesta de diferenciación de macrozonas, aplicada para mejorar la capacidad de detección de la metodología. Posteriormente se describen los insumos y procedimientos utilizados para la elaboración del inventario, así como el proceso de validación de la información.

Para el capítulo de los resultados del inventario, se presenta primero la información a nivel nacional. Aquí se incluye información de la distribución de los bofedales por macrozona y por departamento. Se realiza un análisis de la distribución de los bofedales por altitud y latitud. Y luego el análisis de la proporción de bofedales que están bajo diferentes formas de gestión: 1) siendo parte de algún área natural protegida (nacional, regional o privada); 2) siendo parte de alguna comunidad campesina; 3) siendo parte de algún territorio en el que se ha aprobado una concesión minera.

Finalmente se presentan los resultados a nivel departamental. Para cada uno de los 19 Departamentos o Regiones en las que se han encontrado bofedales, se presenta información de la extensión de bofedales encontrada, en hectáreas y el porcentaje que ello representa de la extensión departamental. Se brinda información de los bofedales de mayor y menor tamaño identificado. Se menciona el número de provincias y distritos que presentan bofedales, y la proporción de bofedales que se encuentra en áreas de conservación y en comunidades campesinas. Finalmente se muestra un análisis de la distribución altitudinal de los bofedales en esa Región. Cabe destacar, además, que en los anexos de este documento se brinda información detallada sobre la extensión de bofedales que se presenta a nivel distrital y provincial.

Desde el INAIIGEM vemos los ecosistemas de montaña como socio-ecosistemas, en los que no se puede separar al ser humano del ecosistema, ya que durante cientos de años estos paisajes han sido moldeados y gestionados por la población local. Es por ello que, aunque el presente documento se

centra en brindar información geográfica y biológica, se incluyen referencias generales sobre la gestión actual. Asimismo, esperamos que esta información se convierta en una herramienta de trabajo para las autoridades locales y regionales, que buscan realizar una mejor gestión de su territorio, tomando en cuenta el contexto social y local.

A través de esta memoria descriptiva, el INAIQUEM reafirma su compromiso con la investigación y la gestión sostenible de los ecosistemas de montaña de nuestro país, brindando información técnica valiosa, además de datos sobre la ubicación y extensión de los bofedales en nuestro país. Esperamos que este documento sea un punto de partida, para seguir mejorando nuestro conocimiento sobre estos importantes ecosistemas, y a partir de ello impulsar acciones de conservación y recuperación de los bofedales en el Perú, y así asegurar nuestro bienestar y el de las futuras generaciones.

Dra. Beatriz Fuentealba D.
Presidente Ejecutiva

Instituto Nacional de Investigación en
Glaciares y Ecosistemas de Montaña
INAIQUEM

RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO

Los ecosistemas andinos peruanos albergan una biodiversidad única y desempeñan un papel importante en beneficio de la población local y nacional. Entre estos valiosos ecosistemas, los bofedales destacan por su importancia. Los bofedales son humedales altoandinos, que presentan características particulares en sus suelos y vegetación, lo que le permite acumular carbono y agua, muy importantes en el contexto actual de cambio climático, además de proveer importante forraje para el ganado altoandino. Sin embargo, el mal manejo ha generado una creciente amenaza a la integridad de estos ecosistemas. Ante ello, el primer inventario nacional de bofedales del Perú establece la línea de base que debe ser tomada como referencia para el mapeo y comparación de la extensión de los bofedales, porque toma en cuenta las particulares condiciones de estos ecosistemas.

Este documento reporta que la superficie de bofedales a nivel nacional es 1 052 210.6 ha, lo que representa el 0.8% de la superficie nacional, casi el doble de lo reportado por el mapa nacional de ecosistemas (Minam, 2018). Esta diferencia puede deberse a que el presente inventario tiene una mejor capacidad de identificación, con una Unidad Mínima Cartografiable de 0.09 ha, y la incorporación de insumos que dan una mayor resolución espacial y espectral, para incorporar la complejidad y heterogeneidad de los bofedales del Perú. Es importante mencionar que se usaron imágenes satelitales Sentinel 2, del año 2021, como insumo principal para los datos que aquí se presentan.

La metodología utilizada se basó en un árbol de decisiones, lo que nos permitió incorporar dos innovaciones importantes. 1) Se delimitaron cuatro macrozonas en los Andes Peruanos, para ajustar los valores de los umbrales a cada una, y así ajustar la capacidad de detección de la metodología a las condiciones geográficas y ambientales particulares de cada macrozona. 2) Se diferenciaron tres tipos de vegetación que puede ser dominante en los bofedales, que fueron incorporadas en la metodología a través del uso de firmas espetrales de las especies vegetales dominantes de cada tipo de vegetación. Estas fueron aplicadas al modelo de mixtura espectral, que responde y abarca directamente la biodiversidad para cada macrozona.

La revisión de literatura y de datos de campo que se presenta en la primera parte de la memoria descriptiva busca resumir el estado del conocimiento sobre los bofedales de nuestro país, identificando algunos vacíos de información aún por evaluar. Nos muestra también que hay indicios suficientes para evaluar y comparar las características de los bofedales, entre macrozonas y entre tipos de vegetación, para entender mejor los procesos ecológicos que se dan, y así identificar estrategias para su adecuada conservación, manejo y recuperación.

En la segunda parte, los resultados del inventario a nivel nacional nos muestran que los departamentos de Puno, Cusco y Arequipa acumulan más del 50% de la extensión total de los bofedales del país. Y que, aunque los bofedales se presentan desde los 3000 m s.n.m., es en el rango entre los 4000 y 4750 m s.n.m., que se encuentra alrededor del 73% de los bofedales. Cifra similar a la que se concentra entre las latitudes 13°S y 17°S. Por otro lado, poco más del 7% de los bofedales del país se encuentran bajo alguna figura de protección, mientras que el 20% se encuentra bajo el manejo de las comunidades campesinas; y se estima que el 41% de superficie bofedal nacional se encuentra dentro de algún tipo de concesión minera.

Algunos resultados a nivel departamental que destacar son que, 19 de los 24 departamentos del país tienen bofedales. Puno, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica y Arequipa son las regiones en las que los bofedales representan más del 2% de su superficie departamental, sin embargo, excepto por Arequipa, son las que presentan una menor proporción de bofedales bajo alguna figura de protección, que asegure su integridad hacia el futuro. Asimismo, Ica, Amazonas, Cajamarca y La Libertad, son los departamentos con menor superficie de bofedales, lo que implica que corren mayores riesgos de perder los beneficios que estos ecosistemas generan, si no se da una adecuada gestión.

Como parte de este documento se da información detallada de la superficie de bofedales que se presenta en cada área de conservación, se presenta una ficha de información a nivel departamental, acompañada de un mapa, y en los anexos se dan los valores de superficie a nivel distrital y provincial. A través de este trabajo esperamos que estos datos sirvan de consulta de las autoridades locales y regionales, y todo aquel que quiera tener un mejor conocimiento para la gestión de su territorio.

Los resultados que se han logrado con este documento técnico buscan cerrar brechas ante la falta de información de calidad sobre los bofedales y su importancia para nuestro país.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Valle del TOCA, Nevado Allincapac

cordillera Carabaya (Puno)

Foto: Renny Díaz Aguilar

Tabla 1: Significado de Acrónimos

Nro.	Acrónimos	Significado
1	ACP	Área de conservación privada
2	ACR	Área de conservación regional
3	ALOS PALSAR	Advanced Land Observation Satellite- Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
4	ANA	Autoridad Nacional del Agua
5	ANP	Área Natural Protegida
6	ESA	European Space Agency
7	Inaigem	Instituto Nacional de Investigación en Ecosistemas de Montaña
8	INB	Inventario nacional de bofedales
9	JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
10	Landsat	Misión satelital de observación terrestre de la NASA y la USGS
11	Minam	Ministerio del Ambiente del Perú
12	Senamhi	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
13	Sentinel	Misión satelital de observación terrestre de la ESA
14	Sernanp	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado

Fuente: elaboración propia

Tabla 2: Significado de siglas

Nro.	Siglas	Significado
1	BOA	Bottom of Atmosphere - en español es "bajo la atmósfera"
2	DEM	Digital Elevation Model - en español es "modelo de elevación digital". Es la representación de la altitud de la superficie terrestre
3	GEE	Google Earth Engine - plataforma de visualización y análisis de imágenes satelitales alojada en la nube
4	GRD	Ground Range Detected - en español es el "rango de terreno detectado"
5	LSU	Linear Spectral Unmixing - en español la "desmezcla espectral lineal"
6	m s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
7	NDII	Normalized Difference Infrared Index - conocido también como "índice de humedad"
8	NIR	Near Infrared - en español es "infrarrojo cercano"
9	PDI	Procesamiento digital de imágenes
10	RTC	Radiometric Terrain Correction - en español es "corrección radiométrica del terreno"
11	SAR	Synthetic Aperture Radar - en español es radar de apertura sintética
12	SCS+C	Sun-Canopy-Sensor + correction parameter - En español es la corrección topográfica basada en el sensor de dosel solar, que incluye el parámetro de corrección C
13	SWIR	Short-wave infrared - en español es "infrarrojo de onda corta"
14	TOA	Top of Atmosphere - en español es "sobre la atmósfera"
15	TPI	Topographic Position Index - en español es "índice de posición topográfica"
16	UMC	Unidad mínima cartografiable

Fuente: elaboración propia

Tabla 3: Descripción de términos

Nro.	Término	Descripción
1	Ángulo cenital solar	Es la posición del sol relativo a la vertical local, medido en grados
2	Comisión	Clasificación incorrecta de una muestra positiva cuando en realidad es negativa, es decir reconoce de más.
3	Espectro electromagnético	Espacio o medio donde se transmiten la energía en diferentes longitudes de onda
4	Espectroradiómetro	Instrumento que mide la radiación de luz entrante en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético
5	Firma espectral	Es la medida de la radiación en función a la longitud de onda. Conocida también como huella espectral representa propiedades físico químicas de la cobertura medida
6	Índice de Kappa	Es la medida de concordancia que compara la concordancia observada entre la predicha
7	JavaScript	Es un lenguaje de programación dentro de la estructura de la plataforma GEE
8	Longitud de onda	Distancia física entre dos puntos donde se repite la forma de la onda
9	Macrozonas	Zonificación de la superficie altoandina peruana que muestra la variabilidad ambiental para el desarrollo de bofedales
10	Matriz de confusión	Conocida también como matriz de error, presenta la cantidad de predicciones versus la cantidad de datos reales
11	Mosaico	Es el conjunto de imágenes satelitales (para el INB) en formato ráster
12	Napa freática	Refiere a la acumulación de agua subterránea alojada a una profundidad próxima del nivel del suelo
13	Omisión	Clasificación incorrecta de una muestra negativa cuando en realidad es positiva, es decir reconoce menos.
14	Overfitting	En español sobreajuste, es el efecto que ocurre cuando un modelo está demasiado vinculado a un conjunto limitado de datos
15	Píxel	Es la unidad mínima de medición que componen la matriz de una imagen satelital
16	Polarización	Orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética transmitida o recibida por el radar
17	Radiación	Es la energía emitida, propagada y transferida en forma de ondas en el espectro electromagnético
18	Random Forest	En español es bosques aleatorios. Es un algoritmo estadístico que genera paralelamente múltiples árboles de decisión en base a datos de entrenamiento que obtiene resultados para clasificación o predicción
19	Reflectancia	Es la capacidad de una cobertura de reflejar energía
20	Teledetección	Es la técnica de adquisición a distancia de información de la superficie terrestre, sin entrar en contacto con el objeto de estudio

Fuente: elaboración propia





PARTE 1

**BOFEDALES Y
SU IMPORTANCIA**

“Bofedal” es un término coloquial usado en el Perú para llamar a un tipo muy particular de humedales andinos. En otras partes del país, estos ecosistemas son conocidos como “oconales”, palabra que en quechua significa “zona húmeda” (Maldonado, 2015). De acuerdo con la memoria descriptiva del mapa nacional de ecosistemas del Perú, el bofedal es un “ecosistema andino hidromórfico, con vegetación herbácea de tipo hidrófila, que se presenta en los Andes sobre suelos planos, en depresiones o ligeramente inclinados; permanentemente inundados o saturados de agua corriente (mal drenaje), con vegetación densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín. La fisonomía de la vegetación corresponde a herbazales de 0,1 a 0,5 metros. Los suelos orgánicos pueden ser profundos (turba), y este tipo de ecosistema es considerado un humedal andino” (Minam, 2018). Otras definiciones reconocen que los bofedales también están presentes en zonas inundadas sólo estacionalmente, durante la época de lluvias; y que en ocasiones la

vegetación dominante no es de cojín, pero siempre es hidrófila (Maldonado 2015, Fuentealba y Mejía, 2016).

Los bofedales son ecosistemas muy importantes para los pobladores andinos, porque de ellos depende la alimentación del ganado que crían, especialmente en el caso de las alpacas (Baired y Wheeler, 1993, Postigo et al., 2008; Yager et al., 2021). Su importancia se remonta a cientos de años atrás, ya que existen evidencias que los pobladores andinos aplicaban prácticas de irrigación y manejo del agua para la ampliación de los bofedales, desde la época prehispánica (Mitchell y Guillet, 1994; Lane, 2009). Algunas de estas prácticas se mantienen hasta el día de hoy en la cordillera de los Andes (Yager, 2015; Monge-Salazar et al., 2022). Esto nos demuestra que los bofedales son sistemas que desde hace mucho tiempo son intervenidos por el ser humano, por lo que su condición ecológica actual se relaciona también con la historia de manejo que han tenido.



CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS

DE LOS BOFEDALES

Para entender el funcionamiento natural de los bofedales, es importante tomar en cuenta sus tres principales componentes: agua, suelo y vegetación; y las interacciones entre

ellos. Esto, a su vez, nos permite diferenciar tipos de bofedales, que reflejan la gran heterogeneidad que se puede encontrar en estos ecosistemas.

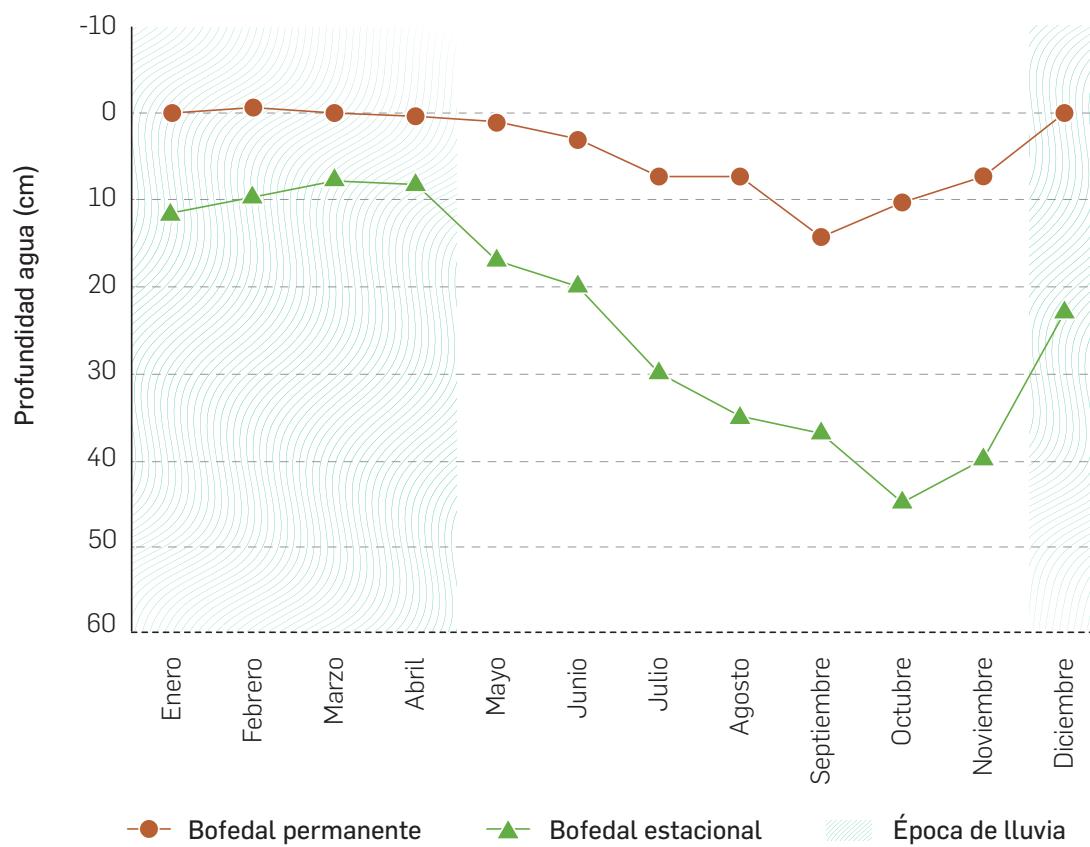
1.1. AGUA

El hidroperiodo, es decir, el tiempo que el suelo del bofedal permanece saturado de agua, es una de las principales características y nos permite diferenciar entre: a) bofedales estacionales, saturados de agua sólo durante los meses de lluvia, cuyo nivel de agua desciende de los 40 a 90 cm, debajo de la superficie del suelo en la época seca; y b) bofedales permanentes, saturados de agua todo el año, cuyo nivel de agua se mantiene dentro de los 20 cm debajo de la

superficie del suelo, incluso en la época seca (Cooper et al 2019).

El hidroperiodo es útil para hacer inferencias sobre las principales fuentes de agua que alimentan al bofedal. Los bofedales permanentes requieren de algún aporte de agua subterránea para estar saturado todo el año, mientras los estacionales dependerán únicamente de la precipitación. La posición del bofedal en la cuenca, y su pendiente pueden influir, en menor medida, en el

Figura 1.1: Comparación del nivel de agua entre un bofedal estacional y uno permanente



Fuente: elaboración propia.

hidroperiodo (Cooper et al., 2010; Polk et al., 2017).

Otra importante característica es el valor del pH del agua. Esto permite diferenciar bofedales ácidos (pH menor a 5.5), neutros (pH entre 5.5 y 7.0) y bofedales alcalinos (pH mayor a 7.0). Los valores de pH se relacionan directamente con el tipo de roca madre que domina en el área en que se encuentra el bofedal, y determinará

características de la calidad del agua como la conductividad eléctrica y tipo de nutrientes (Cooper et al., 2010).

Así, el origen del agua influye en la cantidad de nutrientes inorgánicos disponibles para las plantas, lo que determina la composición y tipo de comunidades vegetales que se pueden desarrollar (Suárez et al., 2022, Monge-Salazar et al., 2022).

1.2. SUELO

La principal característica de los suelos de los bofedales es que son suelos orgánicos o turba, es decir que contiene al menos 30% de materia orgánica (Cooper et al., 2010; Biancalani y Avagyan, 2014). La turba se genera cuando la velocidad en que la vegetación aporta materia orgánica (hojas y/o raíces muertas) es mayor a la velocidad de descomposición, acumulándose la materia orgánica con diferentes niveles de descomposición (Chimner y Ewel, 2005). En los bofedales, la baja velocidad de descomposición se debe a las condiciones ambientales: bajas temperaturas (asociada a la gran altitud en que se desarrollan los bofedales) y condiciones anaeróbicas (sin presencia de oxígeno) generadas por la saturación del suelo con agua (Suárez et al., 2022).

A nivel mundial se utiliza el término turbera, para diferenciar a los sitios en que se acumula cierta profundidad de turba. Existen diversos criterios de profundidad mínima para definir a las turberas, pero en la mayoría de los casos se encuentra entre 30 y 40 cm de profundidad (Rydin y Jeglum, 2013). Siendo así, tendremos algunos

bofedales que son turberas, y otros que no lo son.

Varias evaluaciones hechas en zonas con bofedales reportan que en promedio pueden almacenar poco más de 2000 MgC/ha en unos 5m de profundidad de turba (Chimner y Karberg, 2008; Hribljan et al., 2016, 2017). Estos valores son mayores a los reportados para las turberas tropicales (Chimner et al 2020). Además, se han reportado bofedales que han acumulado más de 10 metros de profundidad de turba (Cooper et al., 2010; Hribljan et al., 2015; Chimner et al., 2020).

Esta gran capacidad de almacenamiento de turba, en comparación con turberas de otras latitudes, se debe a una combinación de condiciones: la ubicación cercana al ecuador permite que el desarrollo de las plantas se dé todo el año; las altas tasas de insolación durante la época seca; y la saturación de agua, que permite el crecimiento de las plantas (Cooper et al., 2015).

Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de turba también

dependerá de la composición vegetal dominante (Suárez et al., 2021; Monge-Salazar et al., 2022). Cooper y otros autores (2015) han encontrado que la producción de carbono orgánico de *Distichia muscoides* (de 1.5 a 4 Kg C/m²/año) está entre las mayores tasas conocidas para turberas de grandes altitudes o latitudes. Entre tanto, en un bofedal con dominancia de *Cyperaceae* y *Poaceae*, se tienen bajas tasas de acumulación de materia orgánica (40%) en la capa superficial (Tinoco, 2016). De igual manera, Suárez y otros autores (2021) han encontrado altas tasas de producción de raíces en *D. muscoides* y

en *Plantago rigida*. Estas raíces sirven de insumo para la producción de turba.

Un mayor contenido de turba y materia orgánica en el suelo se refleja en valores más bajos de densidad aparente, lo que a su vez se relaciona con una mayor capacidad de almacenamiento de agua (Fuentealba y Mejía, 2016). Es por ello que, en bofedales permanentes, se espera que el suelo tenga las condiciones para acumular una mayor profundidad de turba; y así tener una mayor capacidad de almacenamiento de carbono y de agua (Enríquez et al., 2015; Fuentealba y Mejía, 2016).

1.3. VEGETACIÓN

Como ya se ha mencionado, la composición vegetal que encontramos en un bofedal será el resultado de las características del agua y el suelo. Se ha indicado que la calidad del agua, así como el hidroperiodo, influyen en la composición y riqueza de especies

vegetales de un bofedal (Cooper et al., 2010; Urbina y Benavides, 2014; Suárez et al., 2022).

La composición de los bofedales presenta valores relativamente bajos de diversidad alfa, pero con valores potencialmente altos de diversidad beta (Polk et. al., 2019); (Chimner et al., 2020). Esto significa que, aunque en un bofedal encontramos pocas especies presentes, a nivel de quebrada la diversidad puede ser bastante alta, con pocas especies que crezcan en todos los bofedales de la quebrada.

En los bofedales podemos encontrar diferentes formas de crecimiento, asociadas a diferentes comunidades vegetales. Aunque la vegetación de cojín es la más común, existen muchas otras especies vegetales creciendo en los bofedales. Las principales formaciones vegetales presentes en los bofedales son:



Muestra de suelo de bofedal con acumulación de turba (Ayacucho)
Foto: Pablo Najarro Cerón

A. BOFEDALES DE COJÍN O ALMOHADILLADOS:

Son aquellos en los que dominan especies que forman cojines duros y siempreverdes, y son los que se presentan con mayor frecuencia en nuestro país. Estos bofedales son dominados por las especies *Distichia muscoides* y *Oxychloe andina*, aunque también se encuentran otras como *Oreobolus obtusangulus* y *Plantago rigida*. Estos bofedales tienen una alta capacidad de almacenamiento de carbono, por las características propias de las especies dominantes (Cooper et al., 2010; Salvador et al., 2014; Maldonado-Fonkén, 2014; Chimner et al.; 2019).

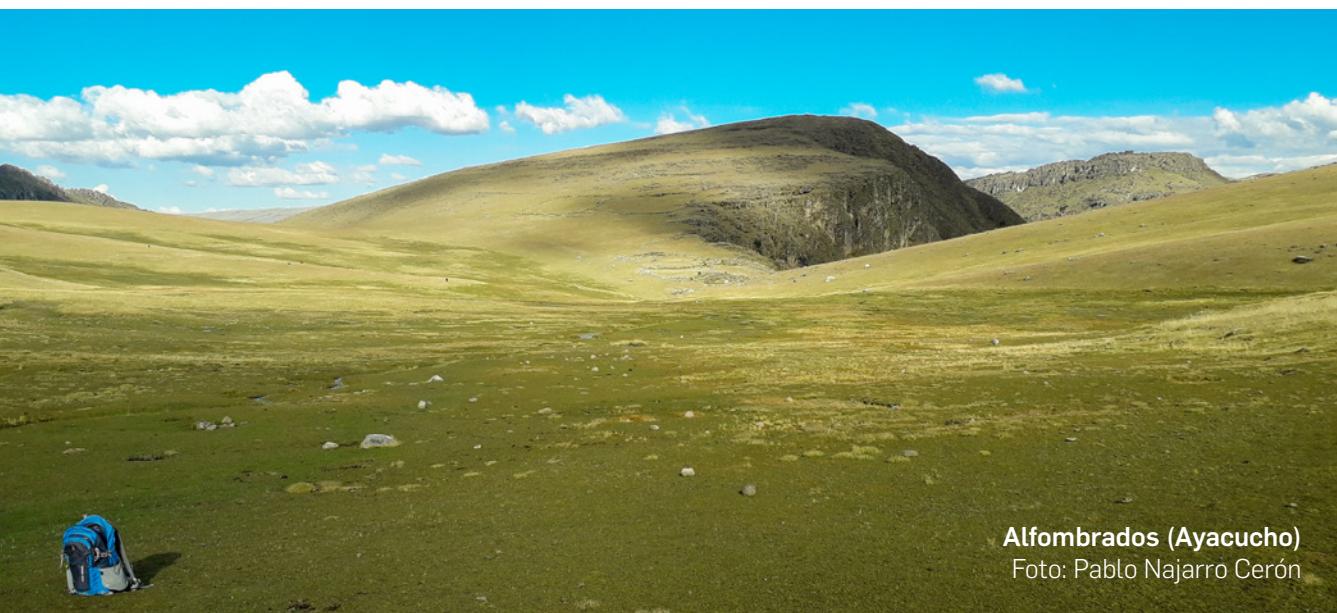


Almohadillados (Puno)

Foto: Renny Díaz Aguilar

B. BOFEDALES ALFOMBRADOS:

Son aquellos en los que dominan especies que forman alfombras duras y siempre verdes, generalmente dominados por *Plantago tubulosa* y acompañados por *Werneria pygmaea* (Salvador et al., 2014; Maldonado-Fonkén, 2014).



Alfombrados (Ayacucho)

Foto: Pablo Najarro Cerón

C. BOFEDALES DE GRAMÍNEAS Y GRAMINOIDES:

Son aquellos que por su forma de crecimiento se asemejan más a un pastizal húmedo, pero con capacidad de acumular turba. Están dominados por especies de las familias *Poaceae* y *Cyperaceae*, con plantas de los

géneros *Festuca*, *Calamagrostis*, *Carex*, *Eleocharis* y *Phylloscirpus* (Cooper et al., 2010; Salvador et al., 2014; Maldonado Fonkén, 2014; Chimner et al., 2019).



Gramíneas y gramoide (Junín)

Foto: Raquel Ríos Recra

D. BOFEDALES DE MUSGOS Y ARBUSTOS:

Son los menos frecuentes en Perú, y se encuentran principalmente en el norte del país. Están dominados por musgos (briofitos) del género

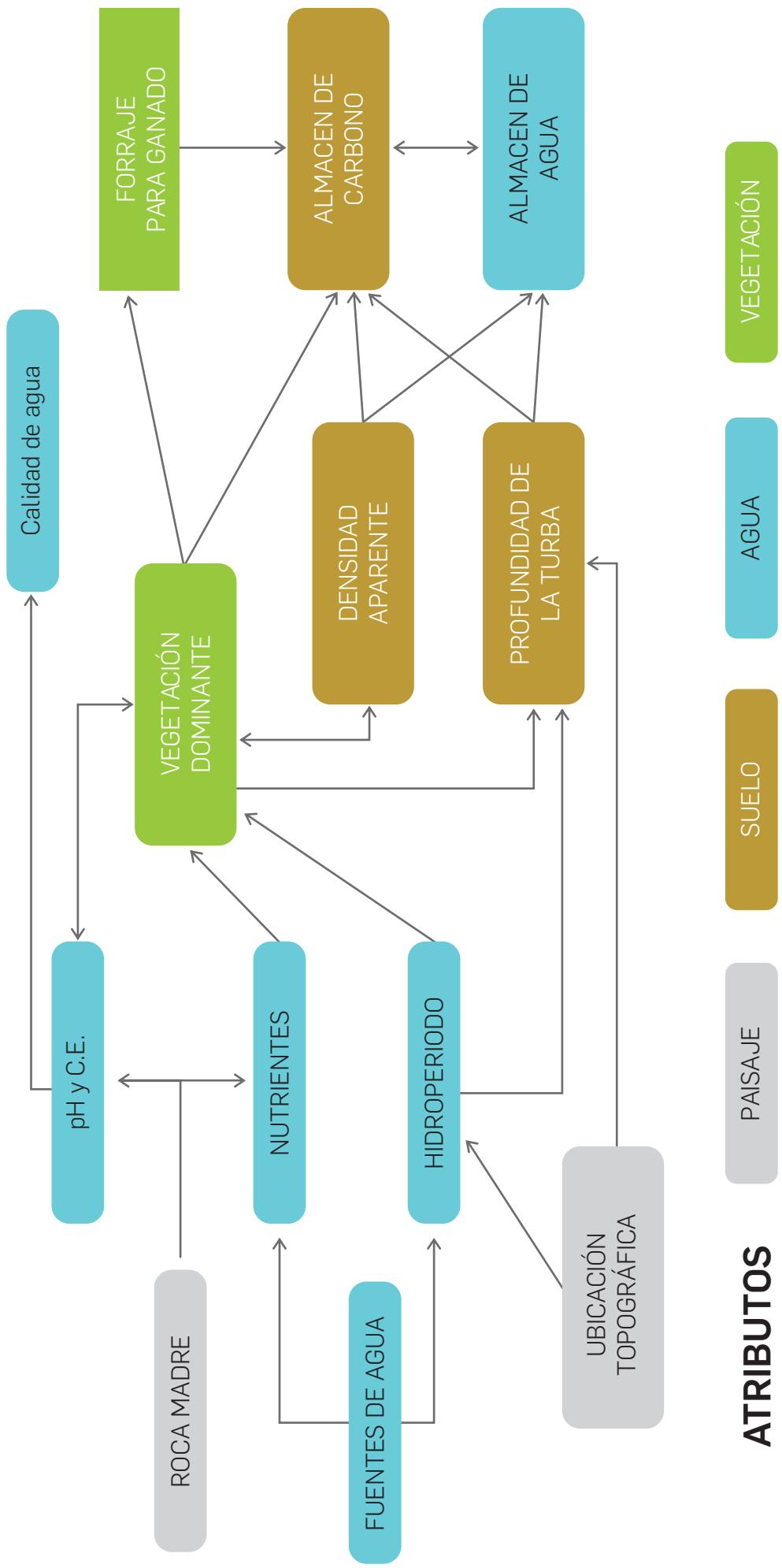
Sphagnum. Generalmente están acompañados por pequeños arbustos del género *Loricaria* (Cooper et al., 2010; Maldonado Fonkén, 2014).



Musgos (Cajamarca)

Foto: Pablo Najarro Cerón

Figura 1.2: Interacciones entre los componentes de un bofedal.



Fuente: elaboración propia.



CAPÍTULO 2

LOS BOFEDALES EN EL PERÚ

Vista del bofedal húmedo,
en un paisaje árido (Tacna)
Foto: Pablo Najarro Cerón

Para describir las principales características de los bofedales del Perú, hemos realizado una revisión amplia, pero no exhaustiva, de literatura que reporte los diferentes parámetros de los bofedales. Para ello, se han tomado publicaciones de artículos y tesis publicados desde el año 2010, y seleccionado la información que se refiere a las principales variables descritas en la sección anterior. A esto, se ha sumado información recolectada en campo durante el desarrollo de la validación de la metodología del inventario nacional de bofedales.

La información que se presenta a continuación corresponde a un total de 116 bofedales distribuidos en 13 departamentos del Perú. Los datos de 57 de estos bofedales fueron reportados en 26 publicaciones. Los datos de los otros 59, es información recogida directamente en campo por el INAIQUEM. No se cuenta con información de todas las variables elegidas para todos los bofedales, por lo que se indica el número total de datos obtenidos para cada variable.

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

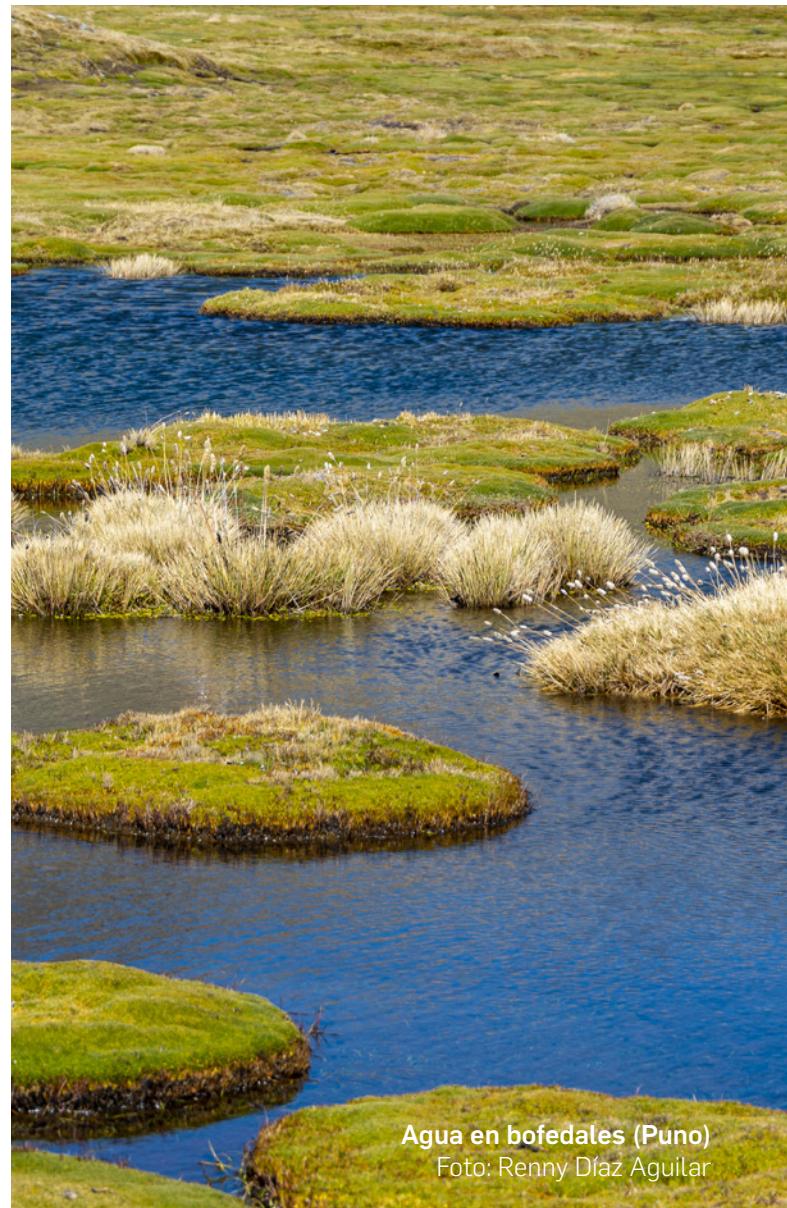
Los 116 bofedales sobre los que se obtuvo información se encuentran a una altitud promedio de 4327 m s.n.m., y van desde los 3500 hasta los 5000 m s.n.m.

2.1.1. AGUA

Para describir el agua de los bofedales del Perú, se han usado dos variables:

Hidoperíodo, diferenciando bofedales permanentes y estacionales. Se tuvo información para 77 bofedales, sólo el 18 % de ellos (14 bofedales) fueron estacionales. Esto nos indicaría que los bofedales permanentes han sido más estudiados que los estacionales.

pH del agua, con lo que se tuvo información de 70 bofedales, cuyo valor promedio fue 6.9, lo que indica que son bofedales neutros. Sin embargo, se tiene un amplio rango de valores de pH, que van de 5.3 y 9.0.



Agua en bofedales (Puno)
Foto: Renny Díaz Aguilar

2.1.2. SUELO

Para describir el suelo de los bofedales del Perú, se eligieron tres variables:

Contenido de materia orgánica en la capa superficial. Se usaron sólo los valores de la capa superficial, tomando en cuenta que esta es una variable que puede cambiar mucho dependiendo de la profundidad a la que sea evaluada; y porque no todas las publicaciones reportaban valores más profundos. Se obtuvo información de 84 bofedales, cuyo valor promedio fue 72.6%, representativo de un bofedal en buena condición (Minam, 2019). Se tiene un amplio rango de variación, con valores entre 31.5% y 96.2%.

Densidad aparente de la capa superficial. Se obtuvo información de 74 bofedales, cuyo promedio fue 0.18 g/cm³, representativo de un bofedal en muy buena condición (Minam, 2019) y con un rango de variación entre 0.03 y 0.42.

Profundidad de turba. Se encontró información sólo para 14 bofedales, cuyos valores varían de 20 a 800 cm de profundidad. Se decidió no incluir estos datos en un análisis posterior, ya que son muy pocos y con amplia variabilidad. Una probable limitación para tener más valores reportados es que la evaluación de la profundidad de la turba requiere de un equipamiento y capacitación especial.

pH del suelo. Esta variable no está incluida en la sección anterior, pero se reportó la información de 74 bofedales. El promedio fue de 6.0, con una variación entre 3.9 y 8.6. Como se ve, son valores menores a los reportados para el pH del agua, lo que se relaciona con la capacidad que tiene la materia orgánica de acidificar el ambiente. Como se esperaba, se ha encontrado una correlación directa y significativa entre los pH del agua y del suelo.



Muestra de suelo de bofedales (Ayacucho)
Foto: Pablo Najarro Cerón

2.1.3. VEGETACIÓN

Para describir la vegetación de los bofedales del Perú, se eligieron tres variables:

Cobertura de vegetación. Se encontró información para 91 bofedales, que presentaron en promedio 83.8% de cobertura vegetal, representativo de un bofedal en condición regular (Minam, 2019). Esto podría indicarnos que en general, la condición del suelo y de los bofedales evaluados es mejor que la de la vegetación. El rango de variación de esta variable oscila entre 60 y 100% de cobertura.

Especies dominantes. Se obtuvo esta información de 111 bofedales. Las principales especies dominantes fueron: *Distichia muscoides* (en 43.2% de los bofedales), *Plantago tubulosa* (en 15.3% de los bofedales) y *Oxychloe andina* (en 11.7% de los bofedales).

En los 33 bofedales restantes (que representan el 30% de los casos) dominaron otras especies de los géneros *Phylloscirpus*, *Carex*, *Festuca*, *Calamagrostis*, por mencionar los principales. Estos cuatro géneros son representativos de la formación vegetal de gramíneas y graminoides, lo que nos indicaría que este tipo de formación presenta una mayor diversidad en las especies dominantes, que en el caso de los bofedales de cojín y alfombrados.

En uno de los casos se reporta un bofedal dominado por *Aciachne pulvinata*, una especie invasiva, que es un indicador de que se trataría de un bofedal degradado.

Tipo de formación vegetal:

Revisando la composición vegetal dominante, se han logrado asignar tipos de formación vegetal a 104 bofedales. De acuerdo con ello, el 71.2% son bofedales de cojín, 15.4% son bofedales alfombrados (los dominados por *P. tubulosa*), y 13.5% corresponden a bofedales dominados por gramíneas y graminoides. No se encontraron reportes que describan bofedales dominados por musgos y arbustos.



2.2. HETEROGENEIDAD DE LOS BOFEDALES EN EL PERÚ

Se han considerado dos condiciones que nos ayudarán a entender, parcialmente, la variabilidad de condiciones que presentan los bofedales del Perú. La primera aproximación es utilizando las

macrozonas identificadas como parte de la metodología del presente inventario nacional de bofedales (ver sección 4.1.3), y la segunda siguiendo las formaciones vegetales descritas previamente (ver sección 1.3).

2.2.1. POR MACROZONA

Utilizando criterios climáticos y geográficos, se han diferenciado cuatro macrozonas en las que se desarrollan los bofedales del Perú: Páramo, Norte, Centro y Sur (ver mapa 4.2). Las macrozonas Páramo y Norte son las menos extensas y con climas más húmedos, mientras la macrozona Centro es la más extensa, y la macrozona Sur es la que presenta el clima más árido. Utilizando como base la información de los 116 bofedales ya mencionados, se han identificado a qué macrozona corresponde cada uno, y se han realizado análisis de varianza para la mayoría de las variables descritas en

la sección previa.

Los resultados obtenidos nos muestran que se cuenta con muy poca información para los bofedales de la macrozona Norte, y ninguna para los bofedales de la macrozona Páramo. A pesar de ello, se encuentra que el promedio de altitud y de cobertura vegetal es menor en los bofedales del norte que en las otras macrozonas. Entre tanto, los bofedales de la macrozona sur presentan mayores valores de pH promedio, en agua y suelo que las otras macrozonas.

Tabla 2.1: Características de los bofedales por macrozona

Macrozona	Nº datos	Altitud (m s.n.m.)	pH agua	pH suelo	% MO superficial	Densidad aparente superficial	% Cobertura vegetal
Norte	9	3759* (3538-3956)	6.7 (5.5-7.8)	5.5 (3.9-6.7)	80 (56-94)	0.16 (0.01-0.34)	72* (60-90)
Centro	40	4375 (3924-5001)	6.7 (5.3-7.8)	5.8 (4.1-7.7)	75 (32-96)	0.18 (0.06-0.42)	86 (61-98)
Sur	30	4374 (4090-4643)	7.2* (5.5-9.0)	6.6* (5.1-8.6)	67 (41-96)	0.19 (0.03-0.42)	85 (60-100)

Se muestra el promedio de cada variable y el rango de variación entre paréntesis. * indica diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

Fuente: elaboración propia.

Revisando con más detalle la información, se encuentra que la presencia de *Oxychloe andina* se da principalmente en la macrozona Sur. Y se ha reportado que *O. andina* está asociada a suelos más salinos, con pH más alcalino, y con sequías más

frecuentes (Salvador et al., 2014). La especie *Distichia muscoides*, a pesar de ser la más frecuente, no se encuentra en los bofedales de la macrozona Norte. La única especie de cojín reportada para esta última macrozona fue *Oreobolus obtusangulus*.

Tabla 2.2: Hidroperiodo de los bofedales por macrozona

Macrozona	Estacional	Permanente
Norte		8
Centro	14	29
Sur		26

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se observa que todos los bofedales estacionales que se han reportado se ubican en la macrozona Centro. Esto requeriría

de más información, pero tal vez indique que, en la macrozona sur, la presencia de bofedales estacionales es menos frecuente.

Tabla 2.3: Tipo de formación vegetal de los bofedales por macrozona

Macrozona	Cojín	Alfombrado	Gram
Norte	1	1	5
Centro	39	13	9
Sur	34	2	0

Gram= Gramíneas y graminoides

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se ha relacionado el tipo de formación vegetal del bofedal, y la macrozona en la que se presenta. Los bofedales con gramíneas y graminoides son los más comunes en el caso de la macrozona Norte, reduciendo su

importancia al avanzar hacia el sur; mientras que, los bofedales de cojín son los más frecuentes en las macrozonas Centro y Sur. Asimismo, los bofedales alfombrados han sido más reportados en la macrozona Centro.

2.2.2. POR TIPO DE FORMACIÓN VEGETAL

Al analizar las características por tipo de formación vegetal, encontramos que la altitud promedio en la que se presentan los bofedales de cojín es mayor a la de los otros tipos de bofedal. Revisando la información, se encuentra que el único bofedal de cojín reportado a menos de 4000 m s.n.m, es el único dominado por *Oreobolus obtusangulus*. Una tendencia similar ha sido reportada por Chimner y otros autores (2020) para el Parque Nacional Huascarán, en Perú; y en

ciertas zonas de Ecuador (Suárez et al., 2022). Ambos estudios indican que la presencia de *Distichia muscoides* y vegetación de cojín se da a mayor altitud que otros tipos de bofedal.

Por otro lado, se encontró que los bofedales de gramíneas y graminóides presentan una menor cobertura de vegetación, en promedio. Y los bofedales alfombrados presentan una mayor densidad aparente promedio, que los demás tipos de bofedal.

Tabla 2.4: Características de los bofedales por tipo de formación vegetal

Formación vegetal	Nº datos	Altitud (m s.n.m.)	pH agua	pH suelo	% MO superficial	Densidad aparente superficial	% Cobertura vegetal
Cojín	53	4396* (3538-4992)	7.0 (5.5 - 8.7)	6.2 (4.2-8.6)	73 (36-96)	0.17 (0.03-0.42)	85 (60-98)
Alfombrado	11	4205 (3841-4390)	6.8 (6.0 - 9.0)	5.5 (4.1-6.8)	69 (42-93)	0.26* (0.08-0.41)	86 (61-98)
Gram	12	4140 (3751-4629)	6.3 (5.3-7.8)	5.5 (3.9-7.0)	77 (45-94)	0.18 (0.06-0.34)	74* (60-90)

Se muestra el promedio de cada variable y el rango de variación entre paréntesis. * indica diferencias significativas para $p \leq 0.05$.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al hidroperiodo, encontramos que existen bofedales estacionales y permanentes para todos los tipos de formación vegetal. Esto nos indicaría

que no hay una relación directa entre el hidroperiodo y el tipo de formación vegetal del bofedal.

Tabla 2.5: Hidroperiodo de los bofedales por formación vegetal

Formación vegetal	Estacional	Permanente
Cojín	10	39
Alfombrado	3	6
Gram	1	12

Gram= Gramíneas y graminoides

Fuente: elaboración propia.

En general, encontramos una amplia heterogeneidad de los bofedales en el Perú, que en parte puede ser explicada por las diferencias en las condiciones climáticas en las que se han desarrollado. Sin embargo, con la información analizada se identifican varias tendencias que valdría la pena seguir investigando, para validar y mejorar nuestro entendimiento de los procesos que ocurren en los bofedales, y la relación entre las formaciones vegetales dominantes

y las características del bofedal. Para ello, se requiere continuar con los trabajos de caracterización, pero de manera integral, evaluando agua, suelo y vegetación.

Nuestros resultados muestran que contamos con muy poca información de los bofedales del páramo y norte del país; de los bofedales alfombrados y dominados por gramíneas y graminoides; y de los bofedales estacionales.



Equipo de trabajo para la validación de la metodología (Ayacucho)
Foto: Pablo Najarro Cerón



CAPÍTULO 3

BENEFICIOS DE LOS BOFEDALES

Alpaca comiendo vegetación
de bofedal (Cusco)
Foto: Renny Díaz Aguilar

Los bofedales generan una serie de beneficios para la población local como para el país en general. Esto

se refleja en los principales usos e intervenciones que reciben estos ecosistemas.

3.1. FORRAJE PARA EL GANADO

La provisión de forraje es uno de los beneficios más importantes de los bofedales, especialmente para las comunidades locales que dependen de la crianza de animales. Los bofedales son aprovechados para alimentar al ganado nativo, como las alpacas; y al ganado introducido, como los ovinos, vacunos y equinos (Postigo et al., 2008; Maldonado-Fonkén, 2014; Yager et al., 2021).

Algunos estudios detallados han logrado valorar este aporte.

Gandarillas y otros autores (2016) estudian en Bolivia a las familias que se dedican a la crianza de alpacas en los bofedales. Sus resultados muestran que se benefician, en promedio, con una llama y ocho alpacas al año. Este beneficio, usando el precio del mercado de referencia, asciende a US\$1800 por familia al año. Si a esto le sumamos la ganancia que se puede obtener a partir de la venta de la lana de los animales; este monto puede ascender a US\$4600 por familia al año.

3.2. ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Como se ha mencionado, los bofedales tienen una gran capacidad de almacenar carbono. Y entender el flujo de carbono en las turberas es uno de los temas de mayor interés actual, debido a las implicancias que tiene para las medidas de mitigación ante el cambio climático (Biancalani y Avagyan, 2014).

En este contexto actual de cambio climático, es importante diferenciar dos tipos de valores: i) el de almacenamiento de carbono, que se refiere a cuánto carbono ya se encuentra en la turba contenida en el bofedal, llamada comúnmente "carbono secuestrado", cuyos valores comúnmente se estiman por unidad de área, sea en metros cuadrados, hectáreas o bofedales;

y ii) la tasa de captura de carbono, realizada a través de la fotosíntesis de las plantas, y que convierte el CO₂ en componentes orgánicos almacenados en las plantas. Estas tasas siempre se expresan por unidad de tiempo, ya sea por minuto, hora o año.

Algunos estudios particulares han mostrado que, por ejemplo, el humedal altoandino de Chalhuanca (Perú) almacena aproximadamente 795 415.65 toneladas de CO₂ (Alvis y Ccoropuna et al., 2021). También encontramos estudios que incluyen la valoración de este servicio. Medina y otros autores (2020) determinaron que el carbono almacenado en los bofedales en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (Perú), fue

en promedio de 639.39 Mg/ha de CO². A partir de ello se valorizó, usando el precio de mercado voluntario (US\$6.39 -dólares americanos por tonelada de CO²), estimando un monto de US\$45 291 274.34, para los bofedales de esta Reserva Nacional. Entre tanto, un estudio desarrollado en el Parque Nacional Huascarán (Perú), indica que la captura de carbono en áreas conservadas de un bofedal estuvo entre 0.76 y 1.07 g de CO²/m²/ha (Planas y Clarke, 2018).

Cuando se habla de acciones de mitigación, habitualmente se requiere información de las tasas de captura de carbono que pueden alcanzar los diferentes ecosistemas. En el caso de los bofedales, se deben promover acciones de conservación para evitar que el carbono ya almacenado en el suelo sea perdido a través de emisiones de CO², como se explicará más adelante.

3.3. ALMACENAMIENTO DE AGUA

Aunque se ha comentado sobre la gran capacidad de almacenamiento de agua que tienen los bofedales, no hemos encontrado información que estime la cantidad real de agua que pueden mantener. Se ha encontrado

información sobre la importancia de los bofedales como lugares para la captación del agua, cuando presenta buena calidad y es apta para el consumo, en Bolivia y Argentina (Gandarillas et al., 2016; Rubio et al., 2017).

3.4. ECOTURISMO

Existen algunas experiencias que muestran que se pueden promover actividades ecoturísticas, asociadas a los paisajes con bofedales. Por ejemplo, en Bolivia, se cuenta con un albergue cerca al bofedal Caripe, lo que genera ingresos económicos a

la población local (Gandarillas et al., 2016). Asimismo, en Argentina se identificó de manera participativa que el uso turístico era uno de los principales beneficios que generaba el humedal (Rubio et al., 2017).



