

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLOGICAS
CARRERA DE INGENIERIA GEOGRAFICA**



TRABAJO DE GRADO

**ANALISIS DEL CAMBIO MULTITEMPORAL EN LOS BOFEDALES DE LA
SUBCUENCA PEÑAS, CON TECNICAS DE PERCEPCION REMOTA**

MARCELO MARTIN FUNES MORALES

FELIX HERNAN LAURA CHAVES

**Proyecto de grado, presentado para optar al
título de Ingeniero Geógrafo**

Mención en Geomática

Tutor: Msc. Ing. JAVIER NUÑEZ VILLALBA

LA PAZ, BOLIVIA

2017

DEDICATORIA

Este es un trabajo dedicado a nuestras familias gracias a su apoyo en y amor nos dieron fuerzas para poder proseguir con los estudios superiores, comprendiendo las desveladas de estudio, les agradecemos de corazón por la fe depositada en nuestras personas, deseando nunca decepcionar el amor depositado en nuestras personas, muchas gracias por estar a nuestro lado.



INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1 GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 Antecedentes y justificación	2
1.1.2 Problemática	3
1.2 OBJETIVOS.	5
1.2.1 Objetivo principal.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
CAPITULO 2 LOCALIZACIÓN	6
2 LOCALIZACIÓN.....	6
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA ASPECTOS POBLACIONALES.....	6
CAPITULO 3 MARCO TEÓRICO.....	9
3.1 CUENCA	9
3.2 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA CUENCA	9
3.3 ¿QUE ES UN BOFEDAL?	11
3.3.1 Importancia de los bofedales	12
3.3.2 Tipos de bofedales.....	12
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS BOFEDALES.....	14
3.4.1 Flora.....	14
3.4.2 Fauna.....	15
3.5 FISIOGRAFÍA.....	16
TABLA N° 3.2 PROVINCIAS FISIAGRÁFICAS DE BOLIVIA	17
3.6 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES.....	17

3.6.1 Índices de vegetación - índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI).....	18
3.6.2 Clasificación digital supervisada de los (NDVI)	19
3.6.3 Detección de cambios: método diferencia entre imágenes.....	20
CAPITULO 4 METODOLOGÍA.....	22
4.1 PRECAMPO	22
4.2TRABAJO DE GABINETE.....	23
4.2.1 Pre-procesamiento de imágenes del área de estudio, años 1994; 1999; 2004; 2008; 2010; 2015.....	23
4.2.2 Georreferenciación de imágenes	24
4.2.3 Filtro de paso bajo.....	25
4.2.4 Índice de vegetación	25
4.2.5 Clasificación supervisada del NDVI.....	27
4.2.6 Filtro de mayorías	28
4.2.7 Definición de leyenda.....	28
4.2.8 Delimitación de la Subcuenca	30
4.2.9 Descripción de la Fisiografía	31
4.3 TRABAJO DE CAMPO	33
4.3.1 Toma de puntos de control.....	33
4.3.2 Verificación y uso actual de la cobertura de los bofedales	33
4.3.3 Entrevistas y llenado de encuestas	36
CAPITULO 5 RESULTADOS	38
5.1 IDENTIFICACION DE LOS BOFEDALES CORRELACIONANDO LA FISIOGRAFIA	38

5.1.1 Cuantificación de áreas de bofedales y su correspondiente fisiográfica de la Subcuenca Peñas.....	39
5.1.2 Superficie de bofedales entre los años 1994,1999, 2004, 2008,2010 y 2015en la Subcuenca Peñas	46
5.2 IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES UTILIZANDO EL METODO DE DIFERENCIA ENTRE IMÁGENES	46
5.2.1 Cuantificación de cambios espaciales de los bofedales según la unidad fisiográfica.....	48
a) Unidad fisiográfica Laguna y sus cambios espaciales de los bofedales	48
b) Unidad fisiográfica Serranía Alta y sus cambios espaciales de los bofedales	49
c) Unidad fisiográfica Serranía Media y sus cambios espaciales de los bofedales	51
d) Unidad fisiográfica Serranía Baja y sus cambios espaciales de los bofedales	52
e) Unidad fisiográfica Pie de Monte y sus cambios espaciales de los bofedales.....	53
f) Unidad fisiográfica Llanura Fluvio Lacustre y sus cambios espaciales de los bofedales	54
5.2.2 Bofedales en la Subcuenca Peñas.....	55
5.2.3Llanuras Fluvio Lacustres más características de la Subcuenca Peñas.....	60
5.2.4 Proporción de los Bofedales entre los años 1994 hasta 2015	60
5.2.5 Llanura Fluvio Lacustre - 1 y sus cambios espaciales	62
 CAPITULO 6.....	 66
6.1 CONCLUSIONES	66
6.2 RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº2.1 POBLACION POR COMUNIDADES.....	6
TABLA Nº2.2 BALACE HIDRICO DE LA SUBCUENCA PEÑAS (1987-2015).....	8
TABLA Nº3.1 TIPOS DE HUMEDALES PRESENTES EN LA CUENCAS DEL SISTEMA TDPS EN BASE AL MAPA DE HUMEDALES DE LOS ALTOS ANDES DE BOLIVIA.....	13
TABLA Nº 3.2 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS.....	17
TABLA Nº4.1 RECOPIACION DE IMÁGENES LANDSAT 01-071 QUE ABARCAN LA SUBCUENCA PEÑAS.....	23
TABLA Nº 4.2 COORDENADAS DE RECORTE DE ESCENAS.....	24
TABLA Nº 4.3 DIAGRAMA DE FILTRO DE PASO BAJO.....	25
TABLA Nº 4.5 LEYENDA DE IDENTIFICACION DE BOFEDALES Y VEGETACION ALTOANDINA.....	29
TABLA Nº4.5 PUNTOS DE CONTROL GPS ,VERIFICACION DE BOFEDALES.....	33
TABLA Nº 5.1 UNIDADES FISIOGRAFICAS DENTRO LA SUBCUENCA PEÑAS...38	
TABLA Nº 5.2 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 1994.....	39
TABLA Nº 5.3 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 1999.....	40
TABLA Nº 5.4 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2004.....	41
TABLA Nº 5.5 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2008.....	42
TABLA Nº 5.6 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2010.....	43
TABLA Nº 5.7 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2015.....	44
TABLA Nº 5.8 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y BOFEDALES EN Ha ENTRE LOS AÑOS DE 1994 HASTA 2015.....	45

TABLA Nº 5.9 BOFEDALES CUANTIFICADOS ENTRE LOS AÑOS 1994 HASTA 2015.....	45
TABLA Nº 5.10 CAMBIOS ESPACIALES EN LAGOS.....	48
TABLA Nº 5.11 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA ALTA.....	50
TABLA Nº 5.12 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA MEDIA.....	51
TABLA Nº 5.13 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA BAJA.....	52
TABLA Nº 5.14 CAMBIOS ESPACIALES EN PIE DE MONTE.....	53
TABLA Nº 5.15 CAMBIOS ESPACIALES EN LLANUERA FLUVIO LACUSTRE.....	54
TABLA Nº 5.16 CARACTERISTICAS DE LOS BOFEDALES DESDE 1994 HASTA 2015.....	56
TABLA Nº 5.17 BOFEDALES Y VEGETACION ALTOANDINA EN LLANURAS FLUVIO LACUSTRES MAS CARACTERISTICAS, DESDE 1994 HASTA 2015.....	61
TABLA Nº 5.18 INDICE DE BOFEDAL EN LLANURAS FLUVIO LACUSTRES MAS CARACTERISTICAS, DESDE 1994 HASTA 2015.....	61
TABLA Nº 5.19 EFECTO DEL FENOMENO EL NIÑO SOBRE BOLIVIA EN LAS DOS ULTIMAS DECADAS.....	65



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 2.1 BALANCE HIDRICO DE LA SUBCUENCA PEÑAS (1987-2015).....	8
FIGURA Nº 3.1 EJEMPLO DE CLASIFICACION DE CUENCAS CON EL METODO DE PFASTETTER, LOS NUMEROS REPRESENTAN DISTINTAS CUENCAS.....	10
FIGURA Nº 3.2 MAPA DE HUMEDALES EN EL SISTEMA TDPS	13
FIGURA Nº 3.3 ASIGNATURA ESPECTRAL.....	19
FIGURA Nº 3.4 HISTOGRAMA DE LA IMAGEN DE CAMBIOS, ÁREAS ESTABLES Y DINÁMICAS.....	23
FIGURA Nº 4.1 IMAGEN LANDSAT AÑO 2010.....	23
FIGURA Nº 4.2 GEOREFERENCIACION DE IMÁGENES RECORTADAS.....	24
FIGURA Nº 4.3 INDICE DE VEGETACION PROCESADO DEL AÑO 1994.....	27
FIGURA Nº 4.4 CLASIFICACION SUPERVISADA.....	27
FIGURA Nº 4.5 FILTRO DE MAYORIAS REALIZADO A LAS IMAGENES.....	28
FIGURA Nº 4.6 CARACTERISTICADE LOS BOFEDALES PARA LA LEYENDA....	29
FIGURA Nº 4.7 MODELO DE PROCESAMIENTO PARA DELIMITAR LA SUBCUENCA.....	30
FIGURA Nº 4.8 DELIMITACION DE LA SUBCUENCA PEÑAS.....	31
FIGURA Nº 4.9 FOTOGRAFIA DE BOFEDAL GPS-1.....	34
FIGURA Nº 4.10 FOTOGRAFIA DE BOFEDAL GPS-5 HASTA GPS-8.....	34
FIGURA Nº 4.11 FOTOGRAFIA DE BOFEDAL GPS-9 HASTA GPS-12.....	35
FIGURA Nº 4.12 FOTOGRAFIA DE BOFEDAL GPS-13 HASTA GPS-16.....	35
FIGURA Nº 4.13 FOTOGRAFIA DE BOFEDAL GPS-17 HASTA GPS-20.....	36
FIGURA Nº 4.14 ENTREVISTA Y LLENADO DE ENCUESTAS.....	37
FIGURA Nº 5.1 BOFEDALES CUANTIFICADOS ENTRE LOS AÑOS 1994 HASTA 2015.....	46
FIGURA Nº 5.2 MODELO DE PROCESO DE DIFERENCIA ENTRE IMAGENES...	47
FIGURA Nº 5.3 DIFERENCIA ENTRE IMÁGENES E IDENTIFICACION DE BOFEDALES	48
FIGURA Nº 5.4 CAMBIOS ESPACIALES EN LAGUNAS.....	49
FIGURA Nº 5.5 CAMBIOS ESPACIALES EN LAGUNAS EN 2004-2008.....	49