CAPÍTULO 4

PRINCIPALES AMENAZAS PARA LOS BOFEDALES

La intervención humana, cuando no es bien manejada, se convierte en una amenaza para la integridad de los bofedales y para asegurar que

sus beneficios se mantengan a largo plazo. En este sentido, las principales amenazas reportadas son:

4.1. ALTERACIONES HIDROLÓGICAS

Las alteraciones hidrológicas agrupan a diversas causas que generan cambios en la cantidad de agua que llega al bofedal, o intervenciones que se realizan dentro del bofedal, que alteran el flujo natural del agua en su interior. Por ejemplo, hay pobladores locales que construyen canales de drenaje para secar áreas y facilitar el acceso del ganado a pastos, afectando ciertas zonas dentro del bofedal (Fuentealba y Mejía, 2018; Suárez et al., 2022). En otros casos se incrementa el volumen de extracción de agua de los bofedales para consumo humano

o para la actividad minera (Verzijl y Quispe, 2013). También se ha visto que la construcción de carreteras alrededor de un bofedal puede cambiar los flujos naturales de entrada y alimentación del bofedal. Este efecto es mayor aun cuando la carretera atraviesa un bofedal.

Sin importar las causas que lo generan, la reducción del aporte hídrico al bofedal reducirá el nivel de la capa freática, alterando el hidroperiodo y el nivel de saturación del suelo. Esto permitirá la entrada de aire en la capa superficial de la turba, acelerando la velocidad de descomposición, lo que incrementará la tasa de emisión de CO₂. Como resultado final, se reduce el contenido de materia orgánica en la turba (Benavides et al., 2014; Biancalani y Avagyan, 2014). Asimismo, estas condiciones de menor saturación de agua en el suelo pueden afectar la sobrevivencia de las especies hidrófilas, y favorecer la entrada de otras especies, más características de los pastizales.

El componente más importante para asegurar la sostenibilidad de los bofedales es el agua. Una vez que los bofedales se desconectan de las fuentes que lo alimentan de agua, o se altera el flujo hidrológico natural, la restauración de estos sistemas es muy difícil (Yager et al., 2021).



Canales de drenaje (Tacna)
Foto: Pablo Najarro Cerón

4.2. EXTRACCIÓN DE TURBA

Esta es una gran amenaza para los bofedales en el Perú (Salvador et al., 2014; Maldonado-Fonkén, 2014), y se refiere a la intervención del bofedal para sacar el suelo rico en materia orgánica. Por ejemplo, en zonas en que se tiene acceso limitado a leña, la población local extrae turba, la seca y la usa como combustible para cocinar. A esta actividad se le llama champeo, y sus impactos han sido muy poco evaluados.

Sin embargo, la práctica más nociva es la extracción de turba en grandes volúmenes, para luego ser vendida y usada como abono en viveros urbanos (Maldonado-Fonkén, 2014; Vargas-Machuca, 2017). En estos casos, primero se crean canales de drenaje para facilitar la extracción de la turba, y luego se extraen varios centímetros

de profundidad de la turba junto a la cobertura vegetal, generando un proceso de transformación completa del ecosistema (Rydin y Jeglum, 2013). Se ha encontrado que las zonas afectadas por esta gran extracción de turba presentan alteraciones hidrológicas y menor cantidad de materia orgánica que en los bofedales no alterados (Vargas-Machuca, 2017).

La recuperación de áreas que han sido severamente afectadas con extracción de turba es muy complicada, porque primero se requiere recuperar el flujo hídrico y la saturación del suelo, luego la turba, y finalmente la cobertura vegetal. Por lo explicado, se le considera como una de las amenazas más importantes para la integridad de los bofedales.



4.3. SOBREPASTOREO

El sobrepastoreo se refiere a un manejo inadecuado del ganado, permitiendo que el número de animales que pastorea un lugar supere la carga animal deseable. Esta es la práctica que con más frecuencia se identifica como factor de degradación en bofedales (Salvador et al., 2014; Maldonado-Fonkén, 2014; Cochi Machaca et al., 2018), aunque no es tan perjudicial como las mencionadas previamente.

El sobrepastoreo cambia la composición de especies y reduce la cobertura vegetal, ya que no permite la recuperación de la biomasa aérea de la vegetación que consume, incrementando la mortalidad de algunas plantas, y dejando áreas con la turba expuesta (Enriquez et al., 2015; Cochi Machaca et al., 2018, Suárez et al. 2022). Incluso cuando no hay sobrepastoreo, se ha encontrado que la presencia del ganado incrementa la abundancia de hierbas introducidas (Molinillo y Monasterio, 1997; Suárez et al., 2022).

La presencia de algunas de estas hierbas introducidas se ha propuesto como indicador de degradación, ya que incrementan su abundancia en áreas que han sido sobrepastoreadas (Minam, 2019). Este es el caso de *Aciachne pulvinata* y *Deyeuxia rigescens* (Salvador et al., 2014; Cochi Machaca et al., 2018), y de *Werneria nubigena* (Fuentealba y Mejía, 2016).

Por otro lado, el pisoteo constante de la vegetación de cojín favorece a que estos se fraccionen, permitiendo

la erosión hídrica de la turba, y creando parches de vegetación de cojín, rodeados de agua (Urbina y Benavides 2015). Asimismo, se ha encontrado que, en bofedales más estacionales, el pisoteo constante del ganado puede generar un incremento en la densidad aparente de la capa superficial del suelo, erosión y pérdidas de carbono (Enriquez et al., 2015). La compactación del suelo, a su vez, podría reducir la capacidad de retención de agua en la turba, afectando su función de regulador hídrico (Urbina y Benavides, 2015; Suárez et al., 2022).

El impacto del sobrepastoreo también dependerá del tipo de ganado presente. Las alpacas, especies adaptadas a estas condiciones, generan menos impactos que el ganado vacuno u ovino. Pero se ha encontrado que el estiércol del ganado, en general, podría aumentar los nutrientes disponibles en el agua, generando cambios en la vegetación dominante, e incrementando las emisiones de CO₂ (Urbina y Benavides, 2015).

La recuperación de áreas sobre pastoreadas, en las que no ha habido alteraciones hidrológicas, ni una compactación grave del suelo, será un poco lenta, pero posible. Y debería empezar por eliminar temporalmente la actividad de pastoreo en el lugar, y ayudando a recuperar la cobertura vegetal natural del bofedal, tal vez con translocación de vegetación nativa, en bajos volúmenes, desde áreas cercanas.

4.4. OTRAS AMENAZAS

El cambio climático, de manera aislada, puede generar alteraciones hidrológicas y favorecer la fragmentación del bofedal (Dangles et al., 2017), además de acelerar procesos de generación de drenaje ácido de roca. Sin embargo, sabemos que los efectos del cambio climático generan sinergias con los impactos antrópicos, acelerando procesos de desecación y degradación de los ecosistemas (Cochi Machaca et al., 2018). Es por ello que siempre es un factor para tomar en cuenta.

Es importante mencionar que actualmente existe un debate entre los científicos con relación a la importancia que tienen los glaciares en el mantenimiento de los bofedales, lo que a su vez nos deja la incógnita sobre el impacto que tendrá

el retroceso glaciar en los bofedales (Cooper et al., 2010; Dangles et al., 2017; Polk et al., 2017; Cooper et al., 2019).

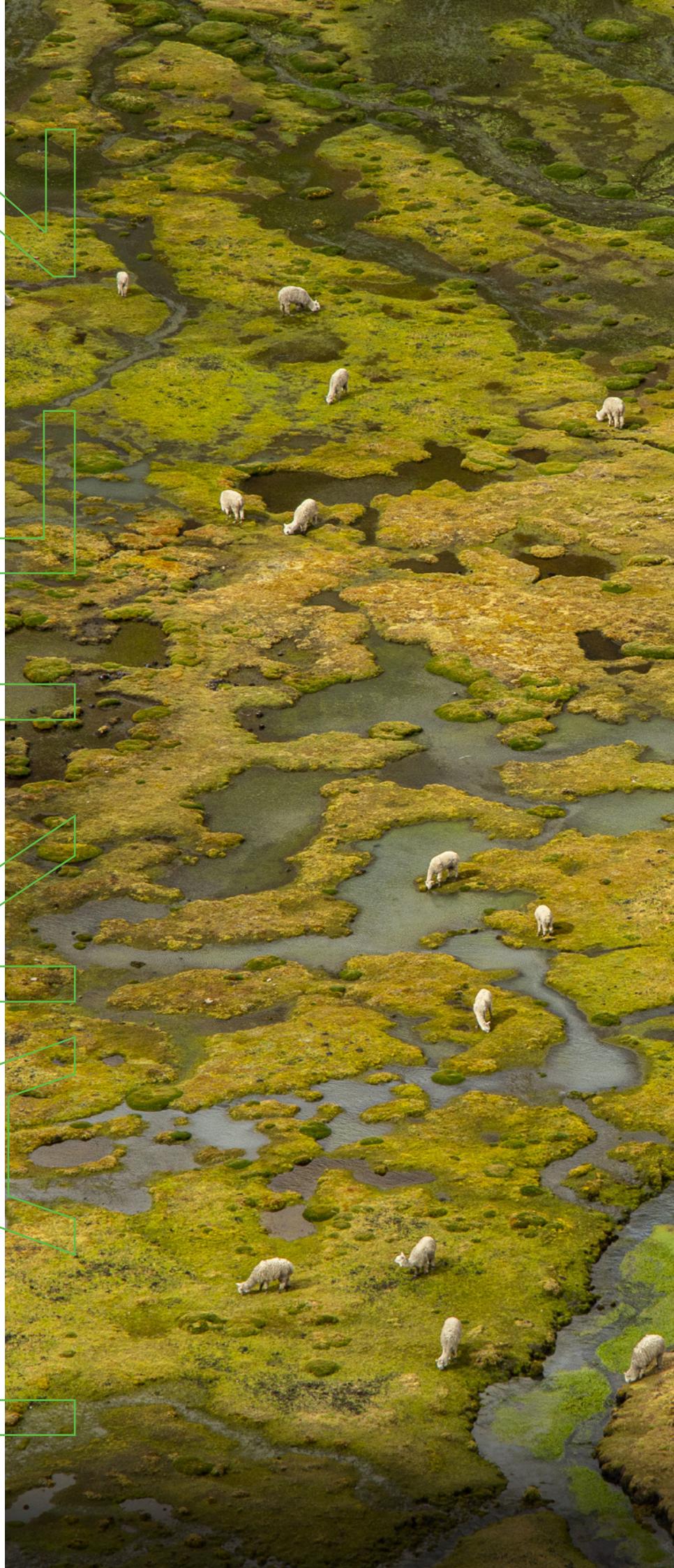
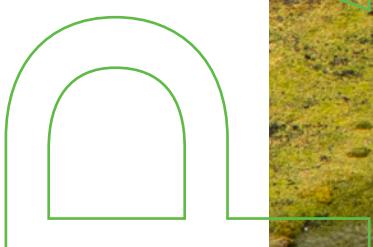
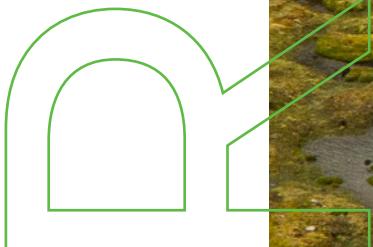
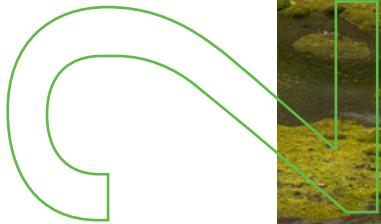
Cambios en la calidad del agua, referido al incremento de metales pesados en las fuentes de agua que llegan al bofedal. Este cambio se puede relacionar a la contaminación por presencia de relaves mineros o a procesos de contaminación natural, como el drenaje ácido de roca. No conocemos aún los impactos que esto genera en los bofedales, porque no sabemos lo suficiente sobre el proceso de purificación del agua en bofedales, ni los umbrales de tolerancia que presentan las diferentes especies a los distintos metales. En este sentido, hay mucho aún por investigar y conocer.



Construcción de represas, como fuentes de agua y/o de hidroeléctricas. Este tipo de infraestructura frecuentemente se construye en bofedales, generando la pérdida de estos ecosistemas (Seimon et al., 2017).

El turismo no planificado, que usa las áreas de bofedal en proceso de degradación como sitios de campamento, o que usa senderos que atraviesan estos bofedales, pisoteando aún más el área.

El cultivo de pastos mejorados en áreas de bofedal, aprovechando su humedad permanente y contenido de materia orgánica. Esta es una práctica observada en bofedales ubicados a baja altitud (menor a 4000 m s.n.m.).





PARTE 2

**INVENTARIO NACIONAL
DE BOFEDALES**

**Bofedal de Ocoruruni en
cordillera Apolobamba (Puno)**
Foto: Renny Díaz Aguilar



CAPÍTULO 1

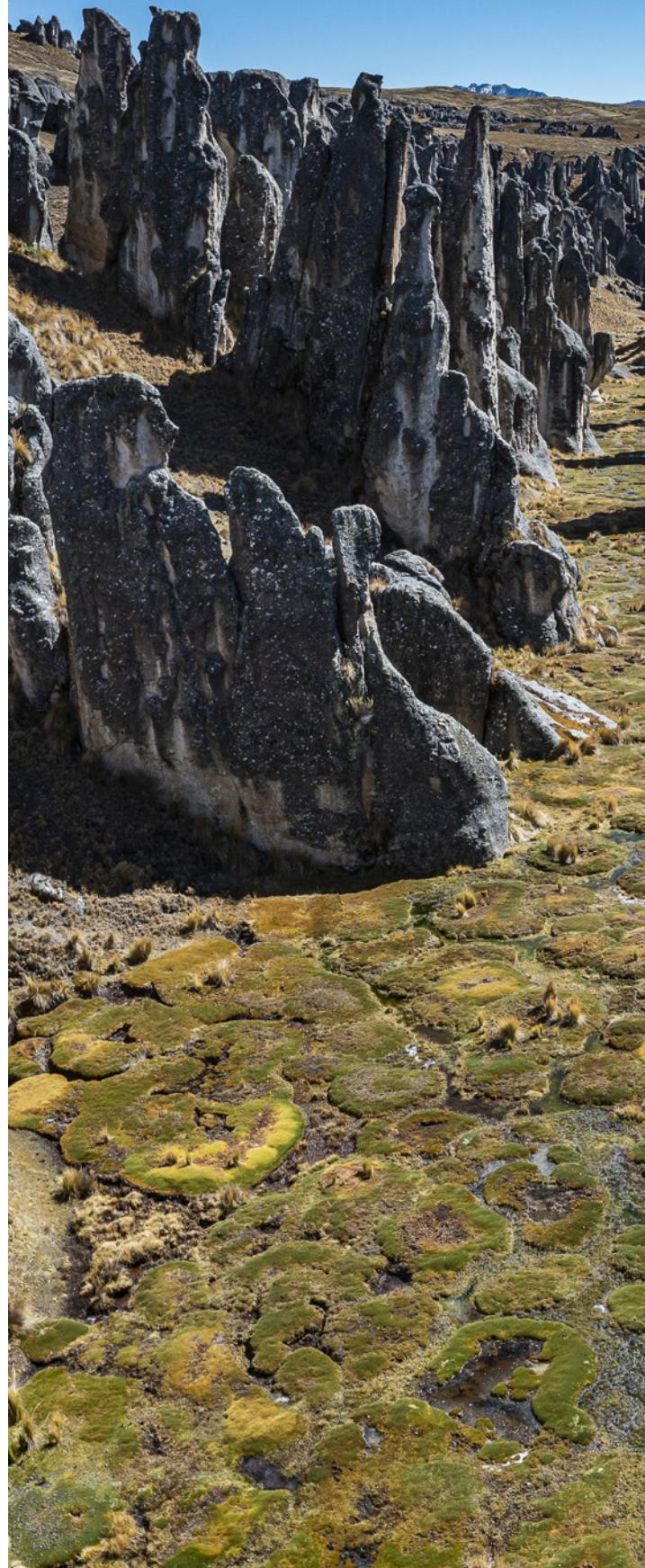
ANTECEDENTES

El 12 de diciembre del 2014 se promulgó la Ley N° 30286, que creó al INAIIGEM como un organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente (MINAM). En el artículo 4 de dicha norma, se establece la realización del inventario Nacional de Bofedales, “determinando su cantidad, estado y superficie, en coordinación con las entidades vinculadas”

En el 2018, el MINAM publicó el mapa nacional de ecosistemas, que incluye información sobre los bofedales. Estos son ecosistemas de alta montaña, compuestos principalmente por áreas húmedas y suelos saturados, formados por la acumulación de agua proveniente del deshielo de glaciares y de precipitaciones.

El mapa nacional de ecosistemas del MINAM presentó la clase bofedal, la cual fue realizada dentro de la región natural andina, con bioclima húmedo/súper húmedo (macroprovincia de humedad), con fisionomía (formación vegetal) de plantas de cojín (almohadillas), ubicado en fisiografía de montaña (altiplanicie y ladera), y con una cobertura vegetal de escala de mapeo de 1:100 000 y área mínima cartografiable de 20 ha, realizada con imágenes Landsat. (Minam, 2018)

En julio del 2020 se inició la etapa I para el desarrollo del primer inventario nacional de bofedales del país, con la elaboración de la propuesta metodológica, a través de la revisión de literatura y consulta con





Bosque de Rocas Jaylluwa (Puno)
Foto: Renny Diaz

expertos en temas de teledetección, que sustentan la identificación de la metodología más apropiada. Adicionalmente, se desarrolló la propuesta de tipos de cobertura vegetal y zonificación.

En abril del 2021 se inició la etapa II, con la validación en campo de la propuesta metodológica del primer inventario nacional de bofedales del país. Se realizó el recojo de firmas espectrales e información descriptiva de especies vegetales (tipo, altura, formación vegetal dominante), medición de pH en agua y suelo, nivel de la napa freática y muestras de suelo de los primeros 15 cm en bofedales. Esto fue complementado con información de pendiente dominante, ubicación topográfica, presencia de ganado, evidencia de sobrepastoreo, cojines en descomposición, canales de drenaje, extracción de turba y otras potenciales amenazas presentes.

En marzo del 2022 se inició la etapa III, con la programación de la metodología y generación de resultados para el primer inventario nacional de bofedales, a través del Google Earth Engine y con códigos en JavaScript. Se realizó la recopilación de la información satelital disponible para la creación de mosaicos de toda la zona altoandina, la aplicación de metodología y la exportación de resultados de identificación de bofedales a nivel nacional. Y finalmente se elabora el presente documento para presentar los resultados del trabajo.



CAPÍTULO 2 OBJETIVOS

Bofedal en complejo hidrológico
"Lagunas del Alto Perú" (Cajamarca)
Foto: Pablo Najarro Cerón

OBJETIVO GENERAL

Brindar información nacional sistemática y detallada de la ubicación y extensión de los bofedales en el Perú, para dar soporte a la toma de decisiones vinculadas a su gestión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar una metodología con teledetección de identificación de los bofedales, que sea estandarizada, semiautomatizada, y adaptada a las condiciones particulares de los bofedales del Perú.
- Mejorar la capacidad de identificación de bofedales que actualmente tiene el mapa nacional de ecosistemas.
- Proporcionar información departamental sobre la ubicación y extensión de los bofedales del Perú.
- Caracterizar los diferentes tipos de bofedales a nivel nacional.
- Establecer la línea de base detallada y cuantificable para facilitar la elaboración y comparación de información del inventario nacional de bofedales, cada cinco años.



CAPÍTULO 3
ALCANCE

Comunidad Chimboya, bofedal del
Pucaccacca (Puno)
Foto: Renny Díaz Aguilar



Abra Chimboya (Puno)

Foto: Patricia Barros Pozo

El inventario nacional de bofedales (INB) tiene un alcance espacial de identificación de bofedales en una superficie de 23 257 072.8 ha, que representa el 18 % de todo el territorio peruano, con nivel de detalle distrital, distribuido y presentado en 19 departamentos del Perú. Según la metodología seguida, la unidad mínima cartografiable (UMC); es decir, el tamaño mínimo de bofedal identificable, es de 0.09 ha.

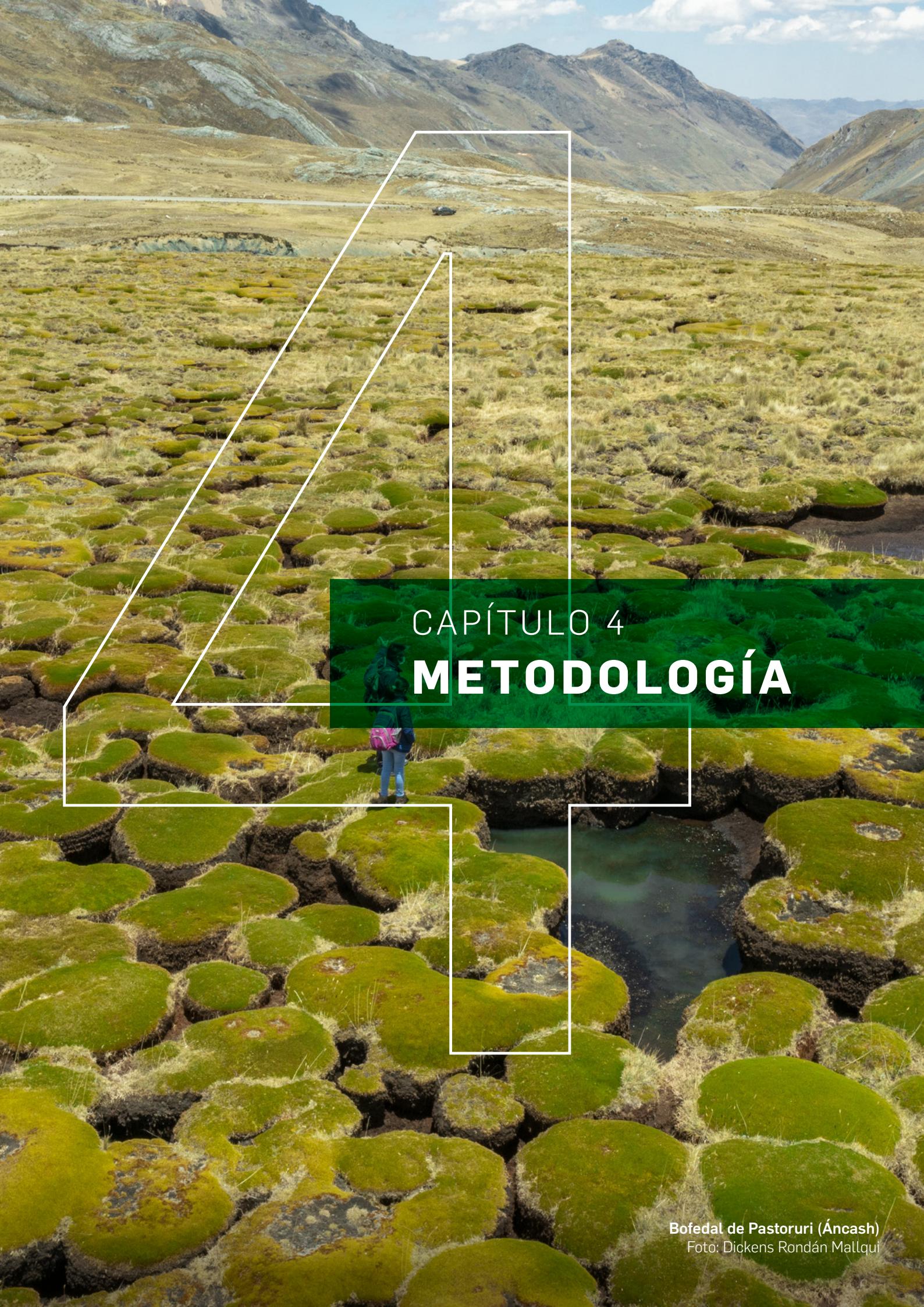
Para aplicar la metodología, fue necesario zonificar la sierra peruana, de acuerdo a las condiciones que influyen en el desarrollo de los bofedales, para ajustar los parámetros de identificación de estos ecosistemas, presentando un alcance de heterogeneidad geográfica en 4 macrozonas.

Debido a la diversidad de los bofedales, se identificaron tres tipos de comunidades vegetales, para ser incorporados en la metodología a través de sus firmas espectrales, obteniendo un alcance de detecciónpectral por dominancia de cinco

especies vegetales principales. Se presentó en conjunto con otros cinco indicadores la caracterización de los bofedales, conforme a la definición conceptual dada por Minam (2018).

La escala temporal para los resultados presentados en este primer inventario nacional de bofedales, fue realizado en base a las imágenes satelitales Sentinel 1 y 2 de la temporada húmeda, comprendida entre los meses de marzo a mayo del 2021.

El uso de la plataforma GEE hizo posible el acceso a una gran cantidad de imágenes satelitales de observación terrestre gratuitas, con enorme peso, y manejarlas desde la nube; procesándolas con herramientas de teledetección para datos geoespaciales. Esto permitió generar y extraer los resultados para el primer inventario nacional de bofedales con mayor velocidad; por lo que se cuenta con todos los códigos programados en lenguaje de JavaScript, que podrán ser utilizados para los siguientes inventarios.



CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

Bofedal de Pastoruri (Áncash)
Foto: Dickens Rondán Mallqui

4.1 MARCO METODOLÓGICO

En el contexto de la teledetección, las metodologías refieren a los enfoques, técnicas, procedimientos o estrategias utilizadas para llevar a cabo el análisis de imágenes de la tierra obtenidas a través de sensores remotos, con el objetivo de recoger información y conocimiento sobre la superficie terrestre. Las metodologías en teledetección evolucionan constantemente con los avances en tecnología, nuevos métodos y técnicas de análisis de datos, y la disponibilidad de imágenes de mayor resolución y precisión.

La elección de una metodología adecuada en teledetección depende de la disponibilidad de datos y los objetivos de estudio, con una amplia variedad de técnicas y enfoques de clasificación supervisada en teledetección, que buscan determinar a qué clase pertenece una imagen o pixel en función de patrones estadísticos observados en clases conocidas. Estos patrones son obtenidos a partir del comportamiento espectral de las clases conocidas. Así, se justifica el uso del árbol de decisiones, como la metodología para el primer inventario nacional de bofedales, debido a su capacidad de manejar datos heterogéneos, como lo son los bofedales por su gran diversidad de especies que lo componen y su variabilidad temporal. Además, esto es importante frente a la falta de información que incluya los indicadores de presencia de bofedales a nivel nacional; es flexible en la definición de reglas de clasificación para las características marcadas de los bofedales y ofrece

resultados interpretables, facilitando la comprensión y posibilitando un mayor ajuste. Por consiguiente, se realizó el detalle técnico que sustenta las razones mencionadas¹.



Bofedal alfombrado (Huancavelica)
Foto: Raquel Ríos Recra

1. CAPACIDAD PARA MANEJAR DATOS HETEROGÉNEOS

El clasificador del árbol de decisiones es capaz de manejar datos heterogéneos, lo que significa que puede trabajar con diferentes tipos de características, como datos espectrales, topográficos

o de textura. Esto es especialmente útil en zonas de estudio con características topográficas distintas, donde la información puede variar significativamente de una región a otra.

2. ROBUSTEZ FRENTE A POCA INFORMACIÓN

En zonas con poca información o datos limitados, el clasificador de árbol de decisiones puede ser una buena opción, ya que no requiere grandes cantidades de datos de entrenamiento para obtener resultados aceptables. Además, el

clasificador de árbol de decisiones es menos propenso a overfitting (sobreajuste), en comparación con otras técnicas de aprendizaje supervisado, lo que lo hace adecuado para trabajar con datos limitados.

3. FLEXIBILIDAD EN LA DEFINICIÓN DE REGLAS DE CLASIFICACIÓN

El clasificador del árbol de decisiones permite la definición de reglas de clasificación basadas en umbrales y condiciones lógicas, lo que brinda flexibilidad en la definición de criterios de clasificación.

Esto puede ser útil en zonas de estudio heterogéneas, donde las características de interés pueden variar significativamente en diferentes áreas.

4. INTERPRETABILIDAD DE LOS RESULTADOS

Los árboles de decisiones son modelos interpretables, lo que significa que los resultados de clasificación son fáciles de entender y explicar. Esto es importante en aplicaciones de

teledetección, donde la transparencia y la interpretación de los resultados son importantes, como en la toma de decisiones basada en información geoespacial.

5. EFICIENCIA COMPUTACIONAL

El clasificador de árbol de decisiones es computacionalmente eficiente y rápido, en comparación con otras técnicas de aprendizaje supervisado más complejas, como las redes neuronales o

el aumento de gradiente. Esto puede ser ventajoso en zonas de estudio grandes o con grandes volúmenes de datos, donde la eficiencia computacional es un factor importante.

4.1.1. DETERMINACIÓN DE INDICADORES

Los indicadores en teledetección son esenciales porque permiten cuantificar características como la temperatura, humedad, altura, entre otras. También ayuda a simplificar y resumir en conjunto de datos manejables para su análisis e interpretación, mediante la identificación de patrones, tendencias, cambios y relaciones entre diferentes variables, facilitando la comprensión de los procesos terrestres. Finalmente simplifica la comunicación de forma efectiva y accesible para una amplia gama de usuarios. Por tal motivo, para iniciar la determinación de los indicadores, se tomó del documento "Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas del Perú" de Minam (2018) la definición del ecosistemas bofedal:

"Ecosistema andino hidromórfico con vegetación herbácea de tipo hidrófila, que se presenta en los andes sobre suelos planos, en depresiones o ligeramente inclinados; permanentemente inundados o saturados de agua corriente (mal drenaje), con vegetación densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín; la fisonomía de la vegetación corresponde a herbazales de 0,1 a 0,5 metros. Los suelos orgánicos pueden ser profundos (turba)".

Se determinaron seis indicadores para los bofedales, que cuantifican características visibles con la teledetección, para posteriormente obtener umbrales de clasificación que discrimine sus características propias a nivel de macrozonas, permitiendo una evaluación detallada y comparativa.

1. ELEVACIÓN

Los bofedales se desarrollan en un rango altitudinal determinado (desde los 3000 m s.n.m. en la sierra norte, hasta los 5500 m s.n.m. en la zona centro y sur de la cordillera de los andes peruanos),

lo que facilita la determinación del área en que se pueden encontrar estos ecosistemas. La técnica aplicada en este indicador fue el modelo de elevación digital (DEM).

2. TOPOGRAFÍA

La presencia de los bofedales es mayor en las depresiones de forma cóncavas, hasta terrenos con una

forma ligeramente convexa. La técnica aplicada en este indicador fue el índice de posición topográfica (TPI).

3. INCLINACIÓN DEL TERRENO

Como se indica en la definición, los bofedales se presentan en áreas planas o con poca inclinación.

La técnica aplicada en este indicador fue la pendiente.

4. HUMEDAD DEL SUELO

Como se indica en la definición, los bofedales se presentan en áreas permanentemente inundadas o

saturadas de agua corriente. La técnica aplicada en este indicador fue el índice de humedad (NDII).

5. TIPO DE VEGETACIÓN

Como se indica en la definición, la vegetación dominante es herbácea de tipo hidrófila, densa, compacta, siempre verde; y en muchos casos de porte almohadillado o en cojín.

La técnica aplicada en este indicador fue el Linear Spectral Unmixing (LSU) y se requirió un trabajo complementario que será descrito más adelante.

6. PORTE DE VEGETACIÓN

Como se indica en la definición, la vegetación de bofedales corresponde a herbazales de 10 a 50cm de altura.

La técnica aplicada en este indicador fue la Intensidad.



Laguna Ancasi (Puno)
Foto: Renny Díaz Aguilar

4.1.2. TIPO DE VEGETACIÓN CONSIDERADA COMO BOFEDAL

Para incorporar apropiadamente la heterogeneidad de especies vegetales que crecen en los bofedales, se realizó una revisión bibliográfica, identificando artículos en los que se diferencian comunidades vegetales y formas de crecimiento de la vegetación en los bofedales del Perú (ver mapa 4.1). A partir de ello, se realizó una propuesta de "tipos de vegetación", que presentaran formas de crecimiento diferentes, y que pudieran ser

incorporadas en el inventario, a partir del uso de firmas espectrales. Esta propuesta fue presentada, ajustada y validada en el "Taller de propuesta de clasificación de comunidades vegetales de bofedales" en el que participaron diferentes expertos en botánica del Perú, con experiencia de trabajo en bofedales.

Los tres tipos de vegetación que se aprobaron fueron:

BOFEDALES DE COJÍN Y/O ALFOMBRADAS

Esta clase junta dos comunidades vegetales, la de porte almohadillado o en cojín y la alfombrada. Ambas tienen una forma de crecimiento similar, siempre verde, que pueden llegar a compartir especies vegetales. Bofedal dominado por ello, se considera que esta unión es propicia para facilitar la detección remota de este bofedal, ya que en algunas guías internacionales

a las comunidades alfombradas las llaman "cojines planos". Su distribución está reportada en todo el país.

Principales especies vegetales:
Distichia muscoides, *Oxychloe andina*, *Plantago tubulosa*, *Plantago rigida*, *Werneria pygmaea*, *Distichia filamentosa*, *Distichia acicularis*, *Oreobolus obtusangulus*.



Bofedales en periodo seco (Puno)
Foto: Renny Díaz Aguilar

BOFEDALES DE GRAMÍNEAS Y GRAMINOIDES:

Esta clase de bofedal es menos frecuente que el anterior. Su forma de crecimiento es la de un pastizal de hasta 50-60cm de altura de planta, pero saturado de agua, por lo menos estacionalmente. Esto es lo que lo diferencia del césped y del pajonal de puna. Las familias de plantas más comunes de este bofedal son las poáceas, ciperáceas y juncáceas. Su

distribución está reportada en casi todo el país, principalmente en la vertiente occidental del Perú.

Principales especies vegetales:

Calamagrostis spp., *Festuca spp.*, *Carex spp.*, *Eleo- charis albibracteata*, *Phylloscirpus spp.*, *Cortaderia spp.*, *Poa annua*, *Zameioscirpus spp.*, *Juncus spp.*, *Luzula spp.*

BOFEDALES DOMINADOS POR MUSGOS

Esta clase está conformada por bofedales en que dominan musgos, principalmente del género *Sphagnum*. También pueden estar acompañadas de arbustos y líquenes. Su registro es poco común, presentándose en el este y norte del

Perú, en zonas asociadas a Páramo y Jalca (Maldonado Fonkén, 2014).

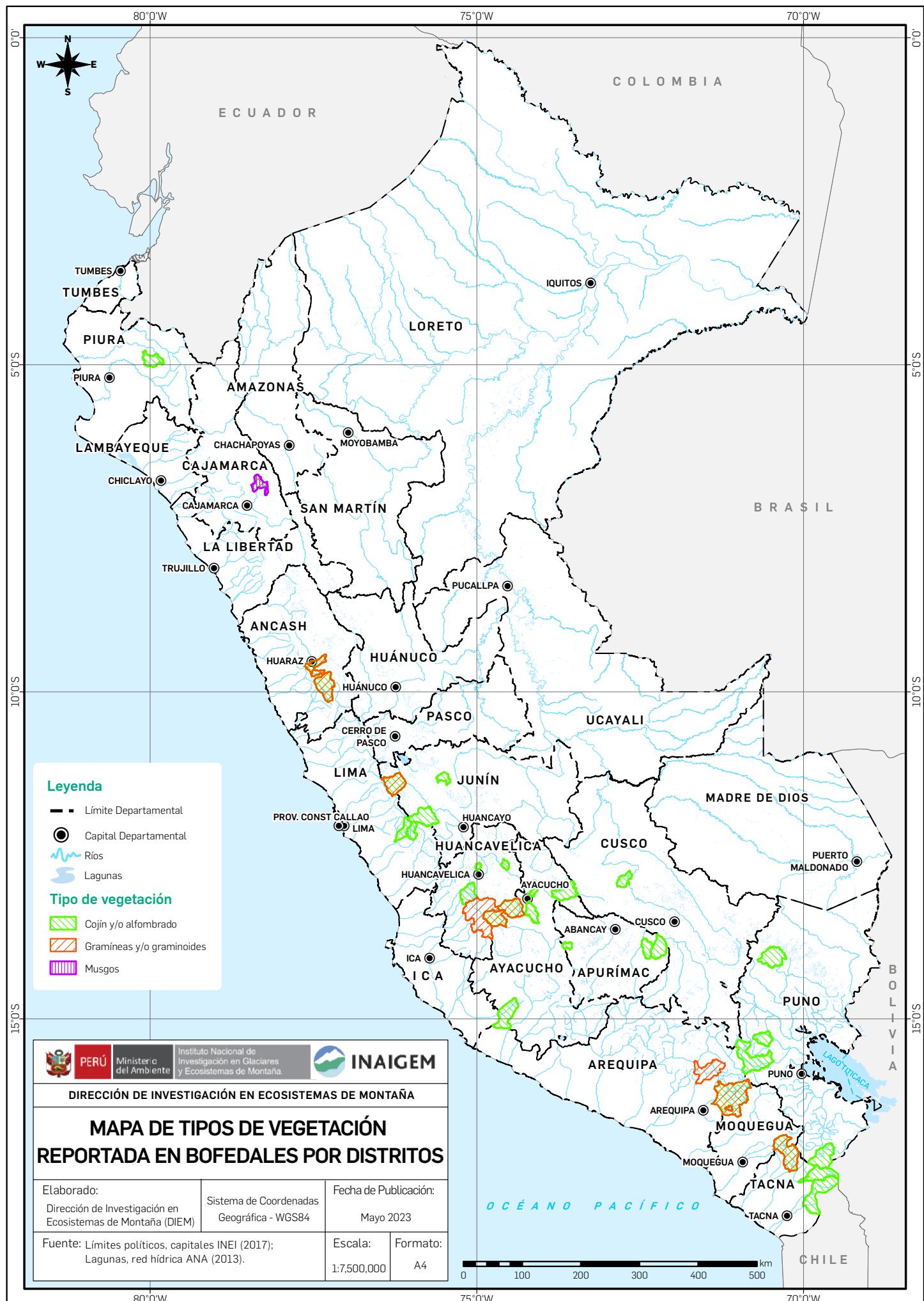
Principales especies vegetales:

Sphagnum spp., *Cladina spp.*, *Loricaria lycopodinea*, *Loricaria ferrugina*, *Vaccinium floribundum*.



Bofedal conformado por especies dominantes de musgos (Cajamarca)
Foto: Pablo Najarro Cerón

Figura 4.1: Tipos de vegetación reportada en bofedales por distritos



Fuente: elaboración propia

4.1.3. ZONIFICACIÓN DEL ÁMBITO DE DESARROLLO DE BOFEDALES

Se llevó a cabo la zonificación de la superficie altoandina en la cordillera de los Andes del Perú, con el objetivo de mejorar la capacidad de detección de los bofedales, que muestran una gran variabilidad ambiental. Como resultado, se delimitaron cuatro macrozonas que presentan características homogéneas.

Esta delimitación respondió a cinco criterios geoambientales: (1) altitud, incorporado a través de un modelo de elevación digital (DEM)²; (2) latitud, (3) precipitación y (4) temperatura, incorporados a través del uso de la clasificación climática del Perú de SENAMHI³ que integra estos tres criterios; y

(5) principales hoyas hidrográficas, incorporada a través de las vertientes hidrográficas de la ANA⁴. Finalmente, la clase de bofedales del mapa nacional de ecosistemas de MINAM⁵ se utilizó para identificar y confirmar la presencia de bofedales en áreas de límites o bordes de macrozonas propuestas.

Las cuatro macrozonas presentan una superficie distinta, siendo la macrozona centro la más extensa y la macrozona páramo la más pequeña (*esta macrozona corresponde a la distribución del ecosistema páramo del mapa de ecosistemas de MINAM). Se muestra la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Superficie de Macrozonas

Macrozona	Superficie	
	(ha)	(%)
Páramo	83 657.4	0.4
Norte	994 291.2	4.3
Centro	16 055 590.1	69.0
Sur	6 123 534.1	26.4
Total	23 257 072.8	100

Fuente: elaboración propia.

La distribución de las altitudes en la macrozona de páramo presenta las menores elevaciones, que va desde los 3000 hasta los 4000 m s.n.m., seguido de la macrozona norte que va desde los 3600 hasta los 4750 m s.n.m.; siendo las macrozonas centro y sur las que presentan elevaciones mayores, que van desde los 3900 hasta los 500 m s.n.m.

Las cuatro macrozonas se despliegan en las hoyas hidrográficas del Pacífico, Amazonas y Titicaca. En la incorporación de las vertientes hidrográficas, se obtuvo presencia de la vertiente del Pacífico y del Amazonas, en las macrozonas de Páramo, Norte y Centro, estando

presente la vertiente del Titicaca sólo en las macrozonas Centro y Sur. El aporte de la divisoria de aguas de las vertientes del Pacífico y la Amazónica en la delimitación de la macrozona Centro con la Sur ha sido significativo en gran parte de la zona.

El aporte de cada vertiente, en términos de porcentaje del territorio que cubren las cuatro macrozonas, puede variar dependiendo de la región específica y los límites exactos de cada macrozona. Siendo en general la estimación calculada en la vertiente del Pacífico en un 31.1%, la vertiente amazónica en un 52.6% y la vertiente del Titicaca en un 16.4% del territorio.



Figura 4.2: Mapa de Macrozonas afín al desarrollo de bofedales



Fuente: elaboración propia

El mapa 4.2 muestra las cuatro macrozonas delimitadas, con claras diferencias en la superficie que cubre cada una (ver tabla 4.5). Dentro de cada macrozona, se ha encontrado que los bofedales se desarrollan en condiciones más homogéneas. Por ello, para cada macrozona se han establecido umbrales de detección diferentes y para cada indicador, lo que ha mejorado la capacidad de identificación de bofedales de la metodología. (ver punto 2 de la subsección Posprocesamiento).

El criterio climático utilizado para delimitar las cuatro macrozonas aportó información sustancial de caracterización ambiental, que resalta las diferencias de las diversas condiciones de desarrollo de los bofedales (ver mapa 4.3).

El clima dominante en la macrozona de Páramo fue A (r) B' con 54.2% y B (r) B', con 37.2 % de su territorio. Estos climas se caracterizan por presentar precipitación efectiva lluviosa a muy lluviosa, distribución de la precipitación en el año abundante, en todas las estaciones y eficiencia de temperatura templada.

El clima dominante en la macrozona norte fue A (r) C' con 39.7% y B (r) B' y B (r) B' presente en el 31 %. Estos climas se caracterizan por presentar precipitación efectiva muy lluviosa y lluviosa, distribución de la precipitación en el año abundante, en todas las estaciones y la eficiencia de temperatura fría y templada.

El clima dominante en la macrozona centro fue B (o , i) C', presente en el 71.6% de su territorio. Este

clima se caracteriza por presentar precipitación efectiva lluviosa, distribución de la precipitación en el año en otoño e invierno seco y eficiencia de temperatura fría.

El clima dominante en la macrozona sur fue C (i) C' con 34.4 % y C (i) D' con 22.4 %, presente en el 36.2% de su territorio. Estos climas se caracterizan por presentar precipitación efectiva semiseca, distribución de la precipitación en el año invierno seco y eficiencia de temperatura fría y semifrígida.

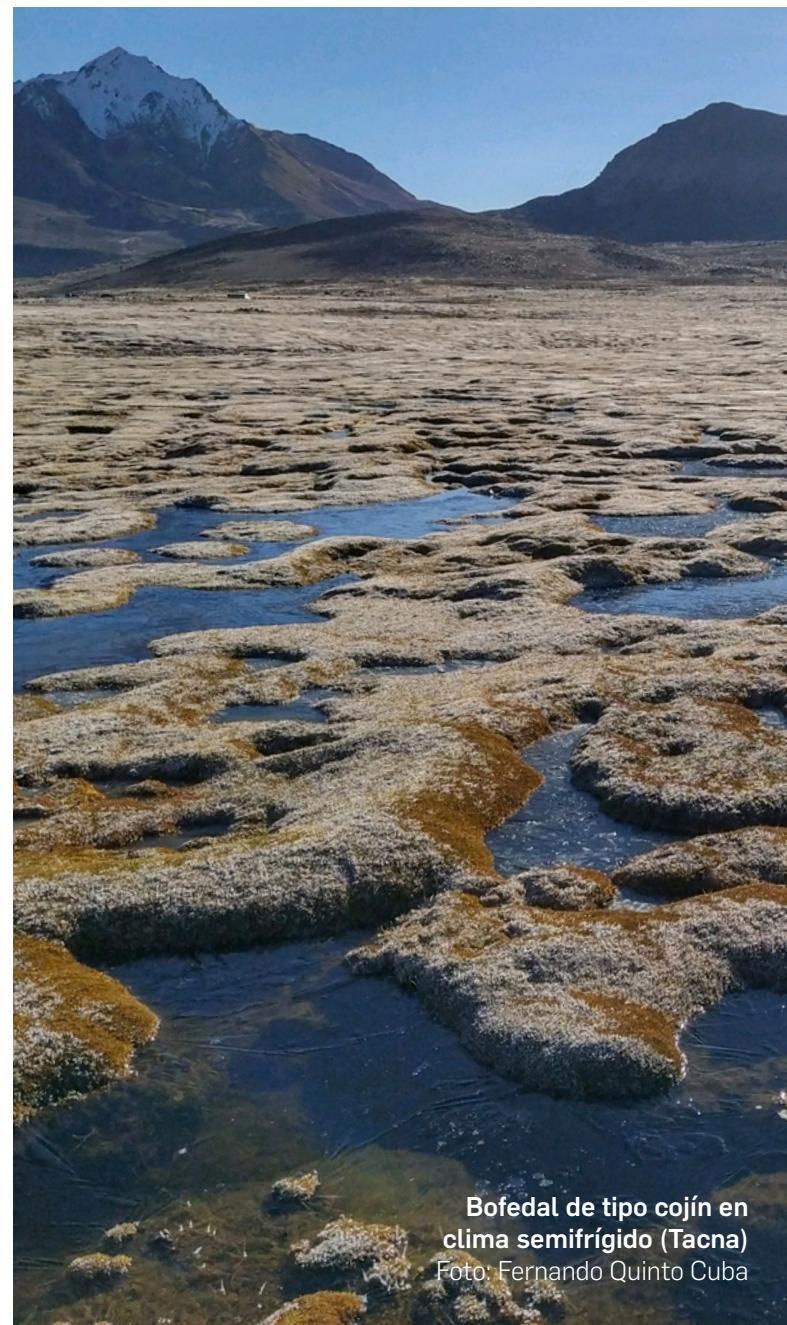
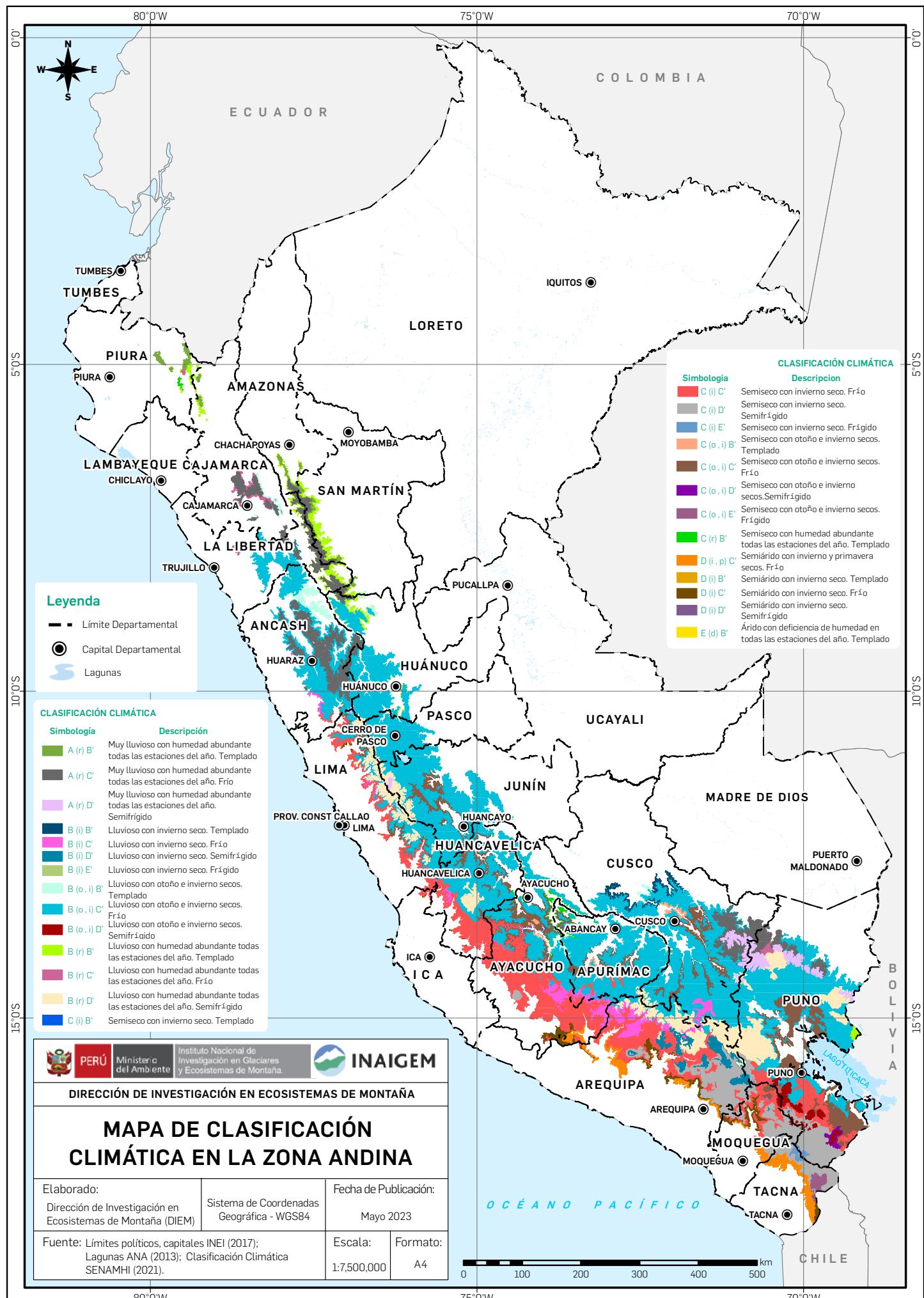


Figura 4.3: Mapa de climas en la zona andina



Fuente: SENAMHI. (2021). Mapa de clasificación climática nacional

4.2 INSUMOS PARA EL INVENTARIO NACIONAL DE BOFEDALES

Los insumos en teledetección se refieren a datos utilizados como entrada en un proceso o análisis, siendo para el inventario nacional de bofedales la información de satélites de observación terrestre del Sentinel 2 (satélites ópticos) y el Sentinel 1 (satélites SAR), así como los productos del ALOS PALSAR (satélite SAR). Para elaborar los

mosaicos base de todo el espacio, se cubren las cuatro macrozonas para el inventario nacional de bofedales. Además, se tomaron firmas espectrales en campo para complementar los datos obtenidos por satélite. Se muestra el detalle de la cantidad de imágenes satelitales usadas, conforme a la fuente de información satelital:

1. PRODUCTO DEM- ALOS PALSAR²

Es el modelo digital de elevación producto de la corrección radiométrica del terreno (RTC, por sus siglas en inglés) de alta resolución espacial del instrumento PALSAR, del satélite ALOS. Se utilizó para la creación del mosaico

de elevación, útil principalmente para la corrección topográfica y para la aplicación de las técnicas topográficas e inclinación del terreno, cubriendo un total de 145 escenas en las cuatro macrozonas (ver mapa 4.5).

2. SENTINEL 2⁶

Son imágenes satelitales con resolución espacial de hasta 10 metros en el visible y el infrarrojo cercano, con resolución temporal de hasta cinco días; y fueron utilizadas para la creación de los mosaicos ópticos. Se seleccionaron un

total de 2860 imágenes para la época húmeda (ver mapa 4.4), correspondiente a los meses de marzo a mayo del 2021; y 2905 imágenes para la época seca, correspondiente a los meses de septiembre hasta noviembre del 2021.

3. SENTINEL 1⁷

Son imágenes tomadas a bordo de un radar de apertura sintética (SAR, por sus siglas en inglés). Se utilizaron las imágenes del tipo Ground Range Detected (GRD), con valores de intensidad de retrodispersión del radar para la polarización mixta VH. Con este insumo se generaron

los mosaicos SAR, solo para las macrozonas páramo y norte. Se utilizaron un total de 97 imágenes para época húmeda, correspondiente a los meses de marzo a mayo del 2021; y 94 imágenes para época seca, correspondientes a los meses de septiembre hasta noviembre del 2021.

A continuación, se muestra la tabla 4.2 de los tres insumos satelitales utilizados para realizar los mosaicos base; y el resumen de técnicas de

teledetección aplicadas con su respectivo aporte, conforme a los indicadores de bofedales:

Tabla 4.2: Técnicas de clasificación en teledetección

Insumos	Técnicas	Indicadores y descripción
ALOS PALSAR ²	Modelo de elevación digital (DEM)	Elevación, con mayores altitudes
	Índice de posición topográfica (TPI)	Topografía, en forma de depresión o valle
	Pendiente	Inclinación del terreno, plano u ondulado o con ligera inclinación en ladera
Sentinel 2 ⁶	Índice de humedad (NDII)	Humedad, presente en la cobertura del suelo
	Desmezcla espectral (LSU)	Tipo de vegetación, de especies dominantes típicas de bofedal
Sentinel 1 ⁷	Intensidad	Porte de vegetación, de altura baja

Fuente: referencias bibliográficas 2, 6 y 7.



Figura 4.4: Mosaico de Imágenes Sentinel 2



Fuente: Sentinel 2

Figura 4.5: Mosaico de Imágenes DEM -ALOS PALSAR

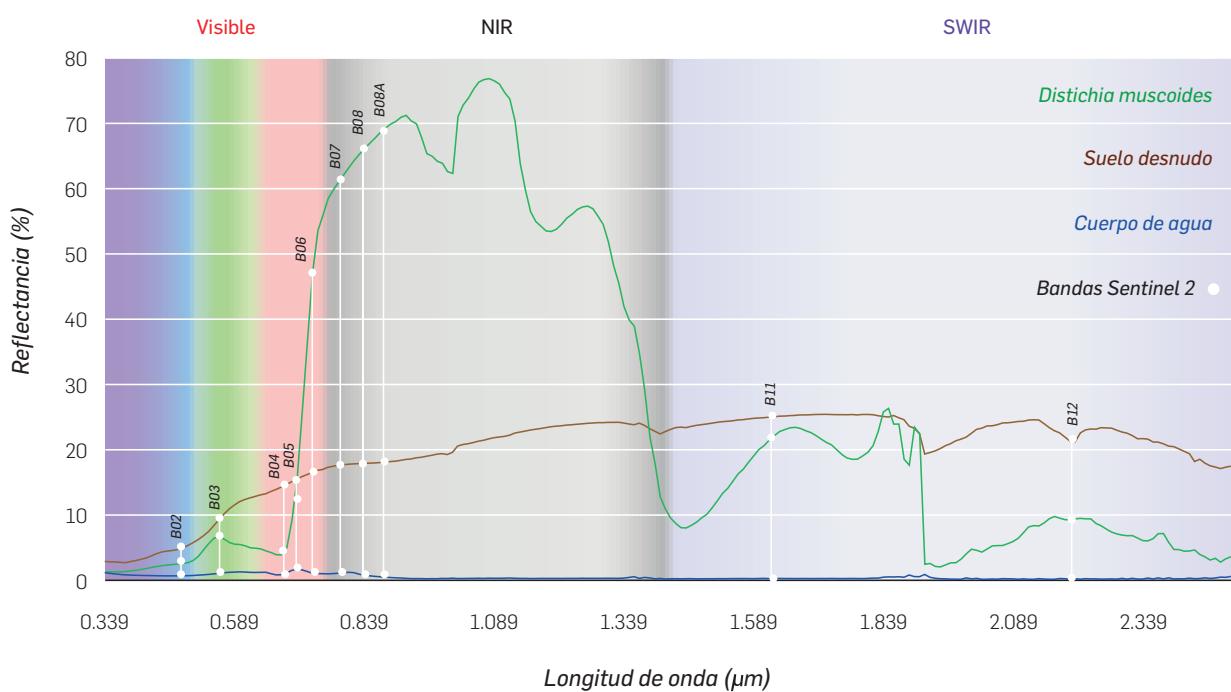


Fuente: ALOS PALSAR

Como complemento, se recogieron firmas espectrales en campo, con un espectroradiómetro con capacidad de medir la radiación electromagnética en 1024 bandas espectrales diferentes, lo que proporcionó información detallada sobre diferentes tipos de especies

vegetales dominantes en los bofedales, así como de superficies de agua y suelo desnudo. Dicha información es útil para la aplicación de la técnica de desmezcla espectral en los mosaicos ópticos, generados con las imágenes satelitales Sentinel 2.

Figura 4.6: Firmas espectrales de vegetación, suelo y agua de bofedal



Fuente: información propia recogida en campo.

Las firmas espectrales recogidas en campo reflejan la composición bioquímica y la estructura de la vegetación⁸ en el agua. Esto puede variar dependiendo de varios factores, como la calidad del agua, la profundidad, la turbidez, la presencia de elementos disueltos y suspendidos⁹ en el suelo desnudo o sin cobertura vegetal. También

refleja detalles como la composición mineralógica y la humedad¹⁰. La figura 4.6 muestra firmas espectrales que, a nivel general, representan las tres coberturas presentes en los bofedales, mostrando el comportamiento de una de las especies vegetales dominantes, *Distichia muscoïdes* (en este caso para la macrozona centro), suelo desnudo y cuerpo de agua.



4. LIBRERÍA DE FIRMAS ESPECTRALES¹¹

Conjunto de huellas digitales (variación de la radiación reflejada en las diferentes longitudes de onda visible e infrarroja cercana y corta) que representan las características de las

especies vegetales dominantes, suelo y agua en los bofedales. Se utilizaron un total de 17 firmas espectrales de vegetación, agua y suelo, conforme se detalla en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Firmas espectrales utilizadas por macrozona

Coberturas	Macrozonas			
	Páramo	Norte	Centro	Sur
Musgos	•	•		
Calamagrostis spp.	•	•		
Distichia muscoides			•	•
Plantago tubulosa		•	•	
Oxychloe andina				•
Agua	•	•	•	•
Suelo	•	•	•	•

Fuente: elaboración propia.

Se menciona que las firmas espectrales fueron recogidas en lugares que representen cada macrozona a nivel de vegetación dominante, en especial agua y suelo de los bofedales, conforme se muestra en la tabla 4.3. Se hizo la recopilación de firmas espectrales de

especies vegetales representativas, centrándose en la diversidad de especies presentes en los bofedales. Se obtuvo información espectral de 26 especies vegetales presentes y aledañas a los bofedales, como se muestra en la tabla 4.4.

Tabla 4.4: Cantidad de firmas espectrales tomadas por especies vegetales

Nro.	Especies vegetales	Cantidad de firmas
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	15
2	<i>Calamagrostis chrysanthia</i>	3
3	<i>Calamagrostis eminens</i>	5
4	<i>Calamagrostis minima</i>	4
5	<i>Calamagrostis ovata</i>	20
6	<i>Calamagrostis rigescens</i>	3
7	<i>Calamagrostis spicigera</i>	10
8	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	13
9	<i>Carex spp.</i>	15
10	<i>Distichia muscoides</i>	188
11	<i>Festuca dolichophylla</i>	11
12	<i>Festuca rigescens</i>	20
13	<i>Festuca spp.</i>	15
14	<i>Juncus stipulatus</i>	6
15	<i>Lachemilla orbiculata</i>	7
16	<i>Oreobolus obtusangulus</i>	6
17	<i>Oxychloe andina</i>	65
18	<i>Phylloscirpus acaulis</i>	24
19	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	21
20	<i>Phylloscirpus spp.</i>	28
21	<i>Plantago rigida</i>	19
22	<i>Plantago tubulosa</i>	30
23	<i>Sphagnum spp.</i>	36
24	<i>Vulpia bromoides</i>	6
25	<i>Werneria nubigena</i>	10
26	<i>Werneria pygmaea</i>	18

Fuente: elaboración propia.

4.3 ELABORACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE BOFEDALES

La obtención de los resultados del INB fue realizada en dos etapas, ambas importantes en el flujo de trabajo de la teledetección para asegurar la calidad y precisión de los resultados obtenidos. La primera etapa fue la del preprocesamiento, que se refiere a las operaciones que se realizan en las imágenes satelitales antes de su análisis; mientras que la del posprocesamiento se refiere a las operaciones realizadas en los resultados obtenidos después del preprocesamiento.

La metodología de teledetección utilizada en el INB fue automatizada en el Google Earth Engine (GEE), plataforma de procesamiento y análisis de datos geoespaciales basada en la nube que permitió analizar y acceder a grandes cantidades de imágenes satelitales, así como generar los mosaicos de las cuatro macrozonas y productos derivados (máscaras) mediante scripts que se realizaron en lenguaje de programación de JavaScript.

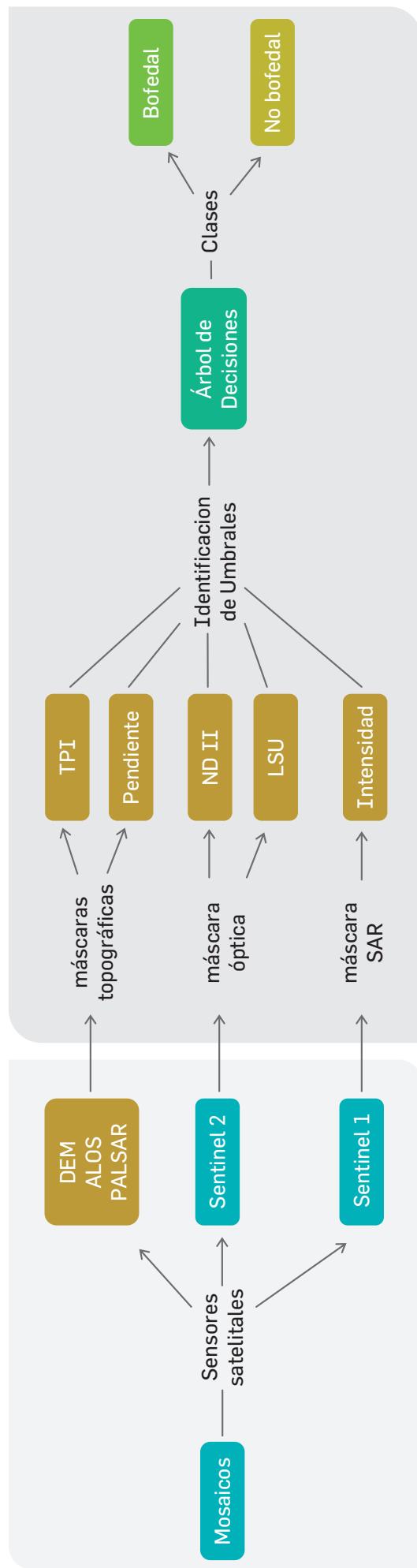
Cabe mencionar que la metodología de teledetección para el INB puede ser replicada desde diferentes programas especializados en procesamiento digital de imágenes (PDI) y de programación.

Sin embargo, se requiere una gran potencia computacional para poder procesar grandes extensiones, como las 23 257 072.8 ha que se mapearon para obtener los resultados de este inventario. Luego, se describe de manera resumida todas las

operaciones que se realizaron desde la plataforma GEE. Asimismo, se presenta el flujograma (figura 4.7), que puntualiza los procesos principales para la aplicación de la metodología del INB. El color plomo engloba el preprocesamiento; el color plomo, el posprocesamiento; las cajas mostaza muestran las seis máscaras generadas en la aplicación de las técnicas de teledetección para cada indicador, finalmente como producto final de interés la clase bofedal.



Figura 4.7: Flujo de Procesos en teledetección



Fuente: elaboración propia

4.3.1. PREPROCESAMIENTO

El preprocesamiento se refiere a las operaciones que se realizan en las imágenes o datos de sensores remotos antes de llevar a cabo análisis o interpretación. Estas operaciones suelen incluir correcciones radiométricas y geométricas para mejorar la calidad de los datos, así como la eliminación de ruido, calibración y georreferenciación. El preprocesamiento es una etapa esencial para garantizar que los datos sean consistentes, precisos y

aptos para su análisis posterior. Para ello, se desarrollaron los siguientes procedimientos con miras a obtener la información óptica (ver figura 4.8), en base a la información Sentinel 2 en nivel 2a, que refiere a imágenes satelitales con niveles de reflectancia por debajo de la atmósfera (Bottom of Atmosphere, BOA); y para información SAR, en base al uso de imágenes del tipo Ground Range Detected (GRD) del Sentinel 1:

1. INFORMACIÓN ÓPTICA¹²

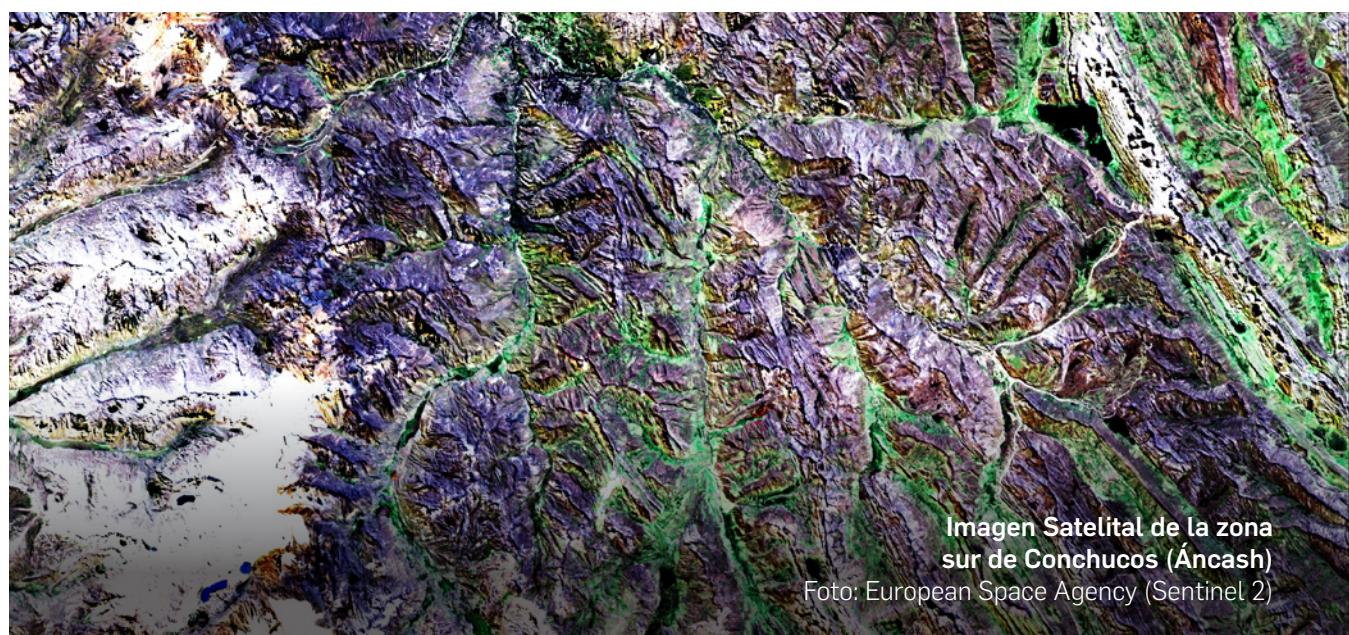
Se realizaron tres procesos para poder en las imágenes satelitales Sentinel 2, en nivel de reflectancias Bottom of Atmosphere (BOA), para obtener el

mosaico de base final sobre el cual se aplicaron las técnicas de teledetección, que se resume en la figura 4.8.

Figura 4.8: Flujo de preprocesamiento óptico



Fuente: elaboración propia.



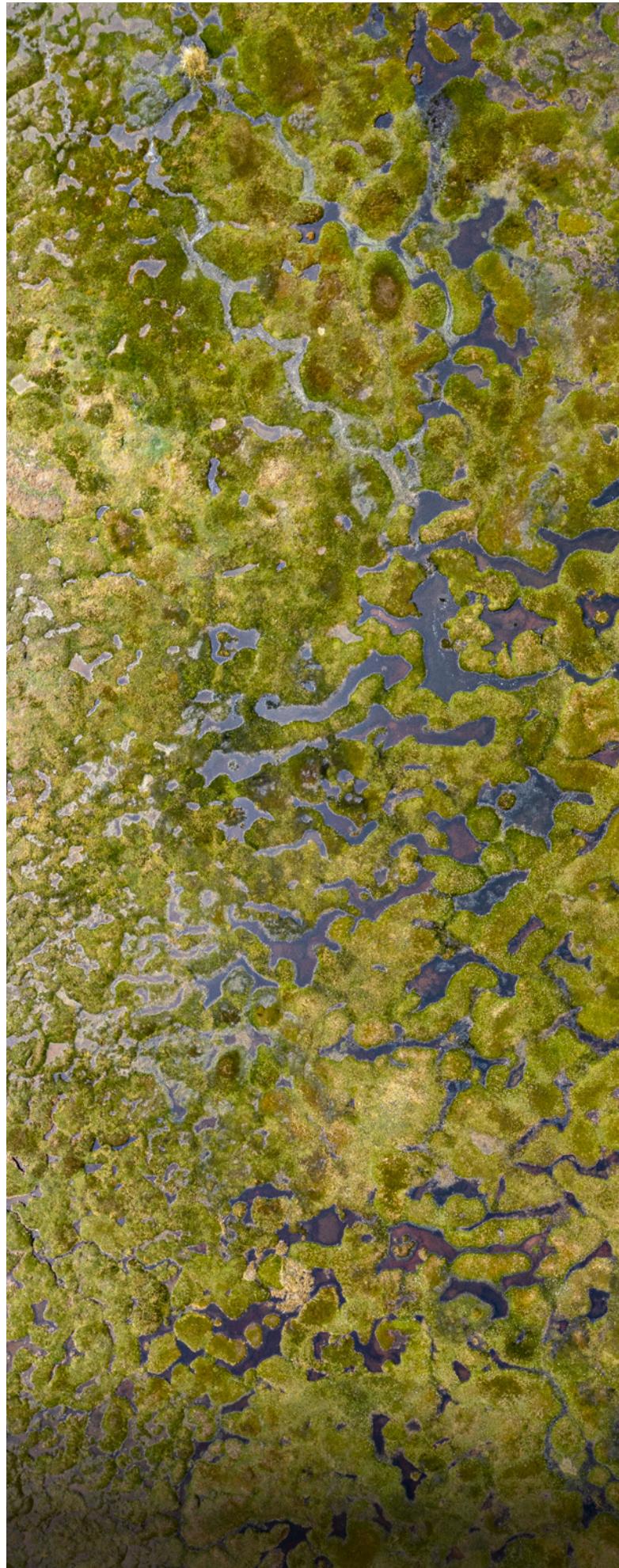
Selección de imágenes satelitales:

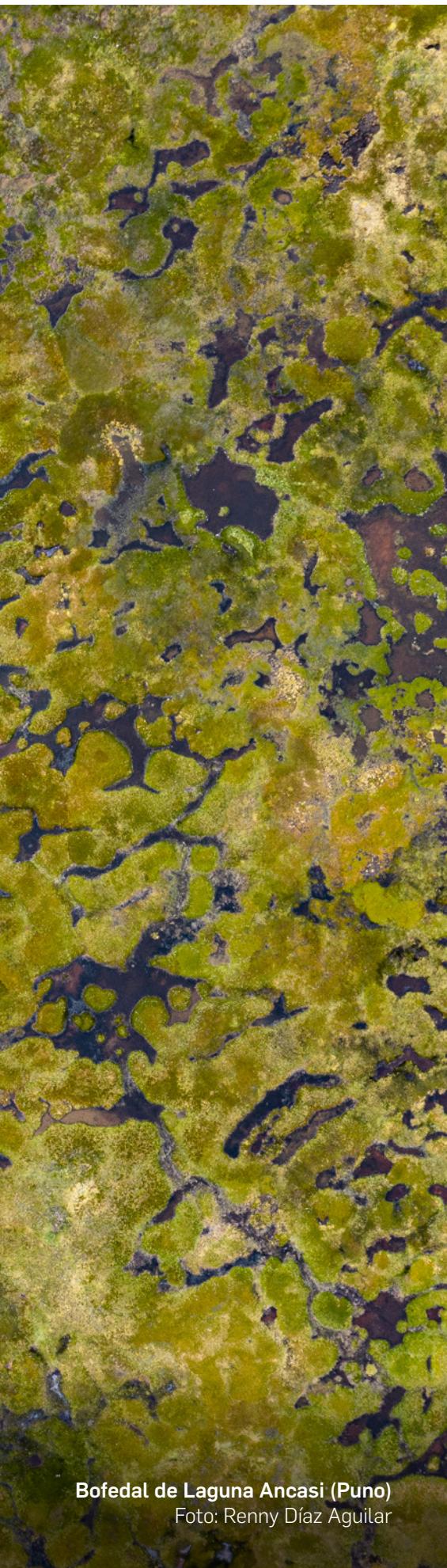
se inició con la selección de imágenes satelitales Sentinel 2, que presenten información en su metadata de 20 % como máximo de cobertura de nubes. Se tomaron desde marzo hasta mayo del 2021 para la temporada húmeda; y desde septiembre hasta noviembre del 2021 para la temporada seca. Para esto se utilizó el conjunto de datos de probabilidad de nubes de Copernicus, con lo que se calculó el índice de desplazamiento y sombra de las nubes.

Estos cálculos resultaron de la utilización de imágenes satelitales nivel 1C, que refieren reflectancias por encima de la atmósfera (Top of Atmosphere- TOA) de Sentinel 2, de las bandas 7, 8, 8A y 10, para la función creación de máscaras de nubes y sombras permanentes. Por último, se extrajo la presencia de nubes y sombras por enmascaramiento, con lo que se obtuvo un primer mosaico conformado por la mediana de los píxeles discriminados.

Filtrado de interferencias: debido a que aún había interferencia de variables atmosféricas como brumas, nubes y sombras temporales; se aplicó el clasificador de bosques aleatorios como filtro para discriminar los píxeles buenos (refiere la menor presencia de interferencias atmosféricas) de los píxeles malos, compuestos en cinco clases de interferencia, como sombra, bruma, nubes, nevados y cuerpos de agua. Así, se generó un segundo mosaico conformado por la media de los píxeles buenos.

Corrección topográfica: las zonas de montaña se caracterizan por su relieve pronunciado que, en conjunto con la posición del sol y la orientación del





Bofedal de Laguna Ancasi (Puno)
Foto: Renny Díaz Aguilar

terreno, dan lugar a sombras, así como a distorsiones geométricas en imágenes adquiridas desde ángulos oblicuos en terrenos inclinados¹³. Por tal motivo, se aplicó la corrección topográfica SCS+C¹⁴ para minimizar los efectos topográficos indeseables. Este proceso fue realizado sobre el segundo mosaico producto del filtrado de interferencias, con el uso del mosaico DEM-ALOS PALSAR, redimensionado a 10 metros de tamaño de píxel para los ajustes topográficos, obteniendo el mosaico base final.

Para la aplicación de la corrección topográfica en programas PDI de escritorio, se sugiere utilizar la corrección topográfica de Minnaert¹⁵.

$$\rho_{\lambda,h,i} = \rho_{\lambda,i} \left(\frac{\cos \theta_s}{\cos \gamma_i} \right)^\kappa$$

donde:

$\rho_{\lambda,h,i}$ = Reflectividad de un píxel en terreno horizontal

$\rho_{\lambda,i}$ = Reflectividad de un píxel en terreno en pendiente

θ_s = Ángulo cenital solar

γ_i = Ángulo de incidencia en un píxel *i*

κ = Constante de Minnaert

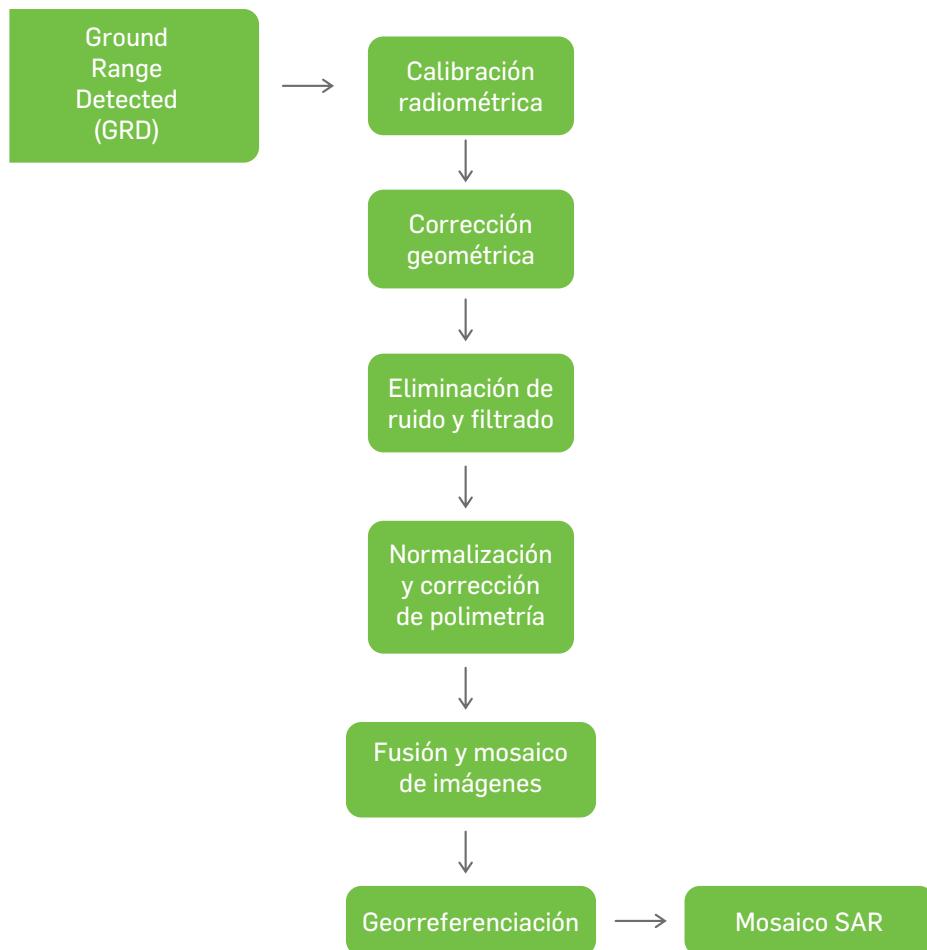
donde:

$\kappa = 0.5$ (por ser zona de elevada pendiente)

2. INFORMACIÓN SAR¹⁶

Se realizaron seis procesos a las imágenes satelitales Sentinel 1, tipo Ground Range Detected (GRD), para obtener el mosaico SAR que se muestra en la figura 4.9.

Figura 4.9: Flujo de preprocesamiento SAR



Fuente: elaboración propia.

Calibración radiométrica: proceso de convertir los valores digitales de la imagen SAR en unidades de reflectividad o en coeficientes de retrodispersión. Esto implica corregir las diferencias en la respuesta del sensor y la atenuación del radar en la propagación de la señal.

Corrección geométrica: la corrección geométrica es el proceso de corregir las distorsiones geométricas inherentes a las imágenes SAR, como la distorsión del terreno y la distorsión debida a

la geometría del sensor. Esto implica rectificar la imagen para obtener una representación precisa de la superficie terrestre.

Eliminación de ruido y filtrado: las imágenes SAR a menudo tienen ruido inherente, debido a la naturaleza de la tecnología SAR. La eliminación de ruido y el filtrado de la imagen son procesos importantes para mejorar la calidad de esta última, y reducir la interferencia del ruido en la interpretación de la misma.

Normalización y corrección de polarimetría:

las imágenes SAR pueden ser polarimétricas, lo que significa que registran la polarización de la señal de radar en varias orientaciones. La normalización y corrección de polarimetría son procesos que buscan corregir las diferencias en la respuesta polarimétrica de la imagen, con el fin de obtener una representación coherente y consistente de la información polarimétrica.

Fusión y mosaico de imágenes:

las imágenes SAR pueden cubrir áreas grandes o pequeñas de la superficie terrestre. A menudo es necesario fusionar el mosaico de imágenes SAR individuales, para crear una imagen compuesta o una imagen continua de una región de interés.

Georreferenciación:

La georreferenciación es el proceso de asignar coordenadas geográficas a los píxeles de una imagen. Esto implica vincular la imagen SAR preprocesada a un sistema de coordenadas geográficas, conocido para permitir su análisis y uso en aplicaciones geoespaciales.

Al finalizar esta etapa se contó con cinco mosaicos: uno del producto DEM- ALOS PALSAR de altitudes, dos ópticos del Sentinel 2 y dos SAR del Sentinel 1, cada uno para temporada húmeda y seca.



4.3.2. POSPROCESAMIENTO

El posprocesamiento se refiere a las operaciones que se realizan en los datos o resultados obtenidos después de la etapa de preprocesamiento. Esto puede incluir la mejora de la visualización de los datos, la clasificación, la generación de productos derivados, la integración con otros datos o la interpretación para

extraer información o conocimiento relevante. El posprocesamiento permite obtener productos o resultados finales a partir de los datos procesados previamente; y puede implicar análisis, interpretación y presentación de los resultados de manera adecuada.

1. CREACIÓN DE MÁSCARAS

Productos generados de la aplicación de las técnicas de teledetección, que responden a los indicadores que describen los bofedales. La

generación de las máscaras son el insumo principal para la aplicación del árbol de decisiones.

Modelo digital de Elevación (DEM)¹⁷: representación espacial de las alturas del suelo con respecto al nivel medio del mar, expresado en metros, usado para identificar las mayores altitudes. Este mosaico ya fue creado en el

preprocesamiento para aplicar la corrección topográfica a las imágenes Sentinel 2, pero también servirá para identificar las altitudes límite de desarrollo de los bofedales.

Índice de Posición Topográfica (TPI)¹⁸: medida topográfica que caracteriza la posición de las celdas del mosaico DEM- ALOS PALSAR en

relación con la vecindad circundante, representando la forma del terreno, aplicado para diferenciar las zonas de cimas (convexas) y valles (cóncavas).

$$TPI_i = z - \left[\frac{\sum z}{n} - z_{min} \right]$$

donde:

z = elevación de la celda e interés

$\sum z$ = suma de las elevaciones de todas las celdas dentro de una vecindad determinada alrededor de la celda de interés

n = número de celdas dentro de la vecindad

z_{min} = elevación mínima dentro de la vecindad

Pendiente (en grados)¹⁹: medida de la inclinación del suelo en base al mosaico del DEM ALOS PALSAR,

siendo el desplazamiento vertical entre el horizontal, utilizado para identificar pendientes planas u onduladas.

Índice de Infrarrojos de Diferencia

Normalizada (NDII)²⁰: muestra la variación espacial del contenido de humedad en la cubierta del suelo

para fin de temporada húmeda y seca (tiempo determinado), conocido también como índice de humedad.

$$NDII = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

donde:

NIR = Infrarojo cercano

SWIR = Infrarojo de onda corta

Intensidad²¹: las imágenes SAR generalmente se presentan en unidades de amplitud o intensidad, en lugar de valores de reflectividad. Para aplicar la técnica de intensidad, es necesario: (1) convertir los datos de la imagen a escala de intensidad, utilizando las ecuaciones de calibración radiométrica proporcionadas por COPERNICUS; (2) luego, se realiza la normalización lineal o ajuste de contraste de la intensidad,

para mejorar la visualización e interpretación, llevando los valores de intensidad a un rango específico. La intensidad de la señal, que se produce debido a la aparente rugosidad o suavidad de la superficie por las diferentes pendientes, es útil para discriminar cubiertas de diferentes alturas uniformes de la vegetación en los bofedales aplicado sólo para la macrozona Páramo y Norte.

$$Intensidad = 10 \times \log_{10} \times (Amplitud^2)$$

donde:

log₁₀ = logaritmo en base 10

Amplitud = valor en la imagen

Desmezcla espectral lineal (LSU)²²:

es un proceso que se utiliza para estimar la presencia en fracciones de diferentes componentes presentes en una imagen de satélite. Esta técnica se basa en la suposición de

que las respuestas espetrales de los componentes individuales presentes en la imagen es una combinación lineal. El modelo matemático utilizado en la desmezcla espectral lineal se basa en la siguiente ecuación general:

$$R = \sum_{i=1}^N f_i R_i$$

donde:

R = Reflectancia efectiva del pixel mixto

R_i = Reflectancia del i – nésimo componente

f_i = Fracción espacial cubierta por el material i – nésimo

N = Número de componentes en el píxel

2. IDENTIFICACIÓN DE UMBRALES PARA CADA INDICADOR

En base al recojo de información realizado el 2021 en seis departamentos, se logró ajustar los umbrales apropiadamente para cada indicador en cada macrozona. En primera instancia se tenían tres macrozonas, incluida la zona de Páramo en la macrozona norte; pero en la aplicación de la metodología en la plataforma GEE se identificó la marcada diferencia en los umbrales de altitud y desmezcla espectral entre las macrozonas Norte y Páramo,

definiendo su separación en dos macrozonas distintas, sustentando la presencia de bofedales en la nueva macrozona Páramo con información espacial y descriptiva de fuentes bibliográficas específicas. En resumen, los umbrales de cada indicador representan las características de desarrollo de los bofedales. Por tal motivo, se detalla los rangos para cada indicador, distribuidos por macrozonas en la tabla 4.5

Tabla 4.5: Umbrales para cada indicador por macrozona

Indicadores	Páramo		Norte		Centro		Sur	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Altitud	3000	4000	3600	4750	3900	5500	3900	5500
TPI		0		28		0		5
Pendiente	0	10	1	28	0	20	0	10
NDII	0.2	1	0.2	1	0.4	1	0.2	1
Intensidad	-50	-40	-50	-40				
LSU	0	0.5	0	0.5	0	1	0.5	1

Fuente: elaboración propia.

Altitud: los bofedales se desarrollan en rangos altitudinales diferentes, encontrándose la menor altitud en la macrozona páramo desde 3000 m s.n.m., seguido por la macrozona Norte desde 3600; mientras que las macrozonas Centro y Sur presentan un rango similar desde 3900 m s.n.m.

Índice de Posición Topográfica: el desarrollo de los bofedales se facilita en las depresiones, que son representadas por todos los valores negativos que indican formas cóncavas. Por tal motivo, éste índice sólo presenta umbrales máximos para todas las macrozonas, siendo sólo los valores positivos que representan formas convexas de 28 y 5 para las macrozonas Norte y Sur, lo que indica bofedales en pie de lomadas (elevaciones de terreno suave y redondeada) o en terrenos con ligeras formas de domos (estructuras geológicas abombadas).

Pendiente: el terreno plano y con inclinación suave favorece el desenvolvimiento de los bofedales. Por consiguiente, el umbral mínimo para las planicies de 0°, presente en todas las macrozonas y el umbral máximo que va desde los 10°, representa inclinación suave para las macrozonas de Páramo y Sur, seguido de bofedales en laderas bajas para de 20° y 28° para las macrozonas Centro y Norte. Ésta última presenta bofedales en laderas con mayor inclinación.

Índice de Humedad: la presencia de humedad en los bofedales va desde el umbral mínimo de 0.2 en las macrozonas Páramo, Norte y Sur, que representa menor presencia de humedad en la cobertura vegetal; a diferencia de la macrozona Centro, con un umbral mínimo de 0.4, lo que indica bofedales con mayor presencia de humedad en la cobertura vegetal. En el caso de los umbrales máximos en todas las macrozonas, suelen estar cercanos al 1, siendo el valor máximo del índice.

Intensidad: la aplicación de este indicador sólo para las macrozonas Páramo y Norte se sustenta por la presencia de plantaciones de porte alto como linderos colindantes con los bofedales, discriminando estos últimos (de porte bajo y medio) de plantaciones forestales (porte alto). El rango de los umbrales es pequeño, que dista en 10 unidades adimensionales en valores negativos que va desde los -50 hasta los -40, que identifica los bofedales.

Desmezcla espectral lineal: la diversidad de especies vegetales dominantes en los bofedales se ve reflejada en la mixtura espectral que indica la fracción del píxel, con presencia escasa o abundante de las especies vegetales dominantes. El umbral mínimo de las macrozonas

Páramo, Norte y Centro es de 0, lo que indica escasa presencia; y sólo en la macrozona Sur hay fracciones mínimas de 0.5, lo que indica abundancias mínimas de 50 %. En efecto, los umbrales máximos para las macrozonas Páramo y Norte son fracciones que llegan hasta los 0.5, indicando abundancia de hasta 50 %, Finalmente las macrozonas Centro y Sur presentan la unidad como umbral máximo, lo que indica abundancias cercanas al 100 %. En resumen, la mayor diversidad de especies vegetales dominantes se encuentra en la macrozona Centro, por el amplio rango de sus umbrales; seguido de las macrozonas Páramo y Norte. Por último, la macrozona sur es la de menor diversidad de especies, por tener los umbrales más alejados del 0.



Bofedal de cojines en el Alto Perú (Tacna)
Foto: Pablo Najarro Cerón

3. GENERACIÓN DE CLASIFICADOR ÁRBOL DE DECISIONES:

La metodología supervisada por el "árbol de decisiones" sirvió para identificar los bofedales en cada una de las cuatro macrozonas de manera diferenciada, debido a la heterogeneidad del espacio andino que posibilita la diversidad de vegetación en los bofedales.

Es importante tener condiciones específicas o reglas lógicas: para el INB son los seis indicadores con umbrales, organizados en forma de un árbol, que inicia en un nodo raíz y termina en hojas del árbol que representan las clasificaciones finales que dividen el mosaico Sentinel 2 en diferentes segmentos, basados en la presencia o ausencia de bofedales.

Se presenta los árboles de decisión para cada macrozona, que resume y describe la clasificación binaria en la figura 4.10. Los nodos de decisión se muestran con textos en color negro, que corresponden a los indicadores que segmentan las máscaras para cada indicador, detallados en la tabla 4.2.

Las hojas de decisión intermedias se presentan en color amarillo, verde claro, oscuro y azul, que corresponden a todos los píxeles con información dentro de los umbrales para cada indicador, detallado en la tabla 4.5. Los píxeles con información fuera de los umbrales se presentan en cajas de color blanco. Las hojas de decisión final se presentan en letra blanca cursiva, que representa la delimitación de los bofedales para cada macrozona. La identificación final de los bofedales se obtiene de las hojas que muestran la presencia o ausencia

de las especies vegetales dominantes para cada macrozona, conforme se detalla en la tabla 4.3.

Cabe mencionar que en cuanto a la jerarquía utilizada para introducir los indicadores en los árboles de decisiones se tomó en cuenta su importancia relativa, siendo los indicadores topográficos puestos al inicio para reducir la complejidad del modelo; y se finaliza con los indicadores espectrales, para permitir que los nodos finales se centren en características más específicas, con el objetivo de que la representación sea más cercana a la realidad, tratando de mejorar así la precisión de los resultados.

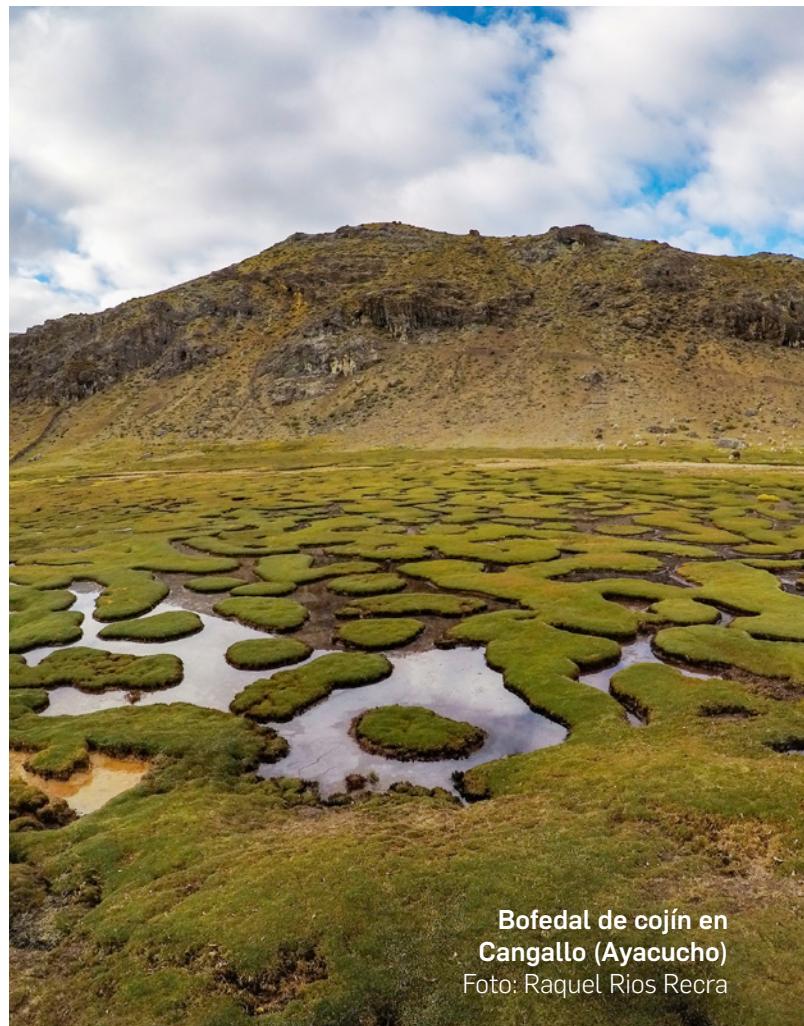
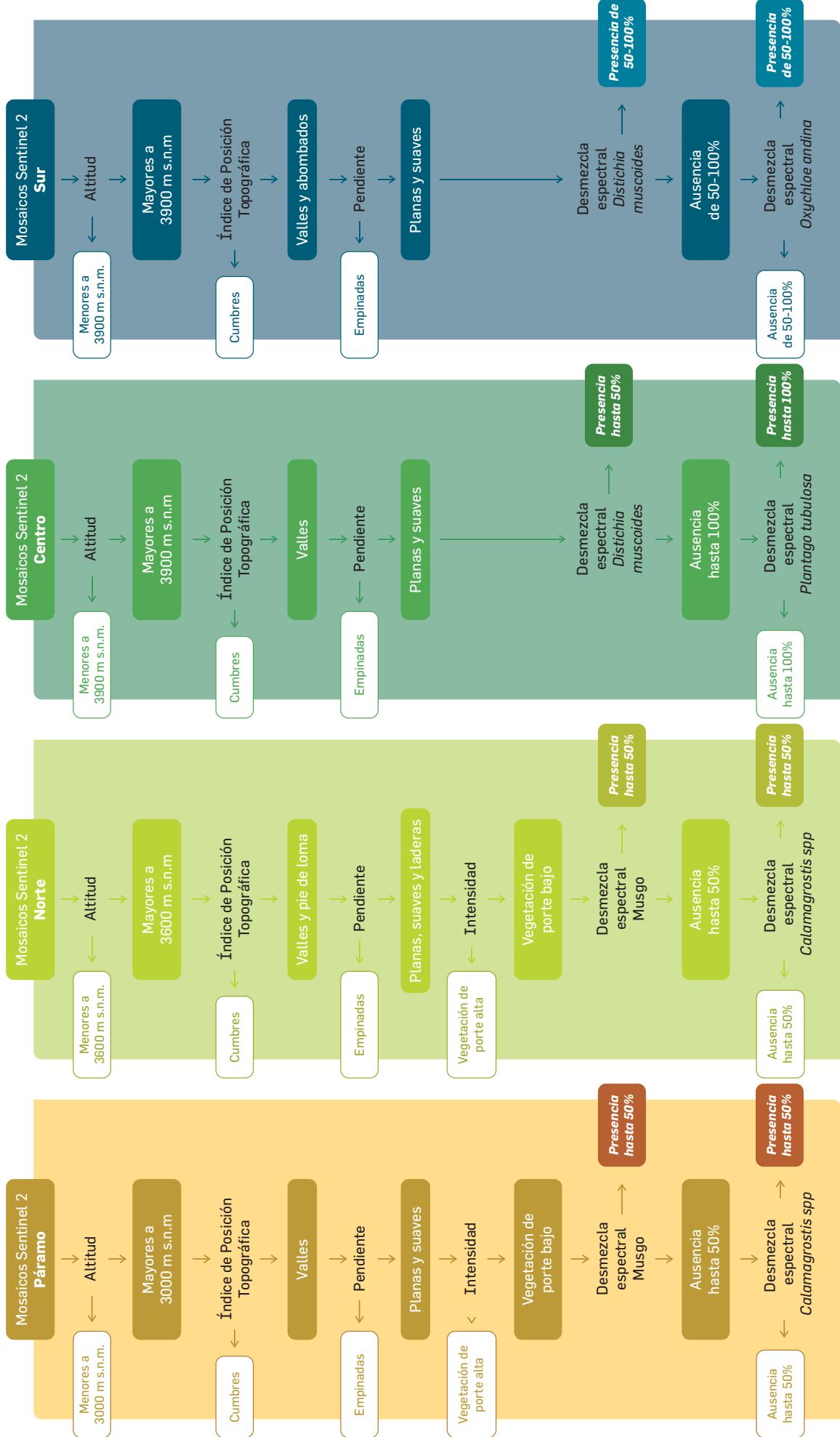


Figura 4.10: Árbol de decisiones para cada macrozona



Fuente: elaboración propia.

4.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

El proceso de validación tiene como objetivo evaluar la confiabilidad del mapa, comparándolo con información de campo que cumple con un estándar de consideraciones mínimas. Asimismo, el proceso de evaluación de la exactitud²³ de los resultados se

divide en tres etapas, que inicia con el diseño de muestreo que se realizó por puntos, seguido del diseño de respuesta que prepara toda la información que identifica bofedales; y finaliza con el análisis de datos, que tiene como propósito valorar el ajuste a la realidad.

1. DISEÑO DE MUESTREO

La unidad de muestreo fue realizada por puntos; y el método para el cálculo del tamaño de muestra necesario es

el aleatorio simple en base al tamaño de la población.

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Tabla 4.6: Variables para cálculo del tamaño de muestra

Símbolo	Descripción
$N = 23\,256\,886$	Tamaño de población, superficie (ha) de las 4 macrozonas
$Z_{\alpha} = 1.96$	Percentil de distribución normal estándar, para un intervalo de confianza de 95%
$p = 0.5$	Probabilidad de éxito
$q = 1 - p$	Probabilidad de fracaso
$d = 0.025$	Error máximo admisible
$n = 1537$	Tamaño de muestra

Fuente: elaboración propia.

El tamaño de muestra requerido es de 1537 puntos de verificación, para un intervalo de confianza al 95 %.

2. DISEÑO DE RESPUESTA

La información de respuesta fue preparada para representar dos clases: la de "bofedal", que indica puntos con presencia de bofedales con un tamaño mayor o igual a 0.09 ha; y la de "no bofedal", que indica puntos con ausencia de estos, representando coberturas como matorrales, pastizales, suelo desnudo, espejos de agua, entre otros. Para obtener esta información, se realizó una amplia búsqueda bibliográfica y

solicitud de información a instituciones técnico científicas y gobiernos regionales de los 19 departamentos con bofedales.

Se definieron criterios mínimos para asegurar que la información compartida sea de calidad sustentada, con cuatro tipos de evidencias necesarias y dos tipos de evidencias deseables (tabla 4.7) que alimenta a la clase "bofedal".

Tabla 4.7: Criterios estandarizados de información de campo

Nro.	Evidencia	Descripción	Criterio
1	Ubicación	Coordenadas geográficas/UTM o Mapa de ubicación	
2	Superficie	Área ≥ 0.09 ha	
3	Fotográfica	Imágenes de las especies vegetales y/o panorámicas del bofedal analizado	Necesario
4	Vegetación	Información de las principales especies vegetales	
5	Agua	Medición del pH, nivel de la napa freática	
6	Suelo	Presencia de turba	Deseable

Fuente: elaboración propia.



En base a los criterios estandarizados señalados en la tabla 4.7 se recopilaron 61 documentos que alcanzaron el tamaño de muestra requerido de 1537 puntos de investigaciones en campo a nivel nacional (ver figura 4.11), incluyendo el trabajo de campo realizado específicamente para el inventario

nacional de bofedales, siendo el 48.8 % a la clase "bofedal" y el 51.2 % a la clase "no bofedal", distribuidos en 14 de los 19 departamentos con bofedales (ver tabla 4.8). Los departamentos que no poseen información de ninguna de las dos clases son Amazonas, La Libertad, Huánuco, Cerro de Pasco e Ica.

Tabla 4.8: Puntos de validación departamental

Departamento	Bofedal	No bofedal	Total
Piura	16	0	16
Cajamarca	45	182	227
San Martín	105	11	116
Ancash	97	26	123
Lima	110	36	146
Junín	23	2	25
Huancavelica	16	8	24
Ayacucho	55	49	104
Cusco	18	36	52
Apurímac	119	102	223
Arequipa	125	98	550
Puno	52	65	117
Moquegua	73	8	81
Tacna	56	4	60
Total	910	627	1537

Fuente: elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas utilizadas para medir la calidad de los resultados fueron la matriz de confusión, para evaluar el rendimiento del modelo; el índice global, para cuantificar la precisión general; y el índice de Kappa, para medir la concordancia de las dos clases de resultado.