FIGURA Nº 5.6 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA ALTA.....	50
FIGURA Nº 5.7 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA ALTA EN 1999-2004.....	50
FIGURA Nº 5.8 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA MEDIA.....	51
FIGURA Nº 5.9 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA MEDIA EN 1999-2004....	51
FIGURA Nº 5.10 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA BAJA.....	52
FIGURA Nº 5.11 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA BAJA EN 2010-2015...52	
FIGURA Nº 5.12 CAMBIOS ESPACIALES EN PIE DE MONTE.....	53
FIGURA Nº 5.13 CAMBIOS ESPACIALES EN PIE DE MONTE EN 2010-2015.....	53
FIGURA Nº 5.14 CAMBIOS ESPACIALES EN LLANURA FLUVIO LACUSTRE.....	54
FIGURA Nº 5.15 CAMBIOS ESPACIALES EN LLANUERA FLUVIO LACUSTRE EN 2010-2015.....	55
FIGURA Nº 5.16 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 1994.....	56
FIGURA Nº 5.17 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 1999.....	57
FIGURA Nº 5.18 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2004.....	57
FIGURA Nº 5.19 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2008.....	58
FIGURA Nº 5.20 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2010.....	58
FIGURA Nº 5.21 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN 2015.....	59
FIGURA Nº 5.22 CARACTERISTICAS DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE ENTRE LOS AÑOS DE 1994 HASTA 2015.....	59
FIGURA Nº 5.23 BOFEDALES MAS REPRESENTATIVOS EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE DESDE 1994 HASTA 2015.....	60
FIGURA Nº 5.24 INDICE DE BOFEDALES MAS REPRESENTATIVOS EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE DESDE 1994 HASTA 2015.....	62
FIGURA Nº 5.25 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 1994 HASTA 1999.....	63
FIGURA Nº 5.26 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 1999 HASTA 2004.....	63
FIGURA Nº 5.27 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANUERA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 2004 HASTA 2008.....	63
FIGURA Nº 5.28 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANUER45A FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 2008 HASTA 2010.....	64

FIGURA N° 5.29 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANUERA
FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 2010 HASTA 2015.....64



ANEXOS MAPAS

1. MAPA BASE DE LA SUBCUENCA PEÑAS.
2. MAPA DE LOCALIZACION DE LA SUBCUENCA PEÑAS.
3. MAPA FISIOGRAFICO DE LA SUBCUENCA PEÑAS.
4. MAPA DEBOFEDALES DE LA SUBCUENCA PEÑAS DEL AÑO 1994.
5. MAPA DEBOFEDALES DE LA SUBCUENCA PEÑAS DEL AÑO 1999.
6. MAPA DEBOFEDALES DE LA SUBCUENCA PEÑAS DEL AÑO 2004.
7. MAPA DEBOFEDALES DE LA SUBCUENCA PEÑAS DEL AÑO 2008.
8. MAPA DEBOFEDALES DE LA SUBCUENCA PEÑAS DEL AÑO 2010.
9. MAPA DEBOFEDALES DE LA SUBCUENCA PEÑAS DEL AÑO 2015.
10. MAPA DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES EN LA SUBCUENCA PEÑAS ENTRE LOS AÑOS DE 1994-1999.
11. MAPA DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES EN LA SUBCUENCA PEÑAS ENTRE LOS AÑOS DE 1999-2004.
12. MAPA DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES EN LA SUBCUENCA PEÑAS ENTRE LOS AÑOS DE 2004-2008.
13. MAPA DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES EN LA SUBCUENCA PEÑAS ENTRE LOS AÑOS DE 2008-2010.
14. MAPA DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES EN LA SUBCUENCA PEÑAS ENTRE LOS AÑOS DE 2010-2015.



CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los bofedales son hábitats naturales húmedos con agua permanente, alimentados de diferentes fuentes como manantiales, agua de deshielo, ríos y lluvia. Están ubicados y distribuidos en forma dispersa en las ecorregiones del piso altiplano y altoandino. Se caracterizan por ser extremadamente productivos, el forraje natural que producen es un recurso valioso básico que sirve de sustento permanente de importantes poblaciones ganaderas domésticas y silvestres. Ecológicamente, frente a la gran extensión de vegetación xerofítica cada vez más escasa con tendencia a la desertización, son oasis con vegetación siempre verde que sirven de refugio apropiado para mantener una sobresaliente biodiversidad de flora y fauna. (Alzerreca A., et al., 2001)

Los humedales están entre los ecosistemas más productivos del mundo y son de inmensa importancia social y económica para la humanidad (Hall, 1997), cumplen muchas funciones relacionada con los recursos hídricos, como ser fuentes naturales de agua, reguladores del ciclo hidrológico y el clima, zonas de descarga y recarga de acuíferos, barreras naturales contra las inundaciones y la intrusión marina, mejorar la calidad del agua (Shine y Klemm, 1999). Además se encuentran protegido por el tratado internacional conocido como la Convención Ramsar (1971). (Garcia & Llellish, 2012)

En general, los bofedales ocupan pequeñas superficies frente a la gran extensión de vegetación xerofítica en el medio altiplánico y altoandino. Sin embargo, pese a existir estudios puntuales sobre algunas características de estos recursos, actualmente, no se tiene información completa sobre la superficie total, así como de sus características edáficas, hídricas, diversidad florística, potencialidades, problemáticas, etc. Información básica requerida para una planificación más consistente del desarrollo y conservación de estos ecosistemas.(Alzerreca A., et al., 2001)

Es entonces que el presente proyecto de grado trata sobre la identificación y clasificación de áreas con bofedales en la subcuenca Peñas y su cambio a través del tiempo con ayuda del procesamiento de imágenes satelitales, cuyo resultado final será la elaboración de un mapa digital utilizando un Sistema de Información Geográfica como es el programa de ArcGIS.

1.1.1 Antecedentes y justificación

Las comunidades rurales con actividad ganaderas al tener establecido el uso de sus bofedales en forma comunitaria, realizan la actividad de pastoreo continuo e intenso de este recurso forrajero natural, dejando en segundo plano los efectos degenerativos del sobrepastoreo en la vegetación existente en los bofedales.

El sobrepastoreo y pastoreo continuo ocasionan compactación del suelo y de la capa orgánica por pisoteo, además, la vegetación es sumidas muy tiernas, por lo que no completan su ciclo vegetativo, por lo tanto, la producción de semillas es escasa y a veces nula.

La disminución de la cobertura vegetal como resultado del mal manejo, predispone a la pérdida de suelo por acción del agua y los frecuentes vientos característicos de la zona altiplánica, especialmente en la época seca.

La disminución del agua en los bofedales, especialmente en la época seca hace que las sales disueltas tengan mayor concentración y por lo tanto, se presentan afloramientos salinos en los suelos de los bofedales.

La mala distribución del agua hace que ésta circule por canales profundos de las partes más bajas de los bofedales, resultando así en un mal drenaje que ocasiona la desecación de las partes más elevadas del bofedal y muerte de las plantas, quedando manchones secos de materia orgánica sin vegetación verde.(Cárdenas & Encina, 2005)

Dentro de la normativa Chilena N° 19.145 como ejemplo; se prohíbe la extracción de aguas y acuíferos que alimentan los bofedales. La Comisión Aymara-Chilena de Defensa del Medio Ambiente (2002), defiende que; “Si un bofedal se seca, desaparece la vertiente y sin agua, desaparece un pueblo o una comunidad”. (Comisión Aymara de Defensa del Medio Ambiente (CADMA), 2002)

Por otro lado, la Ley Boliviana del Medio Ambiente N° 1333, dentro del Título IV de los Recursos Naturales en General, en el capítulo II del Recurso Agua menciona en el artículo 37 que: “Constituye prioridad nacional la planificación, protección, y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas”.(Anon., 1992)

La Ley N° 404, 18 de septiembre de 2013, tiene como objeto en “Declárese de prioridad del Estado Plurinacional, la recuperación, conservación, uso y aprovechamiento sustentable de los bofedales, con el propósito de precautelar los sistemas de vida dependientes de este recurso especial.” (**Artículo 1°**). Promueve a su vez la identificación e inventariación de los bofedales en la región andina (**Artículo 4°**)

La importancia del presente, es la obtención de información base, para el uso, manejo y conservación de los bofedales en la subcuenca Peñas.