La matriz de confusión muestra, en la tabla 4.9, que el usuario ha identificado correctamente el 96.6 % de los píxeles que pertenecen a la clase "bofedal"; mientras que el modelo ha identificado correctamente el 78%. El modelo ha cometido un error de comisión del 3.4 % (sobreestimación) y un error de omisión del 22% (subestimación) para la clase bofedal. El índice global indica la

precisión en la clasificación del modelo del 85%; y el índice de Kappa, con 0.71, sugiere un alto grado de concordancia. En general, el modelo ha logrado una buena precisión en la clasificación de la

clase "bofedal", aunque hay espacio para mejorar la en identificar correctamente y minimizar los errores de comisión y capacidad del modelo omisión.

Tabla 4.9: Matriz de confusión general

Clase/fuente	Bofedal	No Bofedal	Total	Exactitud usuario	Error de comisión
Bofedal	710	25	735	96.6%	3.4%
No bofedal	200	602	802	75.1%	24.9%
Total	910	627	1537		
Exactitud productor	78%	96%			
Error de omisión	22%	4%			

Fuente: elaboración propia.



Figura 4.11: Mapa de puntos de validación



Fuente: Referencias bibliográficas



CAPÍTULO 5 RESULTADOS

5.1. RESULTADOS A NIVEL NACIONAL

La extensión de los bofedales en el Perú se estima en 1052210.6 ha, lo que representa el 0.8% de todo el territorio nacional. Asimismo, están presentes en 19 departamentos, de los cuales Puno, Arequipa y Cusco contienen más del 57% de los bofedales, con una superficie estimada de 607 712.8

ha; mientras que los departamentos de Ica, Amazonas y Piura son los departamentos con menor presencia de superficie bofedal. Los resultados se muestran en la tabla 5.1, ordenados de acuerdo al ranking de mayor superficie bofedal por departamento.

Tabla 5.1: Superficie de bofedales por departamentos

Ranking nacional	Departamento	Superficie bofedal		
		Departamental		Nacional
		ha	%	%
1	Puno	343 015.6	5.12	32.6
2	Arequipa	133 434.8	2.11	12.68
3	Cusco	131 262.4	1.82	12.47
4	Ayacucho	102 597.3	2.34	9.75
5	Junín	60 860.2	1.38	5.78
6	Apurímac	51 017.8	2.44	4.85
7	Huancavelica	50 581.9	2.29	4.81
8	Pasco	40 444.8	1.6	3.84
9	Ancash	30 883.9	0.86	2.94
10	Huánuco	26 475.3	0.72	2.52
11	Moquegua	19 786.9	1.26	1.88
12	Lima	19 717.4	0.57	1.87
13	San Martín	13 695.9	0.27	1.3
14	Tacna	10 065.9	0.63	0.96
15	La Libertad	9407.3	0.37	0.89
16	Cajamarca	5539.7	0.17	0.53
17	Piura	1997.3	0.06	0.19
18	Amazonas	1267	0.03	0.12
19	Ica	159.1	0.01	0.02

Fuente: elaboración propia.



Valle Ancasi (Puno)

Foto: Renny Díaz Aguilar

5.1.1. EXTENSIÓN DE BOFEDALES POR MACROZONA

La diversidad del ecosistema de bofedal en el Perú se encuentra marcada por rasgos geográficos, climáticos y composición de especies vegetales dominantes. Basados en estos criterios, se diferenciaron cuatro macrozonas que presentan condiciones para el desarrollo de los bofedales. Del total general, el 0.2% de los bofedales se

encuentra presente en la macrozona de páramo, el 3% en la macrozona norte, el 61.2% en la macrozona centro y el 35.6% en la macrozona sur. La tabla 5.2 resume la superficie de bofedales y su representación porcentual.

En la macrozona de páramo, los bofedales se desarrollan en altitudes

Tabla 5.2: Superficie de bofedales por macrozonas

Macrozona	Superficie	
	ha	%
Páramo	2464.6	0.2
Norte	31 096.5	3.0
Centro	643 903.0	61.2
Sur	374 746.5	35.6

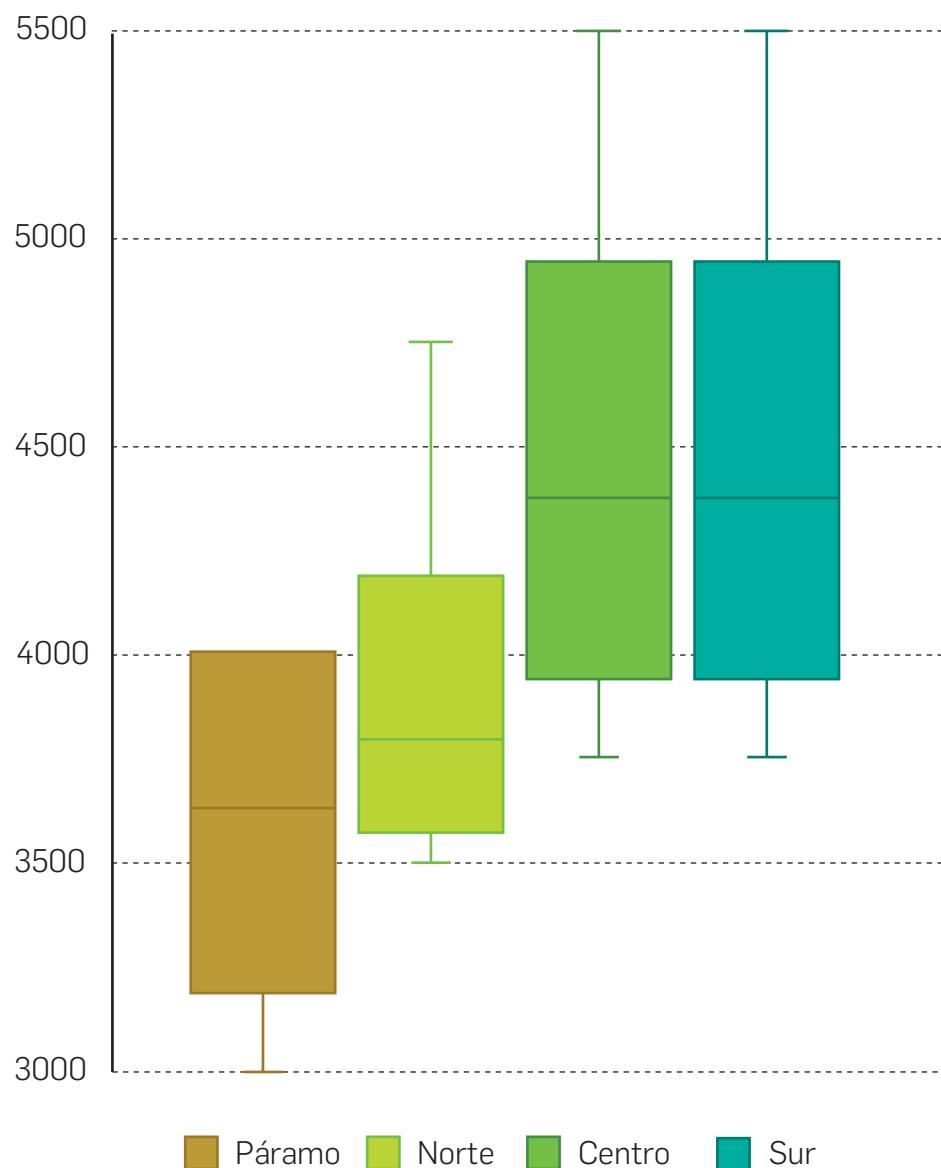
Fuente: elaboración propia.

que van desde los 3000 hasta los 4000 m s.n.m; en la macrozona norte desde los 3000 hasta los 4759 m s.n.m.; y en las macrozonas centro y sur los bofedales se presentan desde los 3750 a 5500 m s.n.m (Figura 5.1).

La estadística descriptiva mostrada en un gráfico de caja y bigotes (figura 5.1), que muestra la concentración de los bofedales en un gradiente altitudinal diferenciado por macrozonas. Las macrozonas de páramo y norte

presentan los bofedales con menores altitudes. Si bien los bofedales en la macrozona norte presentan un rango altitudinal extenso (aprox. 1750 m), ésta se concentra en un pequeño rango (aprox. 500 m), siendo su rango total desde los 3750 hasta los 4250 m s.n.m. Las macrozonas centro y sur son similares a nivel altitudinal, presentando los bofedales del centro con una mayor concentración en altitudes, que van desde los 4000 hasta los 5000 m s.n.m.

Figura 5.1: Concentración de bofedales por macrozonas a nivel altitudinal



Fuente: elaboración propia.

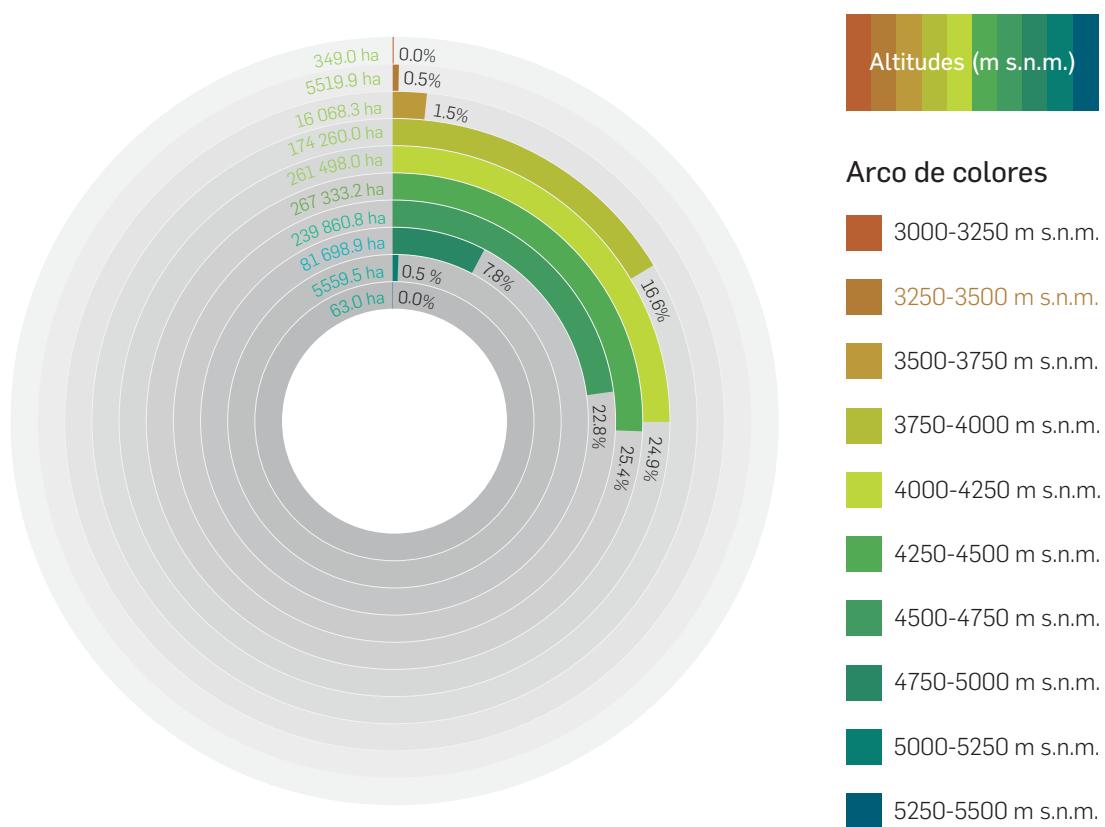
5.1.2. DISTRIBUCIÓN EN TÉRMINOS ALTITUDINALES

El desarrollo de los bofedales a nivel altitudinal se encuentra desplegado desde los 3000 hasta los 5500 m.s.n.m. Alrededor del 73 % de los bofedales a nivel nacional están concentrados entre las altitudes que van desde los 4000 hasta los 4750 m.s.n.m. (figura 5.2), siendo los departamentos con mayor aporte Puno con 20 %, Arequipa

con 9.7 %, Cusco con 9.2 % y Ayacucho con 8.7 %.

La menor concentración de bofedales se encuentra en las menores altitudes, que van desde 3000 hasta los 3500 m s.n.m. con un 0.6 %; y a mayores altitudes, que van desde los 5000 hasta los 5500 m.s.n.m. con un 0.5 %.

Figura 5.2: Concentración de bofedales por rango altitudinal a nivel nacional



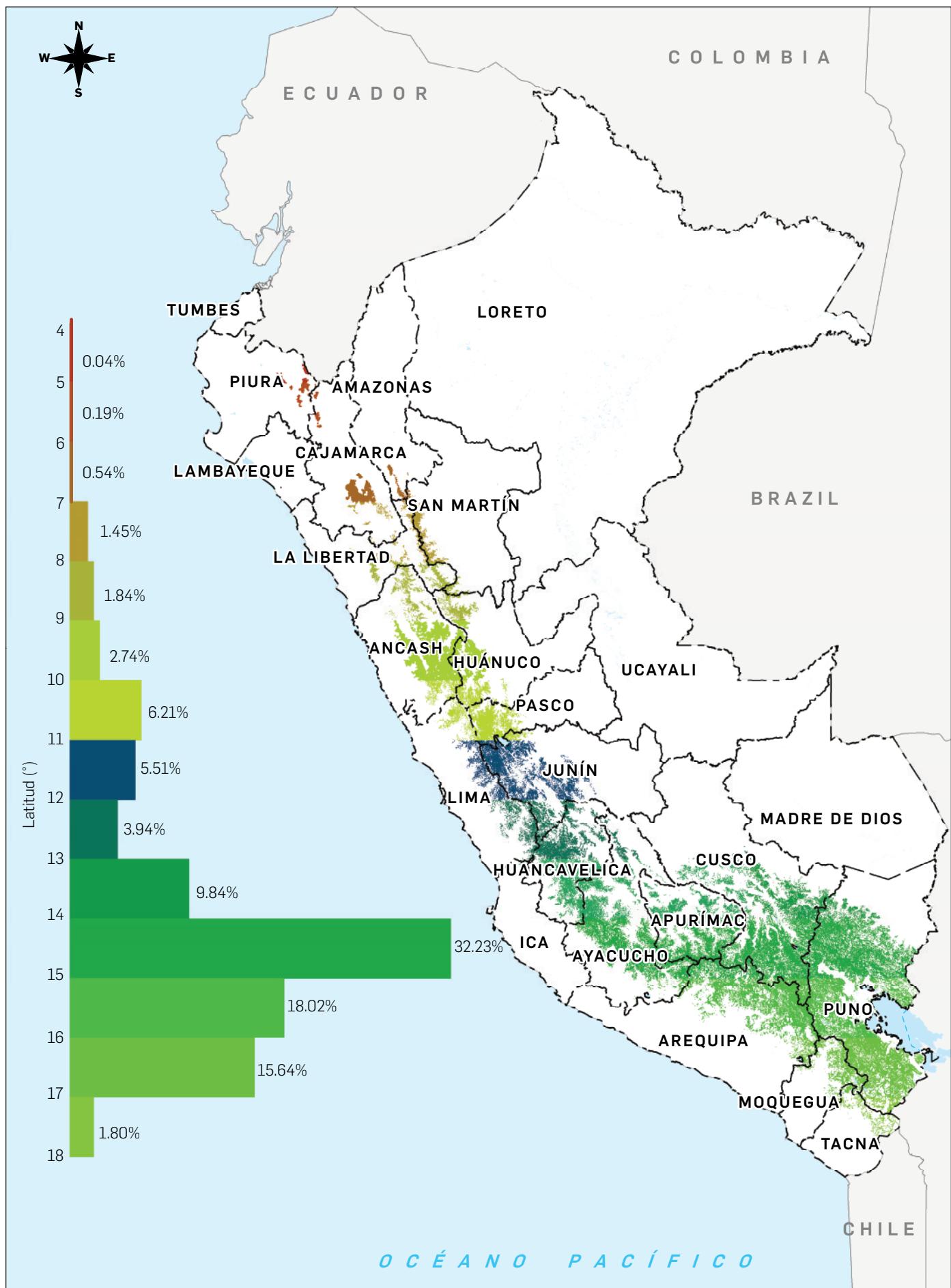
Fuente: elaboración propia.

5.1.3. ANÁLISIS LATITUDINAL

Se realizó el cálculo de las áreas diferenciadas por cada grado de latitud, desde los 4° S hasta los 18° S, con la finalidad de identificar la concentración de bofedales, hallándose que la mayor superficie de bofedales se encuentra en la latitud de 14° S a 15° S con más del 30 %, seguido de latitudes mayores (hasta 17° S) que en conjunto pasan

del 50 % del total de bofedales a nivel nacional. En líneas generales, desde los 13° a 17° S, se tiene la mayor superficie de bofedales a nivel nacional, con un acumulado de 75.74 %. Esto puede explicarse en cuanto a que en estas latitudes del territorio peruano existe un ensanchamiento mayor (Figura 5.3) de la cordillera de los andes.

Figura 5.3: Superficie de bofedales a nivel latitudinal



Fuente: elaboración propia.

5.1.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS BOFEDALES EN ÁREAS DE CONSERVACIÓN

Los bofedales identificados en este inventario están presentes en 15 áreas naturales protegidas (ANP), con una superficie total de 59 165.2 ha; en 11 áreas de conservación regional (ACR), con 14 288.9 ha, y en 26 áreas de conservación privada

(ACP), con 2424.6 ha. En total, 7.21% de los bofedales identificados se encuentran bajo alguna figura de protección. Los detalles de superficie de bofedales por tipo de área de conservación se presentan a continuación: tablas 5.3, 5.4 y 5.5

Tabla 5.3: Superficie de bofedales en Áreas Naturales protegidas (ANP)

Tipo	Departamento	Código	Categoría	Nombre	Área (ha)
ANP	Arequipa	RP02	Reserva Paisajística	Subcuenca del Cotahuasi	20 478.8
ANP	Arequipa	RN06	Reserva Nacional	de Salinas y Aguada Blanca	11 035.8
ANP	Áncash	PN04	Parque Nacional	Huascarán	7048.9
ANP	Junín	RN02	Reserva Nacional	de Junín	5303.9
ANP	San Martín	PN06	Parque Nacional	del Río Abiseo	4095.6
ANP	Pasco	RN02	Reserva Nacional	de Junín	3608.8
ANP	Junín	RP01	Reserva Paisajística	Nor Yauyos-Cochas	2702.9
ANP	Lima	RP01	Reserva Paisajística	Nor Yauyos-Cochas	2369.5
ANP	Ayacucho	RN01	Reserva Nacional	Pampa Galeras Barbara D' Achille	1300.9
ANP	Pasco	SN01	Santuario Nacional	de Huayllay	431.8
ANP	Junín	SH01	Santuario Histórico	de Chacamarca	308.0
ANP	Cusco	SH03	Santuario Histórico	Machupicchu	122.7
ANP	Junín	BP03	Bosque de Protección	de Pui Pui	98.0
ANP	Cajamarca	CC02	Coto de Caza	Sunchubamba	88.5
ANP	Moquegua	RN06	Reserva Nacional	de Salinas y Aguada Blanca	85.7
ANP	Cajamarca	SN08	Santuario Nacional	Tabaconas-Namballe	73.3
ANP	La Libertad	PN06	Parque Nacional	del Río Abiseo	10.7
ANP	Apurímac	SN04	Santuario Nacional	de Ampay	1.3

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.4: Superficie de bofedales en Áreas de Conservación Regional (ACR)

Tipo	Departamento	Código	Nombre	Área (ha)
ACR	Cusco	24	Ausangate	5662.0
ACR	Tacna	5	Vilacota Maure	3650.7
ACR	San Martín	21	Bosques de Shunté y Mishollo	1351.8
ACR	Cusco	18	Tres Cañones- Ámbito Sur	976.7
ACR	Junín	14	Huaytapallana	824.9
ACR	Cusco	18	Tres Cañones- Ámbito Norte	766.1
ACR	Cusco	7	Choquequirao	735.0
ACR	Cajamarca	27	Páramos y Bosques Montanos de Jaén y Tabaconas	302.9
ACR	Ayacucho	8	Bosque de <i>Puya Raymondii</i> – Titankayocc	14.8
ACR	Cusco	30	Q'eros Kosñipata	2.7
ACR	Cusco	26	Chuyapi Urusayhua	1.4

Fuente: elaboración propia.



Tabla 5.5: Superficie de bofedales en Áreas de Conservación Privada (ACP)

Tipo	Departamento	Código	Nombre	Área (ha)
ACP	Huánuco	ACP09	Jirishanca	967.0
ACP	Amazonas	ACP86	San Pedro de Chuquibamba	359.3
ACP	Lima	ACP04	Huayllapa	249.7
ACP	Ancash	ACP03	Pacllón	235.2
ACP	Piura	ACP92	Bosques Montanos y Páramos Chicuate - Chinguelas	234.1
ACP	Piura	ACP62	Bosques de Neblina y Páramos de Samanga	106.7
ACP	Amazonas	ACP56	Los Chilchos	94.0
ACP	Cusco	ACP164	Suttoc y Pacchac	24.9
ACP	Ancash	ACP43	Microcuenca de Paria	22.4
ACP	Piura	ACP77	Lagunas y Páramos de Andinos de San José de Tapal	18.0
ACP	Cusco	ACP83	Siete Cataratas - Qanchis Paccha	17.3
ACP	Cajamarca	ACP135	Páramos y Bosques Montanos, Paraíso de la Comunidad Campesina San Felipe	15.7
ACP	Piura	ACP100	Bosques Montanos y Páramos de Huaricancha	13.9
ACP	Puno	ACP49	Taypipiña	12.3
ACP	Cajamarca	ACP120	Páramos y Bosques Montanos de la Comunidad Campesina San Juan de Sallique	11.6
ACP	Cusco	ACP160	Misquiyaco	8.1
ACP	Amazonas	ACP78	Llamapampa - La Jalca	7.9
ACP	Cusco	ACP142	Kuntur Wachana	7.1
ACP	Puno	ACP50	Checca	6.2
ACP	Cusco	ACP42	Japu - Bosque Ucumari Llaqta	3.7
ACP	Cusco	ACP84	San Luis	2.8
ACP	Piura	ACP90	Los Bosques de Dotor, Hualtacal, Pueblo Libre, La Jardina y Chorro Blanco	2.5
ACP	Cusco	ACP14	Hatun Queuña-Quishuarani Ccollana	2.5
ACP	Cusco	ACP13	Abra Málaga Thastayoc - Royal Cinclodes	0.7
ACP	Junín	ACP76	Illich Pichacoto	0.4
ACP	Cusco	ACP143	Pumawasi	0.4

Fuente: elaboración propia.

5.1.5. DISTRIBUCIÓN DE BOFEDALES EN COMUNIDADES CAMPESINAS

Como se ha dicho líneas arriba, los bofedales en comunidades campesinas ascienden a 213 028.8 ha, lo que representa un 20.2 % de los bofedales a nivel nacional, siendo los departamentos de Arequipa, Pasco y Ayacucho en los

que las comunidades campesinas tienen una mayor superficie de bofedales. Asimismo, el único departamento que no presenta bofedales en alguna comunidad campesina es Ica (Tabla 5.6).

Tabla 5.6: Superficie de bofedales en comunidades campesinas por departamento

Ranking	Departamento	Superficie bofederal (ha)
1	Arequipa	34 545.1
2	Pasco	30 296.8
3	Ayacucho	28 080.3
4	Huancavelica	21 252.6
5	Puno	21 005.3
6	Lima	16 530.2
7	Huánuco	14 409.4
8	Ancash	9350.6
9	Junín	8719.4
10	Moquegua	6988.8
11	Apurímac	6497.8
12	Tacna	5685.8
13	Cusco	2644.2
14	San Martín	2574.3
15	La Libertad	2103.2
16	Amazonas	975.6
17	Cajamarca	814.3
18	Piura	555.0

Fuente: elaboración propia.

5.1.6. BOFEDALES BAJO CONCESIÓN MINERA GENERAL

Los bofedales que se encuentran dentro de concesiones mineras alcanzan una superficie aproximada de 445 986.1 ha, lo que representa el 41.8 % de todos los bofedales a nivel nacional. Casi todos los bofedales de los departamentos de Cajamarca (90.8 %) e Ica (85.5 %) se encuentran dentro de alguna concesión minera (Tabla 5.7).

Tabla 5.7: Superficies de bofedales en concesiones mineras por departamento

Departamento	Superficie bofedal		
	Departamental	Nacional	
	ha	%	%
Cajamarca	5036.4	90.9	0.5
Ica	136.5	85.8	0.0
La Libertad	5724.0	60.8	0.5
Apurímac	28 945.3	56.7	2.8
Moquegua	10 832.9	54.7	1.0
Lima	10 312.2	52.3	1.0
Huancavelica	26 417.3	52.2	2.5
Pasco	19 738.7	48.8	1.9
Amazonas	595.1	47.0	0.1
Ancash	14 314.8	46.4	1.4
Puno	146 263.9	42.6	13.9
Arequipa	51 683.5	38.7	4.9
Junín	19 791.2	32.5	1.9
Ayacucho	33 104.2	32.3	3.1
Cusco	37 563.2	28.6	3.6
Huánuco	7322.8	27.7	0.7
Tacna	2227.2	22.1	0.2
Piura	363.9	18.2	0.0
San Martín	1075.6	7.9	0.1

Fuente: elaboración propia.

Figura 5.4: Mapa Nacional de Bofedales

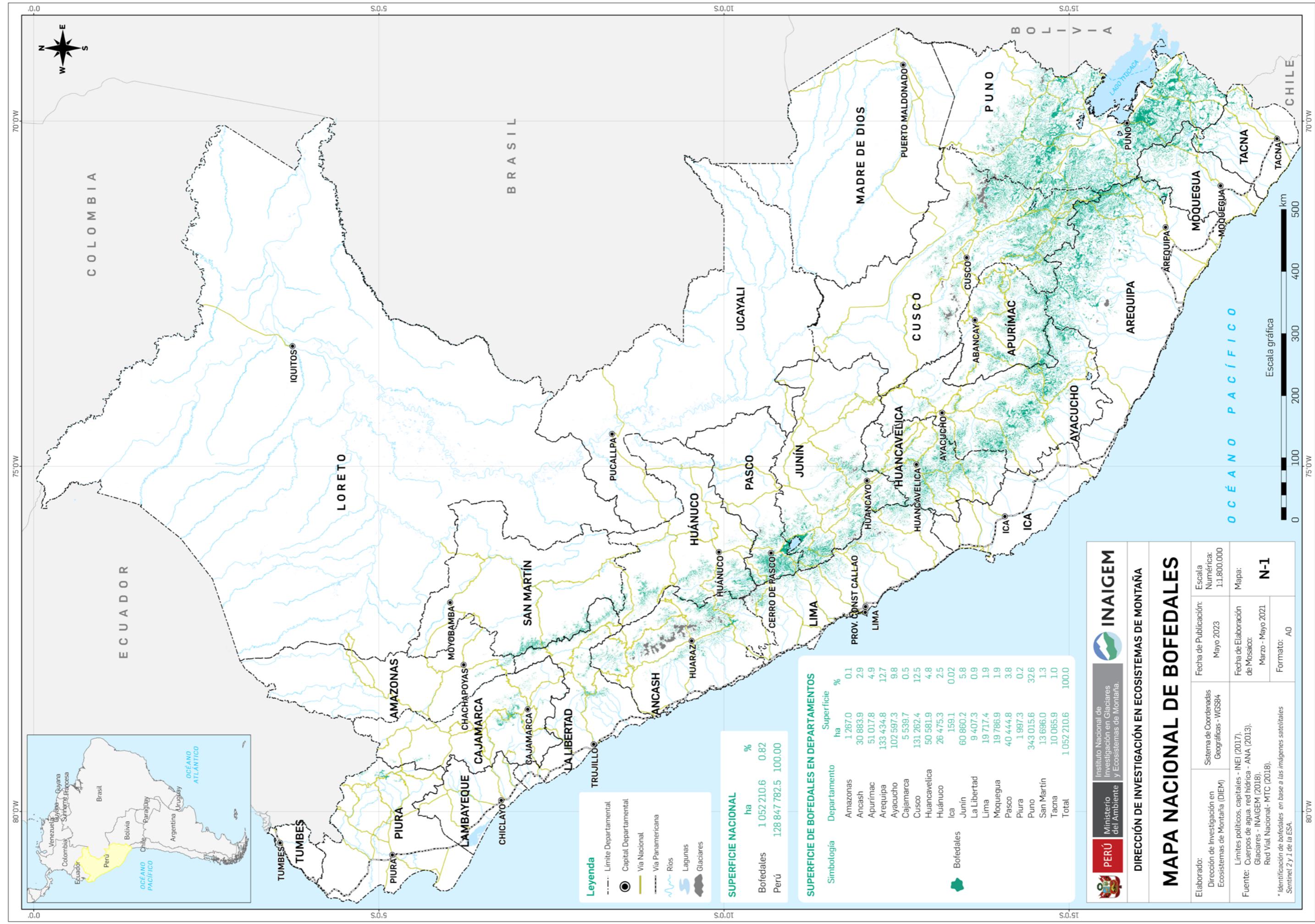
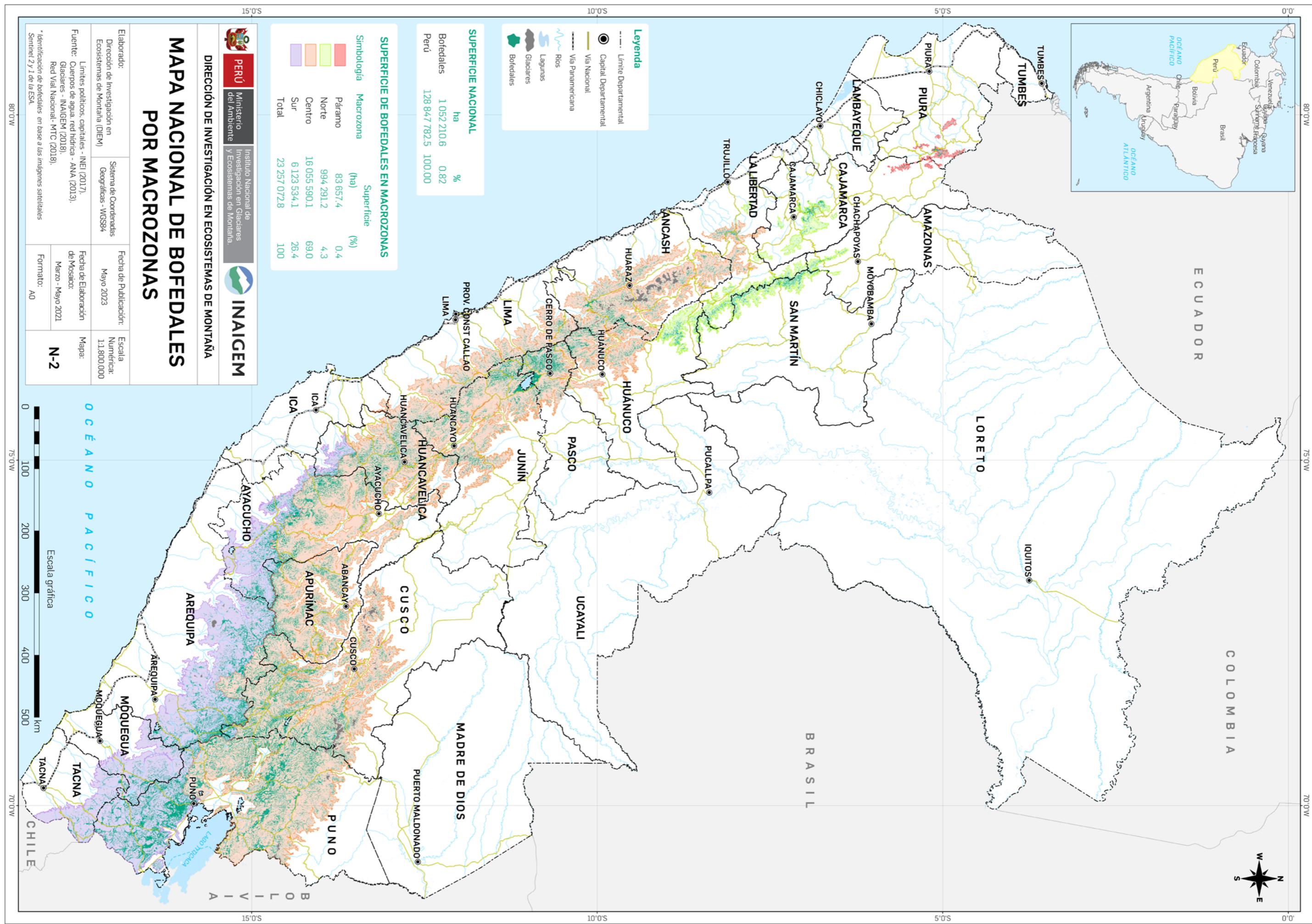


Figura 5.5: Mapa Nacional de Bofedales con Macrozonas



Fuente: elaboración propia.

Fuente: elaboración propia

5.2. RESULTADOS A NIVEL DEPARTAMENTAL

En la tabla 5.8 se presenta la superficie de bofedales, por departamento, y el porcentaje que esto representa de la superficie total del departamento. Encontramos que en Puno, los bofedales representan más del 5% de su superficie. Le siguen los departamentos de Apurímac, Ayacucho, Huancavelica y Arequipa, en los que los bofedales representan más del 2% de su extensión. Estas serían las regiones con mayor potencial para promover estrategias de gestión sostenible (conservación y/o recuperación) de estos ecosistemas, debido a la abundancia con la que cuentan. Sin embargo, estos mismos departamentos, excepto Arequipa, son los que presentan la menor proporción de bofedales bajo alguna figura de conservación (ANP, ACR o ACP). En ese sentido queremos destacar el caso de Cusco, que la principal figura de conservación para sus bofedales son Áreas de Conservación Regional (ACR) recientemente creadas.

Mientras que, en 10 de los 19 departamentos con bofedales, su superficie total representa menos del 1% de la extensión departamental. En estos casos, la promoción de la gestión sostenible de estos ecosistemas es más urgente aún, debido a la alta importancia

que tienen estos ecosistemas, y la baja extensión que concentran en sus territorios. Es decir que, la pérdida o degradación de los bofedales en estos departamentos, generará impactos mayores que en zonas que tienen una gran abundancia.

Por otro lado, la unidad mínima cartografiable de los bofedales; es decir, el tamaño mínimo que debe tener un bofedal para ser identificado en este inventario, es de 0.09ha (30x30m). Los bofedales que son muy pequeños son más difíciles de gestionar y conservar. Mientras que bofedales de mayor extensión, generarán mayores beneficios y será más importante asegurar su integridad. Por ello, en la tabla 5.8 también se presenta el dato del bofedal más extenso hallado en cada departamento.

De los cinco bofedales más grandes a nivel nacional, cuatro se encuentran en el departamento de Puno, ubicados en las provincias de Puno, Chucuito y El Collao, con extensiones de 18 753.9 ha, 11 936.3 ha, 7 295.6 ha y 3 950.5 ha. El otro está en el departamento de Ayacucho, en la provincia de Lucanas, con 3 703.3 ha de extensión.

Tabla 5.8: Ranking de la superficie de bofedales y su proporción, de acuerdo a la superficie departamental

Ranking	Departamento	Superficie			
		Departamental		Bofedal	Bofedal de mayor extensión
		ha	ha	%	ha
1	Puno	6 696 368	343 015.6	5.12	18753.9
2	Apurímac	2 089 579	51 017.8	2.44	1359.9
3	Ayacucho	4 381 480	102 597.3	2.34	3703.3
4	Huancavelica	2 213 147	50 581.9	2.29	445.4
5	Arequipa	6 334 393	133 434.8	2.11	3232.7
6	Cusco	7 198 650	131 262.4	1.82	1434.6
7	Pasco	2 531 959	40 444.8	1.60	1619.0
8	Junín	4 419 723	60 860.2	1.38	799.8
9	Moquegua	1 573 388	19 786.9	1.26	1033.7
10	Ancash	3 590 258	30 883.9	0.86	611.9
11	Huánuco	3 684 885	26 475.3	0.72	238.9
12	Tacna	1 607 573	10 065.9	0.63	1027.8
13	Lima	3 479 686	19 717.4	0.57	182.2
14	La Libertad	2 549 542	9407.3	0.37	123.6
15	San Martín	5 125 331	13 695.9	0.27	140.1
16	Cajamarca	3 331 754	5539.7	0.17	94.7
17	Piura	3 589 117	1997.3	0.06	173.5
18	Amazonas	3 924 913	1267.0	0.03	36.8
19	Ica	2 130 551	159.1	0.01	12.0

Fuente: elaboración propia.



Vicuñas comiendo vegetación

de bofedal (Cusco)

Foto: Renny Díaz Aguilar

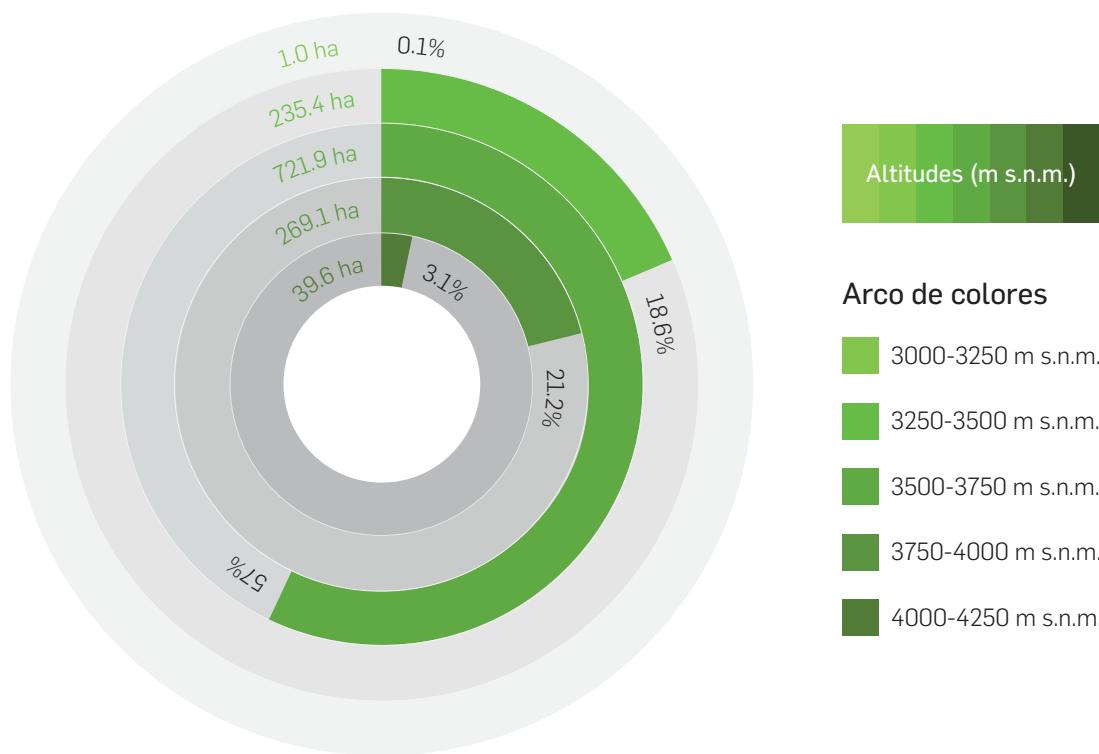
5.2.1. DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

Los bofedales en el departamento de Amazonas se desarrollan entre las cadenas de montañas central y oriental del norte del Perú. Poseen una extensión aproximada de 1267 ha, lo que representa el 0.03 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 18 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 36.8 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 11 distritos de tres provincias de la parte sur del departamento, con altitudes que van desde los 3000 a 4250 m s.n.m. Tienen una concentración de más del 50 % en la provincia de Chachapoyas, dentro de la cuenca del Utcubamba.

Se reporta un estimado de 36.4 % en ACP y 77 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*

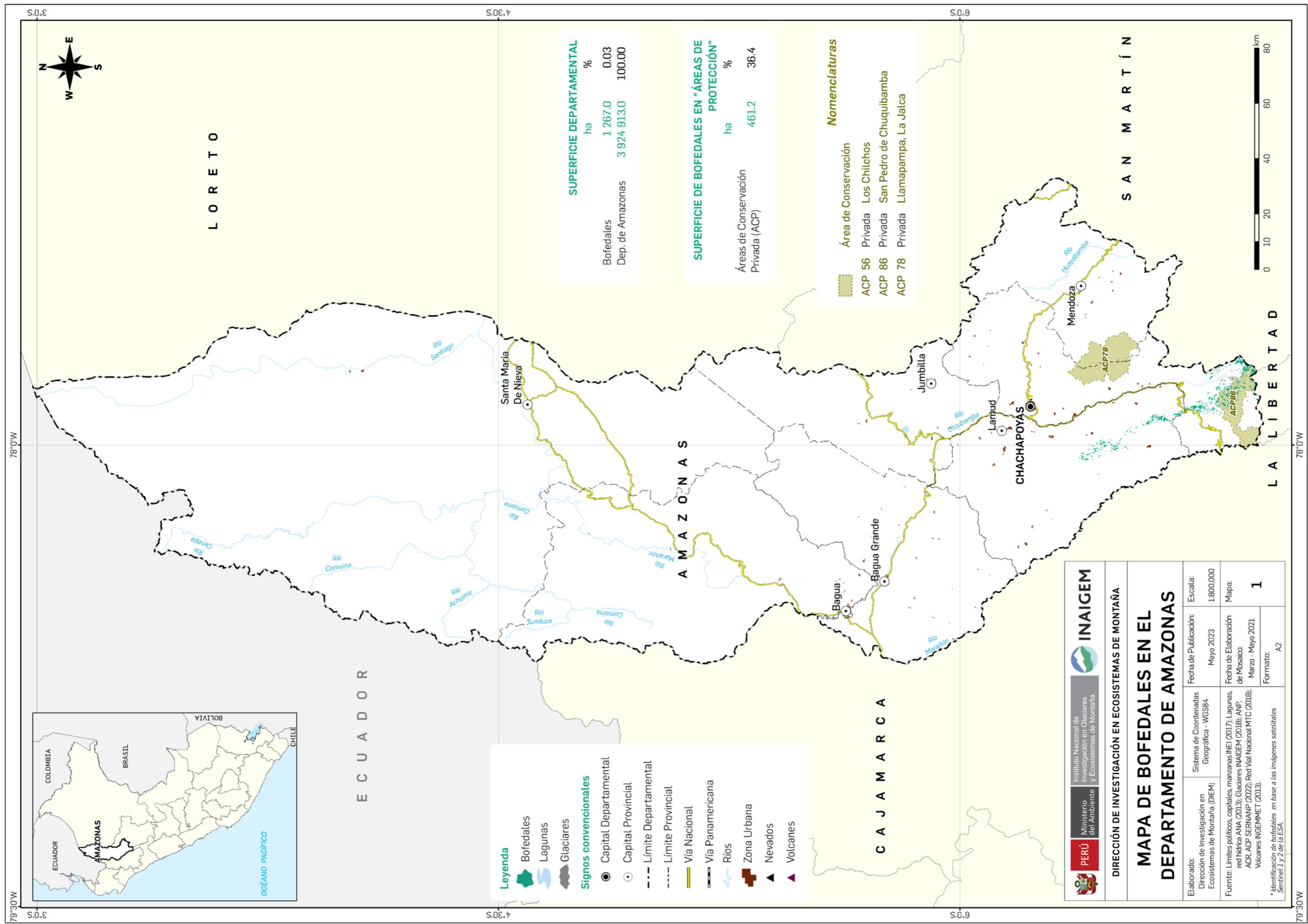
Figura 5.6: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Amazonas

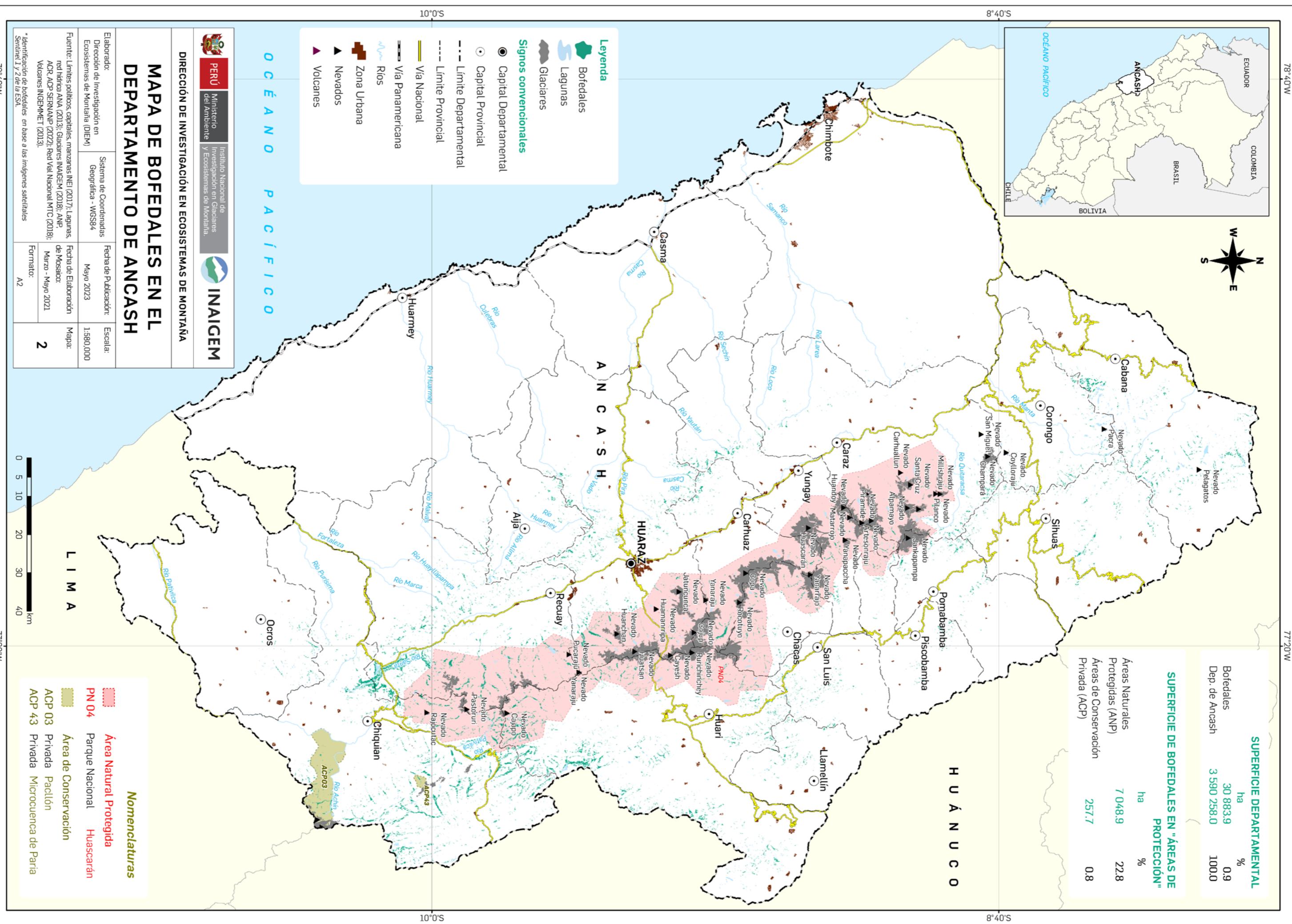


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Amazonas, con un aproximado de **57%** en la categoría de altitud 3500 - 3750 m s.n.m.”

(Elaboración propia).





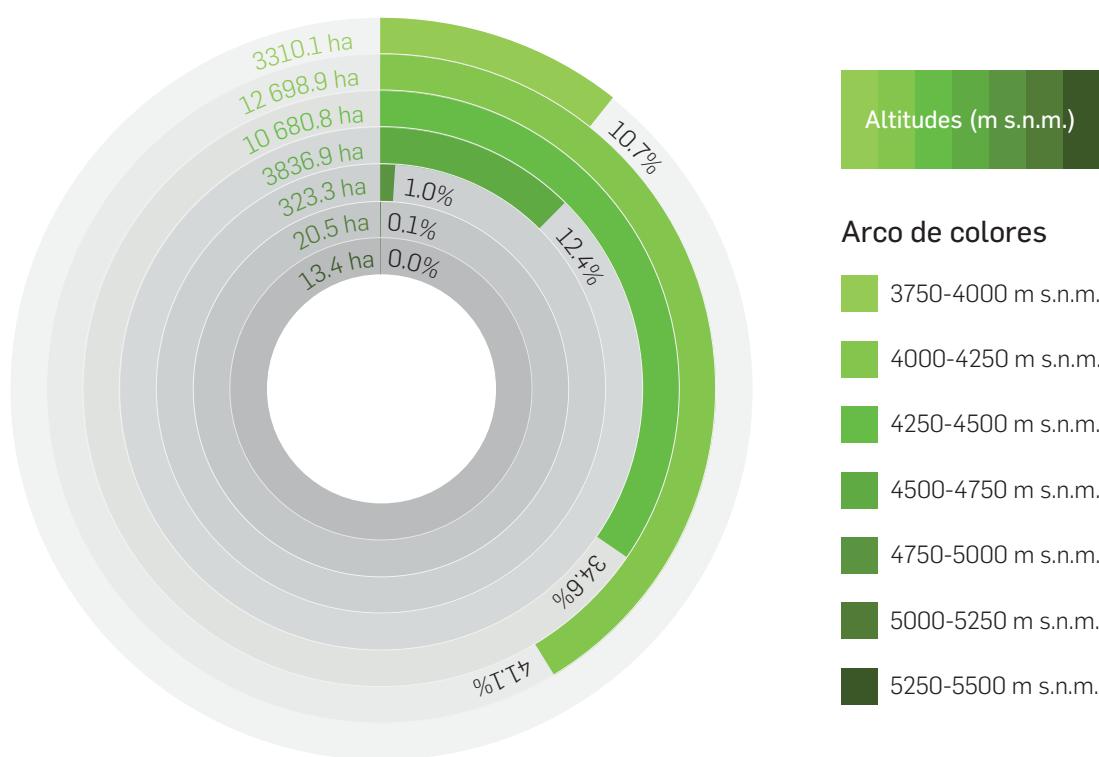
5.2.2. DEPARTAMENTO DE ANCASH

Los bofedales en el departamento de Áncash se desarrollan en la cadena de montaña occidental del centro del Perú. Poseen una extensión aproximada de 30 883.9 ha, lo que representa el 0.86 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 9 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 611.9 ha, y el más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 129 distritos de 19 provincias de la parte centro del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5500 m s.n.m., concentrados en más del 25 % en la provincia de Bolognesi, dentro de la cuenca Pativilca y la intercuenca Alto Marañón V.

Se reporta un estimado de 22.8 % en ANP, 0.8 % en ACP y 30.3 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.7: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Ancash



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Áncash, con un aproximado de **41.1%** en la categoría de altitud 4000 - 4250 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

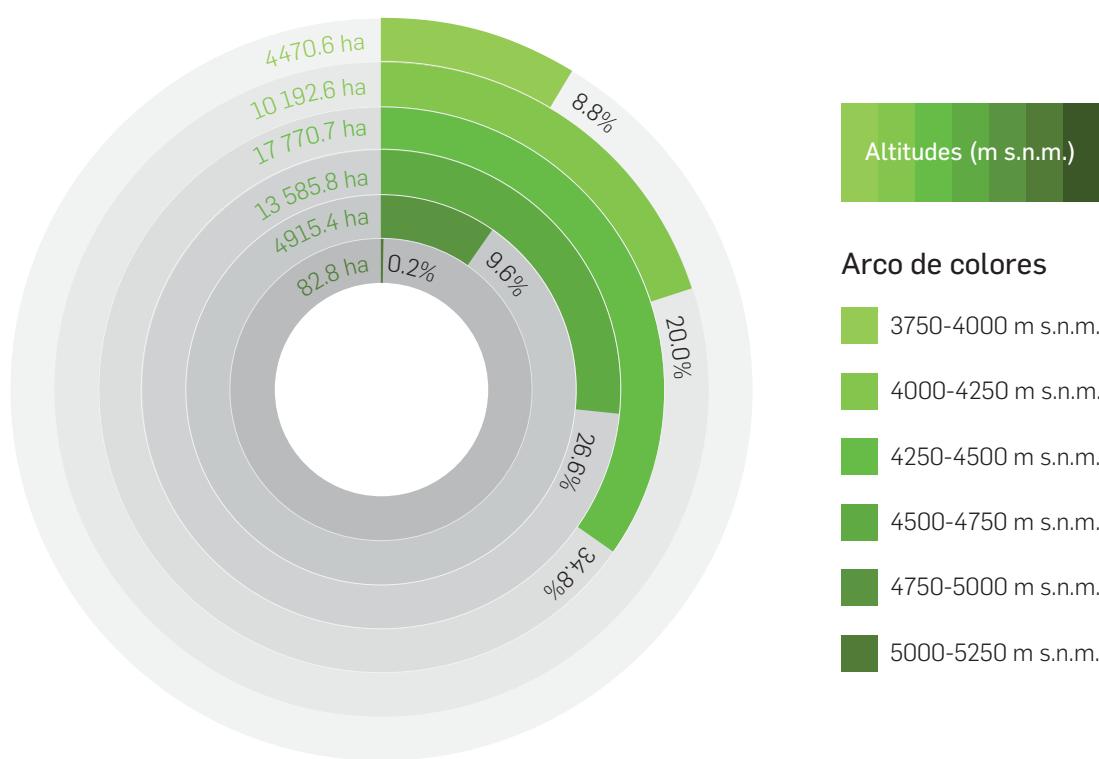
5.2.3. DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

Los bofedales en el departamento de Apurímac se desarrollan entre las cadenas de montañas central y occidental del sur del Perú. Poseen una extensión aproximada de 51 017.8 ha, lo que representa el 2.44% del total de su territorio, encontrándose en el puesto 6 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 1359.9 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 80 distritos de siete provincias de la parte centro y sur del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5250 m s.n.m. Tienen una concentración cercana al 30% en la provincia de Aymaraes, dentro de la cuenca Alto Apurímac y Ocoña.

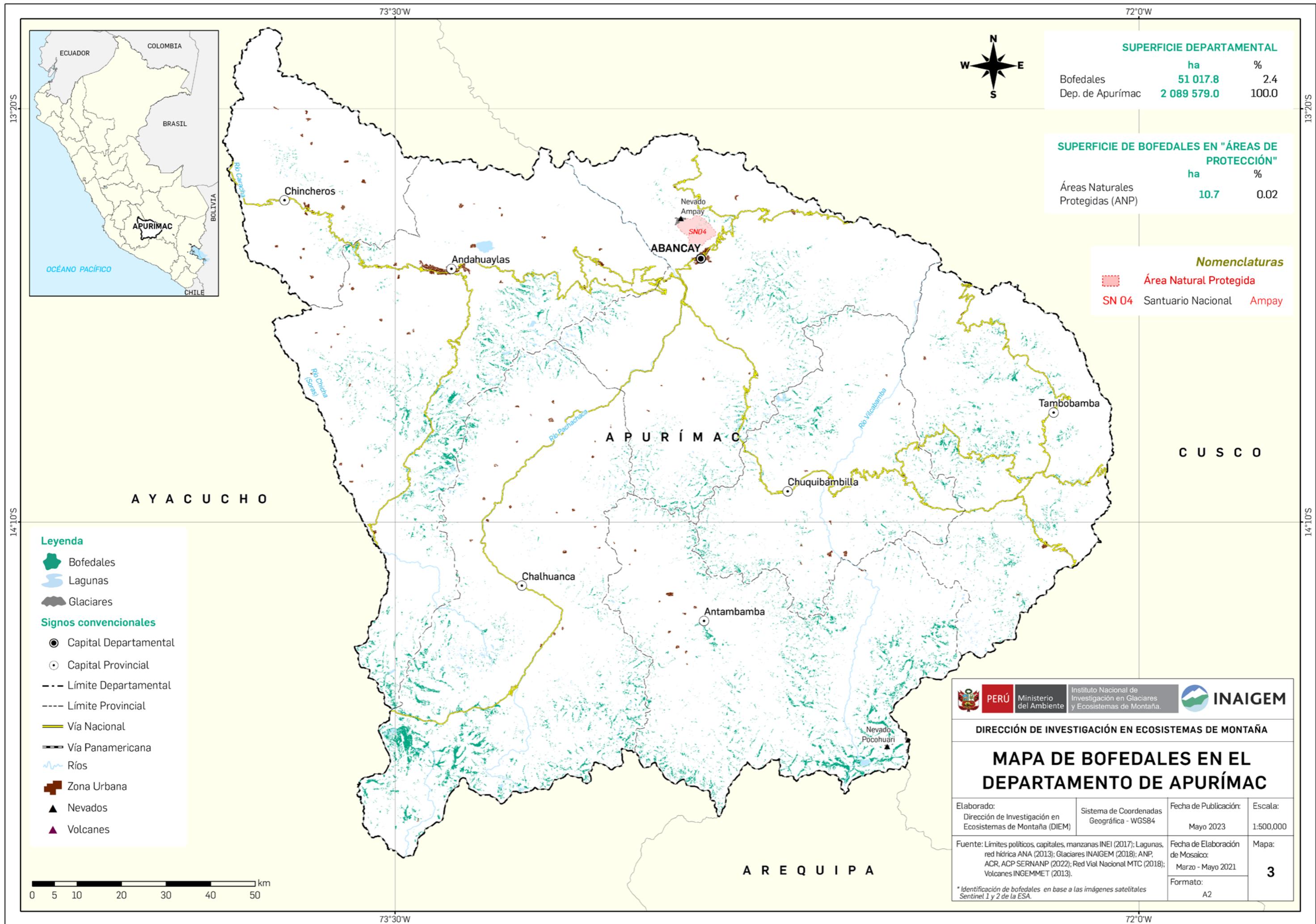
Se reporta un estimado de 0.02% en ANP y 12.7% en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el Inventario Nacional de Bofedales.

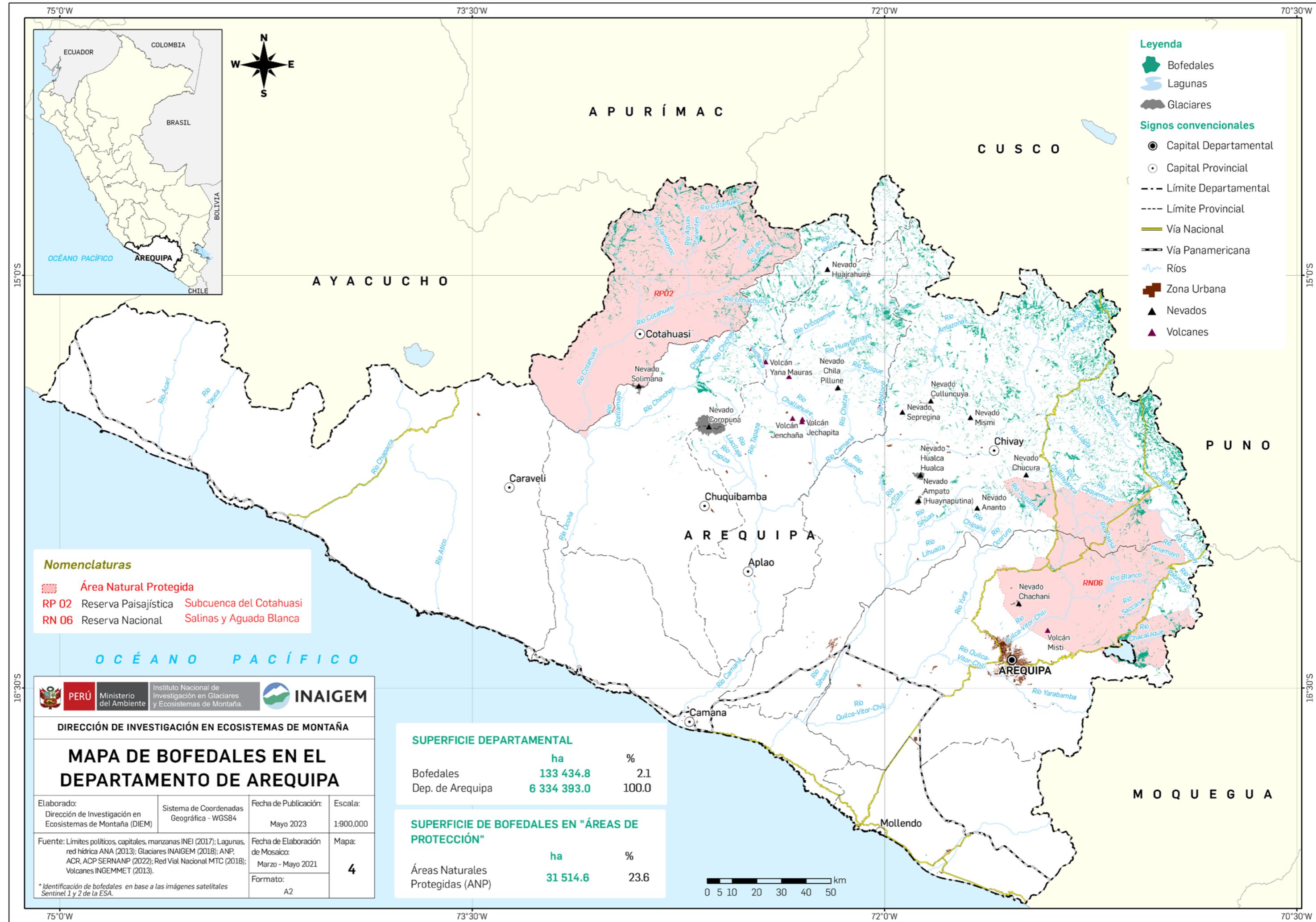
Figura 5.8: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Apurímac



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Apurímac, con un aproximado de **34.8%** en la categoría de altitud 4250 - 4500 m s.n.m.”
(Elaboración propia).





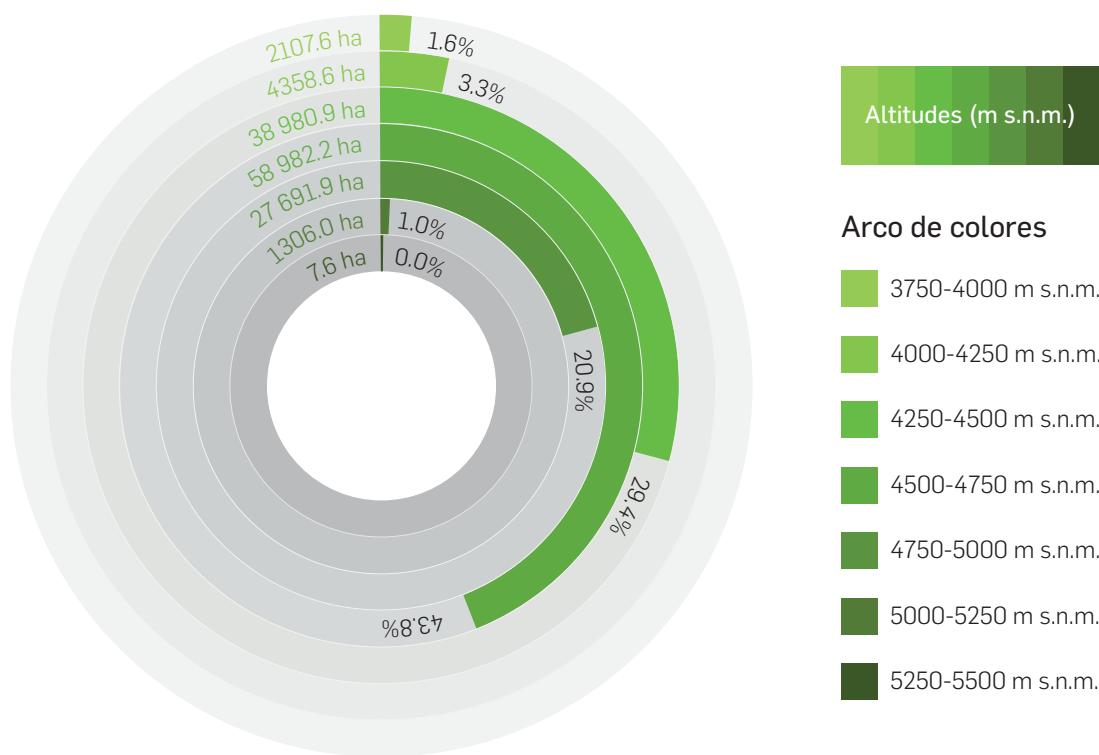
5.2.4. DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Los bofedales en el departamento de Arequipa se desarrollan en la cadena de montaña occidental del Perú. Poseen una extensión aproximada de 133 434.8 ha, lo que representa el 2.11% del total de su territorio, encontrándose en el puesto 2 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 3232.7 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 49 distritos de 5 provincias de la parte sur y centro del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5500 m s.n.m. Más del 50% se concentra en la provincia de Caylloma, en la cuenca de Camaná.

Se reporta un estimado de 23.6% en ANP y 25.9% en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.9: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Arequipa



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Arequipa, con un aproximado de **43.8%** en la categoría de altitud 4500 - 4750 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

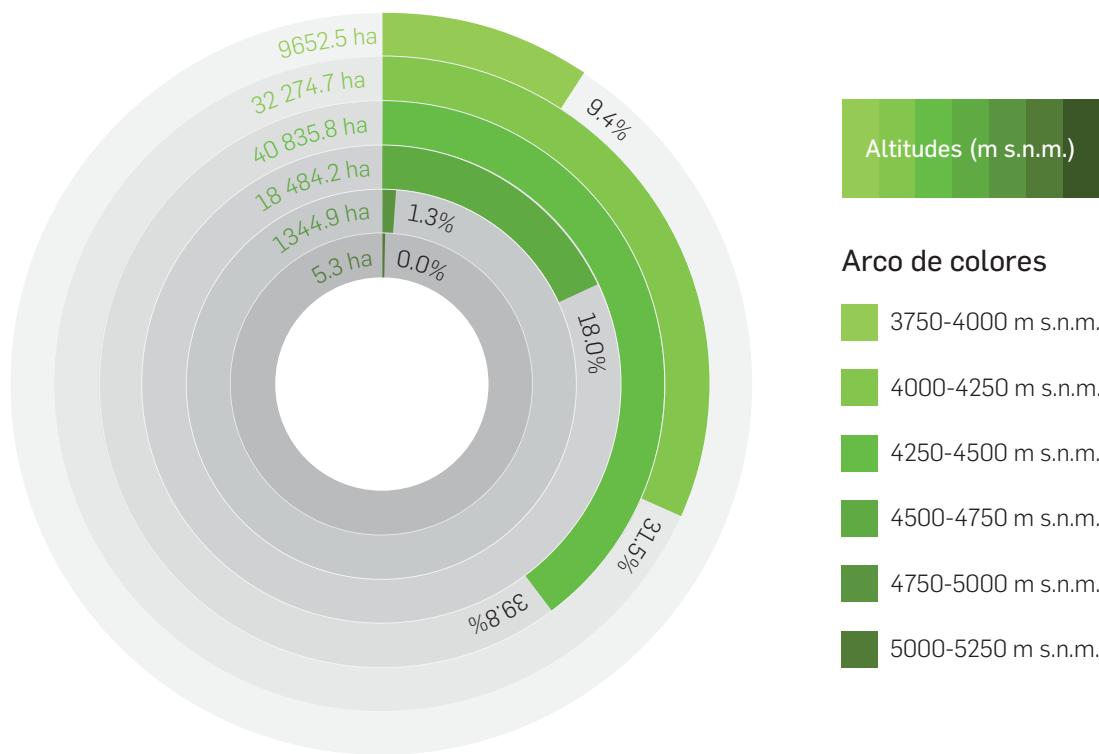
5.2.5. DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

Los bofedales en el departamento de Ayacucho se desarrollan entre las cadenas de montañas central y occidental del sur del Perú. Poseen una extensión aproximada de 102 597.3 ha, lo que representa el 2.34 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 4 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 3 703.3 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 103 distritos de 11 provincias de la parte centro y sur del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5250 m s.n.m., que concentra más del el 40 % en la provincia de Lucanas, dentro de las cuencas de Acarí y Pampas.

Se reporta un estimado de 1.3 % en ANP, 0.01 % en ACR y 27.4 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

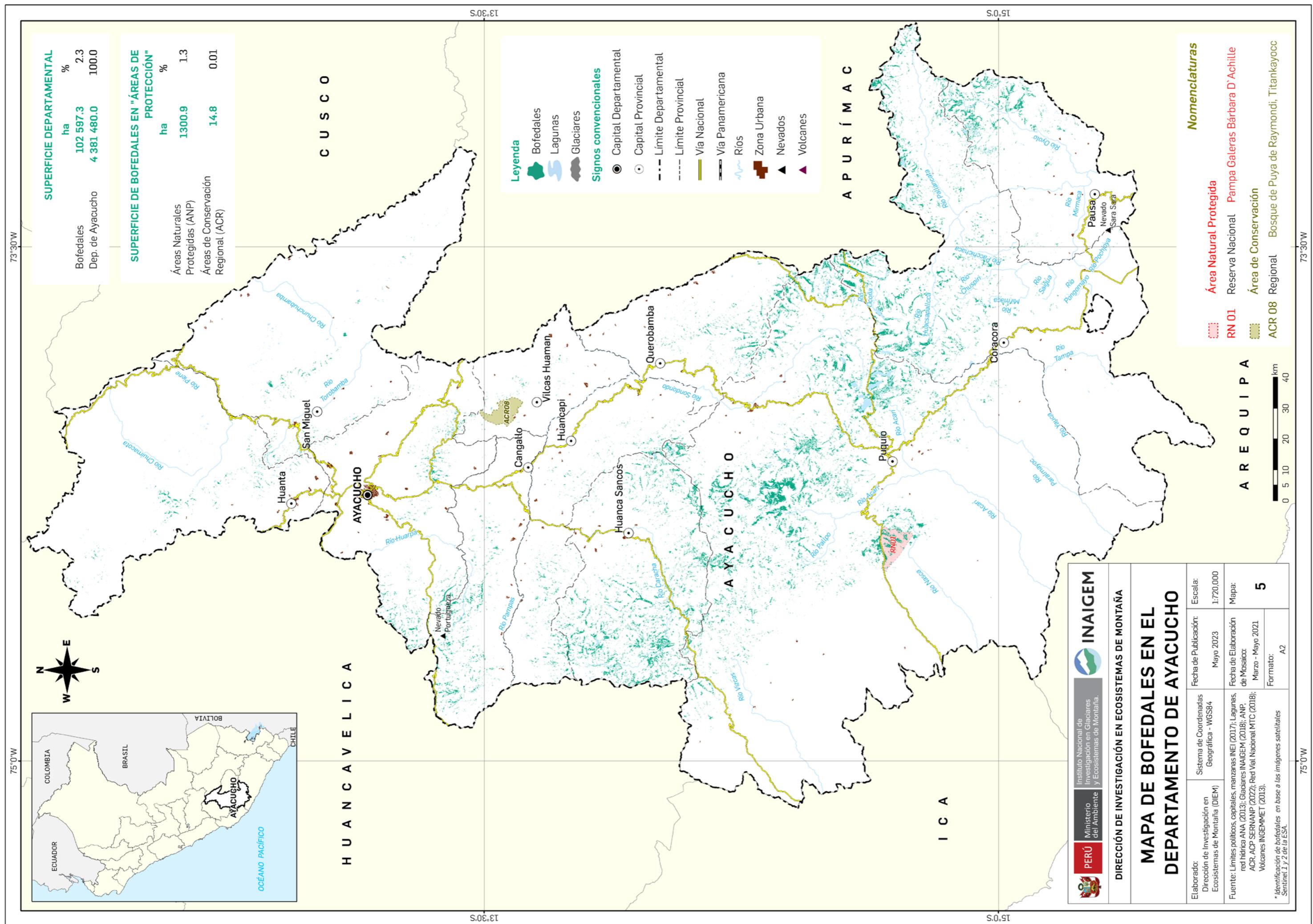
Figura 5.10: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Ayacucho

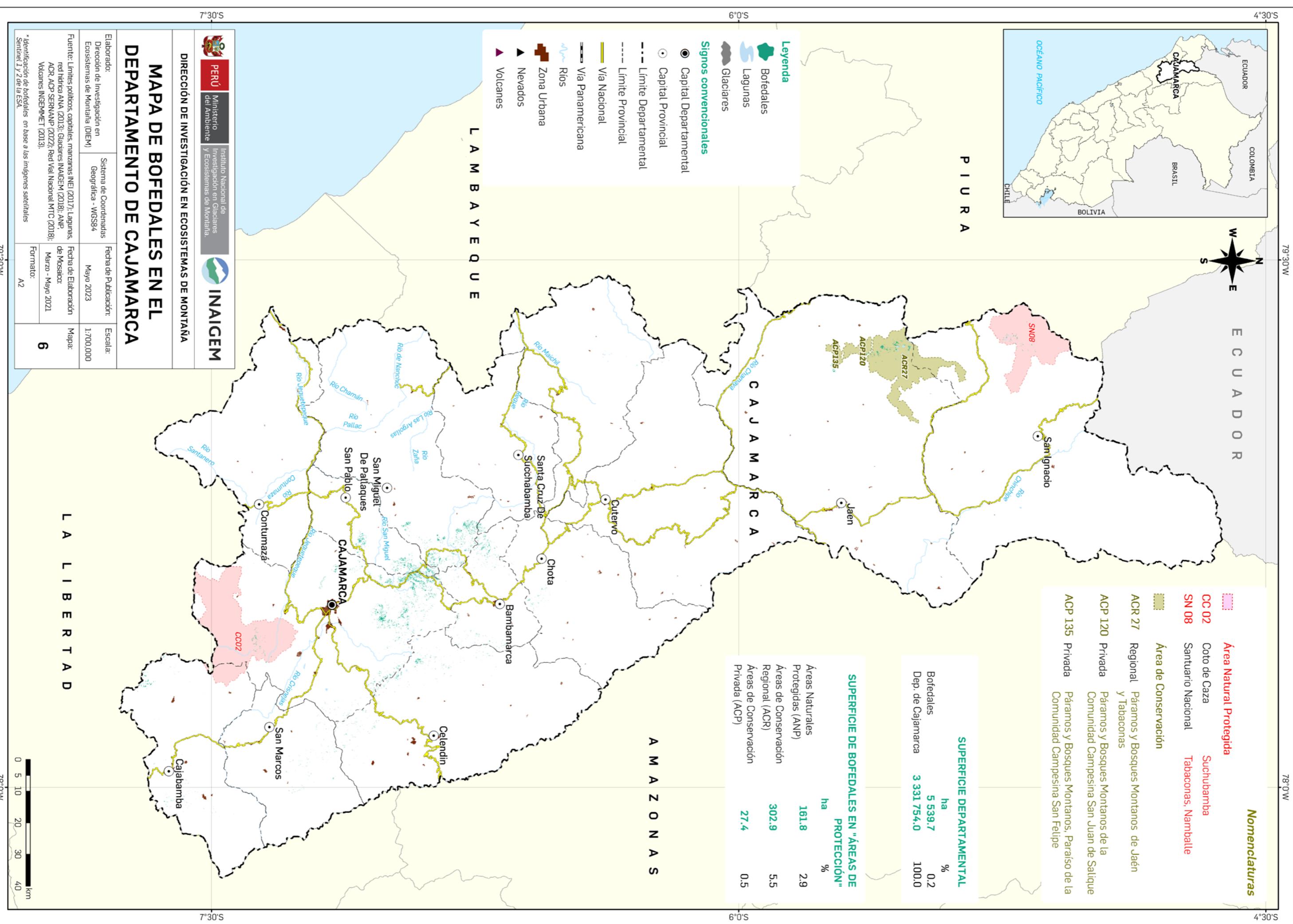


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Ayacucho, con un aproximado de **39.8%** en la categoría de altitud 4250 - 4500 m s.n.m.”

(Elaboración propia).



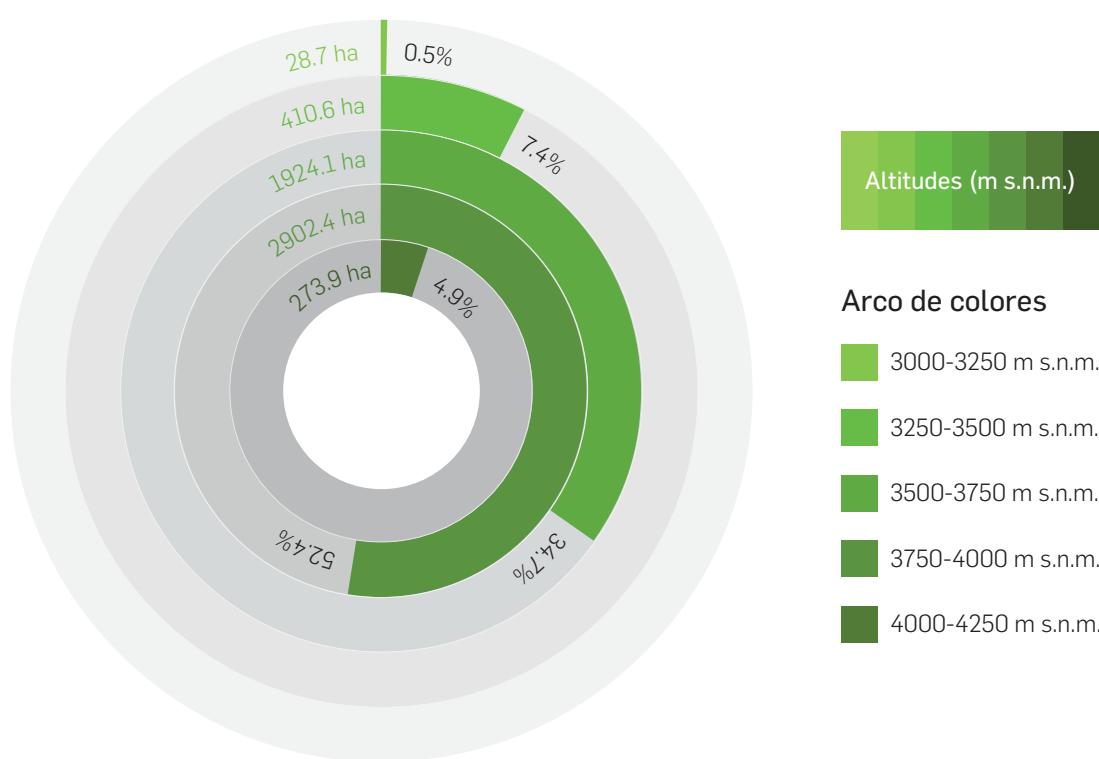


5.2.6. DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Los bofedales en el departamento de Cajamarca se desarrollan en la cadena de montaña occidental y central del norte del Perú. Poseen una extensión aproximada de 5539.7 ha, lo que representa el 0.17 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 16 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 94.7 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 41 distritos de 11 provincias de la parte centro y norte del departamento, con altitudes que van desde los 3000 a 4250 m s.n.m., concentradas en más del 40%Se reporta un estimado de 2.9 % en ANP, 5.5 % en ACR, 0.5 % en ACP y 14.7 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.11: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Cajamarca



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Cajamarca, con un aproximado de **52.4%** en la categoría de altitud 3750 - 4000 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

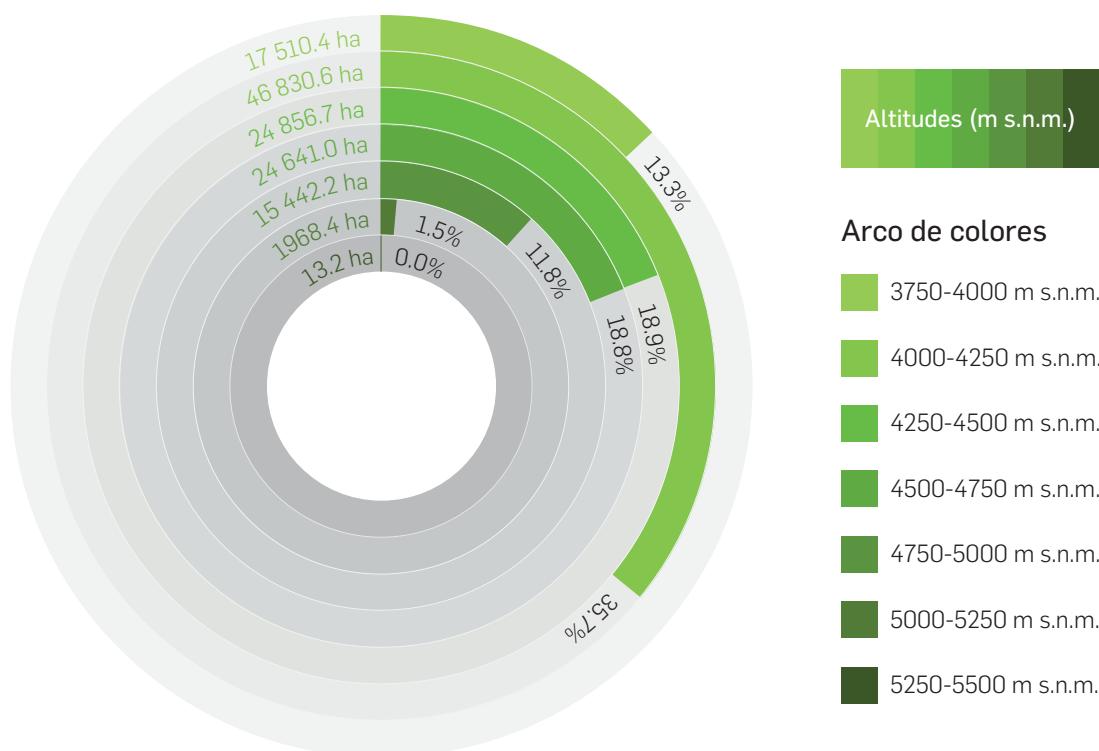
5.2.7. DEPARTAMENTO DE CUSCO

Los bofedales en el departamento de Cusco se desarrollan entre las cadenas de montañas oriental y central del Perú. Poseen una extensión aproximada de 131 262.4 ha, lo que representa el 1.82 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 3 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 1434.6 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 101 distritos de 13 provincias de la parte sur y centro del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5500 m s.n.m. El 30 % está concentrado en la provincia de Espinar, dentro de la intercuenca Alto Apurímac.

Se reporta un estimado de 0.1 % en ANP, 6.2 % en ACR, 0.1 % en ACP y 2 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

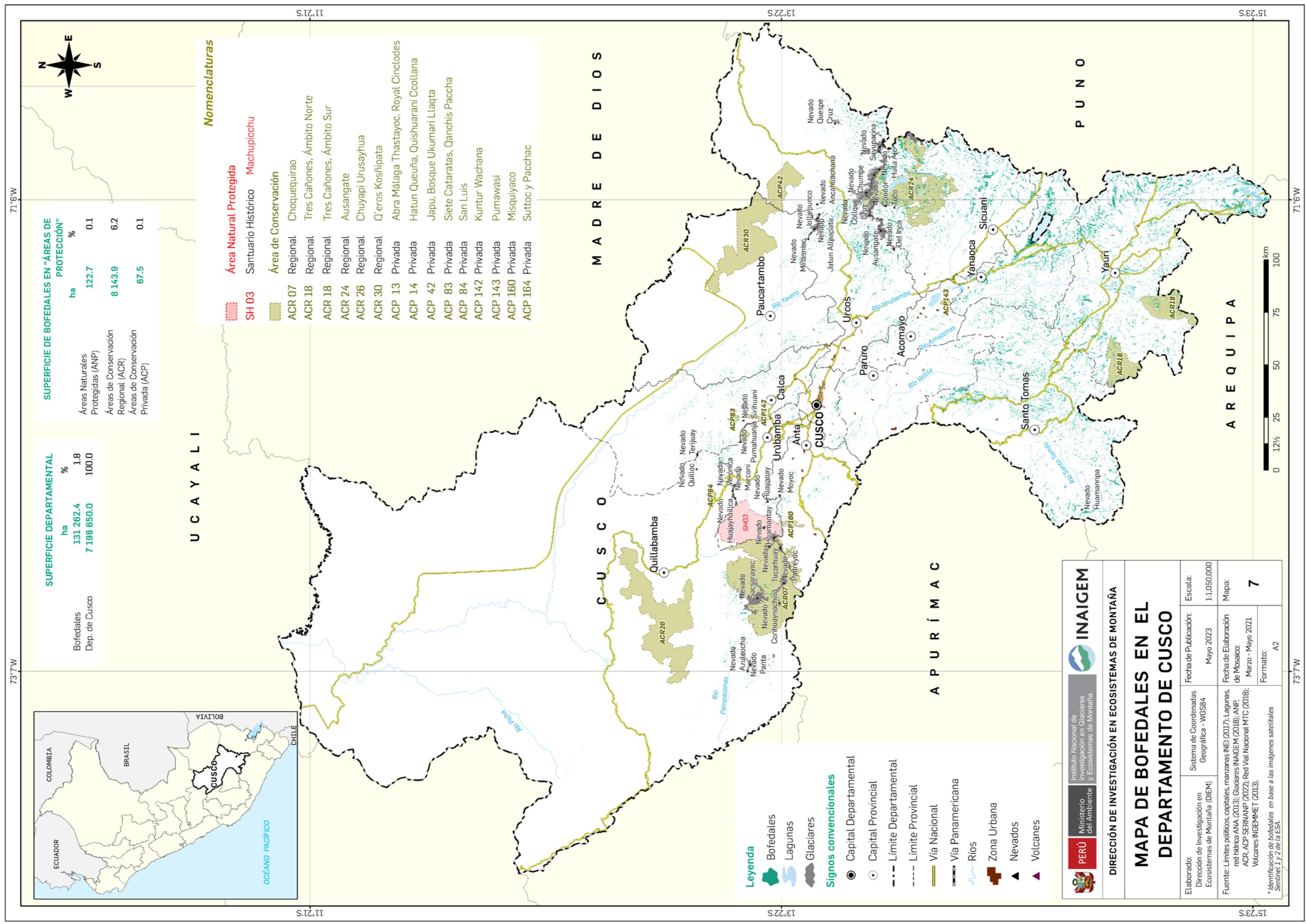
Figura 5.12: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Cusco

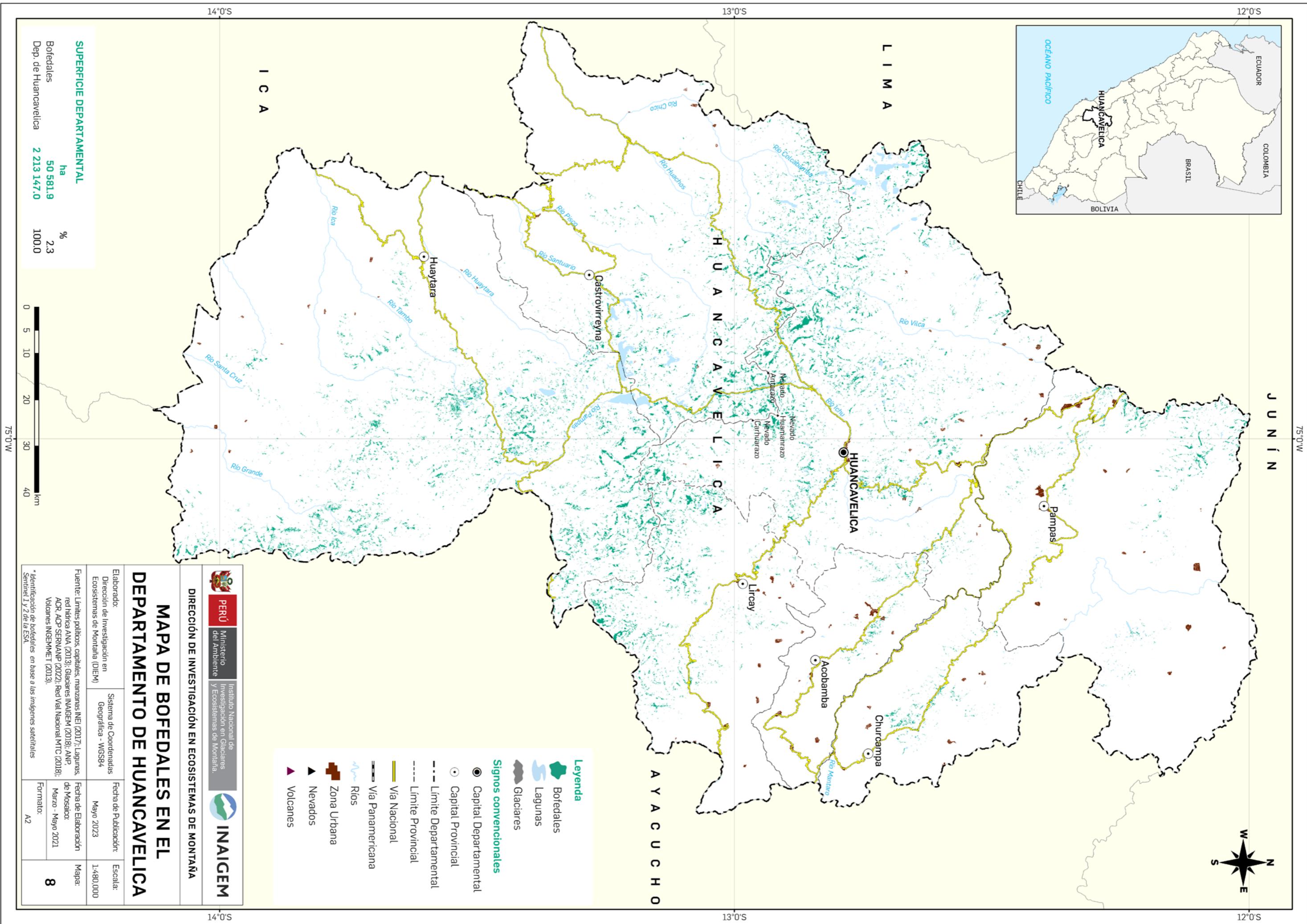


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Cusco, con un aproximado de **35.7%** en la categoría de altitud 4000 – 4250 m.s.n.m.”

(Elaboración propia).





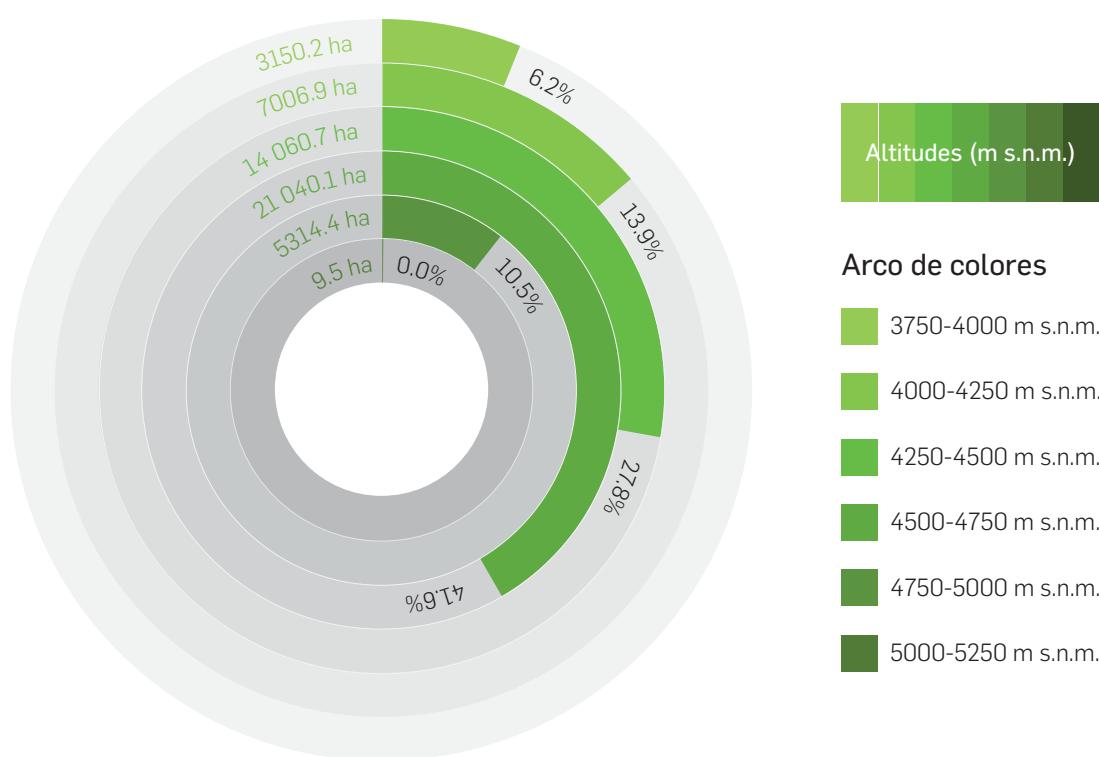
5.2.8. DEPARTAMENTO DE HUANCAVELICA

Los bofedales en el departamento de Huancavelica se desarrollan entre las cadenas de montañas central y occidental del centro del Perú. Poseen una extensión aproximada de 50 581.9 ha, lo que representa el 2.29 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 7 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 445.4 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 86 distritos de siete provincias de la parte centro y sur del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5000 m s.n.m., con una concentración de 32 % en la provincia de Huaytará, dentro de la cuenca Pampas.

Se reporta un estimado de 42 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.13: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Huancavelica



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Huancavelica, con un aproximado de **41.6%** en la categoría de altitud 4500 - 4750 m.s.n.m.”

(Elaboración propia).

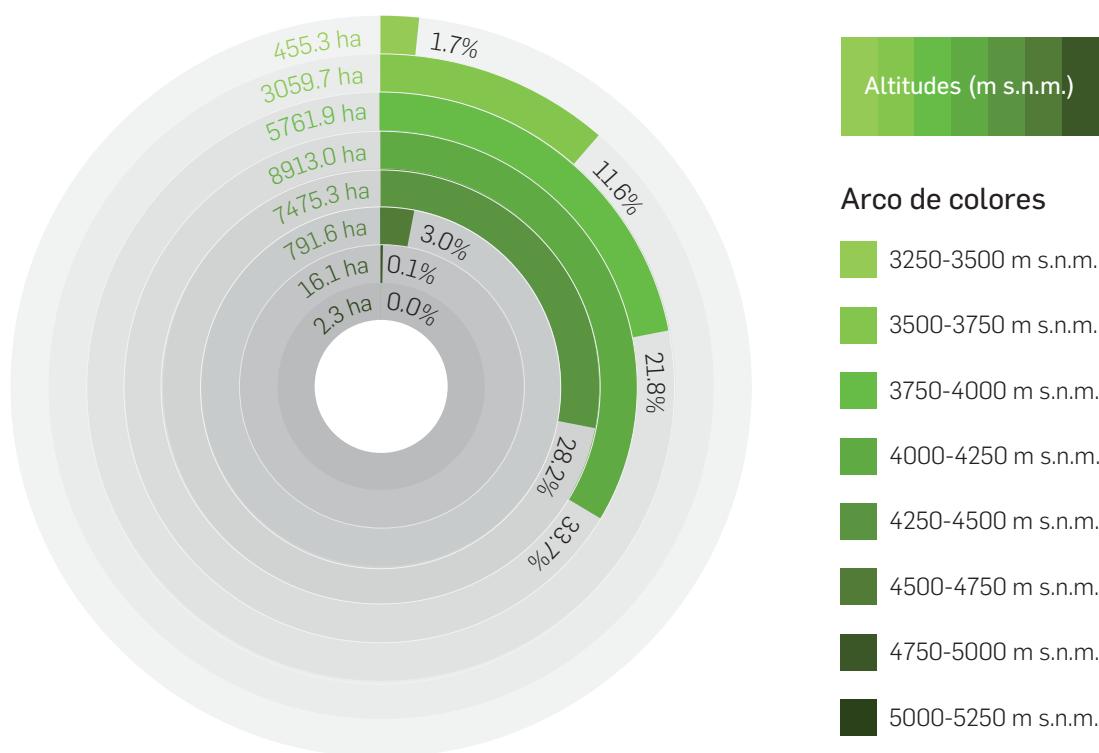
5.2.9. DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

Los bofedales en el departamento de Huánuco se desarrollan en la cadena de montaña central y oriental del centro del Perú. Poseen una extensión aproximada de 26 475.3 ha, lo que representa el 0.72 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 10 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 238.9 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 60 distritos de nueve provincias de la parte centro y norte del departamento, con altitudes que van desde los 3250 a 5250 m s.n.m. Están concentrados en más del 33 % en la provincia de Lauricocha, dentro de la intercuenca Alto Marañón V.

Se reporta un estimado de 3.7 % en ACP y 54.4 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

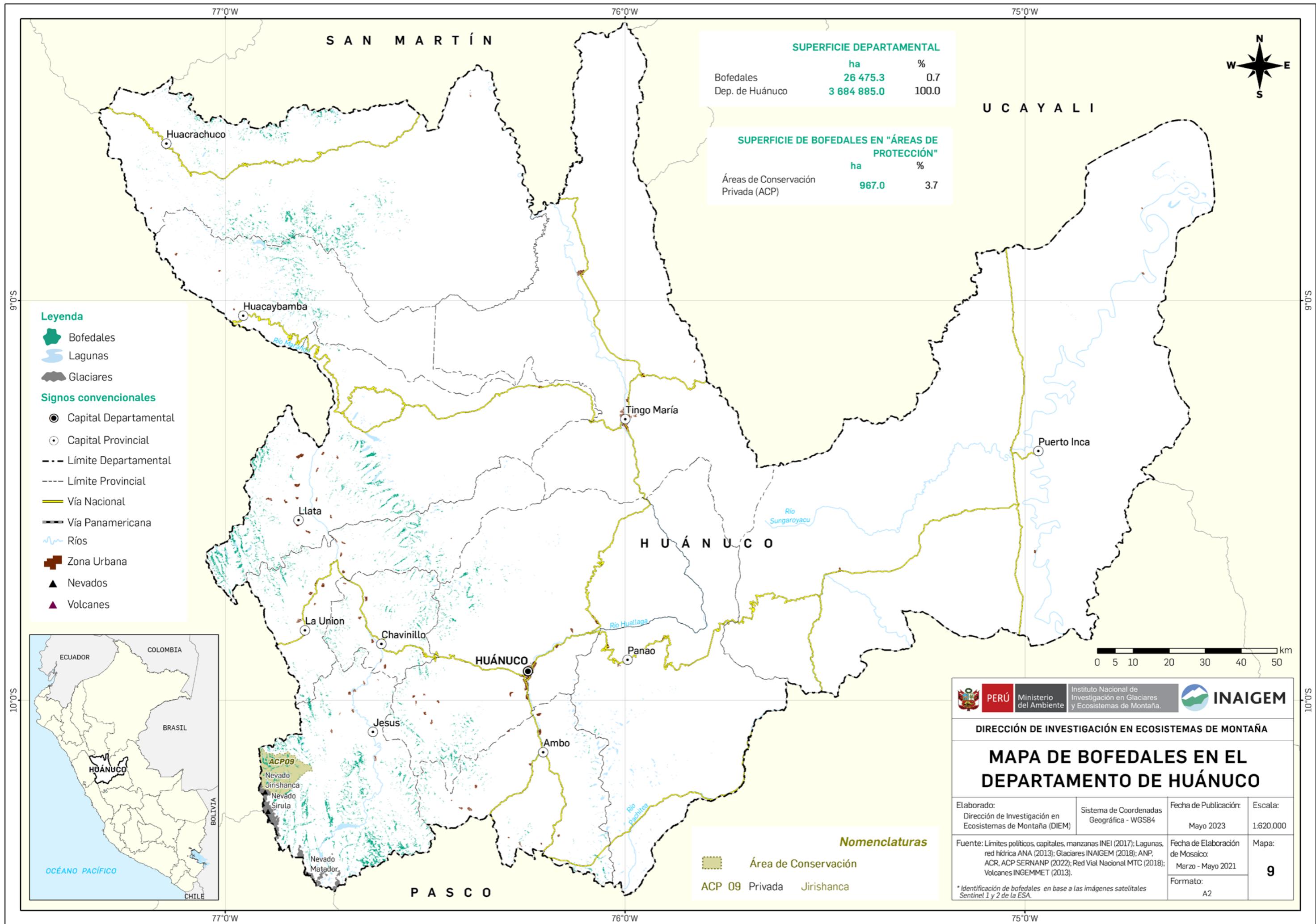
Figura 5.14: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Huánuco

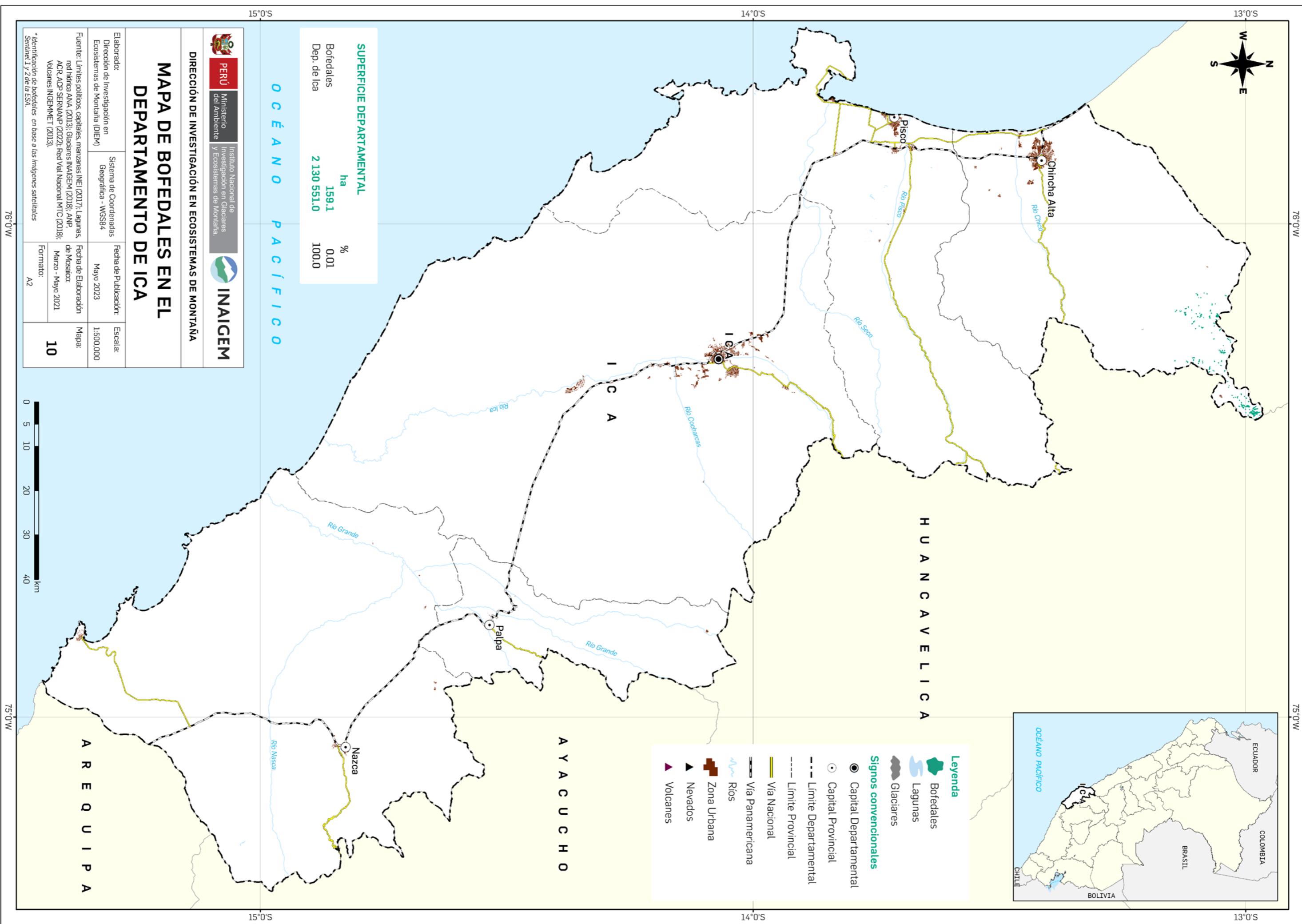


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Huánuco, con un aproximado de **33.7%** en la categoría de altitud 4000 - 4250 m s.n.m.”