1.1.2 Problemática

El sobrepastoreo es uno de los problemas en los bofedales que reduce la cobertura vegetal, dejando al suelo más susceptible a la erosión y por otro lado, la selectividad animal ha inducido un cambio en la composición botánica en la pradera pues ha hecho disminuir la proporción de las especies (Olivares, 1988).

PROEQUIPO (1996) asegura que los bofedales hoy en día presentan problemas, los mismos pueden ser enumerados como:

- 1) Mala circulación del agua, este es muy común cuando los bofedales tienen poco flujo de agua, ya que la circulación del agua se realiza en forma deficiente (agua estancada), y solo por la parte central, dejando sin riego y sin vegetación el vegaal o las orillas del bofedal.
- 2) Salinización del bofedal, es otro problema común, que se debe al agua que circula por estos. Ocurre que el agua de vertiente lleva sales en solución que se van depositando en la superficie de los bofedales. Esta deposición al principio no se nota, pero a medida que el agua se seca por la acción del sol aparece el salitre en la superficie de los bofedales y vegaales.
- 3) Otros problemas son el sobrepastoreo, la erosión de suelos y degradación de los pastos que afectan a la producción camélida, la ecología misma del bofedal, a la biodiversidad, etc.

Otro problema según Quintana (1996) es el vacío de conocimiento de la diversidad florística de los bofedales, donde la lista de las especies es incompleta, para ello, es necesario implementar colectas nuevas y completas a fin de contar con todos los especímenes identificados científicamente y vernáculamente. Este mismo autor opina acerca del sobrepastoreo en bofedales dando medidas de amortiguación referidas a la aplicación de la rotación de pastoreo y en segundo lugar de la reducción de los hatos ganaderos.

En resumen, se puede decir que las severas condiciones climáticas de las regiones Altiplánica y Altoandina de los andes centrales han generado ecosistemas frágiles pero singulares que son particularmente vulnerables a las prácticas inadecuadas del uso de la tierra, entre estos se viene a los bofedales que tienen papel vital en el funcionamiento de los ecosistemas y soportan muchas de las especies endémicas de la región. El cambio de uso y la alta presión antrópica sobre estas áreas están contribuyendo a su degradación ecológica y pérdidas de la diversidad de especies asociadas. (Alzerreca A., et al., 2001)

La presencia de aguas subterráneas, las mínimas corrientes de agua superficiales, que alimentan los bofedales, son aprovechadas al máximo por las actividades productivas en la Subcuenca Peñas, provocando que la presencia antrópica sea un factor para la pérdida de los humedales o bofedales. El uso y conservación adecuada de los humedales de altura, se ha visto limitado por la falta de información base a cerca de los mismos, que permita alcanzar niveles favorables de manejo y desarrollo.

“La falta de información cartográfica y análisis de los cambios de los bofedales en el área de estudio limitara las posibilidades de realizar una adecuada utilización y conservación de los mismos”.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 Objetivo principal

Realizar el análisis de cambio multitemporal de los bofedales de la Subcuenca Peñas, localizado en los municipios de Batallas, Achacachi, Huarina y Guanay de las provincias Los Andes, Omasuyos y Larecaja del departamento de La Paz; entre los años 1994-2015, utilizando técnicas de Percepción Remota.

1.2.2 Objetivos específicos

- Delimitar la Subcuenca Peñas por el método Pfafstetter.
- Realizar la clasificación fisiográfica dentro de la Subcuenca Peñas.
- Clasificar y cartografiar los bofedales según la fisiografía, mediante el cálculo del índice de vegetación y clasificación supervisada.
- Detectar los cambios espaciales ocurridos en los bofedales entre los años 1994 – 2015, con la técnica: Diferencia entre Imágenes.
- Cuantificar los bofedales presentes en nuestra área de estudio, observando las pérdidas y ganancias de superficie.

CAPITULO 2 LOCALIZACIÓN

2 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra en el Norte del Altiplano del departamento de La Paz, aproximadamente 50Km con dirección Oeste de la ciudad de El Alto.

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA ASPECTOS POBLACIONALES

La Subcuenca Peñas se localiza entre las coordenadas según el Sistema de Proyección UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR, con elipsoide de referencia WGS-84, Zona 19:

Latitud Sud 8202015m hasta 8226741m

Longitud Oeste 539584m hasta 575960 m

- a) Según la División Político Administrativo del Estado Plurinacional de Bolivia, el área de estudio abarca las provincias: Los Andes, Omasuyos y Larecaja, donde se identifican comunidades según al Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, (Instituto Nacional de Estadística, 2015); la población en la siguiente tabla:

TABLA Nº 2.1 POBLACIÓN POR COMUNIDADES				
SUBCUENCA PEÑAS				
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	MUNICIPIO	COMUNIDAD	POB_2012
LA PAZ	LOS ANDES	BATALLAS	PENAS	450
			SANKHA JAHUIRA	195
			CHALLAPATA	174
			CORAPATA	167
			SOJATA	287
			KERANI	209
			UNCALLANI	213
			ISQUILLANI	349
			HUANCUYO	294
			TUQUIA	516
			PAJCHA PEÑAS	358
			CRUZANI	237
			CHOJÑAPATA	256
			ALTO PEÑAS	684
	OMASUYOS	HUARINA	ANTACOLLO	294
			ICRANA	168
			COROMATA ALTA	462
			COROMATA MEDIA	297
			COROMATA BAJA	964
			SIPE SIPE	281
		ACHACACHI	-	
LARECAJA	GUANAY	-	-	
TOTAL				6855

Fuente: Elaboración Propia

b) Según las Regiones Hidrográficas, el área de estudio pertenece al sistema Hidrográfico de la Cuenca Endorreica del Lago Titicaca.

La zona de estudio tiene una superficie de: 27821.02 ha., 278.21 Km² y una población de 6 855 personas en el año 2012.

2.2 CLIMA EN LA SUBCUENCA

El clima, Según la clasificación de Thornthwaite, el área de estudio tiene un tipo climático Perhúmedo-lluvioso-microtérnico. Por otro lado el Bioclima predominante es el pluvioestacional con ombrotipos desde sub húmedo a húmedo. (Navarro & Maldonado, 2006)

La zona de estudio cuenta con una serie de datos de precipitación para el periodo 1987 – 2015, registrados en la estación pluviométrica de Hichucota administrada por el (SENAMHI, 2016) de acuerdo a dicha serie, la lluvia media anual es de 614.0 mm, con un régimen de distribución unimodal, concentrándose en los meses de octubre a abril.

La temperatura media anual de la zona se encuentra entre los 6°C a 6.5°C Las temperaturas medias mensuales más bajas son registradas entre los meses de junio a agosto, variando entre – 6.8 y - 7.7° C. Las temperaturas máximas extremas pasan frecuentemente a los 16° C, sobre todo en los meses de noviembre, diciembre y enero.

El balance hídrico para el área de estudio fue calculado por el método de Thornthwaite (España-UNESCO, 1981), en base a los veinte años de precipitación observada en la estación pluviométrica de Hichucota (Periodo 1987-2015), y las temperaturas medias de la misma estación. Para efectuar los cálculos respectivos se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{ETP} = 16 (10^* t/i) a$$

$$i = (t/5)1.514$$

$$a = 6.75-7*13 - 7071-5*12 + 1.792-2*1 + 0.49239$$

Dónde:

i = índice calórico mensual

l = índice calórico anual

t = temperatura media mensual (°C)

a = coeficiente empírico

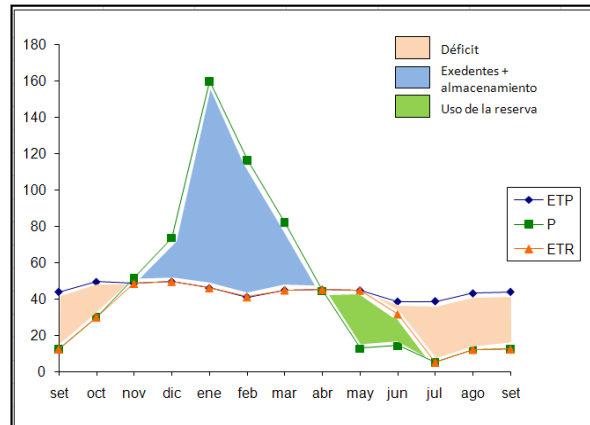
ETP = evapotranspiración potencial (mm)

TABLA Nº 2.2 BALANCE HIDRICO DE LA SUBCUENCA PEÑAS (1987-2015)

RESUMEN BALANCE HÍDRICO	
Precipitación anual	614.0 mm
Evapotranspiración anual	532.4 mm
Evapotranspiración real	410.2 mm
Exceso de agua anual	203.8 mm
Deficiencia de agua anual	122.2 mm

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 2. 1 BALANCE HIDRICO DE LA SUBCUENCA PEÑAS (1987-2015)



Fuente: Elaboración Propia

Las áreas entre las líneas (Ver figura Nº 2.2): Entre la ETP y ETR es el déficit, meses de mayo hasta noviembre. El almacenamiento en Reserva, más Excedentes: donde P está por encima de ETR, meses de noviembre hasta abril.