(Elaboración propia).





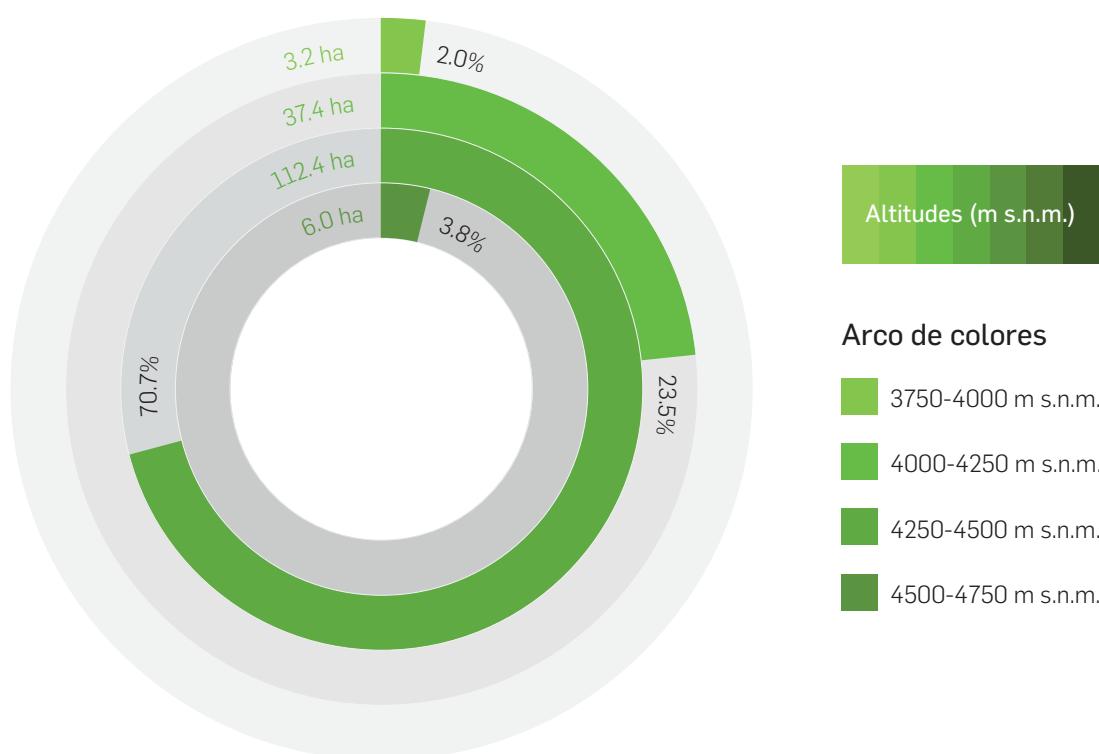
5.2.10. DEPARTAMENTO DE ICA

Los bofedales en el departamento de Ica se desarrollan en la cordillera occidental de los andes del sur del Perú. Poseen una extensión aproximada de 159.1 ha, lo que representa el 0.01 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 19 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada

de 12.0 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en tres distritos de la provincia de Chincha, con altitudes que van desde los 3 750 a 4 750 m s.n.m., concentrados en su totalidad dentro de las cuencas de San Juan y Topará.

Figura 5.15: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Ica



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Ica, con un aproximado de **70.7%** en la categoría de altitud 4250 - 4500 m s.n. m.”

(Elaboración propia).

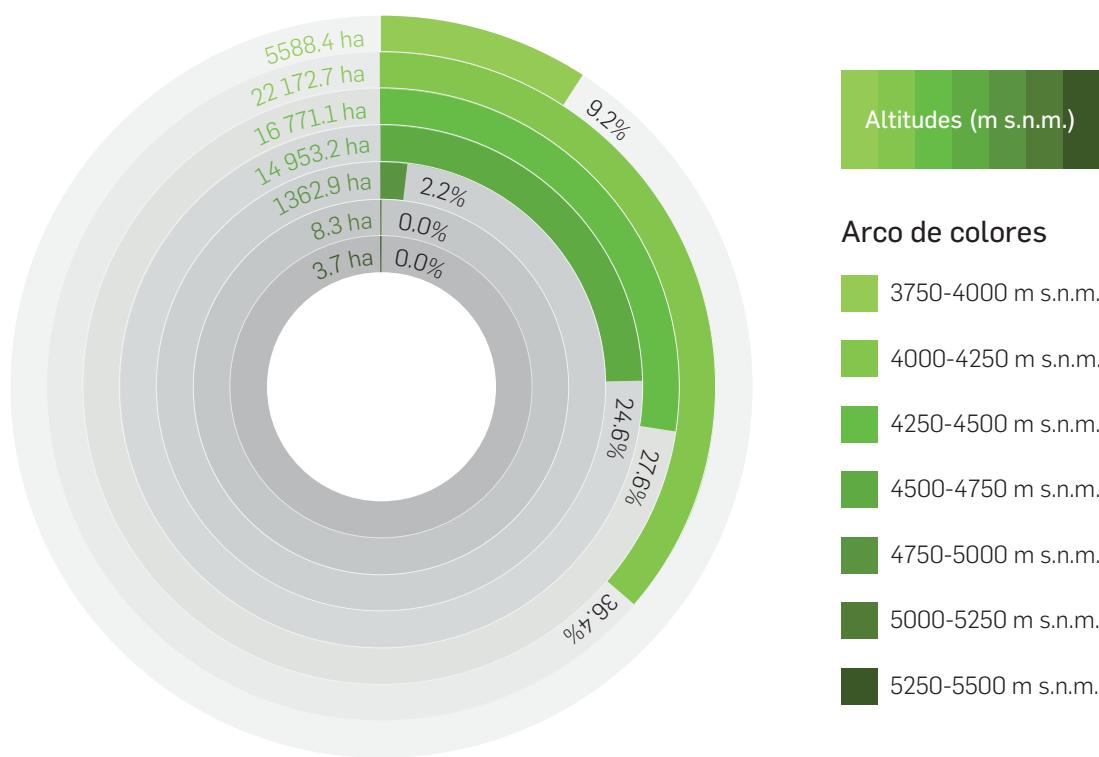
5.2.11. DEPARTAMENTO DE JUNÍN

Los bofedales en el departamento de Junín se desarrollan entre las cadenas de montañas central y oriental del centro del Perú. Poseen una extensión aproximada de 60 860.2 ha, que representa el 1.38 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 5 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 799.8 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 87 distritos de nueve provincias de la parte centro del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5500 m s.n.m. Más del 30 % se concentra en la provincia de Yauli, dentro de la cuenca del Mantaro.

Se reporta un estimado de 13.8 % en ANP, 1.4 % en ACR, 0.001 % en ACP y 14.3 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el Inventario Nacional de Bofedales.

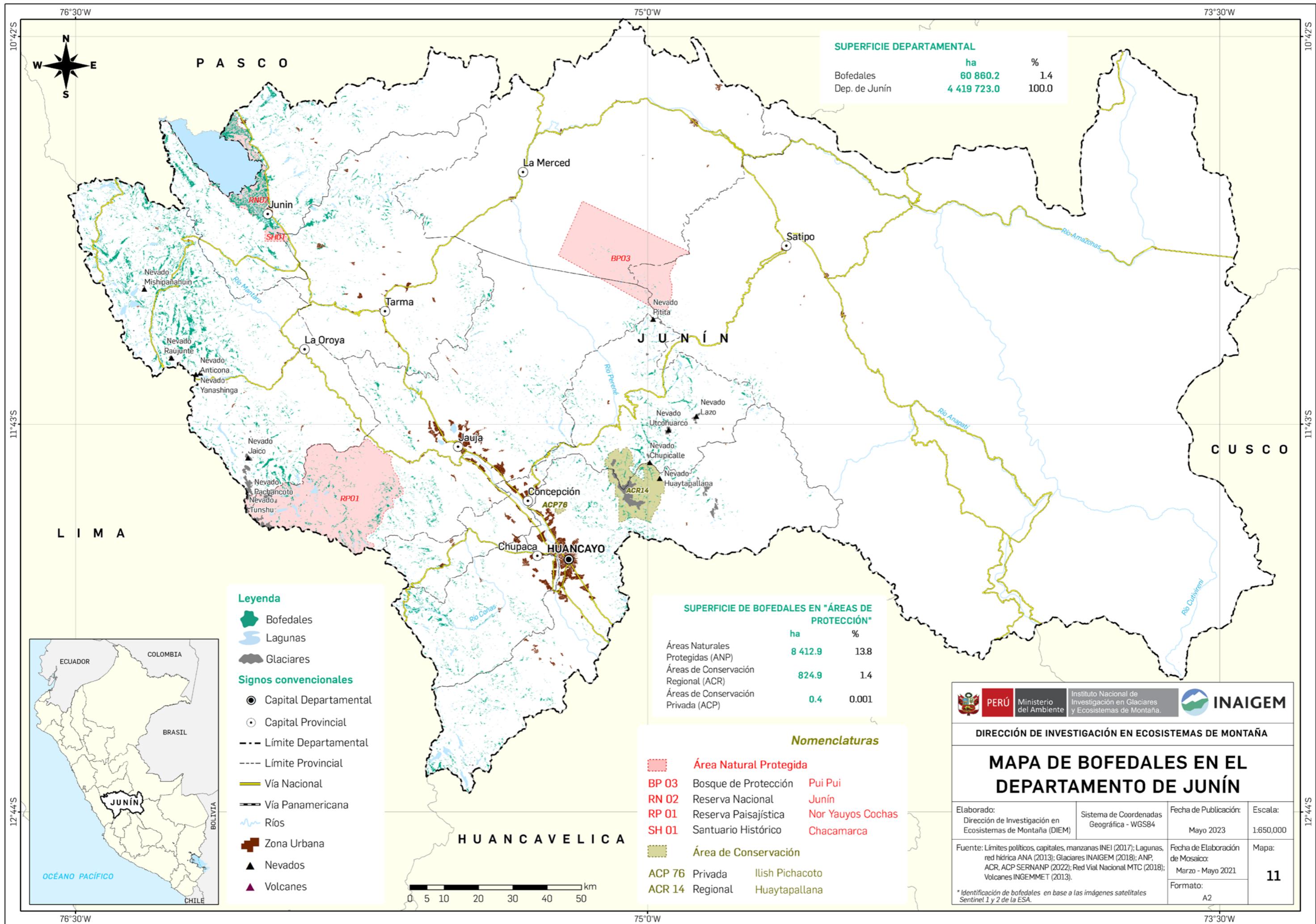
Figura 5.16: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Junín

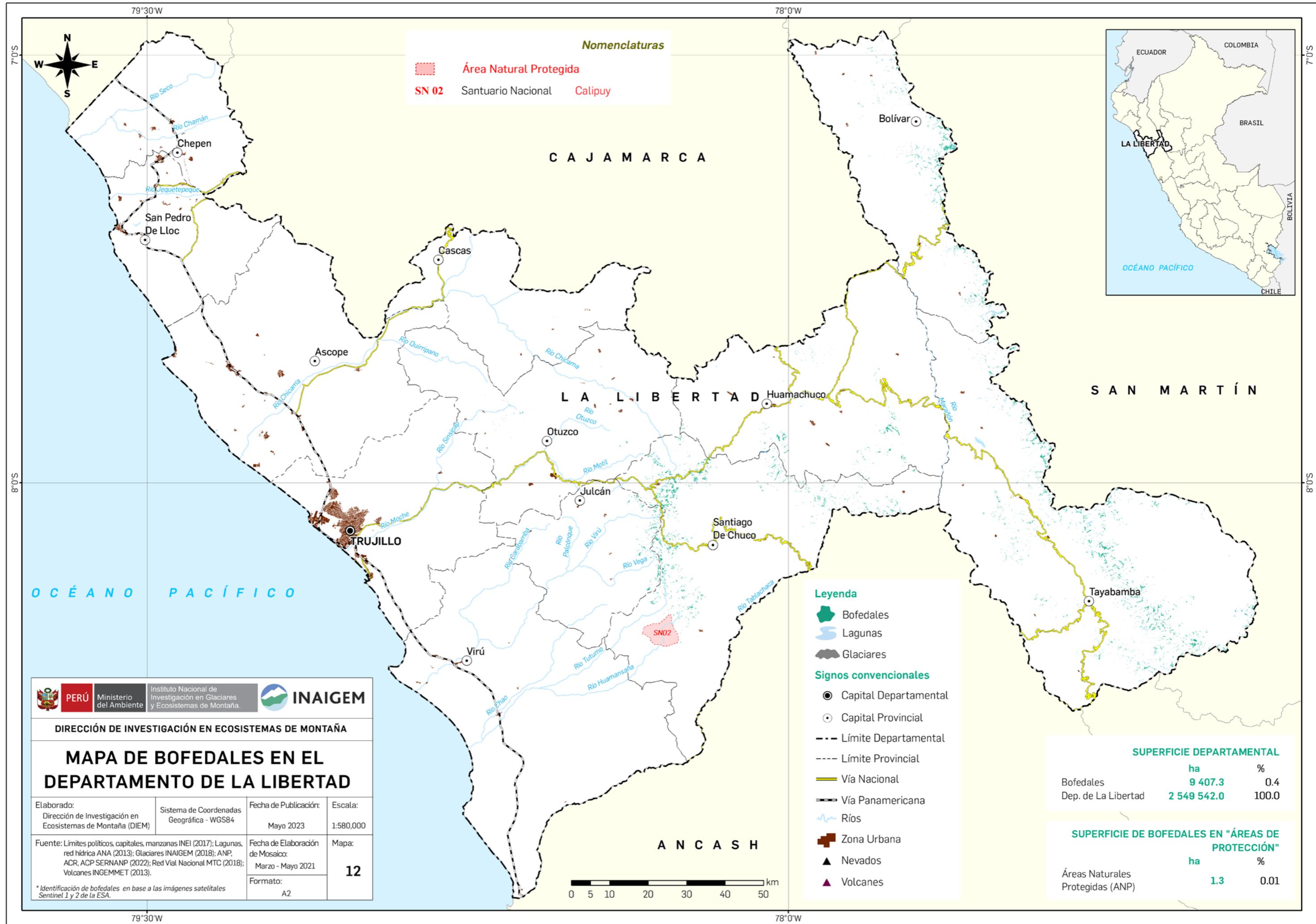


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Junín, con un aproximado de **36.4%** en la categoría de altitud 4000 - 4250 m s.n.m.”

(Elaboración propia).





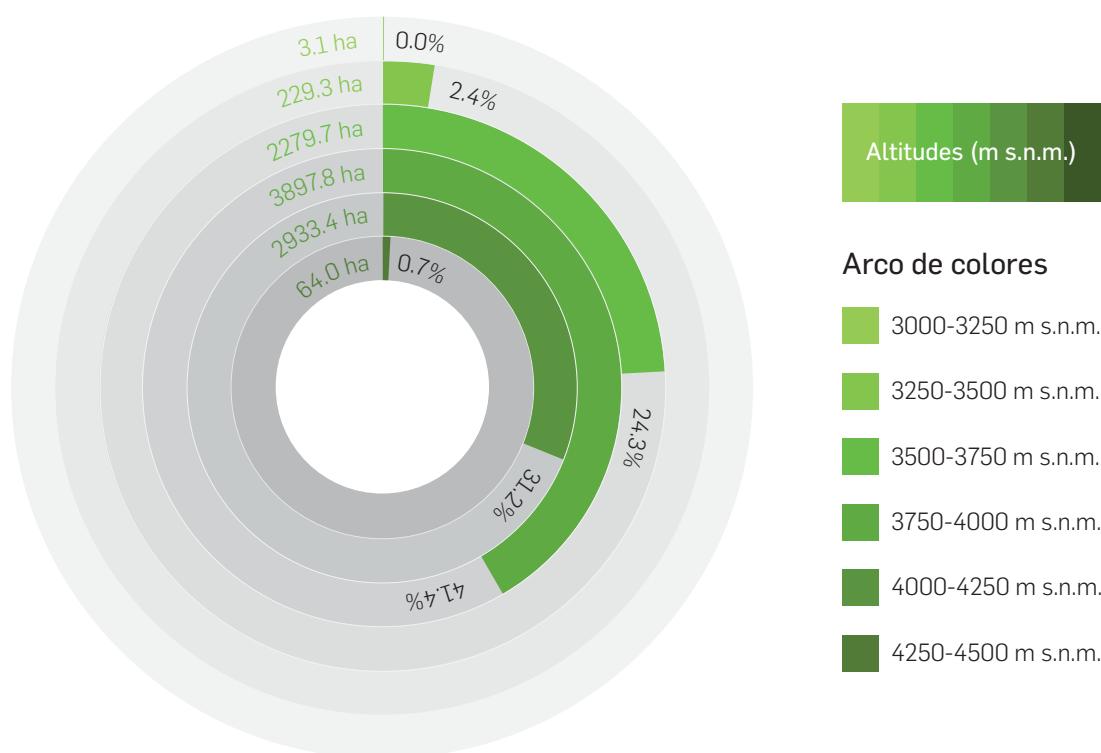
5.2.12. DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

Los bofedales en el departamento de La Libertad se desarrollan en la cadena de montaña occidental y central del norte del Perú. Poseen una extensión aproximada de 9 407.3 ha, lo que representa el 0.37 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 15 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 123.6 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 40 distritos de seis provincias de la parte centro y norte del departamento, con altitudes que van desde los 3000 a 4500 m s.n.m. Están concentrados en más del 42 % en la provincia de Pataz, dentro de las intercuenca Alto Marañón V y Alto Huallaga.

Se reporta un estimado de 0.01 % en ANP y 22.4 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.17: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de La Libertad.



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de La Libertad, con un aproximado de **41.4%** en la categoría de altitud 3750 - 4000 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

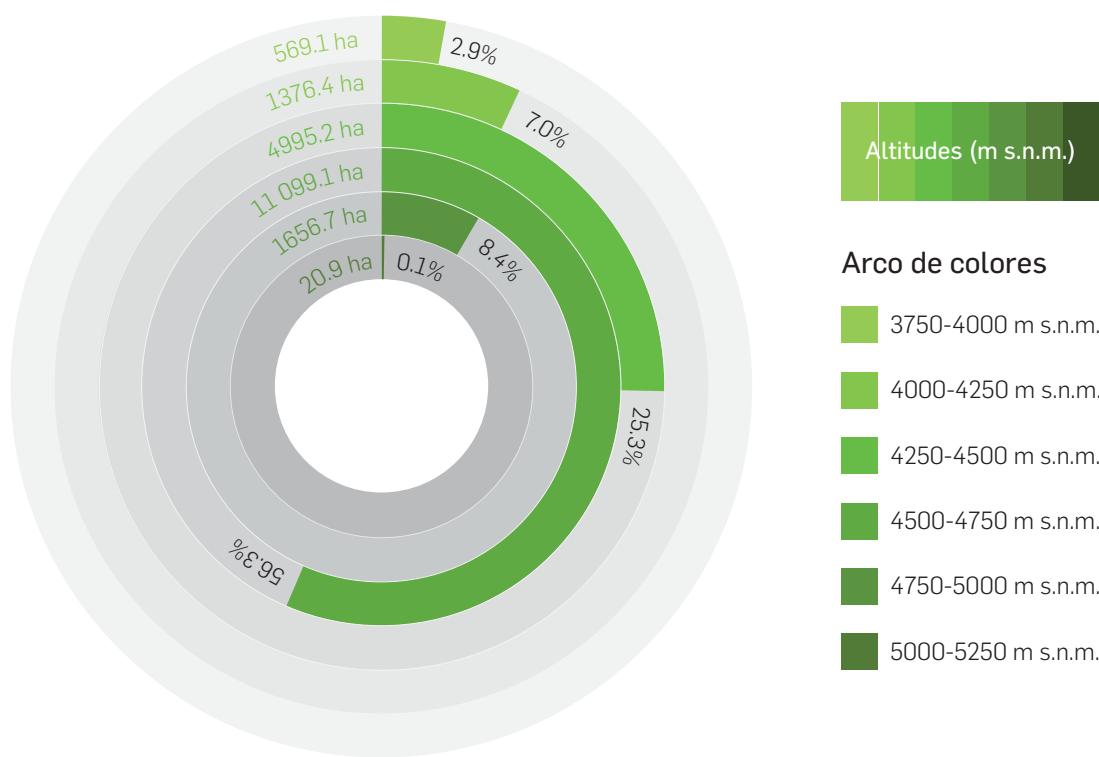
5.2.13. DEPARTAMENTO DE LIMA

Los bofedales en el departamento de Lima se desarrollan en la cadena de montaña occidental del centro del Perú. Poseen una extensión aproximada de 19 717.4 ha, lo que representa el 0.57 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 12 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 182.2 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 84 distritos de siete provincias de la parte centro del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5250 m s.n.m., concentrados en más del 37 % en la provincia de Yauyos, dentro de la cuenca de Cañete.

Se reporta un estimado de 12 % en ANP, 1.3 % en ACP y 83.8 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

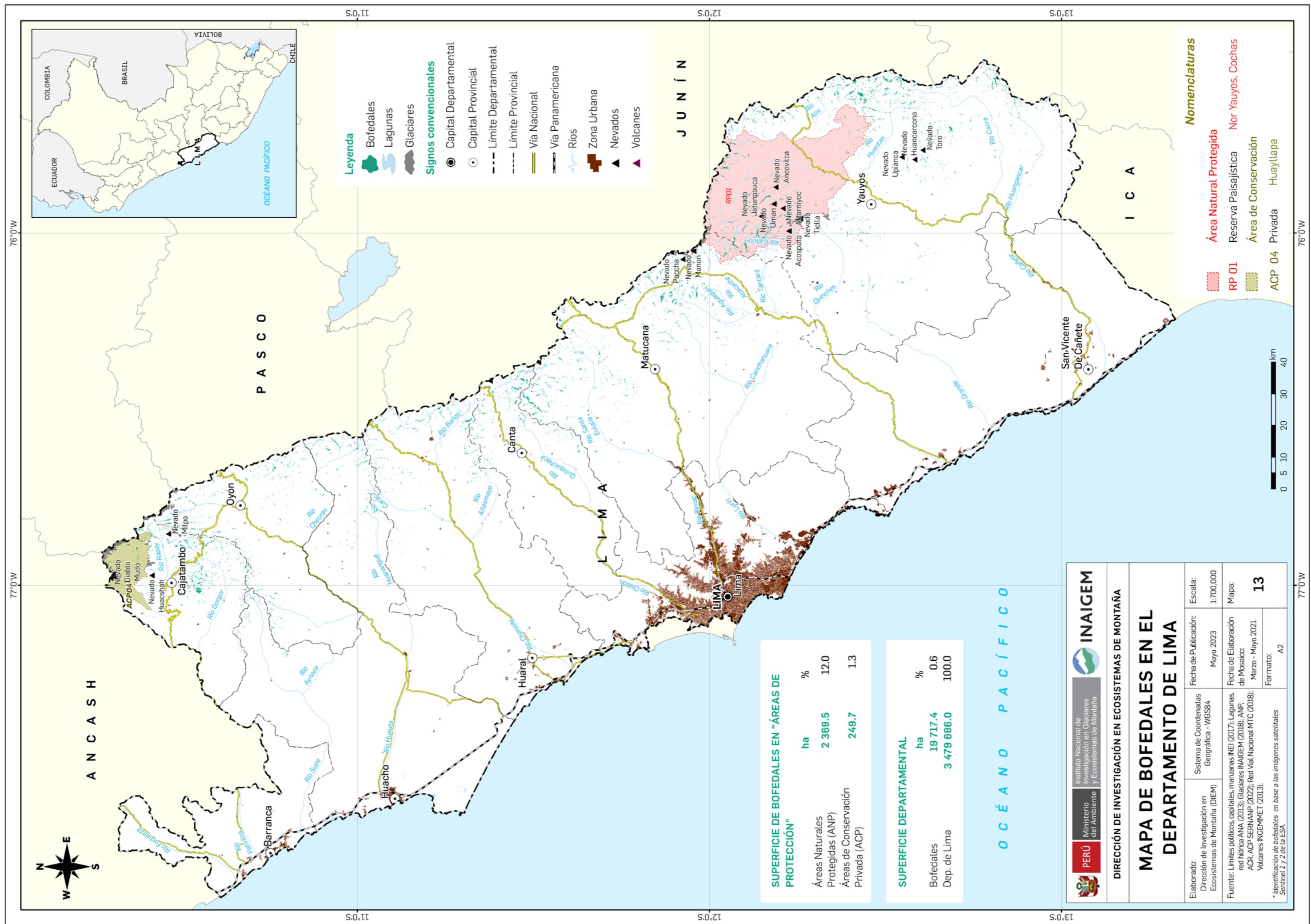
Figura 5.18: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Lima

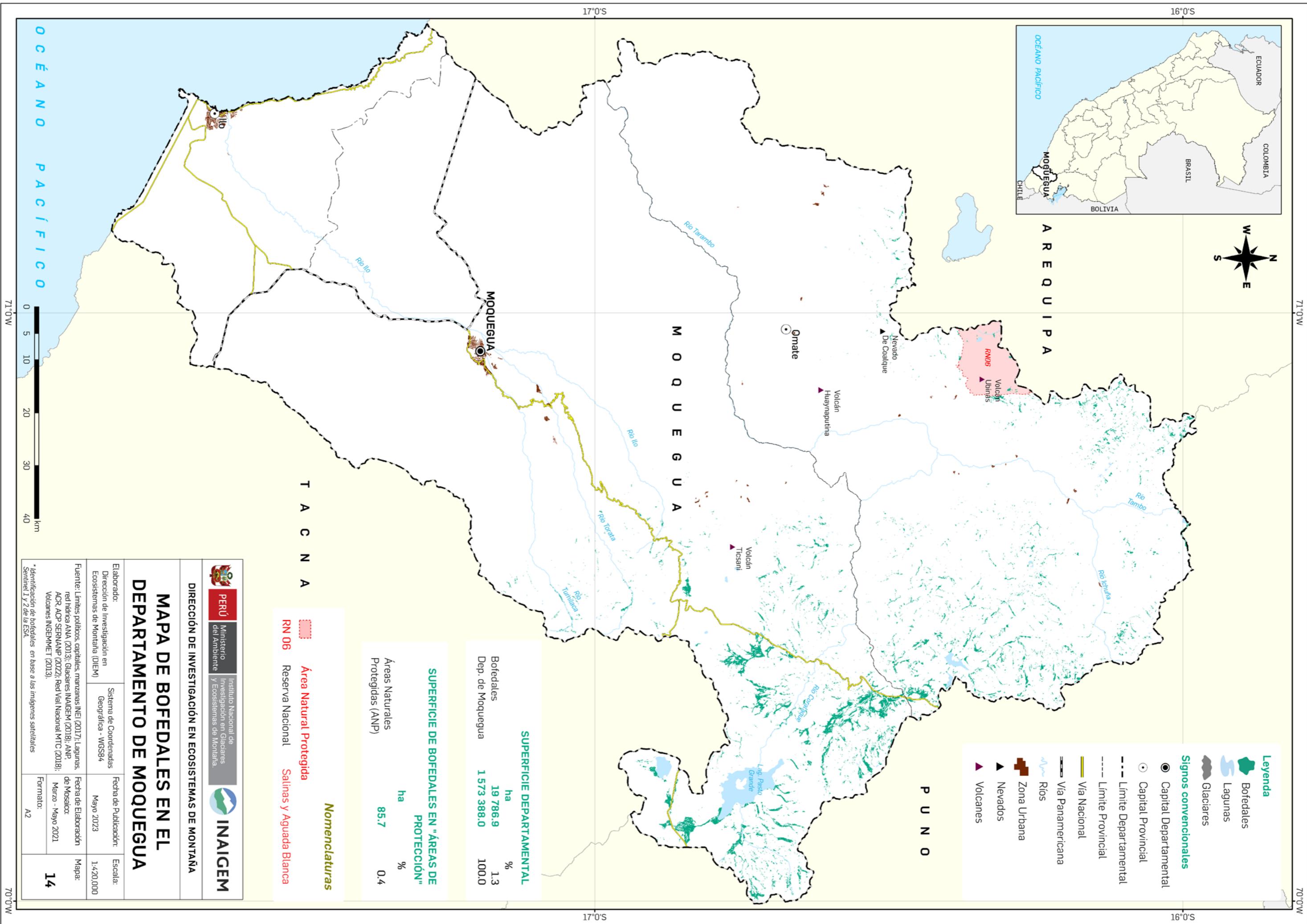


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Lima, con un aproximado de **56.3%** en la categoría de altitud 4500 - 4750 m.s.n.m.”

(Elaboración propia).





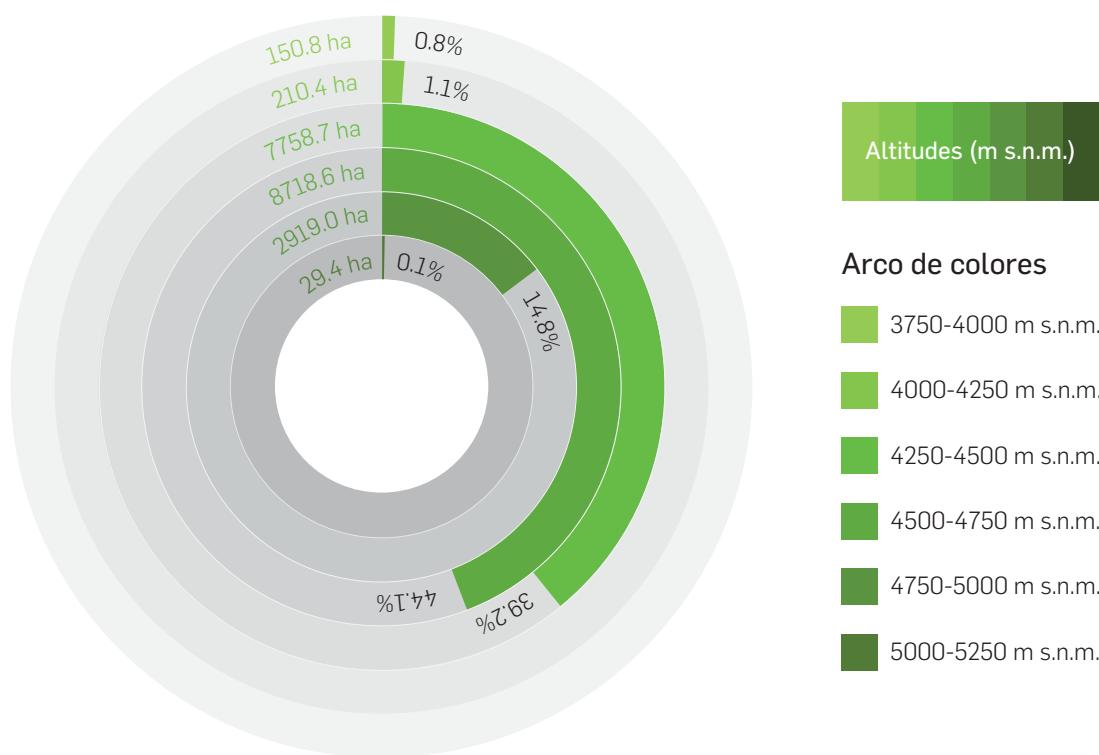
5.2.14. DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

Los bofedales en el departamento de Moquegua se desarrollan en la cadena de montaña occidental del sur del Perú. Poseen una extensión aproximada de 19 786.9 ha, lo que representa el 1.26 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 11 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 1033.7 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 13 distritos de dos provincias de la parte sur del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5250 m s.n.m. Tienen una concentración de más del 65 % en la provincia de Mariscal Nieto, dentro de la cuenca del Tambo.

Se reporta un estimado de 0.4 % en ANP y 35.3 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.19: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Moquegua



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Moquegua, con un aproximado de **44.1%** en la categoría de altitud 4500 - 4750 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

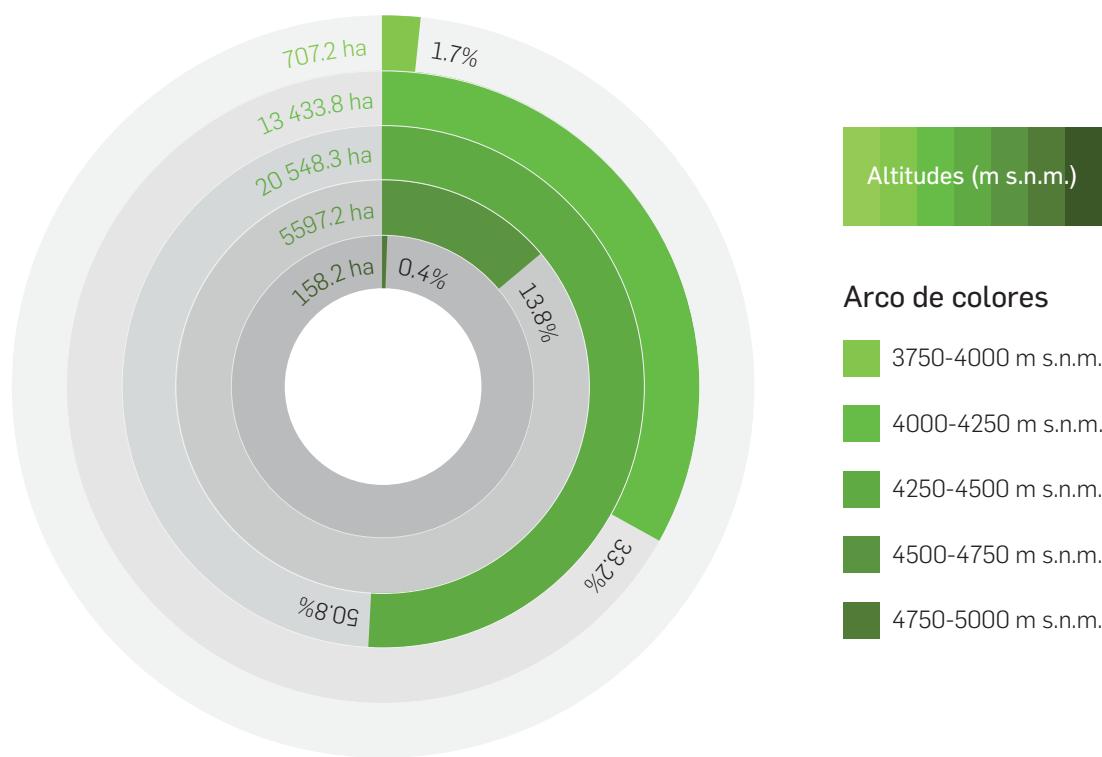
5.2.15. DEPARTAMENTO DE PASCO

Los bofedales en el departamento de Pasco se desarrollan entre las cadenas de montañas central y oriental del centro del Perú. Poseen una extensión aproximada de 40 444.8ha, lo que representa el 1.6 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 8 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 1619.0 ha, y el más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 21 distritos de dos provincias de la parte centro del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5000 m s.n.m., concentrando cerca del 80 % en la provincia de Pasco, dentro de la cuenca del Mantaro.

Se reporta un estimado de 10 % en ANP y 74.9 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

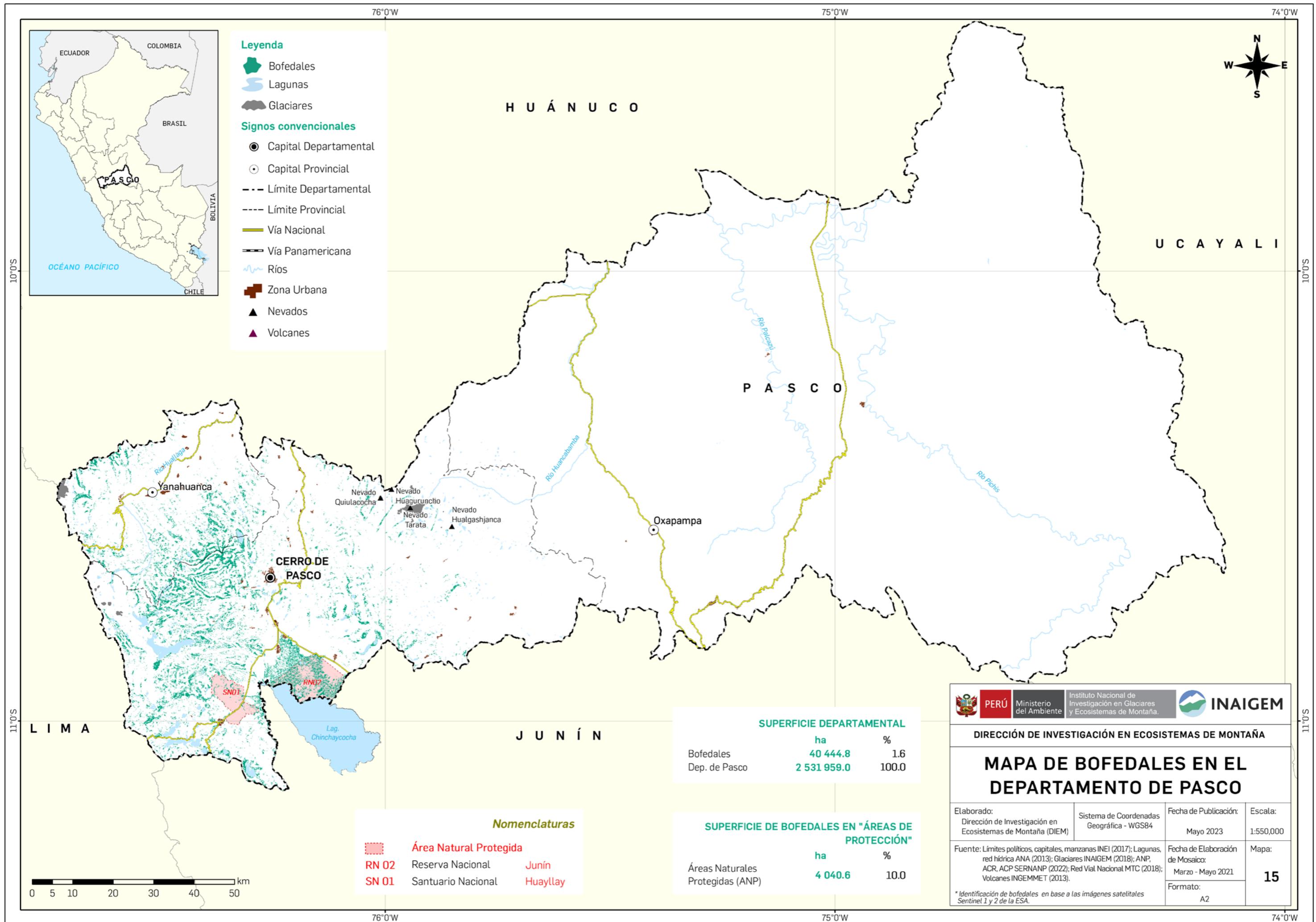
Figura 5.20: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Pasco

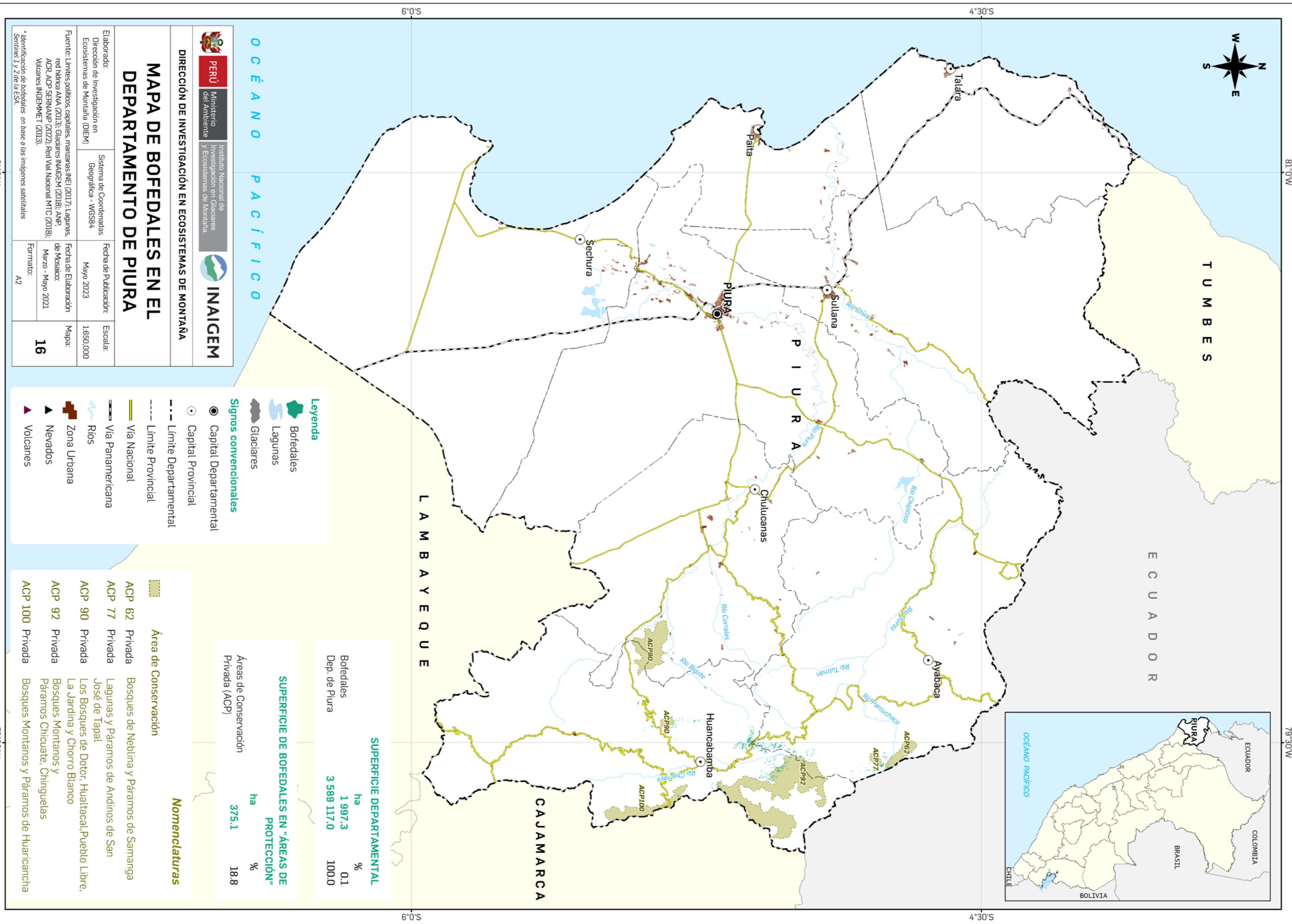


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Pasco, con un aproximado de **50.8%** en la categoría de altitud 4250 - 4500 m s.n.m.”

(Elaboración propia).





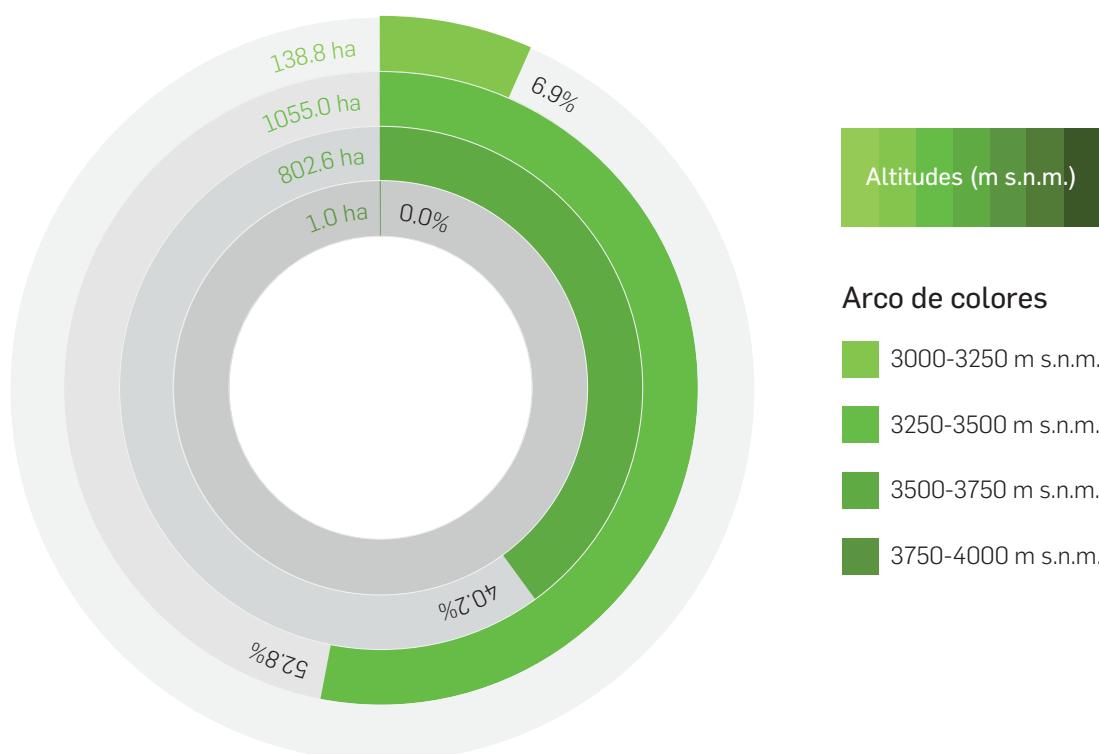
5.2.16. DEPARTAMENTO DE PIURA

Los bofedales en el departamento de Piura se desarrollan en la cadena de montaña occidental del norte del Perú. Poseen una extensión aproximada de 1997.3 ha, lo que representa el 0.06 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 17 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 173.5 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 14 distritos de tres provincias de la parte norte del departamento, con altitudes que van desde los 3000 a 4000 m s.n.m. Tienen una concentración de más del 65 % en la provincia de Huancabamba, dentro de la cuenca de Chamaya.

Se reporta un estimado de 18.8 % en ACP y 27.8 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.21: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Piura



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Piura, con un aproximado de **52.8%** en la categoría de altitud 3250 - 3500 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

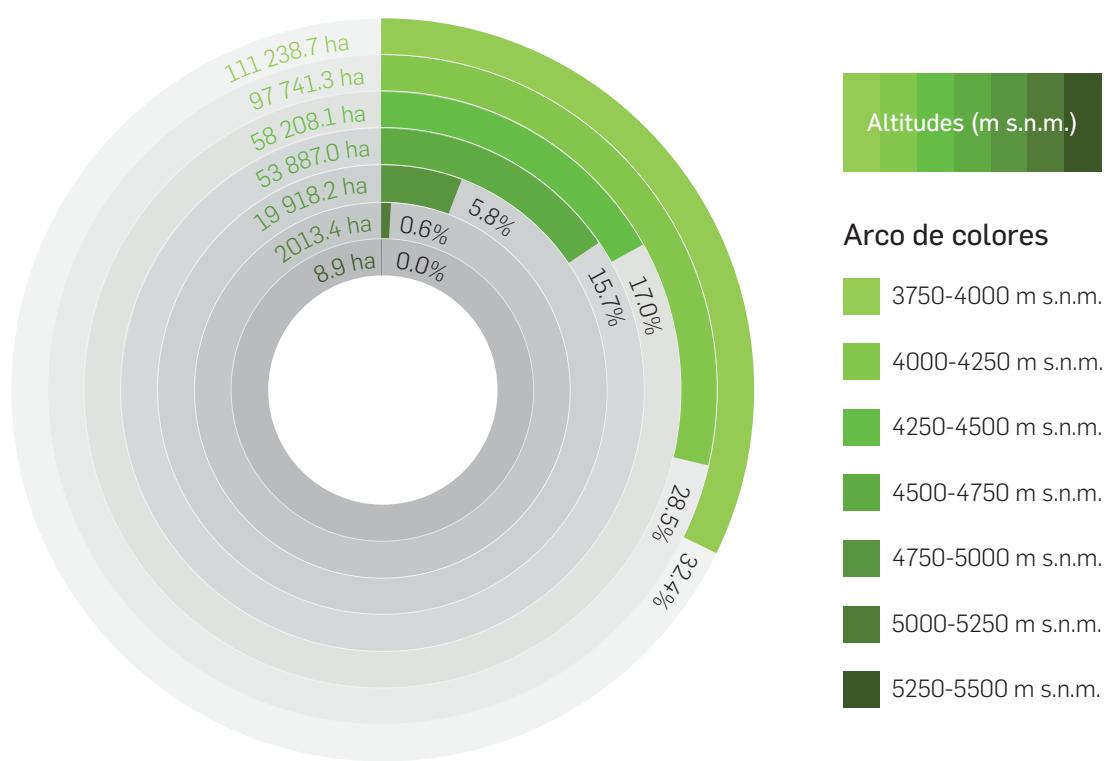
5.2.17. DEPARTAMENTO DE PUNO

Los bofedales en el departamento de Puno se desarrollan en la cadena de montaña oriental del Perú. Poseen una extensión aproximada de 343 015.6 ha, lo que representa el 5.12 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 1 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 18 753.9 ha; y el tamaño del bofedal más pequeño es de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 99 distritos de 13 provincias de la parte sur y centro del departamento, con altitudes que van desde los 3 750 a 5 500 m s.n.m. Un 24 % está concentrado en la provincia de Puno, dentro de la cuenca de llave.

Se reporta un estimado de 0.01 % en ACP y 6.1 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

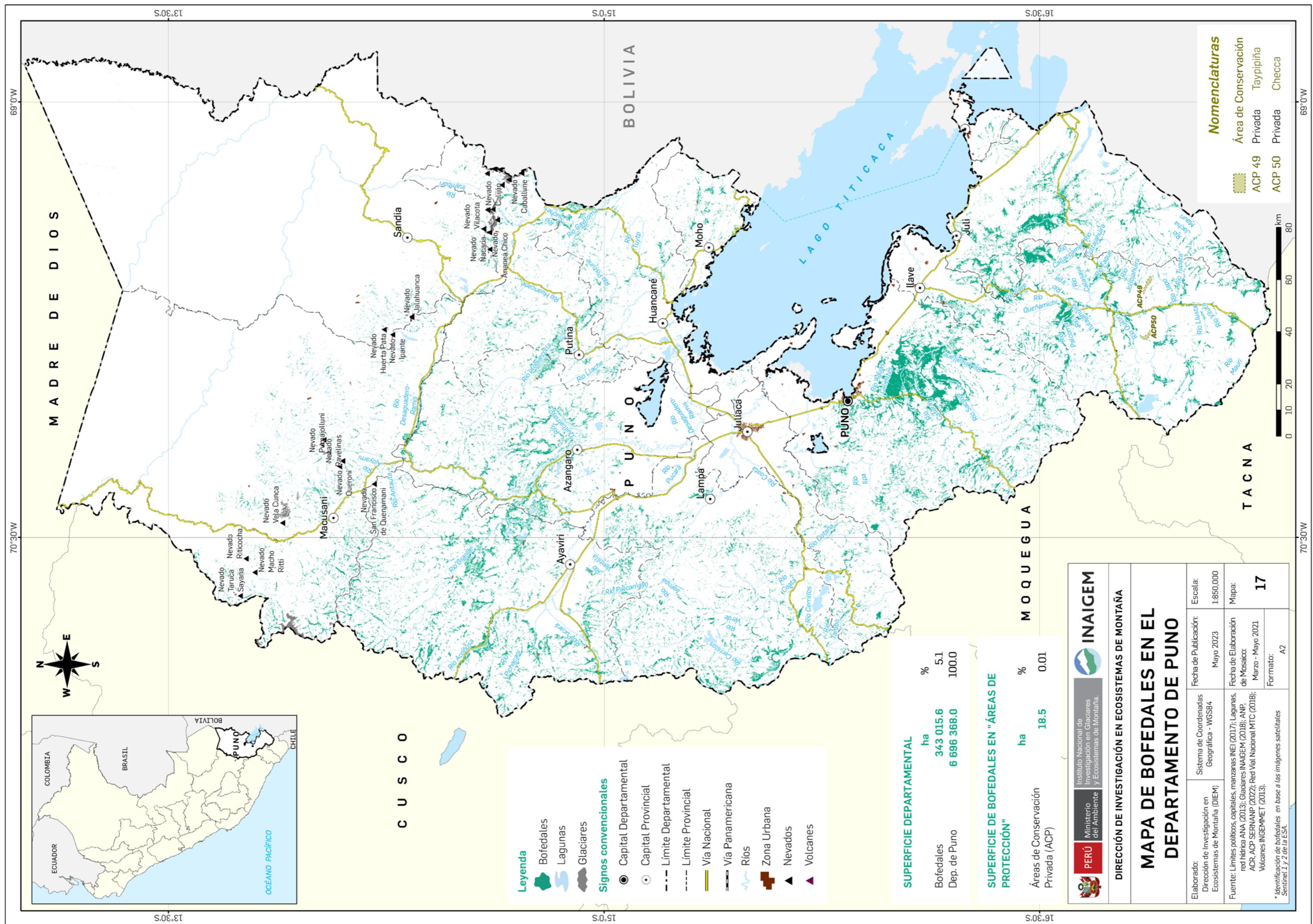
Figura 5.22: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Puno

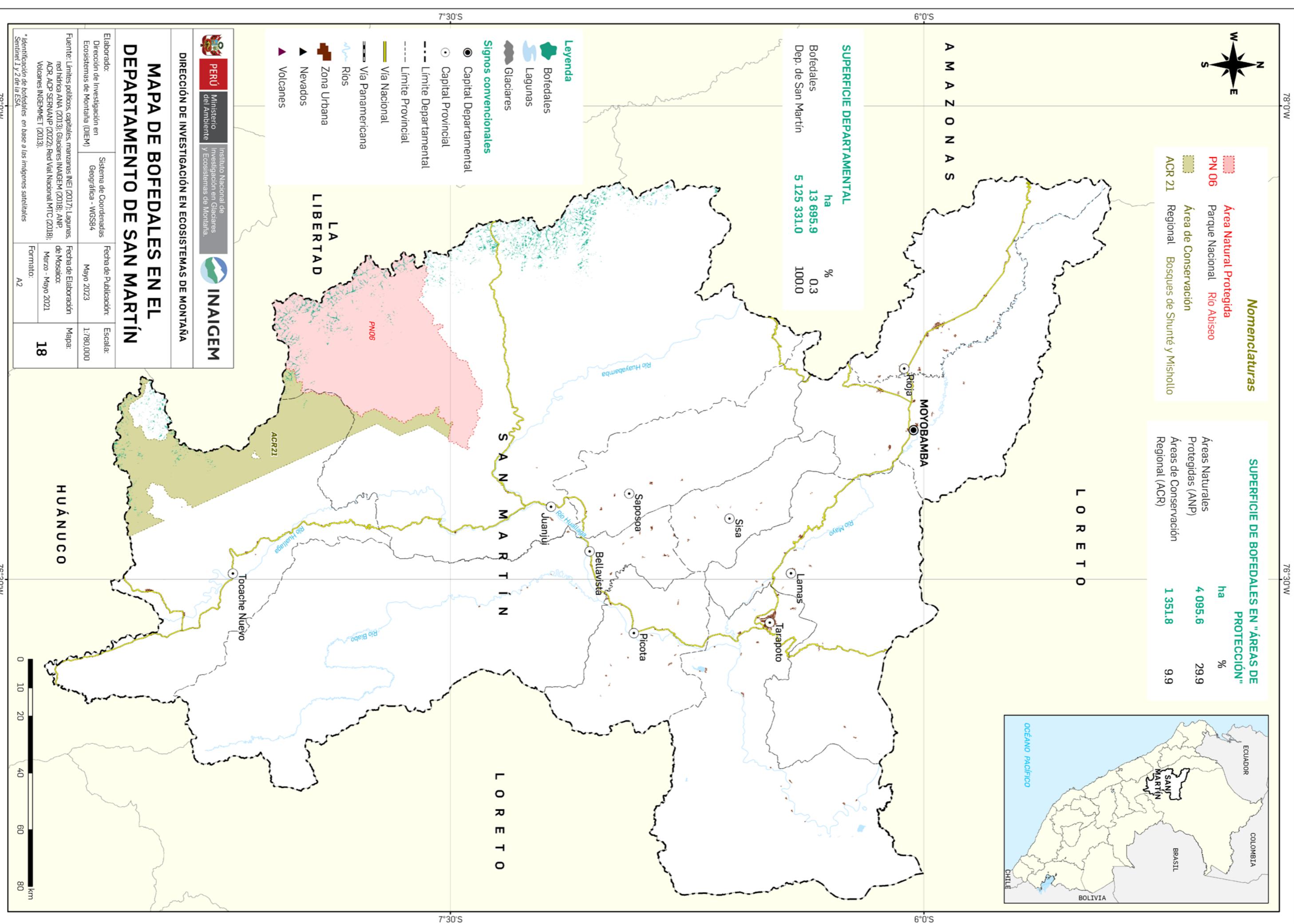


Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Puno, con un aproximado de **32.4%** en la categoría de altitud 3750 - 4000 m s.n.m.”

(Elaboración propia).





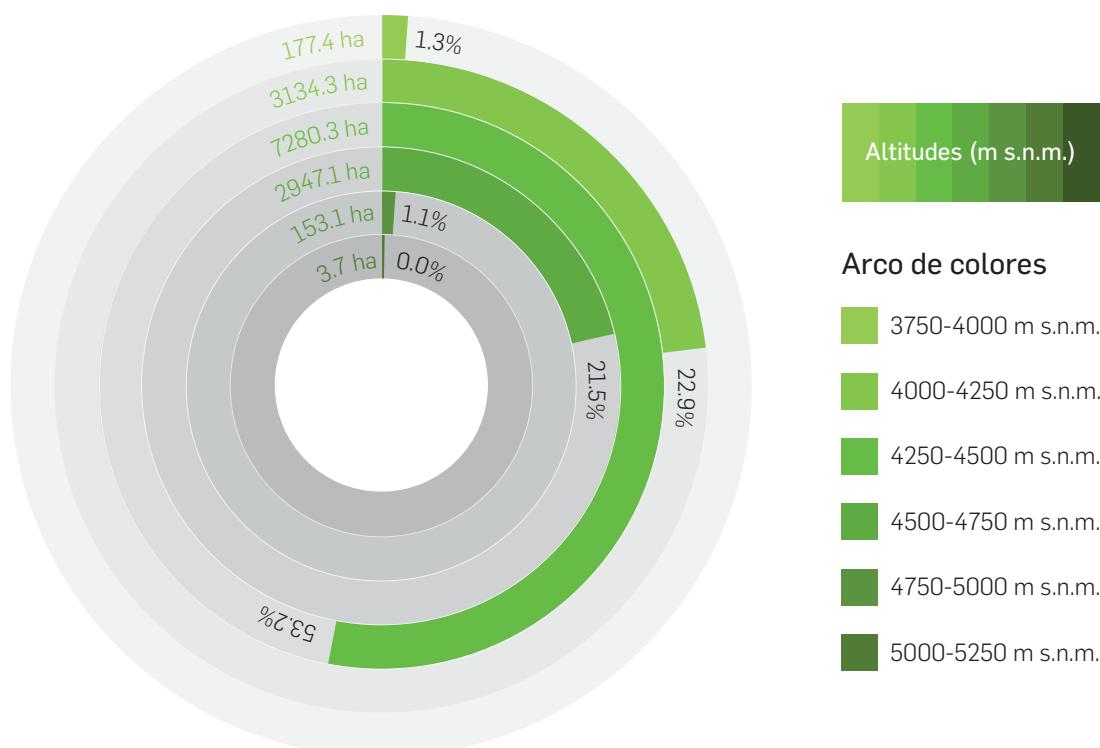
5.2.18. DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

Los bofedales en el departamento de San Martín se desarrollan en la cadena de montaña oriental y central del norte del Perú. Poseen una extensión aproximada de 13 695.9 ha, lo que representa el 0.27 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 13 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 40.1 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en cinco distritos de dos provincias de la parte norte del departamento, con altitudes que van desde los 3000 a 4500 m s.n.m. Tienen una concentración de más del 86 % en la provincia de Mariscal Cáceres, dentro de la cuenca del Huayabamba.

Se reporta un estimado de 29.9 % en ANP, 9.9 % en ACR y 18.8 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

Figura 5.23: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de San Martín



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de San Martín, con un aproximado de **53.2%** en la categoría de altitud 3500 - 3750 m s.n.m.”

(Elaboración propia).

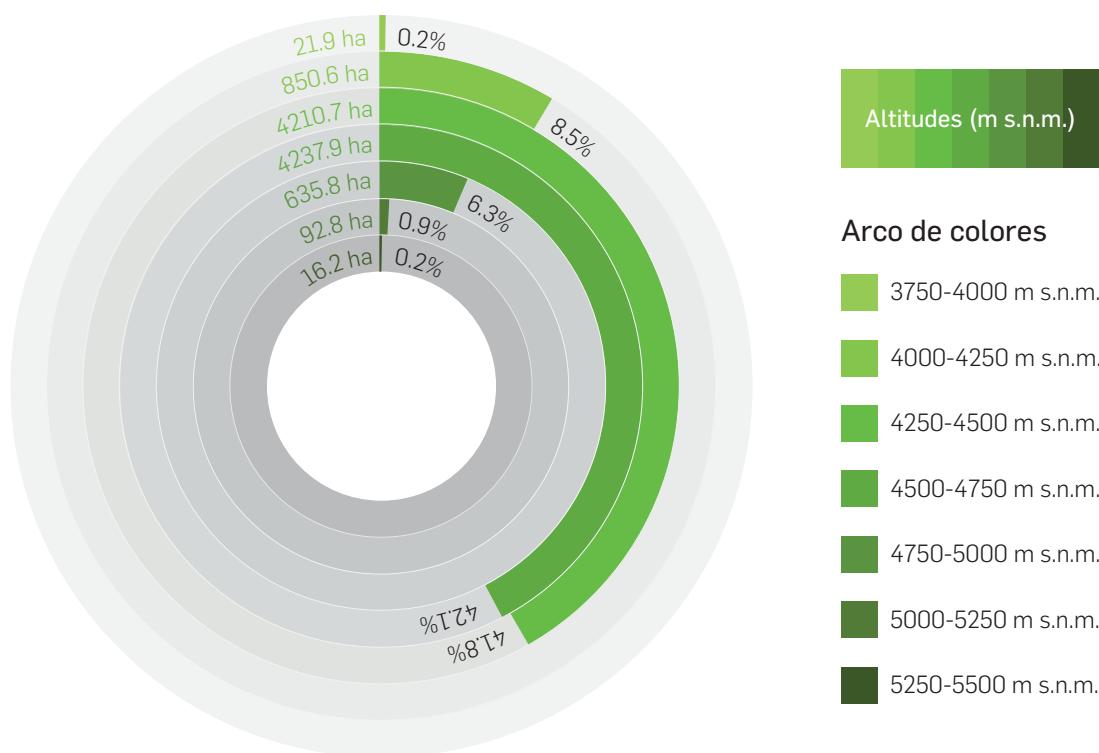
5.2.19. DEPARTAMENTO DE TACNA

Los bofedales en el departamento de Tacna se desarrollan en la cadena de montaña occidental del sur del Perú. Poseen una extensión aproximada de 10 065.9 ha, lo que representa el 0.63 % del total de su territorio, encontrándose en el puesto 14 de los departamentos con mayor presencia de bofedales de un total de 19 a nivel nacional. El bofedal de mayor extensión presenta una superficie estimada de 1027.8 ha, y el bofedal más pequeño presenta una superficie de 0.09 ha.

La presencia de los bofedales está extendida en 13 distritos de cuatro provincias de la parte sur del departamento, con altitudes que van desde los 3750 a 5500 m s.n.m., concentrados con más del 38 % en la provincia de Tarata, dentro de las cuencas de Mauri y Sama.

Se reporta un estimado de 36.3 % en ACR y 56.5 % en comunidades campesinas, según el análisis realizado en el *Inventario Nacional de Bofedales*.

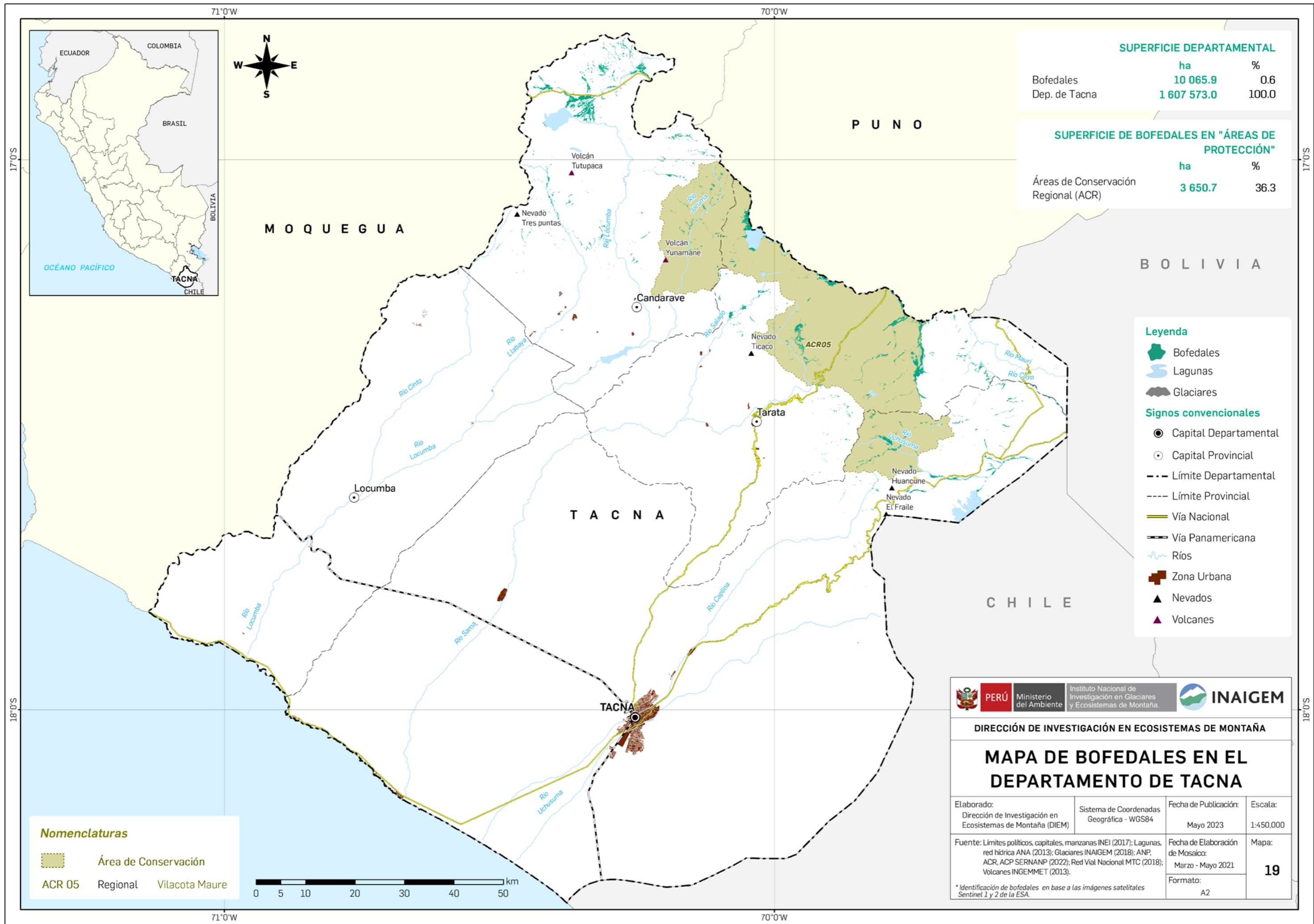
Figura 5.24: Concentración de bofedales por rango altitudinal en el departamento de Tacna



Fuente: elaboración propia.

“La figura muestra la mayor concentración de los bofedales en el departamento de Tacna, con un aproximado de **83.9%** en la categoría de altitud 4250 - 4750 m s.n.m.”

(Elaboración propia).



A photograph of a vicuña grazing in a field of green and brown vegetation. The animal is brown with a white patch on its side. The background is a rolling landscape of hills and fields.

AGRADECIMIENTOS

Vicuña comiendo vegetación
de bofedal (Cusco)
Foto: Renny Díaz Aguilar

Queremos reconocer y agradecer el apoyo de diversas personas e instituciones que ayudaron en el proceso de elaboración de este primer inventario Nacional de

Bofedales, iniciado en julio del 2020. Este proceso ha sido dividido en tres grandes etapas, y queremos reconocer a cada uno de los involucrados en ellas.

ETAPA I: PROPUESTA METODOLÓGICA

La primera etapa tuvo como objetivo identificar la propuesta metodológica para la elaboración del primer inventario Nacional de Bofedales. Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento obtenido en el marco del "Documento de Proyecto que implementa el Plan de trabajo a mediano plazo relativo al Memorando de entendimiento de Cooperación en el campo de la Vulnerabilidad, Evaluación de Riesgos, Adaptación y Mitigación al Cambio Climático entre el Ministerio Italiano de Medio Ambiente, Tierra y Mar (IMELS) y el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM)", coordinado desde la Dirección General

de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) del Ministerio del Ambiente.

Para ello, invitamos a una serie de instituciones públicas y privadas para que designaran especialistas en teledetección, con experiencia en la aplicación en ecosistemas naturales, para que nos brindaran su opinión experta y que esto ayudara a sustentar la elección de insumos (sensores satelitales), técnicas de identificación/clasificación y plataformas de procesamiento a usarse en el inventario. Queremos agradecerles por este apoyo a las siguientes entidades y a sus representantes:

Tabla: Instituciones y representantes del proceso de consulta en teledetección

Institución	Representantes
ANA	García Gonzales, Erick
CONDESAN	Peralvo, Manuel
CONIDA	Pasapera Gonzales, José Quintana Ortiz, Jesús Villón Reinoso, Carmen
IGP	Príncipe Aguirre, Romel
IIAP	Del Águila Pasquel, Jhon
INGEMMET	Casas Malpartida, Juan Gonzales Zúñiga, Katherine Rodríguez Aycho, Flor Zárate Chaparro, Hugo
MINAM	Coral Calvo, Janet Marchand Laynes, German Vivanco Vicencio, Rolando

OEFA	Miranda Valiente, Marco Tupayachi Trujillo, Raúl
OSINFOR	Candi Dipaz, Carlos
PNUD	Miyasiro López, María
RS-Geoimage	Vargas González, Christian
SENAMHI	Sabino Rojas, Evelin
SERFOR	Cárdenas Baquerizo, Elvis
UNMSM	Eche Llenque, José Fashe Raymundo, Octavio Guillen Guevara, Arnulfo Nole Medina, Jorge Rojas Acuña, Joel

Fuente: elaboración propia

A partir de este trabajo, se vio la necesidad de aplicar la propuesta metodológica en algunas zonas piloto, para las que se tuviera información previa, y de campo. Este proceso no habría podido desarrollarse sin el Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, la Asociación para la Conservación y Estudio de Montañas Andinas-Amazónicas (ACEMAA), quienes generosamente compartieron con nosotros información generada en campo. Gracias a Mónica Maldonado, Eduardo Oyague y Carmela Landeo por la información brinda de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas; a Jan Baiker por la información de Abancay.

Para cerrar esta etapa, contamos con el apoyo del Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica - CONDESAN, quienes financiaron la contratación de la Geog. Daniella Vargas-Machuca Crespo, quien con un gran compromiso elaboró las propuestas de macrozonas y de tipos de vegetación de bofedales, usadas de base para el desarrollo del presente inventario.

Asimismo, agradecemos a todos los expertos que participaron en el taller de validación de los tipos de vegetación de bofedales, por compartir su experiencia y conocimiento en temas de botánica.

Tabla: Instituciones y representantes del proceso de consulta en vegetación de bofedales

Institución	Representantes
Centro de Competencias del Agua	Walter Martín Leyva Molina
CORBIDI	Mónica Maldonado Fonkén
CONDESAN	Natalia Aste
CONDESAN	José Cuadros
CONDESAN	Victor Alarcón
CONDESAN	Peggy Stern

CONDESAN	Javier Antiporta
CONDESAN	Vivien Bonnesoeur
INAIGEM	Angela Mendoza
INAIGEM	Sandra Arroyo
Universidad Científica del Sur	Dámaso W. Ramírez Huaroto
UNSAAC	Cristhian Álvarez
UNSAAC	Lucely Vilca
UNSAAC	Jhon Quispe

Fuente: elaboración propia

ETAPA II: VALIDACIÓN DE PROPUESTA METODOLÓGICA

La segunda etapa tuvo como objetivo la validación de la metodología propuesta en la primera etapa, usando como base información recogida en campo, en zonas que fueran representativas de las tres macrozonas identificadas: Norte, Centro y Sur. Al igual que la primera etapa, esta fue financiada por proyecto IMELS y liderada por el INAIGEM. Para la selección de los sitios de trabajo en campo, se desarrollaron reuniones de coordinación con diversos actores, para conocer la calidad y cantidad de información de campo con la que contaban. Les agradecemos al Centro de Competencias del Agua, a CONDESAN, al Gobierno Regional de Cajamarca, a OEFA (Dirección de Evaluación Ambiental), al Patronato de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cocha y a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por compartir su información de campo y ayudarnos a priorizar los sitios de validación.

Después de revisada la información los sitios para la validación en campo

priorizados fueron: la zona de Jalca y sus alrededores (Cajamarca), la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (Lima-Junín), la cuenca del río Cachi y sus alrededores (Ayacucho-Huancavelica) y el Área de Conservación Regional Vilacota Maure (Tacna). En esta etapa fue fundamental el apoyo e información de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del GORE Cajamarca (José Huamán Mantilla y Edwin González Cotrado) y a sus Municipalidades Distritales de Hualgayoc, Cajamarca, Catilluc, Tumbaden, Sorochuco, La Encañada, Huasmin, Oxamarca y Namora; la RP Nor Yauyos Cochas (Abdías Villoslada), al Centro de Competencias del Agua (W. Martín Leyva Molina), Centro de Desarrollo Agropecuario (CEDAP) y a la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente y al ACR Vilacota Maure del GORE Tacna (Marco Navarro).

Para el recojo de la información en campo, se contó con un destacado equipo de especialistas, quienes

realizaron la tarea con mucho compromiso y profesionalismo, un agradecimiento especial al biólogo Pablo Najarro Cerón, al ingeniero agrónomo Fernando Quinto Cuba, al ingeniero ambiental Kevin Adrian Ccaico Rios, y al físico Jorge Nole Medina. Y a Melissa Aranda Depaz, quien realizó todo el procesamiento de las muestras de suelo para el análisis de contenido de materia orgánica, en los laboratorios del INAGEM.

Los equipos utilizados para el recojo de información en campo fueron facilitados por: la Dirección de Ecosistemas de Montaña (DIEM) del INAGEM, el grupo de investigación Ciencias de la Tierra, clima y medio ambiente (CTCLIMA) de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y

Daniella Vargas-Machuca Crespo, y les expresamos nuestro agradecimiento.

También queremos reconocer el apoyo del personal designado por las entidades locales que acompañaron al recojo de información en campo. En Cajamarca al especialista Percy Rodriguez López del GORE Cajamarca, en el ANP- RPNYC al especialista Hulfer Lázaro Reyes y en el ACR Vilacota Maure al Guardaparques Francisco Capacuti Ordoñez.

Y finalmente un agradecimiento al personal Programa Nacional – PAIS, quienes nos dieron acceso a la infraestructura de los Tambos, para facilitar nuestra estadía en las zonas más alejadas, facilitando el acceso a los puntos de trabajo. Agradecemos a cada uno de los gestores.

Tabla: Instituciones y representantes del proceso de consulta en vegetación de bofedales

Nro.	Tambo	Departamento	Gestor
1	Alto Perú	Tacna	Mollinedo, Ernesto
2	Occollo	Ayacucho	Marquina, Godofredo
3	Jerez	Cajamarca	Vilela, Víctor
4	SJD de Lircay	Huancavelica	Taipe, Edgar

Fuente: elaboración propia

ETAPA III: AUTOMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La tercera etapa consistió en la automatización de la metodología de bofedales en la plataforma GEE (Google Earth Engine). Es decir que, los procesos definidos para la metodología del inventario, fueron trabajados en lenguaje de programación para su procesamiento de manera automática. El trabajo fue desarrollado por el físico Jorge Nole Medina y financiado por el proyecto “Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica” a través de CONDESAN, a quien le agradecemos la implementación eficiente en el GEE de la metodología del primer inventario nacional de bofedales, optimizando significativamente la recopilación y procesamiento de

los datos, proporcionando así una valiosa herramienta, con flexibilidad de uso para identificación de datos actualizados de manera recurrente.

Para la validación de los resultados finales de bofedales a nivel nacional, se contó con el aporte de información del INGEMMET, y los GOREs de Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Junín y Tacna. Les agradecemos por compartir su valiosa información generada en campo.

Y el agradecimiento principal es a Beatriz Fuentealba Durand y Raquel Rios Recra, quienes lideraron y desarrollaron el trabajo durante estos años.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bofedal Qori Kalis,
al fondo el glaciar Quelccaya (Cusco)
Foto: Renny Díaz Aguilar

BOFEDALES Y SU IMPORTANCIA

- Alvis Ccoropuna, T. (2018*). Almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos del centro poblado Chalhuanca, Caylloma–Arequipa, 2017. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Alvis-Ccoropuna, T; Villasante-Benavides, JF; Pauca-Tanco, GA; Quispe-Turpo, J del P; Luque-Fernández, CR. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research* 23(3):139-148.
- Argote Quispe, G. S. (2018*). Implicaciones ecológicas y económicas del uso de bofedales altoandinos para el pastoreo. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Baied, C. A., and Wheeler, J. C. (1993). Evolution of high Andean puna ecosystems: environment, climate, and culture change over the last 12,000 years in the Central Andes. *Mountain Research and Development*, 145-156.
- Baldoceda Cajahuanca, I. A. (2020*). Análisis de la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas. Tesis de grado. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Baldoceda, Á., Maldonado, M., & Alcántara, F. (2021*). Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. *Ciencia y Desarrollo*, 20(2), 17-28.
- Belizario Quispe, N. (2012*). Microorganismos eficaces (EM) en la descomposición del estiércol de alpaca para el abonamiento de los Bofedales Altoandinos. Tesis de maestría. Universidad Nacional Del Altiplano
- Benavides, J. C. (2014). The effect of drainage on organic matter accumulation and plant communities of high-altitude peatlands in the Colombian tropical Andes. *Mires and Peat*, 15.
- Biancalani, R., and Avagyan, A. (2014). Towards climate-responsible peatlands management. *Mitigation of Climate Change in Agriculture Series (MICCA)*, (9).
- Chimner, R. A., and Ewel, K. C. (2004). Differences in carbon fluxes between forested and cultivated Micronesian tropical peatlands. *Wetlands Ecology and Management*, 12, 419-427.
- Chimner, R. A., and Karberg, J. M. (2008). Long-term carbon accumulation in two tropical mountain peatlands, Andes Mountains, Ecuador. *Mires and Peat*, 3.
- Chimner, R. A., Bourgeau-Chavez, L., Grelit, S., Hribljan, J. A., Clarke, A. M. P., Polk, M. H., ... and Fuentealba, B. (2019). Mapping mountain peatlands and wet meadows using multi-date, multi-sensor remote sensing in the Cordillera Blanca, Peru. *Wetlands*, 39, 1057-1067.

- Chimner, R. A., Boone, R., Bowser, G., Bourgeau-Chavez, L. L., Fuentealba, B. D., Gilbert, J., ... and Zarria-Samanamud, M. (2020). Andes, Bofedales, and the Communities of Huascarán National Park, Peru. *Wetland Science and Practice*, 37 (4): 246-254
- Cochi Machaca, N; Condori, B; Rojas Pardo, A; Anthelme, F; Meneses, RI; Weeda, CE; Perotto-Baldivieso, HL. 2018. Effects of grazing pressure on plant species composition and water presence on bofedales in the Andes mountain range of Bolivia. *Mires and Peat* 21(15):1-15.
- Cooper, D. J., Wolf, E. C., Colson, C., Vering, W., Granda, A., and Meyer, M. (2010). Alpine peatlands of the Andes, Cajamarca, Peru. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 42(1), 19-33.
- Cooper, D. J., Kaczynski, K., Slayback, D., and Yager, K. (2015). Growth and organic carbon production in peatlands dominated by *Distichia muscoides*, Bolivia, South America. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 47(3), 505-510.
- Cooper, D. J., Sueltenfuss, J., Oyague, E., Yager, K., Slayback, D., Caballero, E. M. C., ... and Mark, B. G. (2019). Drivers of peatland water table dynamics in the central Andes, Bolivia and Peru. *Hydrological Processes*, 33(13), 1913-1925.
- Dangles, O., Rabatel, A., Kraemer, M., Zeballos, G., Soruco, A., Jacobsen, D., and Anthelme, F. (2017). Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. *PLoS one*, 12(5), e0175814.
- Enriquez, A. S., Chimner, R. A., Cremona, M. V., Diehl, P., and Bonvissuto, G. L. (2015). Grazing intensity levels influence C reservoirs of wet and mesic meadows along a precipitation gradient in Northern Patagonia. *Wetlands Ecology and Management*, 23, 439-451.
- Franco León, P. J. (2017*). Bofedales alto andinos de la Provincia de Candarave-Tacna y su caracterización trófica empleando organismos bioindicadores como herramienta ambiental. Tesis de grado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann
- Fuentealba, B., y Mejía, M. (2016*). Caracterización ecológica y social de humedales altoandinos del Parque Nacional Huascarán. Aporte Santiaguino, 9: 303-316.
- Gandarillas R., V; Jiang, Y; Irvine, K. (2016). Assessing the services of high mountain wetlands in tropical Andes: A case study of Caripe wetlands at Bolivian Altiplano. *Ecosystem Services* 19:51-64.
- García Celadita, I. M., y Peralta Landa, C. C. (2021*). Estado de conservación del agua y de la vegetación de bofedal en la subcuenca del Valle de Santa Eulalia-Cuenca Rímac Huarochirí, Lima. Tesis de grado. Universidad Peruana Unión.
- Gonzales Huamán, L. Y. (2018*). Evaluación de la condición ecológica de tres bofedales en la comunidad campesina cordillera blanca, distrito y provincia de Recuay, Ancash-2017. Tesis de grado. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

- Hribljan, J., Cooper, D., Sueltenfuss, J., Wolf, E. C., Heckman, K., Lilleskov, E., and Chimner, R. (2015). Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude Andean peatlands of Bolivia. *Mires and Peat* 15(12) 1-14
- Hribljan, J. A., Suárez, E., Heckman, K. A., Lilleskov, E. A., and Chimner, R. A. (2016). Peatland carbon stocks and accumulation rates in the Ecuadorian páramo. *Wetlands Ecology and Management*, 24, 113-127.
- Hribljan, J. A., Suarez, E., Bourgeau-Chavez, L., Endres, S., Lilleskov, E. A., Chimbolema, S., ... and Chimner, R. A. (2017). Multidate, multisensor remote sensing reveals high density of carbon-rich mountain peatlands in the páramo of Ecuador. *Global Change Biology*, 23(12), 5412-5425.
- Lane, K. (2009). Engineered highlands: The social organization of water in the ancient north-central Andes (AD 1000–1480). *World Archaeology*, 41(1), 169-190.
- León Tinoco, A. Y. (2016*). Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Machuca Peña, E. H., & Uzquiano Céspedes, F. J. (2021*). Evaluación del estado de salud de bofedales mediante teledetección en la microcuenca de Acocancha-Lima 2021. Tesis de grado. Universidad César Vallejo.
- Maldonado-Fonkén M. (2014). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires and Peat*, 15(5), 1-13.
- Maldonado Fonkén, M. S. (2018*). Dinámica espacio temporal de la flora de bofedales en Ayacucho y Huancavelica 2010-2012. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- MINAM (2018) Mapa nacional de ecosistemas del Perú: memoria descriptiva. Lima, Perú.
- MINAM (2019) Guía de evaluación del estado del Ecosistema de bofedal. Lima, Perú
- Medina, CE; Medina, YK; Bocardo, EF. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque (Valdivia)* 41(2):165-172.
- Mitchell WP, Guillet D, editors. (1994). *Irrigation at High Altitudes: The Social Organization of Water Control Systems in the Andes*. Society for Latin American Anthropology Volume 12. Washington DC, USA
- Molinillo, M., and Monasterio, M. (1997). Pastoralism in paramo environments: practices, forage, and impact on vegetation in the cordillera of Merida, Venezuela. *Mountain Research and Development*, 197-211.
- Monge-Salazar, M. J., Tovar, C., Cuadros-Adriazola, J., Baiker, J. R., Montesinos-Tubée, D. B., Bonnesoeur, V., ... and Buytaert, W. (2022). Ecohydrology and ecosystem services of a natural and an artificial bofedal wetland in the central Andes. *Science of the Total Environment*, 838, 155968.
- OEFA. (2018*). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el 2017 y 2018.

- OEFA. (2018*). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., en los distritos de Torata, Moquegua y Carumas, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el 2017 y 2018
- OEFA. (2018*). Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Toromocho operada por Minera Chinalco Perú S.A. – 2018
- OEFA. (2018*). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Utunsa de Anabi S.A.C. durante el 2017 y 2018.
- OEFA. (2019*). Evaluación en el marco de la fiscalización ambiental en el Corredor vial Apurímac–Cusco en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco en el 2019.
- Oropeza Abregú, Y. E. (2019). Flora de los bofedales aledaños a la Laguna Milloc y su relación con el agua subterránea. Distrito de Carampoma, Huarochirí. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Planas-Clarke, A. M. (2018). The Effect of Water Table Levels and Short-term Ditch Restoration on Mountain Peatland Carbon Cycling in the Cordillera Blanca, Peru (Doctoral dissertation, Michigan Technological University).
- Polk, M. H., Young, K. R., Baraer, M., Mark, B. G., McKenzie, J. M., Bury, J., and Carey, M. (2017). Exploring hydrologic connections between tropical mountain wetlands and glacier recession in Peru's Cordillera Blanca. *Applied Geography*, 78, 94-103.
- Polk, M. H., Young, K. R., Cano, A., and León, B. (2019*). Vegetation of Andean wetlands (bofedales) in Huascarán National Park, Peru. *Mires and Peat*, 24.
- Portal Quicaña, E. (2019*). Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos. Tesis para el grado de doctor. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Postigo, J. C., Young, K. R., and Crews, K. A. (2008). Change and continuity in a pastoralist community in the high Peruvian Andes. *Human Ecology*, 36, 535-551.
- Quispe, L. S., León, P. F., & Passuni, E. O. (2017*). Caracterización trófica de dos bofedales de la provincia de Candarave, Región Tacna. *Ciencia y Desarrollo*, (21), 37-49.
- Rubio, MC; Rubio, C; Salomón, MA; Abraham, E. (2017) Conservación de servicios ecosistémicos en humedales altoandinos: la participación social en la creación de un área natural protegida. *Ecología Austral* 27(1bis):177-192.
- Rydin H and JK Jeglum (2013). *The biology of peatlands*. Oxford University Press.
- Salvador, F., Monerris, J., and Rochefort, L. (2014*). Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15(3), 1-17.
- Sánchez Salas, S. (2021*). Valor ecológico del bofedal en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional de Ampay, sector Ccorhuani del distrito Tamburco, Abancay–Apurímac, 2021. Tesis de grado. Universidad César Vallejo.

- Seimon, T. A., Seimon, A., Yager, K., Reider, K., Delgado, A., Sowell, P., ... and Halloy, S. (2017). Long-term monitoring of tropical alpine habitat change, Andean anurans, and chytrid fungus in the Cordillera Vilcanota, Peru: Results from a decade of study. *Ecology and Evolution*, 7(5), 1527-1540.
- Sequeiros Abarca, D. A. (2020*). Evaluación del servicio ambiental de captura de carbono de los bofedales del Centro Poblado Alto Perú, Tacna. Tesis de grado. Universidad Privada de Tacna.
- Suárez, E., Chimbolema, S., Chimner, R., and Lilleskov, E. A. (2021). Root biomass and production by two cushion plant species of tropical high-elevation peatlands in the Andean páramo. *Mires and Peat*, 27.
- Suárez E., Chimbolema S. y R. Jaramillo. (2022). Turberas de páramo en el Ecuador: Notas sobre la ecología, conservación, y restauración de un ecosistema estratégico. Imprenta Don Bosco, Quito 124 pp
- Urbina, J. C., and Benavides, J. C. (2015). Simulated small scale disturbances increase decomposition rates and facilitates invasive species encroachment in a high elevation tropical Andean peatland. *Biotropica*, 47(2), 143-151.
- Vargas-Machuca, D. (2017). Efectos de la extracción de turba en un sistema socio-ecológico altoandino: bofedales de Carampoma-Lima. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Verzijl, A., and Quispe, S. G. (2013). The system nobody sees: Irrigated wetland management and alpaca herding in the Peruvian Andes. *Mountain Research and Development*, 33(3), 280-293.
- Yager, K. (2015). Satellite imagery and community perceptions of climate change impacts and landscape change. *Climate cultures: Anthropological perspectives on climate change*, 146.
- Yager, K., Prieto, M., and Meneses, R. I. (2021). Reframing Pastoral Practices of Bofedal Management to Increase the Resilience of Andean Water Towers. *Mountain Research and Development*, 41(4), A1-A9.
- Zea Mamani, R. (2015*). Determinación experimental de las necesidades hídricas del bofedal en puna seca y húmeda en el departamento de Puno. Tesis de grado. Universidad Nacional Del Altiplano
- (*) Indica las publicaciones usadas para extraer información analizada en el capítulo 2

INVENTARIO NACIONAL DE BOFEDALES

1. Murthy, S. (1998). Automatic construction of decision trees from data: A multi-disciplinary survey. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2 (4), 345-389
2. Shimada, M., y Ono, M. (2009). Advanced land observing satellite phased array type L-band synthetic aperture radar (ALOS PALSAR). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(12), 3872-3882.
3. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021). Mapa de clasificación climática nacional.
4. Autoridad Nacional del Agua. (1970). Mapa hidrográfico del Perú.
5. Ministerio del Ambiente. (2018). Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú.
6. European Space Agency. (2015). Sentinel-2 user handbook.
7. European Space Agency. (2007). ASAR Product Handbook.
8. Sims, D.A., y Gamon, J.A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, 81(2-3), 337-354.
9. Mobley, C.D. (1999). *Light and Water: Radiative Transfer in Natural Waters*. Academic Press.
10. Salvador, R., Verhoef, W., Bach, H., y Moreno, J. (2008). Field spectroscopy in the SWIR and NIR spectral regions: application to mineral and organic materials. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 16(5), 305-313.
11. Smith, M. O., y Milton, E. J. (1999). The use of the derivative in the analysis of reflectance spectra. *Remote sensing of environment*, 68(2), 135-150.
12. Lillesand, T., Kiefer, R. W., y Chipman, J. (2014). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
13. Reuter, D.C., y Nelson, R.F. (1989). Topographic normalization of Landsat Thematic Mapper digital imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55(4), 539-546.
14. Soenen, S. A., Peddle, D. R., y Coburn, C. A. (2005). SCS+ C: A modified sun-canopy-sensor topographic correction in forested terrain. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 43(9), 2148-2159.
15. Minnaert, M. (1941). The reciprocity principle in lunar photometry. *Astrophysical Journal*, 93, 403-410.
16. Richards, J. A., y Jia, X. (2006). *Remote sensing digital image analysis: An introduction*. Springer Science & Business Media.
17. Weibel, R. y Heller, M. (1991). *Digital Terrain Modelling Geographical Information Systems: Principles and Applications*. John Wiley & sons, 269-297.

18. Weiss, A. (2001). Topographic position and landforms analysis. Poster session presented at the ESRI International User Conference, San Diego, CA.
19. García, A, Rosique M, Segado, F. (1996). Topografía básica para ingenieros. Universidad de Murcia.
20. Hunt, E., y Rock, B. N. (1989). Detection of changes in leaf water content using near- and middle-infrared reflectances. *Remote Sensing of Environment*, 30(1), 43–54.
21. Small, D. (2011). Sentinel-1 Toolbox: The Sentinel-1 SAR Toolbox for ESA SNAP. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2903-2906.
22. Kruse, F., Lefkoff, A., Boardman, J., Heidebrecht, K., Shapiro, A., Barloon, P., y Goetz, A. (1993). The spectral image processing system (sips) interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data [Airbone Imaging Spectrometry]. *Remote Sensing of Environment*, 44(2), 145–163.
23. Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. John Wiley & Sons.

INVESTIGACIONES RECOLGIDAS PARA VALIDACIÓN

- Alvis Ccoropuna, T. (2017). Almacenamiento de carbono en los humedales altoandinos del centro poblado Chalhuanca, Caylloma – Arequipa (Tesis de grado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Argote Quispe, G. S. (2018). Implicaciones ecológicas y económicas del uso de bofedales altoandinos para el pastoreo.
- Baldoceda Cajahuanca, I. A. (2020). Análisis de la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (Tesis de grado). Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Baldoceda, Ángela, Maldonado, M., & Alcántara, F. (2022). Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. *Ciencia & Desarrollo*, 20(2), 17–28.
- Belizario Quispe, N. (2012). Microorganismos eficaces (EM) en la descomposición del estiércol de alpaca para el abonamiento de los Bofedales Altoandinos (Tesis de maestría). Universidad Nacional Del Altiplano.
- Cabanillas-Trujillo, E. F., Morales-Bravo, A. D., & Madrid-Ibarra, F. d. M. (2021). Inventory of birds present of the "Laguna Punrun", department Pasco, Perú.
- Calvo Gómez, V. (2016). Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de bofedales de alta montaña (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chapilliquen Celis, V. R. (2017). Caracterización Geotécnica del suelo y roca para el diseño de pozas sedimentadoras en la zona de Ciénaga Norte - Tantahuatay, Cajamarca (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Chimner, R.A., Bourgeau-Chavez, L., Grelik, S. et al. Mapping Mountain Peatlands and Wet Meadows Using Multi-Date, Multi-Sensor Remote Sensing in the Cordillera Blanca, Peru. *Wetlands* 39, 1057–1067 (2019).
- Crispin Cunya, M., & Jimenez Diaz, L. A. (2019). Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca, Huancavelica, Perú. *Natura@economía*, 4(1), 1–13.
- Crispin Perez, A. V. (2019). Evaluación espacio temporal de la diversidad florística, productividad primaria y soportabilidad al pastoreo de bofedales en la subcuenca del río Shullcas (Tesis de grado). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cuellar Canales, A. E. & Huaman Quispe, W. (2018). Caracterización de los estados fenológicos de especies dominantes en los bofedales durante la época seca en el centro de investigación y desarrollo de camélidos sudamericanos - Lachocc (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica.
- FLACSOANDES. (2005). Turberas altoandinas.
- Franco León, P. J. (2017). Bofedales alto andinos de la Provincia de Candelaria-Tacna y su caracterización trófica empleando organismos bioindicadores como herramienta ambiental (Informe técnico). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- Garcia Celadita, I. M. & Peralta Landa, C. C. (2021). Estado de conservación del agua y de la vegetación de bofedal en la subcuenca del Valle de Santa Eulalia - Cuenca Rímac Huarochirí, Lima (Tesis de grado). Universidad Peruana Unión.
- Garcia Dulanto, J. L. (2018). Implementación de una metodología para la identificación de bofedales usando datos imágenes satelitales Landsat - caso estudio: bofedal Chunal, cuenca alta del río Chillón (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- García-Díaz, J. E. (2012). Caracterización del estado de conservación de las especies presentes en los principales humedales altoandinos de la concesión para Conservación Alto Huayabamba (CCAH). Tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ecología, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- Gómez Portal, S. (2016). Hidrogeología en bofedales alto andinos con fines de aprovechamiento hídrico en la comunidad Rosaspata Vinchos - Ayacucho (Tesis de grado). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.
- Guevara Cervera, V. E. (2013). Identificación de unidades hidrogeológicas mediante pruebas hidráulicas en el proyecto Cerro Corona, Cajamarca, Perú (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Huamantupa, Isau. (2010). Vegetación de los bofedales de Lacunco, Pati, Salinas, Tocra y remanentes menores en la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca.
- Hurtado Quispe, C., & Cruz Anchapuri, C. (2019). Evaluación y soportabilidad de los bofedales de la cuenca del Uchusuma zona altoandina de Tacna - 2006. Ciencia & Desarrollo, (10), 103–106.
- León Tinoco, A. Y. (2016). Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Lino Leyva, K. K. (2020). Evaluación de la condición de dos bofedales en el sector de Piticocha, dentro de la Reserva Paisajística Nor Yauyos (Tesis de grado). Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Llanos López, R. (2021). Estudio paleoambiental de Turberas tropicales altoandinas en la cabecera de Cuenca Cachi, Ayacucho, y su importancia como sumideros de carbono.
- Lozano Izquierdo, A. (2017). Evaluación Geoestructural e Hidrogeológica de la parte inferior de la subcuenca Chirimayo-Sorochuco-Cajamarca (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca.
- Machuca Crespo, D. V. (2017). Efectos de la extracción de turba en un sistema socio-ecológico altoandino: Bofedales de Carampoma - Lima.
- Machuca Peña, E. H., & Uzquiano Céspedes, F. J. (2021). Evaluación del estado de salud de bofedales mediante teledetección en la microcuenca de Acocancha-Lima (Tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo.
- Maldonado, M. S. (2018). Dinámica espacio temporal de la flora de bofedales en Ayacucho y Huancavelica 2010-2012. Tesis pregrado. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima- Perú

Maldonado Fonkén, M. S. (2016). Comportamiento de la vegetación de los bofedales influenciados por las actividades antrópicas. Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru).

Mercado Laguna, A. M. (2019). Evaluación Agrostológica de la Microcuenca Ocrabamba - Apurímac (Tesis de grado). Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Minga, J. C. (2014). Traslado y adaptabilidad de bofedales para la viabilidad ambiental del proyecto minero Inmaculada ubicado en el distrito de Oyolo, provincia de Paucar del Sara Sara - Región de Ayacucho (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería.

Monge-Salazar, María & Tovar Ingá, Carolina & Cuadros Adriazola, Jose Elias & Baiker, Jan R. & Montesinos-Tubée, Daniel B. & Bonnesoeur, Vivien & Antiporta, Erick & Román-Dañobeytia, Francisco & Fuentealba, Beatriz & Ochoa-Tocachi, Boris & Buytaert, Wouter. (2022). Ecohydrology and ecosystem services of a natural and an artificial bofedal wetland in the central Andes. *Science of The Total Environment*. 838. 155968. 10.1016/j.scitotenv.2022.155968.

Navarro, A. (2012). Caracterización físico – química de los principales humedales de Jalca de la concesión para conservación Alto Huayabamba [Tesis, Universidad Nacional de San Martín].