Utilización de la reserva del suelo: donde ETR está por encima de P, meses de abril hasta julio.

CAPITULO 3

MARCO TEÓRICO

3.1 CUENCA

Hay muchas definiciones de cuenca y todas coinciden en que es una superficie donde las aguas convergen a un río principal. Una cuenca es una superficie territorial delimitada por la línea divisoria de aguas que permite el flujo de agua hacia un colector principal el cual tiene una sola salida. Esta definición para la palabra “cuenca” no nos indica que debe tener un tamaño determinado.(Crespo, et al., 2008)

3.2 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica, es reconocida como la unidad del territorio más adecuada para la gestión de los recursos hídricos. La validez de usar dicho espacio como el territorio base para la gestión integrada del agua y de los recursos naturales en general ha sido reconocida y enfatizada por científicos, investigadores y gestores de recursos hídricos.(MAINRN, 2007).

El manejo de cuencas es por definición una parte de las acciones de gestión ambiental, dado que se realiza con la finalidad de contrarrestar efectos ambientales negativos, así como, para lograr efectos ambientales positivos. Parte de estos efectos positivos, aunque no todos, pueden ser evaluados por intermedio de la cantidad, calidad, lugar y tiempo en que el agua es captada y escurre en una cuenca.(Bahamondes C. & Gaete ., 2009).

3.2.1 La cuenca como unidad de estudio

El manejo de cuencas es por definición una parte de las acciones de gestión ambiental, dado que se realiza con la finalidad de contrarrestar efectos ambientales negativos, así como, para lograr efectos ambientales positivos. Parte de estos efectos positivos, aunque no todos, pueden ser evaluados por intermedio de la cantidad, calidad, lugar y tiempo en que el agua es captada y escurre en una cuenca.(Bahamondes C., Rafael; Gaete C., Nelba;, 2009).

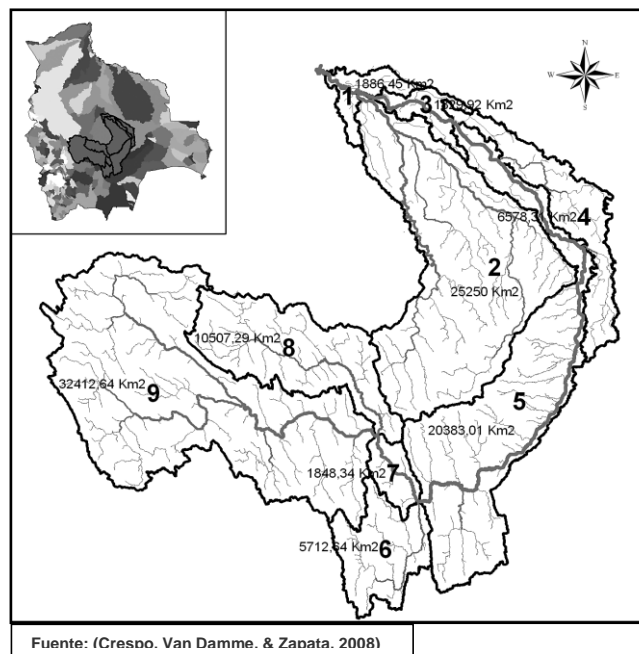
El escurrimiento promedio anual en cuencas fluviales con áreas boscosas y densa vegetación sufre alteraciones porque disminuye la evaporación desde el suelo protegido, pero no olvidar la contribución del consumo de agua por absorción y asimilación de las plantas.(Silva, 2008).

En una cuenca conviven actividades como el turismo, la generación hidroeléctrica, minería, ciudades, agricultura, industrias manufactureras, etc. las cuales dependen de uno o varios de los servicios que la cuenca provee. El caudal pasante por cierto tramo de río, la disponibilidad de aguas subterráneas, la capa de nieve en los meses de invierno, la disponibilidad de agua con ciertas características de calidad, la belleza escénica de cierto lugar en la cuenca, entre otros, son los múltiples que una cuenca provee y así también son múltiples las necesidades que la sociedad demanda de ella.(Proyecto MAPA, 2014).

3.2.2 Criterios para la delimitación de la cuenca

Se tiene en cuenta el estudio de la delimitación, la cuenca según la metodología de Otto Pfastetter que se describe continuación. El método de Pfastetter consiste en identificar los cuatro tributarios más grandes de un río. Si se empieza a recorrer el río desde la desembocadura hacia las cabeceras y se encuentra con una confluencia, es importante distinguir el tributario del río principal. Esta selección se hace en base al área que estos ríos drenan, siendo el área mayor asignada al río principal y el área menor al tributario. Al área que los tributarios drenan se les denomina cuenca. A

FIGURA N° 3.1 EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN DE CUENCAS CON EL MÉTODO DE PFASTETTER



estos se les asigna números pares 2, 4, 6 y 8 en el orden en que son encontrados en dirección río arriba.

Los espacios intermedios son denominados intercuenca y estos son numerados con números impares 1,3,5,7 y 9, siendo este último la cabecera de la cuenca y por definición siempre drena más agua que la cuenca ocho (Ver Figura N° 3.1). En el caso de encontrar una cuenca cerrada esta será denominada con el número. (K.L., Verdin;, 2008) Este sistema empieza la clasificación de las cuencas a nivel continental. Para este caso la codificación se da siguiendo las manecillas del reloj. Se realiza la misma selección de las cuatro cuencas más grandes que drenan sus aguas al océano, quedando las demás como intercuenca. Como podemos observar en la Figura N° 3.1, los tributarios (identificadores pares) tienen las áreas más grandes y en el caso de la cuenca numerada como nueve, su área es mayor que la cuenca identificada como ocho.(Crespo, et al., 2008).

El resultado de los procedimientos descritos es la clasificación de las cuencas de Bolivia hasta un cuarto nivel según el método de Pfafstetter. La clasificación puede continuar hasta el octavo nivel en algunas cuencas. El nivel de las cuencas dependerá de la escala del investigador o del gestor.(Crespo, et al., 2008).

3.3 ¿QUE ES UN BOFEDAL?

Un tipo particular de estos humedales son los bofedales, conocidos también como oconales, turberas, entre otros; que se ubican en las zonas altoandinas y altiplánicas del país. Los bofedales son hábitats naturales húmedos, con agua permanente, alimentados de diferentes fuentes como manantiales, agua de deshielo, ríos y lluvia (Alzerreca, et al., 2001).

Los bofedales son hábitats naturales húmedos, con agua permanente, alimentados por diferentes fuentes hídricas. Un tipo particular de estos humedales son los bofedales, conocidos también como oconales, turberas, entre otros, que se ubican en las zonas altoandinas y altiplánicas. La función principal, aparte de ser un gran

ecosistema y un importante hábitat para la flora y fauna, es que actúan como filtradores naturales de agua (Alzerreca, et al., 2001).

Según PROQUIPO (1996), el bofedal es una formación natural que se caracteriza por localizarse en suelos húmedos o mojados donde se aprovecha al máximo la utilización del agua. Son muy importantes como lugares de alimentación, protección y nidificación para muchas especies de aves y mamíferos silvestres. Los bofedales son praderas nativas pequeñas y de elevado potencial productivo, en comparación a las otras praderas como los pajonales, tholares, gramadales y otras asociaciones de plantas.(Alzerreca, et al., 2001).

3.3.1 Importancia de los bofedales

Los humedales están entre los ecosistemas más productivos del mundo y son de inmensa importancia social y económica para la humanidad (Hall, 1997), cumplen muchas funciones relacionada con los recursos hídricos, como ser fuentes naturales de agua, reguladores del ciclo hidrológico y el clima, zonas de descarga y recarga de acuíferos, barreras naturales contra las inundaciones y la intrusión marina, mejorar la calidad del agua.(Garcia & Lleellish, 2012).

Los bofedales son aprovechados por las comunidades campesinas de la zona, constituyéndose una fuente de agua para actividades locales como la ganadería.

3.3.2 Tipos de bofedales

Según a los trabajos más recientes en el altiplano boliviano nos enmarcamos en la tipología de bofedales según el sistema TDPS.

La cuenca del lago Titicaca se ubica sobre la Provincia Biogeográfica de la Puna Mesofítica Sur, encontrándose representados dos tipos de humedales: cordilleranos y altiplánicos, ambos pluviestacionales, Sector Biogeográfico del

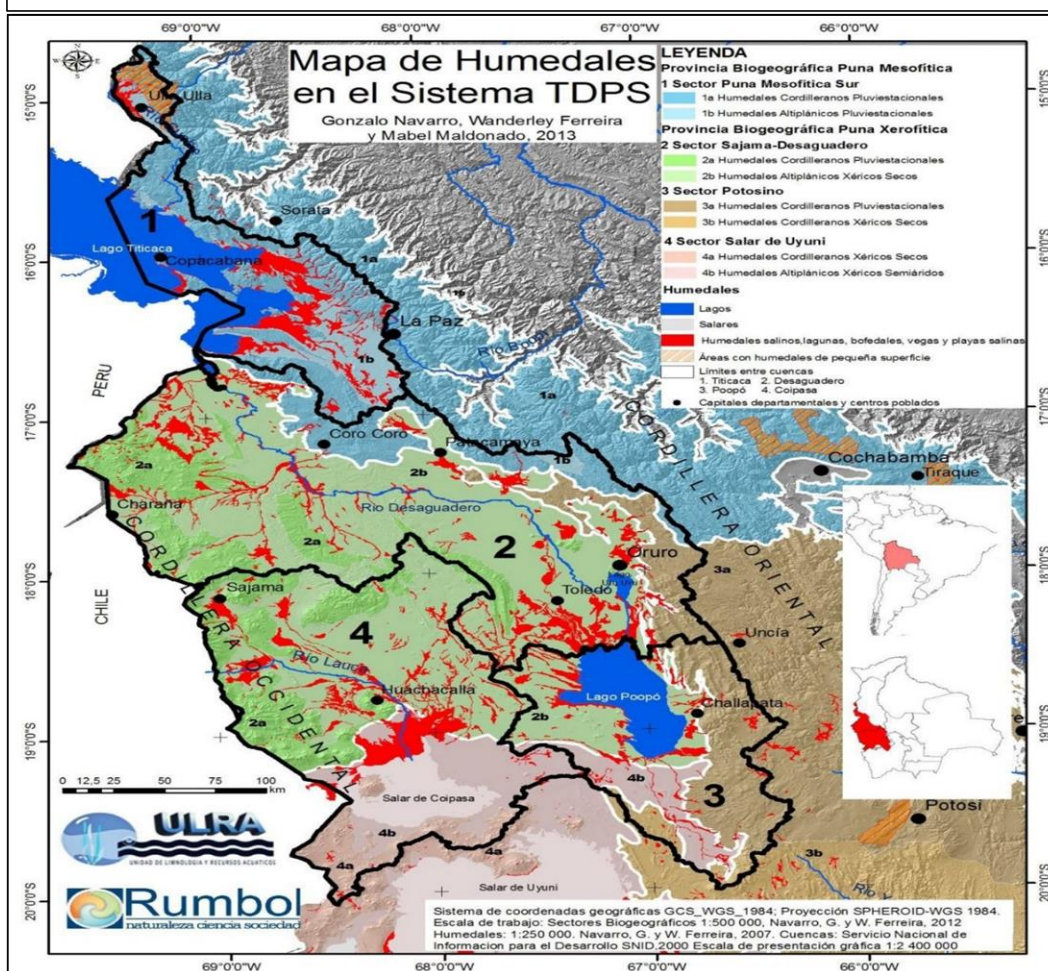
mismo nombre. Los humedales altiplánicos ocupan mayor superficie la cuenca que los cordilleranos (Tabla N° 3.1 y Figura N° 3.2),(Maldonado, et al., 2014).

TABLA N° 3.1 TIPOS DE HUMEDALES PRESENTES EN LAS CUENCAS DEL SISTEMA

CUENCA	SECTOR BIOGEOGRÁFICO	TIPOS DE HUMEDALES
TITICACA	PUNA MESOFÍTICA SUR	HUMEDALES CORDILLERANOS PLUVIESTACIONALES
		HUMEDALES ALTIPLÁNICOS PLUVIESTACIONALES
DESAGUADERO	PUNA MESOFÍTICA SUR	HUMEDALES CORDILLERANOS PLUVIESTACIONALES
		HUMEDALES ALTIPLÁNICOS PLUVIESTACIONALES
		HUMEDALES CORDILLERANOS PLUVIESTACIONALES
POOPÓ	SAJAMA-DESAGUADERO	HUMEDALES ALTIPLÁNICOS XÉRICO-SECOS
	POTOSINO	HUMEDALES CORDILLERANOS PLUVIESTACIONALES
		HUMEDALES CORDILLERANOS XÉRICO-SECOS
	SALAR DE UYUNI	HUMEDALES ALTIPLÁNICOS XÉRICO-SEMIÁRIDOS
COIPASA	SAJAMA-DESAGUADERO	HUMEDALES CORDILLERANOS PLUVIESTACIONALES
		HUMEDALES ALTIPLÁNICOS XÉRICO-SECOS
		HUMEDALES CORDILLERANOS XÉRICO-SECOS
	SALAR DE UYUNI	HUMEDALES ALTIPLÁNICOS XÉRICO-SEMIÁRIDOS

Fuente: Navarro, Ferreira & Maldonado, MAPA DE HUMEDALES DE LOS ALTOS ANDES DE BOLIVIA, 2012

FIGURA N° 3.2 MAPA DE HUMEDALES EN EL SISTEMA TDPS



3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS BOFEDALES.

3.4.1 Flora

Bofedal inundado: comunidades inundadas la mayor parte del año pero sumergidas en el agua; como los tallos y hojas son aéreos, originan formas características de tipo pulvinular en cojines compactos y siempre verdes, si la inundación disminuye pueden ser reemplazados por el bofedal estacional.

Debido a las bajas temperaturas y a la saturación hídrica permanente, se acumulan capas de turba fibrosa, los suelos son del grupo de los Histosoles.

La flora del Bofedal inundado esta generalmente dominada por especies *Juncáceas*, *Ciperáceas* y *Poñáceas* de los géneros combinaciones florísticas de acuerdo a las condiciones locales de mineralización o salinidad del agua, se reconocen dos variantes florístico-ecológicas principales.

Bofedales inundado de aguas nada o poco mineralizadas: no presenta eflorescencias de sales sobre los cojinetes de las plantas en época seca, los suelos son Histosoles dístricos con turba fibrosa a fibrosa, las especies diferenciales son: *Distichia Filamentosa*, *D. muscoides*, *Deyeuxia jamesonii*, *Patosia clandestina*.

Bofedal estacional: se sitúa en contacto con el Bofedal inundado en zonas ligeramente más elevadas, por lo cual suelos pasan húmedos solamente algunos meses al año y al final de la época seca las plantas pueden llegar a amarillear o desecarse parcialmente. El Bofedal estacional presenta formas desde marcadamente ondulada a casi plana; las plantas dominantes tienen un crecimiento densamente cespitoso o rizomatoso, pero no forman los grandes cojines típicos del Bofedal inundado. La composición florística es muy característica predominando las siguientes especies diferenciales: *Plantago*

turbulosa, *Phylloscirpus desertícola*, *Eleocharis* grupo *albibracteata*, *Zameioscirpus atacamensis* y *Plantago rígida* (solo en el norte de la Cordillera Oriental).(Maldonado, et al., 2014)

3.4.2 Fauna

La fauna silvestre existente en el Sistema TDPS-Bolivia, es uno de recursos naturales renovables que requiere ser conservado. De esta fauna los mamíferos, aves, algunos reptiles, anfibios y peces nativos que usan como hábitat o medio de sustento a los bofedales, son de importancia para la cadena alimenticia de otro tipo de fauna y el equilibrio ecológico de los ecosistemas Altiplánicos y Altoandinos. Alguna fauna de estas presenta endemismos y otras constituyen un potencial económico y turístico. La distribución de esta fauna en la provincia Altoandina no presenta un límite zoogeográfico definido, aunque las vicuñas y la avifauna están localizados sólo en determinados hábitats. Las primeras estaban marginadas y localizadas al Altoandino árido semiárido y subhúmedo donde la actividad principal es el pastoralismo y casi no existen cultivos agrícolas que puedan ser disturbadas por estos mamíferos, en cambio, las segundas de preferencia también se distribuyen y localizan en el Altoandino, actualmente, debido a los programas de conservación y por lo tanto reducción de la caza furtiva las poblaciones de vicuñas crecieron y se distribuyen en el altoandino y Altiplano, pero se concentran en sitios con fuentes de agua permanente como las lagunas, ríos, arroyos, vertientes y bofedales que ofrecen medios de sustento.(Alzerreca A., et al., 2001).

Un estudio detallado sobre inventario, descripción y clasificación de especies de fauna importantes que corresponden a mamíferos, peces, anfibios y reptiles, y avifauna, es reportado por Tarifa (1997). De este estudio se tiene un registro de 46 especies de mamíferos en las que se incluye 2 marsupiales, 1 paucituberculata, 9 murciélagos, 3 carnívoros, 5 ungulados, 25 roedores y 1 lagomorfo.(Alzerreca A., et al., 2001)

En *ictiofauna*, se tiene dos especies nativas, *Orestias sp. grupo agassii* (*burruchaulla*) y *Trichomycterus sp. (suche)*. Otra *ictiofauna* pero introducida es la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) que tiene como hábitat natural a las lagunas, arroyos y ríos de los bofedales. Sin embargo, la siembra de esta especie, en estos ecosistemas ha originado la desaparición de varias especies nativas (Tarifa, 1997). Entre los anfibios que tienen como hábitat característico a los bofedales se tiene a tres especies, la *Pleurodema marmoratus* (*rana*), *Telmatobius marmoratus* (*rana*) y *Bufo spinulosus* (*sapo*). (Alzerreca A., et al., 2001)

3.5 FISIOGRAFÍA

Bolivia tiene una topografía variable que cubre zonas por encima de los 5.000 msnm en el altiplano; posee valles interandinos, llanuras y bosques en las tierras bajas que cubren los Yungas, Chapare, norte Amazónico, llanos benianos y cruceños, Chiquitania y el Chaco. Los planos altitudinales definen diferencias de relieve, clima, vegetación, suelos, flora y fauna, resultado de fenómenos de erosión, transporte y sedimentación asociados a procesos de tectonismo y vulcanismo. Cerca del 70% de la superficie del país corresponde a las tierras bajas y casi la mitad de la superficie del país son bosques. Un 80% del total de tierras forestales se encuentra en las tierras bajas y el 20% restante son tierras forestales dispersas en el altiplano y en los valles interandinos de vegetación original, conocidos como bosques andinos. (Montes de Oca, 2005)

Las unidades mayores se subdividen en seis provincias fisiográficas donde se tienen varios tipos de climas.

Las provincias fisiográficas tradicionales identificadas en el Estado Plurinacional de Bolivia son los siguientes:

TABLA N° 3.2 PROVINCIAS FISIAGRÁFICAS DE BOLIVIA

A-1	Cordillera Occidental o volcánica
A-2	Cordillera Oriental
A-2-1	Yungas
A-2-2	Valles
B	Altiplano
B-1	Altiplano Norte
B-2	Altiplano centro
B-3	Altiplano Sur
B-4	Serranías interaltiplánicas
C	Subandino
D.	Llanuras
D-1	Ondulado Amazónico
D-2	Llanura Beniense
D-3	Llanura Chaqueña

Fuente: (Montes de Oca, 2005)

3.6 CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES

Las imágenes se pueden usar para automatizar la clasificación y las ubicaciones del suelo en categorías concretas, como los distintos tipos de usos del suelo y coberturas del suelo. Estas capas derivadas se pueden usar a continuación como mapas base y, lo que es más interesante, en análisis posteriores. Clasificar una serie de imágenes de diferentes periodos de tiempo también permite a los analistas explorar cómo está cambiando una ubicación, ya sea por las fuerzas naturales o por las intervenciones humanas. (Brown & Harder, 2016)

Los diversos valores radiométricos de cada pixel (ND) por banda (valor espectral), contiene información que identifica en gran medida al objeto que se encuentra en la imagen multiespectral. Para ello, conviene recordar el concepto de signatura espectral de un objeto o clase (X), que es el rango (ΔND_i) de valores radiométricos correspondientes para cada banda que identifican el mismo:

$$\Delta X = (\Delta ND_1, \Delta ND_2, \Delta ND_3, \dots)$$

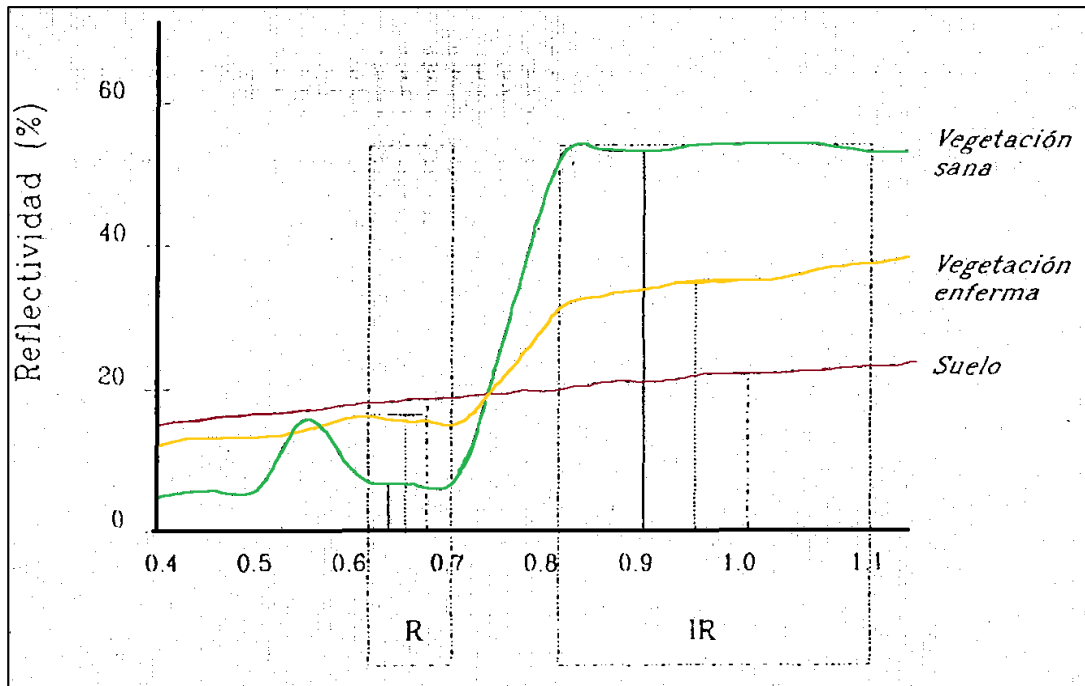
Los sistemas de clasificación intentarán asignar cada pixel a una de esas clases mediante el etiquetado de los mismos para, posteriormente, a través de su unión,

y según algoritmos dados, formar las clases correspondientes.(Arozarena Villar, 2008)

3.6.1 Índices de vegetación - índice normalizado de diferencia en la vegetación (NDVI)

El empleo de índices, calculados a partir de la reflectividad en diferentes bandas, que nos indiquen la abundancia y estado de la vegetación; se basan en el comportamiento reflectivo peculiar de la vegetación. La signatura espectral característica de la vegetación sana muestra un fuerte contraste entre la baja reflectividad en el rojo ($0.6 \mu - 0.7 \mu$) y la alta reflectividad en el infrarrojo de longitud de onda más corta ($0.7\mu-1.1\mu$). Esta diferencia es tanto mayor cuanto mayor es la densidad de la vegetación y mejor su estado fitosanitario. (SIGMUR Universidad de Murcia, 2006)

La asignatura espectral característica de la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas visibles- yespecialmente la banda roja (0.6 a 0.7μ)-y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.1mm). Mientras en la región visible, los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas sustancias apenas afectan al infrarrojo cercano. Por esta razón, se produce un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda roja del espectro y la del infrarrojo cercano, lo que permite separar, con relativa claridad, la vegetación sana de otras cubiertas (Ver figura 3.3). Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés (por ejemplo, por plagas o sequias), su reflectividad será inferior en el infrarrojo cercano, aumentando el rojo, con lo que el contraste entre ambas bandas será mucho menor. En definitiva, podemos señalar que cuando mayor sea el contraste entre las reflectividades de la banda infrarroja y roja, mayor vigor vegetal presentara la cubierta observada. Bajos valores de contraste indican una vegetación enferma o senescente, hasta llegar a las cubiertas sin vegetación, que ofrecen un contraste muy pequeño. (Chuvienco, 1996)



Fuente: (Chuvienco Saline)

3.6.2 Clasificación digital supervisada de los (NDVI)

En este principio se apoya la mayor parte de los denominados índices de vegetación, en los que se combinan la banda roja (R) e infrarojo cercano (IR) del espectro. Los más empleados son el simple cociente entre esas bandas, y el denominado índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI-*Normalized Difference Vegetation Index*)(Chuvienco, 1996)

Rouse et al. (1974) desarrollaron el denominado índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI-*Normalized Difference Vegetation Index*). Este asume valores en un rango de -1 a+1, y se calcula mediante:

$$NDVI_{4-3} = (IR-R) / (IR+R) = (ban4 - ban3) / (ban4+ban3)$$

3.6.3 Detección de cambios: método diferencia entre imágenes

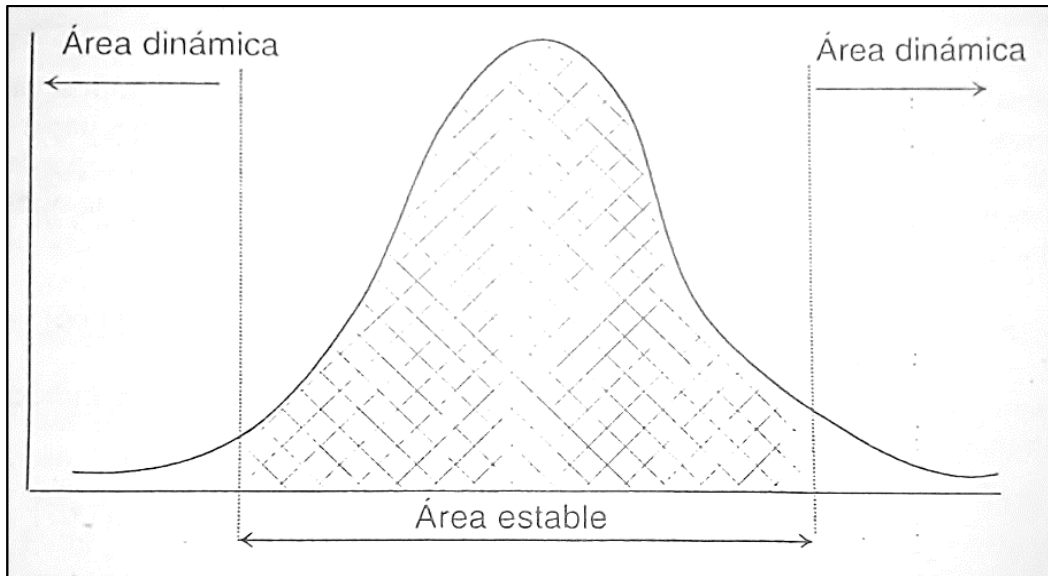
Una simple resta entre las imágenes de dos fechas, previamente homogeneizadas radiométrica y geoméricamente, permite discriminar aquellas zonas que han experimentado cambios entre esas fechas. Las zonas estables presentarán un valor cercano a cero, mientras las que hayan experimentado cambios ofrecerán valores significativamente distintos a cero (positivos o negativos). Si el equipo de tratamiento digital no permite visualizar valores negativos, conviene añadir al cálculo una constante para evitar éstos. En resumen:

$$ND_c = ND_2 - ND_1 + C$$

Donde ND_c indica el Nivel Digital correspondiente a la imagen de cambios, ND_1 y ND_2 , los correspondientes a las imágenes del primer y segundo período, respectivamente, y C es una constante para evitar valores negativos (habitualmente 127).

Como fruto de este cálculo se obtiene una imagen de cambios, que presentará tonos oscuros para las zonas que hayan reducido su ND, los más claros para aquéllas que hayan ganado y los intermedios para las zonas estables. El cálculo puede realizarse sobre los ND de alguna de las bandas originales (en ocasiones se ha utilizado la banda roja: Pilon et al., 1988), aunque es más frecuente aplicar esta operación sobre índices de vegetación. En este caso, el valor de la diferencia nos permite señalar las zonas que han perdido o ganado vigor vegetal (Viedma et al., 1993; Coppin y Bauer, 1994). El histograma de esa imagen de cambios suele revelar un perfil gaussiano, Con las máximas frecuencias para las zonas estables (en el centro del histograma) y las dinámicas ocupando las colas de la distribución. (Ver Figura N° 3.4)(Chuvieco, 1996).

FIGURA N° 3.4 HISTOGRAMA DE LA IMAGEN DE CAMBIOS, ÁREAS ESTABLES Y DINÁMICAS



Fuente: (Chuvieco Salinero)

CAPITULO 4

METODOLOGÍA

4.1 PRECAMPO

4.1.1 Recolección de información Secundaria

Para poder trabajar sobre el tema de bofedales debemos tener información base, así tratarla y realizar posteriormente el procesamiento y llegar a concretar nuestros objetivos planteados, para ello puntualizaremos la información utilizada en el presente proyecto de grado.

Como información base utilizamos las cartas topográficas a escala 1:50000 de la Instituto Geográfico Militar (IGM), las cuales son: 5845-01, 5845-02, 5945-03 y 5945-04, en sistema de coordenadas PSAD-56 las cuales se transforma al sistema de coordenadas WGS-84, Universal Transversal de Mercator.

Para realizar la identificación de los bofedales se toma en cuenta a las imágenes satelitales del sensor remoto Landsat, (Ver Tabla N°4.1), con la escena de la órbita 01 del punto 071, en temporada seca de los años de 1994, 1999, 2004, 2008, 2010 y 2015.

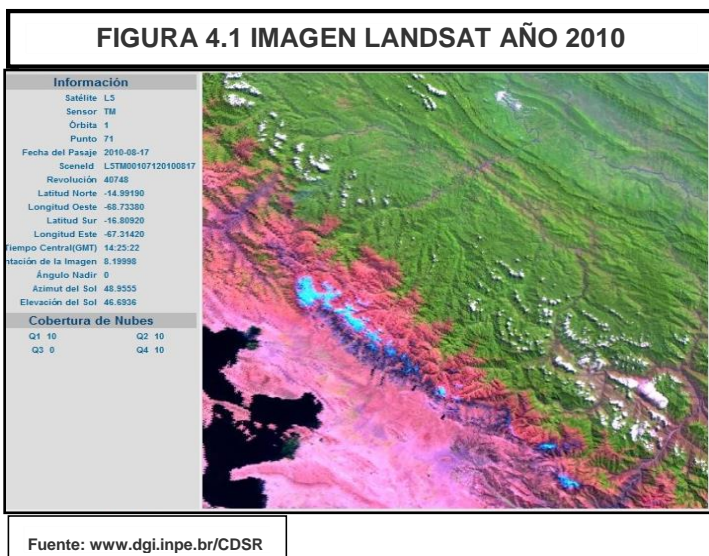
Para poder realizar la delimitación de la cuenca, se utilizó el Modelo Digital de Elevación del sensor remoto ASTER, (Ver Figura 4.7), con los nombres de SATGTM2_S16W069 y SATGTM2_S17W069, las mismas se realizó un mosaico y posterior corte de la imagen para que pueda abarcar el área de estudio, utilizando los software ARCGIS 10.3 y ERDAS IMAGINE en sus versiones 9.2 y 2014.

En el procesamiento radiométrico de calibración de imágenes satelitales, se utilizaron los Software ERDAS IMAGINE 9.2, para el análisis espacial se utilizó el programa de Sistema de Información Geográfico, ARCGIS 10.3, para el informe y datos estadísticos se utilizó OFFICE 2016 (WORD y EXCEL).

4.2 TRABAJO DE GABINETE

4.2.1 Pre-procesamiento de imágenes del área de estudio, años 1994; 1999; 2004; 2008; 2010; 2015

Para realizar el procesamiento de las imágenes satelitales que cubren el área de



estudio, ser realizo la descargarde las mismas en la página de internet www.dgi.inpe.br/CDSR, seleccionando las imágenes de la escena con órbita 01 del punto 071, al ser el presente estudio un análisis de cambio multitemporal, fue necesario obtener las escenas de los años 1994, 1999, 2004, 2008, 2010 y 2015 en

temporada seca, en la siguiente tabla se especifica la información de las escenas con datos de fecha de toma del sensor Landsat.

TABLA Nº 4.1 RECOPIACIÓN DE IMÁGENES LANDSAT 01-071 QUE ABARCAN LA SUBCUENCA PEÑAS		
AÑO	FECHA DE LA ESCENA	SENSOR
1994	08 de Agosto	Landsat 5 TM
1999	19 de Agosto	Landsat 5 TM
2004	15 de Julio	Landsat 5 TM
2008	11 de Agosto	Landsat 5 TM
2010	28 de Septiembre	Landsat 5 TM
2015	16 de Agosto	Landsat 8

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Georreferenciación de imágenes

Para optimizar el procesamiento de las imágenes del sensor remoto Landsat 5 TM y Landsat 8, fue necesario realiza el corte de las escenas tomando en cuenta las siguientes coordenadas:

TABLA N° 4.2 COORDENADAS DE RECORTE DE ESCENAS		
SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS-84 ZONA 19	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
Coordenadas mínima	531690	8190210
Coordenadas máximas	592125	8233980

Fuente: Elaboración Propia

Con las imágenes recortadas realizamos la georreferenciación, este paso es muy importante, puesto que homogeneizamos la información espacial de los diferentes años de captura de las imágenes, para ello utilizamos el programa ERDAS IMAGINE 9.2, como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Filtro de paso bajo

El filtro de paso bajo tiene como objeto suavizar los contrastes espaciales presentes en la imagen. En breves palabras, se trata de asemejar el Niveles Digitales (ND) de cada píxel al de los píxeles vecinos, reduciendo la variabilidad espacial de la escena. En términos visuales, esto supone que la imagen filtrada ofrece perfiles menos nítidos, más difuminados.

Este tipo de filtraje se utiliza para restaurar los errores aleatorios que pueden presentarse en los Niveles Digitales (ND) de la imagen, fruto de un defecto en la adquisición o recepción de los datos. Así mismo, se ha empleado para reducir la variabilidad espacial de algunas categorías, como paso previo a la clasificación. (Chuvienco, 1996)

El filtro de Paso Bajo puede obtenerse a partir de diversas matrices de filtraje, para nuestro tratamiento de imágenes utilizamos la matriz el filtro de Paso Bajo de Media Ponderada, en cada una de nuestras imágenes de 1994, 1999, 2004, 2008, 2010 y 2015; como se muestra en el cuadro adjunto.

TABLA N° 4.3 DIAGRAMA DE FILTRO DE PASO BAJO															
20	23	30	31					N	N	N	N				
22	21	29	30	1	1	1					N	24.5	28.2	N	
23	24	32	33	1	2	1	/ 10					N	26.9	30.3	N
29	31	34	37	1	1	1					N	N	N	N	

Fuente: Elaboración

4.2.4 Índice de vegetación

El empleo de cocientes o índices para identificar masas vegetales, tiene su base en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una masa vegetal en

óptimas condiciones, es decir en buen estado sanitario, posee una firma espectral que se caracteriza por un claro contraste entre las bandas visibles, y en especial la banda que corresponde al rojo (0.6 a 0.7 μm) y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.1mm). Esto se da debido a que la mayor parte de la radiación solar recibida por la planta en el visible, es absorbida por los pigmentos de las hojas, mientras que éstos apenas afectan a la radiación recibida en el infrarrojo cercano, por lo que se presenta un alto contraste entre una baja reflectividad en el visible y una alta reflectividad en el infrarrojo cercano. Por lo tanto, este comportamiento permite separar con relativa facilidad, la vegetación sana de otras cubiertas. (Parimbelli, 2005)

En este principio se apoyan la mayor parte de los denominados índices de vegetación, en los que se combinan la banda roja (R) e infrarrojo cercano (IR) del espectro. Los más empleados son el simple cociente entre esas bandas, y el denominado índice de vegetación de diferencia normalizada (***NDVI Normalized Difference Vegetation Index***)(Chuvieco, 1996)

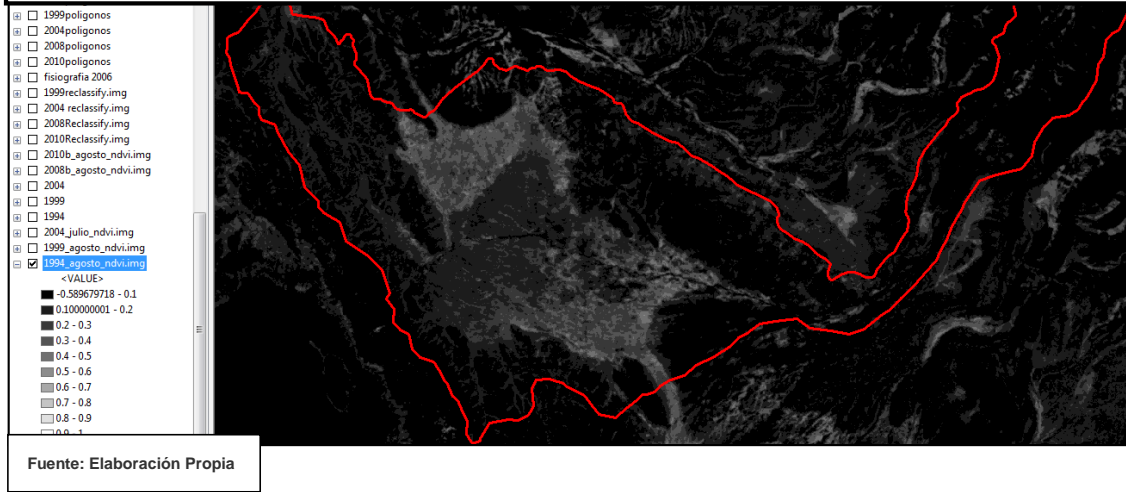
Para las imágenes Satelitales Landsat que trabajaremos corresponde la **banda 3** o (**ban3**) al rojo del visible (de baja reflectividad para la vegetación) y la **banda 4** o (**ban4**) al infrarrojo cercano (de alta reflectividad para la vegetación).

$$NDVI = \frac{(\text{ban 4} - \text{ban 3})}{(\text{ban 4} + \text{ban 3})}$$

El índice de vegetación normalizado varía entre -1 y 1; los valores 0 a 1, indica presencia de vegetación, para nuestro objetivo de cartografiar los Bofedales se toma en cuenta el índice que comprende entre 0.3 hasta 0.5, este rango se corroborara en la etapa de campo con los puntos de control. (TABLA Nº 4.5)

Para realizar este proceso utilizamos el programa ERDAS IMAGINE 2014 y se obtiene en formato (.img), el NDVI de los diferentes años trabajados. (Ver Figura Nº4.3)

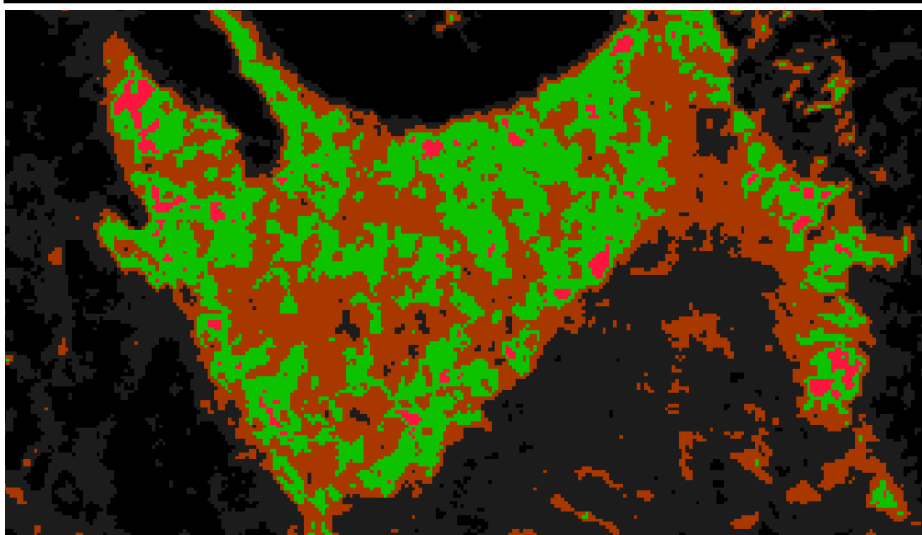
FIGURA Nº 4.3 ÍNDICE DE VEGETACIÓN PROCESADO DEL AÑO 1994



4.2.5 Clasificación supervisada del NDVI

Con la herramienta Supervised de ERDAS 2014, se seleccionan las clases para agrupar los Niveles Digitales (ND) de las imágenes procesadas anteriormente con Índice de Vegetación Diferencial (NDVI), los rangos en los cuales consideramos que se puede cartografiar los bofedales en el área de estudio son: 0.4 hasta 0.5 como Ojo de Bofedal, de 0.3 hasta 0.4 como Periferiade Bofedal, 0.2 hasta 0.3 como vegetación Alto Andina o No Bofedal.

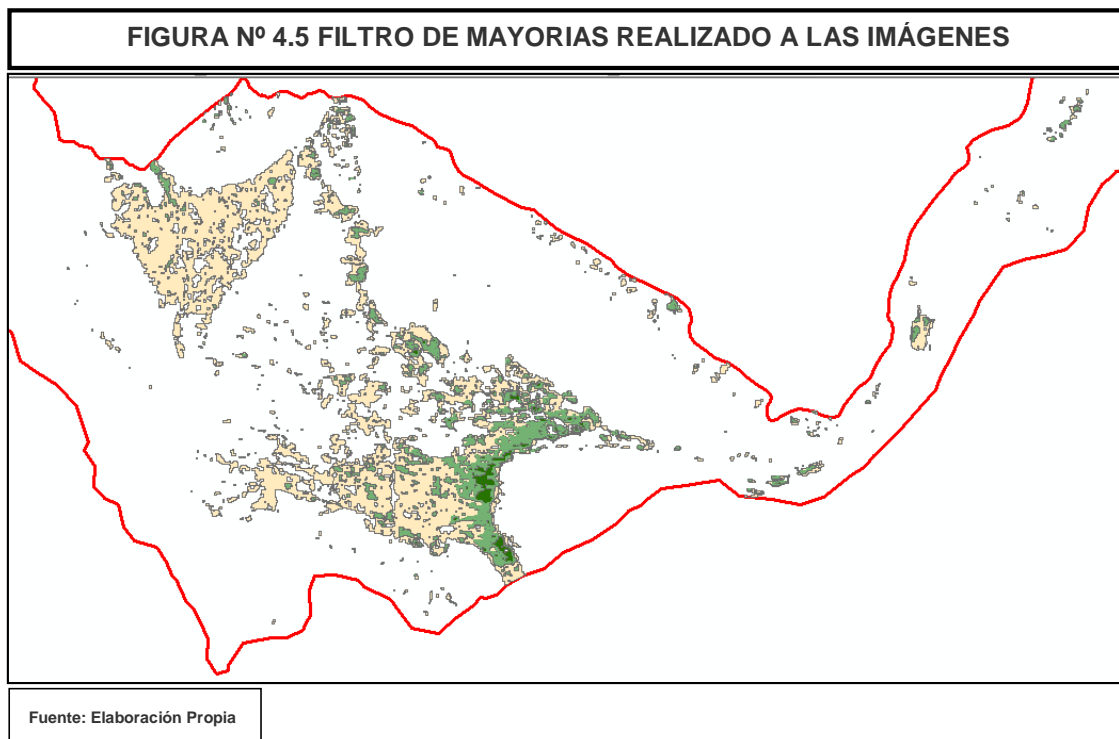
FIGURA Nº 4.4 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA



Fuente: Elaboración Propia

4.2.6 Filtro de mayorías

Cuando las imágenes en formato raster no pueden ser estimadas o cuantificadas para poder proseguir se debe transformar las imágenes en formato raster a una información vectorial, de tal forma se decide transformarlas a polígonos puesto que los Bofedales son mejor caracterizados por figuras poligonales, teniendo estas características de información, se debe tener un filtro de Mayorías previamente a la conversión de los polígonos para poder unificar con sus vecinos que comparten las mismas características homogéneas, realizar este proceso utilizamos el programa ARCGIS 10, con todas las imágenes procesadas de los años 1994,1999,2004,2008,2010 y 2015 debiendo seguir el procesamiento los datos raster para convertirlos en formato vectorial poligonal.



4.2.7 Definición de leyenda

La leyenda corresponde a tres tipologías observadas en el bofedal, como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.4 LEYENDA DE IDENTIFICACIÓN DE BOFEDALES Y VEGETACIÓN ALTOANDINA

DNVI CLASIFICACIÓN	LEYENDA	CARACTERÍSTICA	CÓDIGO EN FIGURA 4.12
0.2 μm a 0.3 μm	Vegetación Altoandina	No Bofedal	3
0.3 μm a 0.4 μm	Periferie de Bofedal	Bofedal	2
0.4 μm a 0.5 μm	Ojo de Bofedal	Bofedal	1