Ñahui Martinez, E. (2021). Comportamiento y estrategias de conservación del recurso hídrico de bofedales en Callqui Chico, Huancavelica (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2017). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto de exploración minera Corani de Fission Energy Perú S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante 2017 y 2018. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2017). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Corani de Bear Creek Mining S.A.C., en el distrito de Corani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, durante el 2017 y 2018. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2017). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Quellaveco de Anglo American Quellaveco S.A., en los distritos de Torata, Moquegua y Carumas, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, durante el 2017 y 2018. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2017). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero San Gabriel de la Compañía de minas Buenaventura S.A.A. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2017). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Utunsa de Anabi S.A.C. durante el 2017 y 2018. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2018). Evaluación ambiental en el área de influencia de la unidad minera Toromocho operada por Minera Chinalco Perú S.A. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2018). Evaluación ambiental temprana (preliminar) en el área de influencia del proyecto de exploración minera Michiquillay, de Southern Perú Copper Corporation - Sucursal del Perú, en el distrito La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca, durante el 2018. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2018). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto El Galeno de Lumina Copper S.A.C., durante el 2017 y 2018. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2018). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto minero Michiquillay de Southern Perú Copper Corporation sucursal del Perú, durante el 2018 y 2019. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2019). Evaluación ambiental temprana en el área de influencia de la exploración Haquira de Minera Antares Perú SAC, distritos de Challhuahuacho y Progreso, provincias de Cotabambas y Grau, departamento de Apurímac. Evaluación ambiental temprana.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2019). Evaluación en el marco de la fiscalización ambiental en el Corredor vial Apurímac-Cusco en el ámbito de la provincia Chumbivilcas, departamento Cusco en el 2019. Evaluación en el marco de la fiscalización ambiental.

Oropeza Abregú, Y. E. (2019). Flora de los bofedales aledaños a la Laguna Milloc y su relación con el agua subterránea. Distrito de Carampoma, Huarochirí.

Ortiz Nuñez, N. (2016). Diversidad y biomasa de flora silvestre en el Bofedal La Moya - Ayaviri (Tesis de grado). Universidad Nacional Del Altiplano.

Oyague Passuni, Eduardo & Maldonado Fonkén, Monica Sofia. (2015). Relationships between aquatic invertebrates, water quality and vegetation in an Andean peatland system. Mires and Peat. Volume 15 (2014 / 2015). 1-21.

Polk, M. H., Young, K. R., Cano, A., & León, B. (2019). Vegetation of andean wetlands (bofedales) in huascarán national park, Peru. Mires and Peat, 24.

Portal Quicaña, E. (2019). Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Quinto Cuba, F. (2018). Evaluación agrostoedafológica en tres altitudes y sitios de pastizal en la microcuenca de Paras en época lluviosa, Ayacucho (Tesis de grado). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Rondoy, Luciano & León, José & De La Cruz Castillo, Anthony. (2020). Physical-chemical and phytoplankton characteristics of high Andean wetlands and their relationship with the presence of *Lymnaea* Spp. in Frías, Piura, Peru. Manglar. 17. 13-19. 10.17268/manglar.2020.003.

Sanchez Salas, S. (2021). Valor ecológico del bofedal en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional de Ampay, sector Ccorhuani del distrito Tamburco, Abancay – Apurímac (Tesis de grado). Universidad César Vallejo.

Schittek, Karsten & Forbriger, Markus & Berg, Dominik & Hense, Jonathan & Schäbitz, Frank & Eitel, Bernhard. (2018). Last millennial environmental dynamics in the western Peruvian Andes inferred from the development of a cushion-plant peat hillock. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*. 30. 115-124. 10.1016/j.ppees.2017.09.002.

Seminario Cunya, A. (2016). Potencial de la flora medicinal silvestre con fines de conservación en el distrito La Encañada- Cajamarca 2010-2012 (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Cajamarca.

Sequeiros Abarca, D. A. (2020). Evaluación del servicio ambiental de captura de carbono de los bofedales del centro poblado Alto Perú, Tacna (Tesis de grado). Universidad Privada de Tacna.

Sulca Quispe, L., Franco León, P., & Oyague Passuni, E. (2019). Caracterización trófica de dos bofedales de la provincia de Candarave, región Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, (21), 37-49.

Zea, R. (2015). Determinación experimental de las necesidades hídricas del bofedal en puna seca y húmeda en el departamento de Puno [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano].



ANEXOS

Valle Huancane, al fondo el
glaciar Quelccaya (Puno)
Foto: Renny Diaz

Se detallan la medición de calidad de los resultados con las matrices de confusión realizadas a nivel de macrozonas (Páramo-Norte, Centro y Sur)

PÁRAMO Y NORTE: Precisión global de 66 % e índice de kappa de 0.28

Tabla: Matriz de confusión Macrozona Páramo y Norte

Clases	Bofedal	No bofedal	Total
Bofedal	49	5	54
No bofedal	117	188	305
Total	166	193	359

Fuente: elaboración propia.

CENTRO: Precisión global de 85 % e índice de kappa de 0.67

Tabla: Matriz de confusión Macrozona Centro

Clases	Bofedal	No bofedal	Total
Bofedal	440	66	506
No bofedal	56	227	283
Total	496	293	789

Fuente: elaboración propia.

SUR: Precisión global de 92 % e índice de kappa = 0.83

Tabla: Matriz de confusión Macrozona Sur

Clases	Bofedal	No bofedal	Total
Bofedal	221	4	225
No bofedal	27	137	164
Total	248	141	389

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS PROVINCIALES Y DISTRITALES

DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

PROVINCIAS	ÁREA DE BOFEDAL		ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%	DISTRITO	ha
Chachapoyas	857.6	67.7	Leimebamba	718.8
			Chuquibamba	94.5
			Balsas	43.2
			La Jalca	0.8
			Mariscal Castilla	0.2
Luya	402.3	31.8	San Francisco Del Yeso	167.2
			Pisuquia	85.8
			Maria	49.7
			Santo Tomas	45.6
			Longuita	43.4
Rodriguez De Mendoza	7.1	0.6	Cocabamba	10.5
			Limabamba	7.1
			TOTAL	1267.0
				100.0

DEPARTAMENTO DE ANCASH

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Bolognesi	8005.8	25.9	Huallanca	3 382.4	11.0
			Aquia	2 033.5	6.6
			Chiquian	1 104.6	3.6
			Huasta	773.5	2.5
			Pacllon	388.5	1.3
			Cajacay	121.1	0.4
			Mangas	81.0	0.3
			Ticllos	61.5	0.2
			Huayllacayan	40.0	0.1
			La Primavera	16.5	0.1
			San Miguel De Corpanqui	2.3	0.01
			Canis	1.0	0.003
Huari	5935.2	19.2	San Marcos	2 531.2	8.2
			Chavin De Huantar	1 182.3	3.8
			Huari	567.2	1.8
			Cajay	327.9	1.1
			San Pedro De Chana	243.8	0.8
			Ponto	206.9	0.7
			Huacachi	176.2	0.6
			Huachis	173.7	0.6
			Paucas	137.5	0.4
			Huantar	133.1	0.4
			Rapayan	84.8	0.3
			Masin	73.1	0.2

			Catac	3 946.8	12.8
			Pampas Chico	254.4	0.8
			Ticapampa	188.6	0.6
Recuay	4973.8	16.1	Cotaparaco	179.3	0.6
			Recuay	166.1	0.5
			Marca	159.6	0.5
			Huayllapampa	40.1	0.1
			Tapachocha	38.9	0.1
			Olleros	865.0	2.8
			Huaraz	782.7	2.5
Huaraz	2778.1	9.0	Independencia	313.0	1.0
			La Libertad	228.2	0.7
			Pira	185.9	0.6
			Pariacoto	171.0	0.6
			Huanchay	81.3	0.3
			Tarica	74.4	0.2
			Jangas	74.3	0.2
Pallasca	1928.8	6.2	Cochabamba	1.6	0.01
			Pampas Grande	0.5	0.002
			Conchucos	845.4	2.7
			Pampas	537.7	1.7
			Tauca	239.9	0.8
			Cabana	212.0	0.7
			Huandoval	53.3	0.2
			Lacabamba	31.8	0.1
			Llapo	7.4	0.02
			Pallasca	1.3	0.004
Huaylas	975.0	3.2	Yuracmarca	689.2	2.2
			Pamparomas	125.6	0.4
			Santa Cruz	123.0	0.4
			Huata	12.3	0.04
			Caraz	9.5	0.03
			Pueblo Libre	6.7	0.02
			Santo Toribio	5.9	0.02
			Mato	2.6	0.01
			Huaylas	0.3	0.001

			Yanama	367.6	1.2
			Shupluy	265.6	0.9
			Cascapara	200.6	0.6
Yungay	922.5	3.0	Yungay	48.6	0.2
			Quillo	39.5	0.1
			Ranrahirca	0.4	0.001
			Mancos	0.1	0.0003
			Ragash	236.9	0.8
			Huayllabamba	213.5	0.7
			San Juan	165.4	0.5
			Chingalpo	133.9	0.4
Sihuas	895.7	2.9	Acobamba	53.5	0.2
			Alfonso Ugarte	48.2	0.2
			Quiches	21.4	0.1
			Cashapampa	19.0	0.1
			Sicsibamba	3.8	0.01
			Marcara	261.4	0.8
			Carhuaz	232.4	0.8
			San Miguel De Aco	98.4	0.3
Carhuaz	760.4	2.5	Shilla	74.7	0.2
			Yungar	44.7	0.1
			Anta	32.2	0.1
			Ataquero	16.6	0.1
Asuncion	661.6	2.1	Chacas	596.1	1.9
			Acochaca	65.6	0.2
			Cusca	437.4	1.4
			Corongo	99.8	0.3
Corongo	565.9	1.8	Aco	20.5	0.1
			La Pampa	4.3	0.01
			Bambas	2.5	0.01
			Yanac	1.3	0.004
			Pomabamba	366.5	1.2
Pomabamba	483.9	1.6	Huayllan	100.0	0.3
			Quinuabamba	11.7	0.04
			Parobamba	5.7	0.02

			La Merced	196.8	0.6
			Aija	155.7	0.5
Aija	467.9	1.5	Coris	90.1	0.3
			Succha	22.1	0.1
			Huacllan	3.2	0.01
			San Luis	241.0	0.8
Carlos Fermin Fitzcarrald	449.5	1.5	Yauya	118.4	0.4
			San Nicolas	90.1	0.3
			Mirgas	224.9	0.7
			San Juan De Rontoy	98.4	0.3
Antonio Raymond	396.6	1.3	Chaccho	34.4	0.1
			Llamellin	27.1	0.1
			Chingas	11.8	0.04
			Llumpa	104.9	0.3
			Casca	84.2	0.3
			Fidel Olivas Escudero	52.5	0.2
Mariscal Luzuriaga	337.3	1.1	Lucma	42.3	0.1
			Eleazar Guzman Barron	28.2	0.1
			Musga	14.0	0.05
			Llama	6.5	0.02
			Piscobamba	4.5	0.01
			Ocros	141.3	0.5
			Cajamarquilla	71.9	0.2
Ocros	271.9	0.9	Congas	52.2	0.2
			Santiago De Chilcas	4.1	0.01
			Acas	1.8	0.01
			Llipa	0.5	0.002
Huarmey	54.8	0.2	Malvas	49.4	0.2
			Huayan	5.4	0.02
Santa	19.1	0.1	Caceres Del Peru	15.5	0.1
			Macate	3.6	0.01
TOTAL				30 883.9	100.0

DEPARTAMENTO DE APURIMAC

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Aymaraes	14 445.2	28.3	Cotaruse	11 746.1	23.0
			Sañayca	887.5	1.7
			Toraya	370.7	0.7
			Caraybamba	248.0	0.5
			San Juan De Chacña	221.2	0.4
			Chalhuanca	188.4	0.4
			Lucre	172.2	0.3
			Tintay	134.0	0.3
			Chapimarca	127.3	0.2
			Tapairihua	98.7	0.2
			Colcabamba	85.8	0.2
			Capaya	77.4	0.2
			Yanaca	33.6	0.1
Antabamba	12 914.7	25.3	Pocohuanca	28.4	0.1
			Soraya	10.5	0.02
			Justo Apu Sahuaraura	8.9	0.02
			Huayllo	6.5	0.01
			Oropesa	6881.5	13.5
			Antabamba	2412.1	4.7
			Juan Espinoza Medrano	2079.2	4.1
			Huaquirca	894.9	1.8
			Pachaconas	382.7	0.8
			Sabaino	188.9	0.4
			El Oro	75.3	0.1

			Tumay Huaraca	3045.6	6.0
			Pampachiri	1675.3	3.3
			Jose Maria Arguedas	1084.7	2.1
			San Jeronimo	906.4	1.8
			Kishuara	680.1	1.3
			Pomacocha	610.2	1.2
			Chiara	363.1	0.7
			Santa Maria De Chicmo	326.4	0.6
Andahuaylas	9308.3	18.2	Huayana	242.2	0.5
			Andahuaylas	136.8	0.3
			Huancaray	67.4	0.1
			San Miguel De Chaccrampa	51.9	0.1
			Turpo	43.6	0.1
			San Antonio De Cachi	37.9	0.1
			Huancarama	27.2	0.1
			Talavera	7.5	0.01
			Pacucha	2.0	0.004
			Tambobamba	1901.6	3.7
			Coyllurqui	1169.6	2.3
Cotabambas	5466.9	10.7	Challhuahuacho	1061.5	2.1
			Haquira	836.8	1.6
			Cotabambas	311.5	0.6
			Mara	185.8	0.4
			Circa	1459.7	2.9
			Curahuasi	953.7	1.9
			Lambrama	886.7	1.7
			Pichirhua	409.6	0.8
Abancay	4566.7	9.0	Chacoche	360.9	0.7
			Abancay	350.6	0.7
			Tamburco	65.1	0.1
			Huanipaca	60.8	0.1
			San Pedro De Cachora	19.7	0.04

			Curpahuasi	1096.9	2.2
			Chuquibambilla	664.8	1.3
			Pataypampa	492.9	1.0
			Progreso	474.6	0.9
			Virundo	384.4	0.8
			Gamarra	275.0	0.5
Grau	3829.6	7.5	Micaela Bastidas	171.5	0.3
			Huayllati	88.9	0.2
			Curasco	81.2	0.2
			Turpay	42.7	0.1
			Mamara	37.0	0.1
			Santa Rosa	16.5	0.03
			San Antonio	3.1	0.01
			Ranracancha	110.3	0.2
			Uranmarca	90.1	0.2
			Ongoy	76.7	0.2
			Ocobamba	72.4	0.1
			Huaccana	59.5	0.1
Chincheros	486.3	1.0	Anco_Huallo	34.9	0.1
			Chincheros	11.3	0.02
			Los Chankas	10.7	0.02
			El Porvenir	10.6	0.02
			Rocchacc	9.7	0.02
			Ahuayro	0.1	0.0
			TOTAL	51 017.8	100.0

DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Caylloma	73 897.7	55.4	Tisco	17 282.3	13.0
			Callalli	15 658.2	11.7
			San Antonio De Chuca	14 992.0	11.2
			Caylloma	9471.3	7.1
			Yanque	6057.2	4.5
			Sibayo	2141.6	1.6
			Tuti	1607.3	1.2
			Tapay	1591.4	1.2
			Lari	1590.4	1.2
			Lluta	767.4	0.6
			Achoma	751.8	0.6
			Cabanaconde	644.2	0.5
			Chivay	524.2	0.4
			Coporaque	226.5	0.2
			Ichupampa	188.8	0.1
			Huanca	142.8	0.1
La Unión	21 003.8	15.7	Madrigal	141.3	0.1
			Maca	94.7	0.1
			Huambo	24.4	0.02
			Puyca	10 673.5	8.0
			Pampamarca	5021.5	3.8
			Huaynacotas	4759.0	3.6
			Cotahuasi	229.3	0.2
			Charcana	138.8	0.1
			Tomepampa	61.8	0.05
			Alca	40.8	0.03
			Quechualla	36.7	0.03
			Tauria	29.5	0.02
			Toro	12.2	0.01
			Sayla	0.9	0.001

			Chachas	6770.0	5.1
			Orcopampa	3941.0	3.0
			Choco	3500.0	2.6
			Andagua	305.6	0.2
Castilla	14 925.3	11.2	Pampacolca	159.3	0.1
			Machaguay	111.9	0.1
			Chilcaymarca	97.6	0.1
			Viraco	38.4	0.03
			Uñon	1.5	0.001
			Cayarani	10 487.9	7.9
			Salamanca	3601.3	2.7
Condesuyos	14 273.1	10.7	Andaray	166.5	0.1
			Chuquibamba	13.1	0.01
			Yanaquihua	2.3	0.002
			Chichas	2.1	0.002
			San Juan De Tarucani	8915.9	6.7
Arequipa	9334.8	7.0	Yura	417.9	0.3
			Characato	0.7	0.001
			Chiguata	0.3	0.0002
TOTAL			133 434.8	100.0	

DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Lucanas	42 548.4	41.5	Lucanas	11 805.7	11.5
			Chipao	7367.2	7.2
			Puquio	5790.5	5.6
			Aucara	4360.6	4.3
			San Pedro De Palco	2738.4	2.7
			Cabana	2255.1	2.2
			Carmen Salcedo	2176.5	2.1
			Laramate	1673.9	1.6
			San Cristobal	1672.1	1.6
			Llauta	640.1	0.6
			Leoncio Prado	528.4	0.5
			Ocaña	287.9	0.3
			Chaviña	278.6	0.3
			Otoca	380.2	0.4
Parinacochas	18 482.1	18.0	San Pedro	367.5	0.4
			Sancos	137.8	0.1
			Santa Lucia	31.4	0.03
			San Juan	28.8	0.03
			Saisa	19.5	0.02
			Huac-Huas	6.9	0.01
			Santa Ana De Huaycahuacho	1.3	0.001
			Coracora	10 051.5	9.8
			Coronel Castañeda	5465.2	5.3
			Upahuacho	2465.0	2.4
Huanca Sancos	18 034.2	17.6	Chumpi	198.7	0.2
			Pacapausa	136.9	0.1
			Puyusca	113.0	0.1
			San Francisco De Ravacayco	42.3	0.04
			Pullo	9.4	0.01
			Sancos	11 021.9	10.7
			Sacsamarca	3540.2	3.5
			Santiago De Lucanamarca	3393.9	3.3
			Carapo	78.2	0.1

			Oyolo	6467.6	6.3
			Colta	101.6	0.1
			Lampa	88.9	0.1
			Corculla	17.2	0.02
Paucar Del Sara Sara	6711.4	6.5	San Jose De Ushua	12.4	0.01
			San Javier De Alpabamba	10.3	0.01
			Marcabamba	9.9	0.01
			Pararca	1.8	0.002
			Sara Sara	1.7	0.002
			Paras	2465.1	2.4
			Chuschi	1659.0	1.6
Cangallo	4283.8	4.2	Maria Parado De Bellido	120.8	0.1
			Totos	28.5	0.03
			Los Morochucos	10.5	0.01
			Vinchos	2232.2	2.2
			Chiara	775.7	0.8
			Acocro	479.9	0.5
			Socos	157.7	0.2
Huamanga	3744.4	3.6	Acos Vinchos	44.9	0.04
			Ocros	26.8	0.03
			Quinua	24.4	0.02
			San Jose De Ticllas	2.6	0.003
			Tambillo	0.2	0.00
			Soras	1058.5	1.0
			San Pedro De Larcay	734.3	0.7
			Morcolla	729.8	0.7
			Huacaña	355.6	0.3
Sucre	3106.8	3.0	Querobamba	183.3	0.2
			San Salvador De Quije	22.5	0.02
			Santiago De Paucaray	15.9	0.02
			Paico	6.4	0.01
			Chalcos	0.7	0.001

			Vilcanchos	1037.0	1.0
			Sarhua	611.2	0.6
			Canaria	290.1	0.3
			Apongo	265.6	0.3
			Huancaraylla	196.9	0.2
Victor Fajardo	2565.0	2.5	Huancapi	114.4	0.1
			Huaya	37.8	0.04
			Alcamenca	5.5	0.01
			Cayara	4.4	0.004
			Asquipata	1.1	0.001
			Huamanquiquia	0.9	0.001
			Ayahuanco	617.6	0.6
			Huanta	168.9	0.2
			Chaca	168.7	0.2
			Pucacolpa	159.2	0.2
Huanta	1478.2	1.4	Uchuraccay	149.6	0.1
			Santillana	124.8	0.1
			Huamanguilla	62.5	0.1
			Iguain	13.4	0.01
			Luricocha	11.7	0.01
			Llocogua	1.5	0.002
			Tambo	621.4	0.6
			San Miguel	379.6	0.4
			Anco	178.3	0.2
			Luis Carranza	48.4	0.05
La Mar	1332.8	1.3	Chungui	40.1	0.04
			Ninabamba	38.7	0.04
			Patibamba	13.9	0.01
			Oronccoy	9.6	0.01
			Chilcas	2.7	0.003
			Vischongo	86.3	0.1
			Vilcas Huaman	77.4	0.1
			Concepcion	75.9	0.1
Vilcas Huaman	310.1	0.3	Huambalpa	58.5	0.1
			Carhuanca	9.2	0.01
			Saurama	1.9	0.002
			Independencia	0.7	0.001
			Accomarca	0.2	0.00
			TOTAL	102 597.3	100.0

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Cajamarca	2222.1	40.1	Encañada	937.3	16.9
			Cajamarca	728.9	13.2
			Los Baños Del Inca	354.0	6.4
			Asuncion	70.4	1.3
			Chetilla	65.2	1.2
			Magdalena	32.1	0.6
			Jesus	21.4	0.4
			Namora	12.8	0.2
San Miguel	1007.1	18.2	Cospan	0.1	0.002
			Catilluc	596.7	10.8
			San Silvestre De Cochán	272.1	4.9
			Llapa	138.2	2.5
San Pablo	814.1	14.7	Tongod	0.1	0.002
			Tumbaden	664.8	12.0
			San Pablo	149.2	2.7
Jaén	391.2	7.1	Sallique	220.4	4.0
			Chontali	142.9	2.6
			San Felipe	15.7	0.3
			Pomahuaca	12.2	0.2
			Chugur	194.2	3.5
Hualgayoc	342.8	6.2	Hualgayoc	83.1	1.5
			Bambamarca	65.6	1.2
			Sorochuco	168.1	3.0
Celendín	339.1	6.1	Huasmin	70.2	1.3
			Sucre	67.7	1.2
			Oxamarca	33.2	0.6
Cajabamba	141.4	2.6	Cachachi	102.0	1.8
			Sitacocha	20.6	0.4
			Cajabamba	18.5	0.3
			Condebamba	0.3	0.01
			Jose Sabogal	48.7	0.9
San Marcos	85.5	1.5	Gregorio Pita	32.4	0.6
			Pedro Galvez	4.1	0.1
			Jose Manuel Quiroz	0.3	0.01
San Ignacio	84.1	1.5	Tabaconas	51.2	0.9
			Namballe	32.9	0.6
			Chalamarca	35.2	0.6
Chota	59.5	1.1	Conchan	12.7	0.2
			Chota	10.4	0.2
			Lajas	1.2	0.02
Santa Cruz	52.8	1.0	Ninabamba	52.8	1.0
TOTAL				5539.7	100.0

DEPARTAMENTO DE CUSCO

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Espinar	38 195.6	29.1	Coporaque	9763.6	7.4
			Pallpata	7417.2	5.7
			Condoroma	7253.9	5.5
			Espinar	4560.5	3.5
			Alto Pichigua	2816.4	2.1
			Ocoruro	2418.3	1.8
			Suyckutambo	2193.9	1.7
Chumbivilcas	27 016.0	20.6	Pichigua	1771.7	1.3
			Santo Tomas	8427.9	6.4
			Livitaca	5592.2	4.3
			Chamaca	4603.8	3.5
			Velille	4256.4	3.2
			Colquemarca	1960.4	1.5
			Capacmarca	1499.1	1.1
Canchis	22 501.6	17.1	Llusco	387.4	0.3
			Quiñota	288.8	0.2
			Checacupe	6746.0	5.1
			Pitumarca	6283.3	4.8
			Sicuani	4445.5	3.4
			San Pablo	2522.2	1.9
			Marangani	2278.9	1.7
Canas	18 449.0	14.1	Combapata	103.0	0.1
			Tinta	76.8	0.1
			San Pedro	45.9	0.03
			Kunturkanki	5851.8	4.5
			Layo	4176.0	3.2
			Checca	2671.4	2.0
			Yanaoca	2182.2	1.7

Quispicanchi	11 990.1	9.1	Ocongate	5934.2	4.5
			Marcapata	2435.0	1.9
			Quiquijana	885.0	0.7
			Camanti	645.0	0.5
			Ccatca	617.9	0.5
			Cusipata	526.0	0.4
			Ccarhuayo	488.5	0.4
			Huaro	262.8	0.2
			Oropesa	62.3	0.05
			Lucre	62.2	0.05
La Convencion	2565.9	2.0	Urcos	44.5	0.03
			Andahuayllillas	26.6	0.02
			Vilcabamba	1025.0	0.8
			Santa Teresa	923.5	0.7
			Ocobamba	289.1	0.2
			Inkawasi	283.3	0.2
			Huayopata	42.8	0.03
			Echarate	2.3	0.002
			Colquepata	685.8	0.5
			Paucartambo	481.4	0.4
Paucartambo	2248.6	1.7	Challabamba	459.6	0.4
			Kosñipata	301.4	0.2
			Huancarani	173.0	0.1
			Caicay	147.3	0.1
			Lares	1177.8	0.9
			Calca	270.7	0.2
			Pisac	200.9	0.2
			Lamay	165.3	0.1
			Yanatile	136.9	0.1
			Coya	91.5	0.1
Calca	2222.4	1.7	San Salvador	91.4	0.1
			Taray	87.9	0.1

			Omacha	838.6	0.6
			Huanoquite	388.2	0.3
			Yaurisque	204.0	0.2
Paruro	1958.2	1.5	Paruro	177.8	0.1
			Accha	156.0	0.1
			Ccapi	137.7	0.1
			Paccaritambo	50.7	0.04
			Pillpinto	5.3	0.004
			Limatambo	451.6	0.3
			Chinchaypujio	305.6	0.2
			Huarocondo	274.2	0.2
			Ancahuasi	163.9	0.1
Anta	1347.6	1.0	Mollepata	56.6	0.04
			Anta	55.5	0.04
			Zurite	27.7	0.02
			Cachimayo	10.1	0.01
			Pucyura	2.3	0.002
			Pomacanchi	388.1	0.3
			Rondocan	206.9	0.2
			Acomayo	197.1	0.2
Acomayo	1175.8	0.9	Acos	124.0	0.1
			Sangarara	118.7	0.1
			Acopia	100.1	0.1
			Mosoc Llacta	40.8	0.03
			Ollantaytambo	701.6	0.5
			Chinchero	71.0	0.1
Urubamba	895.0	0.7	Urubamba	53.2	0.04
			Machupicchu	47.3	0.04
			Huayllabamba	15.2	0.01
			Yucay	6.7	0.01
			Ccorca	336.4	0.3
			Santiago	181.3	0.1
			San Jeronimo	95.8	0.1
Cusco	696.5	0.5	Cusco	48.8	0.04
			Saylla	20.0	0.02
			San Sebastian	9.3	0.01
			Poroy	4.9	0.004
TOTAL				131 262.4	100.0

DEPARTAMENTO DE HUANCAVELICA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Huaytara	16 195.5	32.0	Pilpichaca	10 381.8	20.52
			Querco	2268.4	4.48
			Santo Domingo De Capillas	835.1	1.65
			Tambo	724.7	1.43
			Santiago De Chocorvos	716.7	1.42
			San Francisco De Sangayaico	533.3	1.05
			Santiago De Quirahuara	341.1	0.67
			Ayavi	114.9	0.23
			Laramarca	107.8	0.21
			San Isidro	98.6	0.19
			San Antonio De Cusicancha	30.8	0.06
			Huaytara	21.5	0.04
			Cordova	17.9	0.04
			Quito-Arma	2.7	0.01

			Ascension	3440.0	6.80
			Huancavelica	3049.8	6.03
			Acobambilla	2496.5	4.94
			Huachocolpa	1327.1	2.62
			Nuevo Occoro	1051.4	2.08
			Acoria	830.3	1.64
			Huando	682.6	1.35
			Yauli	549.2	1.09
Huancavelica	14 464.2	28.6	Vilca	393.6	0.78
			Manta	255.4	0.50
			Palca	148.1	0.29
			Laria	109.1	0.22
			Moya	56.6	0.11
			Huayllahuara	24.6	0.05
			Cuenca	23.0	0.05
			Conayca	17.7	0.03
			Pilchaca	9.3	0.02
			Santa Ana	4306.8	8.51
Castrovirreyna	10 250.7	20.3	Castrovirreyna	2951.8	5.84
			Chupamarca	1359.2	2.69
			Aurahua	1262.5	2.50
			Huachos	152.4	0.30
			Arma	150.9	0.30
Castrovirreyna	10 250.7	20.3	Mollepampa	25.0	0.05
			Capillas	19.2	0.04
			Huamatambo	9.5	0.02
			Tantara	5.5	0.01
			Ticrapo	4.1	0.01
			Cocas	3.7	0.01

			Lircay	4357.0	8.61
			Secclla	351.5	0.69
			Santo Tomas De Pata	343.4	0.68
			Ccochaccasa	138.4	0.27
Angaraes	5409.7	10.7	Huanca-Huanca	114.0	0.23
			Congalla	74.4	0.15
			Anchonga	14.3	0.03
			Huayllay Grande	11.0	0.02
			Callanmarca	5.8	0.01
			Pazos	932.9	1.84
			San Marcos De Rocchac	791.7	1.57
			Pichos	172.4	0.34
			Acostambo	148.7	0.29
			Ñahuimpuquio	112.9	0.22
			Acraquia	109.5	0.22
			Surcubamba	78.4	0.15
			Huaribamba	77.4	0.15
			Ahuaycha	73.0	0.14
			Salcabamba	43.0	0.08
Tayacaja	2687.0	5.3	Colcabamba	36.3	0.07
			Cochabamba	27.5	0.05
			Quichuas	23.0	0.05
			Andaymarca	17.7	0.04
			Roble	15.4	0.03
			Tintay Puncu	14.4	0.03
			Santiago De Tucuma	7.5	0.01
			Pampas	3.1	0.01
			Daniel Hernandez	1.7	0.003
			Salcahuasi	0.6	0.001

		Locroja	331.4	0.66	
		Paucarbamba	217.7	0.43	
		Churcampa	84.4	0.17	
		Anco	69.4	0.14	
Churcampa	854.9	1.7	El Carmen	40.4	0.08
			Pachamarca	36.1	0.07
			Cosme	35.6	0.07
			Chinchihuasi	23.3	0.05
			San Pedro De Coris	16.7	0.03
Acobamba	719.8	1.4	Paucara	408.4	0.81
			Rosario	228.0	0.45
Acobamba	51.9	0.10			
			Andabamba	22.6	0.04
			Anta	8.9	0.02
TOTAL			50 581.9	100.00	

DEPARTAMENTO DE HUANUCO

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Lauricocha	8786.5	33.2	San Miguel De Cauri	4742.2	17.9
			Jesus	1822.4	6.9
			Queropalca	1093.7	4.1
			Baños	822.8	3.1
			Rondos	245.2	0.9
			Jivia	43.3	0.2
			San Francisco De Asis	16.9	0.1
			Llata	2384.1	9.0
			Tantamayo	858.2	3.2
			Jacas Grande	654.5	2.5
Huamalies	5039.6	19.0	Miraflores	394.6	1.5
			Monzon	241.0	0.9
			Puños	210.6	0.8
			Singa	144.7	0.5
			Punchao	56.4	0.2
			Chavin De Pariarca	52.9	0.2
			Arancay	42.6	0.2
			Cholón	3358.3	12.7
			Santa Rosa De Alto Yanajanca	444.0	1.7
			Huacrachuco	362.7	1.4
Marañon	4170.8	15.8	San Buenaventura	5.8	0.02
			Marias	1031.9	3.9
			Pachas	642.8	2.4
			La Union	295.0	1.1
			Chuquis	222.4	0.8
			Ripan	41.8	0.2
			Sillapata	39.0	0.1
			Quivilla	23.1	0.1
			Yanas	2.9	0.01
			Shunqui	0.2	0.001

			San Pedro De Chaulan	713.0	2.7
			Santa Maria Del Valle	499.4	1.9
			Margos	397.5	1.5
			Churubamba	229.9	0.9
Huanuco	2164.2	8.2	Yacus	164.1	0.6
			Quisqui (Kichki)	153.1	0.6
			Yarumayo	3.0	0.01
			San Francisco De Cayran	2.8	0.01
			Pillco Marca	1.3	0.005
			Huacaybamba	1371.6	5.2
Huacaybamba	1952.5	7.4	Cochabamba	334.1	1.3
			Pinra	215.5	0.8
			Canchabamba	31.3	0.1
			San Rafael	356.5	1.3
			Colpas	236.5	0.9
			Cayna	192.8	0.7
Ambo	945.3	3.6	Ambo	91.8	0.3
			San Francisco	53.3	0.2
			Huacar	12.3	0.05
			Tomay Kichwa	1.5	0.01
			Conchamarca	0.6	0.002
			Chavinillo	409.2	1.5
			Aparicio Pomares	234.9	0.9
			Obas	137.1	0.5
			Pampamarca	135.5	0.5
Yarowilca	1068.3	4.0	Jacas Chico	113.8	0.4
			Choras	22.3	0.1
			Cahuac	13.2	0.05
			Chacabamba	2.3	0.01
Pachitea	49.2	0.2	Molino	49.2	0.2
TOTAL			26 475.3	100.0	

DEPARTAMENTO DE ICA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Chincha	159.1	100.0	San Pedro De Huacarpana	119.0	74.8
			Chavin	24.5	15.4
			San Juan De Yanac	15.6	9.8
TOTAL				159.1	100.0

DEPARTAMENTO DE JUNIN

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Yauli	20 868.9	34.3	Marcapomacocha	10 518.3	17.3
			Santa Barbara De Carhuacayan	5095.5	8.4
			Suitucancha	1888.4	3.1
			Morococha	1443.9	2.4
			Yauli	954.5	1.6
			Huay-Huay	602.8	1.0
			Paccha	194.6	0.3
			Chacapalpa	92.6	0.2
			La Oroya	47.9	0.1
			Santa Rosa De Sacco	30.4	0.1
Junin	13 815.7	22.7	Junin	7346.4	12.1
			Carhuamayo	2851.8	4.7
			Ondores	2585.8	4.2
			Ulcumayo	1031.8	1.7

			Canchayllo	3042.0	5.0
			Pomacancha	662.8	1.1
			Sincos	565.8	0.9
			Apata	559.9	0.9
			Monobamba	423.2	0.7
			Ricran	318.3	0.5
			Paccha	300.1	0.5
			Molinos	284.0	0.5
			Acolla	176.4	0.3
			Llocllapampa	176.1	0.3
			Janjaillo	164.4	0.3
Jauja	6958.0	11.4	Parco	70.5	0.1
			Masma Chicche	67.5	0.1
			Yauli	60.0	0.1
			Huamali	31.2	0.1
			Muquiyauyo	19.3	0.03
			Tunan Marca	19.2	0.03
			Leonor Ordoñez	11.4	0.02
			Muqui	2.4	0.004
			Curicaca	1.7	0.003
			San Lorenzo	0.8	0.001
			Paca	0.6	0.001
			Julcan	0.4	0.001
			Chongos Alto	2091.5	3.4
			Parahuanc	852.7	1.4
			Huancayo	850.9	1.4
			El Tambo	544.1	0.9
			Quilcas	331.0	0.5
			Pucara	214.1	0.4
			Chacapampa	177.8	0.3
			Sapallanga	175.9	0.3
			Santo Domingo De Acobamba	168.8	0.3
Huancayo	5765.1	9.5	Cullhuas	108.8	0.2
			Ingenio	84.1	0.1
			Quichuay	80.6	0.1
			Chicche	43.3	0.1
			Huasicancha	27.0	0.04
			Colca	10.2	0.02
			Chilca	1.6	0.003
			San Agustin	1.4	0.002
			Saño	0.6	0.001
			Chupuro	0.4	0.001
			Huacrapuquio	0.3	0.0004
			Hualhuas	0.1	0.0002

			Comas	3388.2	5.6
			Andamarca	1271.0	2.1
			San Jose De Quero	856.0	1.4
			Chambara	54.5	0.1
			Cochas	45.2	0.1
			Heroinas Toledo	42.3	0.1
			Aco	29.0	0.05
			Manzanares	2.5	0.004
Concepcion	5688.7	9.3	San Pedro De Cajas	1729.9	2.8
			Huasahuasi	831.3	1.4
			Palca	423.7	0.7
			Huaricolca	241.7	0.4
Tarma	3825.6	6.3	Tarma	166.0	0.3
			La Union	143.2	0.2
			Tapo	142.0	0.2
			Palcamayo	141.5	0.2
			Acobamba	6.4	0.01
			Yanacancha	2918.7	4.8
Chupaca	3314.9	5.4	San Juan De Jarpa	220.7	0.4
			Chongos Bajo	161.8	0.3
			Ahuac	13.8	0.02
			Pampa Hermosa	180.8	0.3
Satipo	337.9	0.6	Pangoa	123.2	0.2
			Llaylla	33.8	0.1
			San Ramon	243.7	0.4
			Vitoc	22.5	0.04
Chanchamayo	285.4	0.5	Chanchamayo	17.6	0.03
			Pichanaqui	1.5	0.003
			Perene	0.1	0.0002
			TOTAL	60 860.2	100.0

DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Pataz	3962.2	42.1	Ongon	2081.3	22.1
			Pias	540.3	5.7
			Buldirbuyo	266.8	2.8
			Huayllillas	225.1	2.4
			Tayabamba	172.9	1.8
			Huancaspata	159.7	1.7
			Parcocy	156.5	1.7
			Pataz	155.8	1.7
			Chillia	123.8	1.3
			Taurija	40.4	0.4
			Urpay	20.8	0.2
			Santiago De Challas	13.0	0.1
			Huayo	5.8	0.1
			Quiruvilca	1644.8	17.5
Santiago De Chuco	2855.6	30.4	Santiago De Chuco	594.1	6.3
			Sitabamba	414.0	4.4
			Cachicadan	187.0	2.0
			Mollebamba	9.4	0.1
			Mollepata	6.4	0.1
			Bolivar	916.1	9.7
			Condormarca	364.9	3.9
			Uchumarca	149.6	1.6
			Bambamarca	59.2	0.6
			Ucuncha	9.8	0.1
Bolivar	1501.2	16.0	Longotea	1.5	0.02
			Chugay	244.2	2.6
			Sarin	169.0	1.8
			Huamachuco	109.3	1.2
			Marcabal	29.5	0.3
			Sanagoran	17.5	0.2
			Cochorco	11.8	0.1
			Calamarca	275.9	2.9
			Huaso	164.5	1.7
			Julcan	9.1	0.1
Sanchez Carrion	581.2	6.2	Sinsicap	19.8	0.2
			Agallpampa	16.9	0.2
			Otuzco	14.8	0.2
			Usquil	4.0	0.04
			Paranday	1.9	0.02
			La Cuesta	0.3	0.003
			TOTAL	9407.3	100.0

DEPARTAMENTO DE LIMA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Yauyos	7440.2	37.7	Laraos	1342.6	6.8
			Huantan	1286.9	6.5
			Tanta	1037.4	5.3
			Tomas	590.9	3.0
			Lincha	478.4	2.4
			Huancaya	376.0	1.9
			Tupe	354.3	1.8
			Miraflores	317.5	1.6
			Colonia	271.2	1.4
			Vitis	237.3	1.2
			Yauyos	216.3	1.1
			Madean	142.7	0.7
			Cacra	110.7	0.6
			Ayaviri	99.1	0.5
			Viñac	96.2	0.5
			Alis	90.6	0.5
			Allauca	80.7	0.4
			Omas	48.4	0.2
			Hongos	40.2	0.2
			Quinches	38.4	0.2
			Carania	35.1	0.2
			Tauripampa	32.7	0.2
			San Pedro De Pilas	30.8	0.2
			Azangaro	26.2	0.1
			Huañec	21.6	0.1
			Catahuasi	18.4	0.1
			Huampara	9.1	0.05
			San Joaquin	8.5	0.04
			Putinza	2.0	0.01
			Huangascar	0.2	0.001

			San Mateo	826.2	4.2
			Huanza	604.2	3.1
			San Lorenzo De Quinti	412.7	2.1
			Huarochiri	366.6	1.9
			Carampoma	363.1	1.8
			San Juan De Tantaranche	348.5	1.8
			Chicla	289.5	1.5
			San Damian	270.9	1.4
			Laraos	215.9	1.1
			San Juan De Iris	143.7	0.7
			Santiago De Anchucaya	99.2	0.5
Huarochiri	4055.6	20.6	Matucana	31.1	0.2
			Huachupampa	25.0	0.1
			San Pedro De Casta	23.3	0.1
			San Mateo De Otao	10.1	0.1
			San Andres De Tupicocha	9.8	0.05
			San Pedro De Huancayre	5.5	0.03
			San Antonio	3.0	0.01
			Mariatana	1.9	0.01
			Surco	1.9	0.01
			Langa	1.3	0.01
			Sangallaya	1.1	0.01
			Lahuaytambo	0.9	0.005
Cajatambo	2864.3	14.5	Cajatambo	2126.4	10.8
			Gorgor	622.9	3.2
			Copa	94.0	0.5
			Huancapon	11.7	0.1
			Manas	9.3	0.05
Oyon	1420.7	7.2	Oyon	1056.6	5.4
			Navan	105.2	0.5
			Caujul	97.0	0.5
			Pachangara	68.1	0.3
			Cochamarca	63.7	0.3
			Andajes	30.1	0.2

			Atavillos Alto	626.7	3.2
			Pacaraos	345.6	1.8
			Santa Cruz De Andamarca	261.7	1.3
			Atavillos Bajo	83.6	0.4
Huaral	1434.7	7.3	Veintisiete De Noviembre	81.0	0.4
			Ihuari	20.9	0.1
			San Miguel De Acos	13.3	0.1
			Sumbilca	1.7	0.01
			Lampian	0.1	0.001
			Huaros	1005.9	5.1
Canta	1396.9	7.1	Canta	152.0	0.8
			Lachaqui	99.4	0.5
			Arahuay	77.2	0.4
			San Buenaventura	55.8	0.3
			Huamantanga	6.6	0.03
			Santa Leonor	716.0	3.6
			Ambar	247.9	1.3
Huaura	1105.1	5.6	Leoncio Prado	89.8	0.5
			Checras	28.5	0.1
			Paccho	23.0	0.1
TOTAL			19 717.4	100.0	

DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Mariscal Nieto	12 985.5	65.6	Carumas	11 985.7	60.6
			Torata	526.7	2.7
			San Cristobal	466.2	2.4
			Cuchumbaya	6.8	0.03
			Ichuña	2717.5	13.7
			Chojata	1895.1	9.6
			Ubinas	1499.5	7.6
			Lloque	300.6	1.5
			Puquina	133.4	0.7
			Coalaque	90.1	0.5
General Sanchez Cerro	6801.4	34.4	Matalaque	85.9	0.4
			Yunga	73.9	0.4
			Omate	5.5	0.03
			TOTAL	19 786.9	100.0

DEPARTAMENTO DE PASCO

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Pasco	32 238.2	79.7	Simon Bolivar	11 524.0	28.5
			Huayllay	9568.3	23.7
			Ninacaca	4261.9	10.5
			Vicco	3362.3	8.3
			Ticlacayan	1679.4	4.2
			Paucartambo	726.2	1.8
			Tinyahuarco	327.8	0.8
			Huachon	234.6	0.6
			Yanacancha	219.6	0.5
			San Francisco De Asis De Yarusyacan	132.8	0.3
			Huariaca	110.8	0.3
			Pallanchacra	75.5	0.2
			Chaupimarca	15.0	0.04

Daniel Alcides Carrion	8206.7	20.3	Yanahuanca	5052.3	12.5
			Santa Ana De Tusi	1377.4	3.4
			Chacayan	930.3	2.3
			Vilcabamba	350.0	0.9
			San Pedro De Pillao	306.8	0.8
			Goyllarisquizga	132.6	0.3
			Paucar	54.9	0.1
			Tapuc	2.4	0.01
			TOTAL	40 444.8	100.0

DEPARTAMENTO DE PIURA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Huancabamba	1306.6	65.4	El Carmen De La Frontera	701.8	35.1
			Huancabamba	488.5	24.5
			Sondorillo	48.6	2.4
			Canchaque	24.7	1.2
			Sondor	23.9	1.2
			San Miguel De El Faique	19.1	1.0
			Lalaquiz	0.1	0.005
			Pacaipampa	328.6	16.4
			Ayabaca	322.3	16.1
Ayabaca	689.9	34.5	Frias	38.5	1.9
			Lagunas	0.3	0.02
			Sapillica	0.2	0.01
			Yamango	0.7	0.03
Morropon	0.9	0.0	Santo Domingo	0.2	0.01
TOTAL				1997.3	100.0

DEPARTAMENTO DE PUNO

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Puno	81 289.1	23.7	Pichacani	44 739.4	13.0
			Acora	17 392.3	5.1
			Puno	6672.4	1.9
			San Antonio	4034.6	1.2
			Tiquillaca	3177.9	0.9
			Mañazo	2838.2	0.8
			Vilque	1287.0	0.4
			Plateria	703.6	0.2
			Paucarcolla	255.6	0.1
			Chucuito	127.1	0.04
			Atuncolla	25.7	0.01
			Coata	24.2	0.01
			Capachica	11.2	0.003
			Nuñoa	19 688.0	5.7
Melgar	57 196.9	16.7	Santa Rosa	8434.6	2.5
			Macari	6895.1	2.0
			Orurillo	6860.2	2.0
			Ayaviri	5590.0	1.6
			Antauta	3179.5	0.9
			Llalli	2580.7	0.8
			Cupi	2113.0	0.6
			Umachiri	1855.9	0.5
			Santa Rosa	24 107.6	7.0
			Capazo	7477.9	2.2
El Collao	43 895.4	12.8	Ilave	6957.0	2.0
			Conduriri	5348.8	1.6
			Pilcuyo	4.1	0.001
			Juli	10 754.1	3.1
			Kelluyo	9497.3	2.8
Chucuito	39 869.7	11.6	Huacullani	8399.2	2.4
			Pisacoma	7368.2	2.1
			Zepita	2429.5	0.7
			Pomata	1113.6	0.3
			Desaguadero	307.8	0.1

			Santa Lucia	12 943.5	3.8
			Ocuviri	6221.9	1.8
			Paratia	3953.1	1.2
			Pucara	3839.9	1.1
Lampa	32 810.1	9.6	Lampa	2780.9	0.8
			Palca	1581.9	0.5
			Vilavila	929.5	0.3
			Cabanilla	470.2	0.1
			Calapuja	88.6	0.03
			Nicasio	0.6	0.00
			Azangaro	8331.0	2.4
			Asillo	6294.1	1.8
			Muñani	4531.6	1.3
Azangaro	32 075.5	9.4	San Jose	4096.8	1.2
			Potoni	3519.2	1.0
			San Anton	3120.2	0.9
			Tirapata	861.7	0.3
			Santiago De Pupuja	557.2	0.2
			Arapa	391.8	0.1
			San Juan De Salinas	278.2	0.1
			Jose Domingo Choquehuanca	59.0	0.02
			Achaya	28.4	0.01
			Saman	5.1	0.001
			Chupa	1.2	0.00
Carabaya	18 419.2	5.4	Macusani	5422.8	1.6
			Corani	4113.6	1.2
			Crucero	1901.7	0.6
			Ajoyani	1532.5	0.4
			Ituata	1403.5	0.4
			Ollachea	1123.2	0.3
			Usicayos	970.8	0.3
			Coasa	940.5	0.3
			Ayapata	814.8	0.2
			San Gaban	195.7	0.1
San Antonio De Putina	13 430.6	3.9	Putina	6123.9	1.8
			Ananea	4175.9	1.2
			Quilcapuncu	1679.9	0.5
			Pedro Vilca Apaza	1013.2	0.3
			Sina	437.7	0.1

			Cojata	4370.7	1.3
			Inchupalla	1772.7	0.5
			Vilque Chico	1207.6	0.4
			Rosaspata	1193.6	0.3
Huancane	9358.7	2.7	Huatasani	286.3	0.1
			Pusi	272.8	0.1
			Huancane	252.4	0.1
			Taraco	2.4	0.001
			Cabanillas	6152.3	1.8
			Cabana	954.7	0.3
San Roman	7173.7	2.1	Juliaca	48.7	0.01
			Caracoto	17.7	0.01
			San Miguel	0.3	0.00
			Moho	1991.5	0.6
			Huayrapata	1588.8	0.5
Moho	3942.7	1.1	Conima	281.0	0.1
			Tilali	81.3	0.02
			Cuyocuyo	1144.0	0.3
			Patambuco	732.3	0.2
			Limbaní	501.3	0.1
Sandia	2950.8	0.9	Quiaca	282.2	0.1
			Sandia	160.5	0.05
			Phara	130.5	0.04
			Yunguyo	359.8	0.1
			Copani	181.6	0.1
Yunguyo	603.3	0.2	Cuturapi	61.9	0.02
			TOTAL	343 015.6	100.0

DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Mariscal Caceres	11 849.0	86.5	Huicungo	11 849.0	86.5
			Shunte	1767.5	12.9
			Polvora	67.1	0.5
	1847.0	13.5	Uchiza	12.1	0.1
			Tocache	0.3	0.002
TOTAL				13 696.0	100.0

DEPARTAMENTO DE TACNA

PROVINCIA	ÁREA DE BOFEDAL		DISTRITO	ÁREA DE BOFEDAL	
	ha	%		ha	%
Tarata	3882.9	38.6	Tarata	2041.4	20.3
			Susapaya	1054.5	10.5
			Ticaco	751.7	7.5
			Estique	29.0	0.3
			Tarucachi	5.0	0.05
			Sitajara	1.3	0.01
Candarave	3778.9	37.5	Candarave	3233.1	32.1
			Camilaca	361.0	3.6
			Cairani	184.4	1.8
			Huanuara	0.3	0.003
Tacna	2403.8	23.9	Palca	2393.4	23.8
			Pachia	10.4	0.1
Jorge Basadre	0.2	0.002	Ilabaya	0.2	0.002
TOTAL				10 065.9	100.0

CON EL APOYO DE:



Proyecto de cooperación entre
Perú e Italia para la adaptación y
mitigación del cambio climático





INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA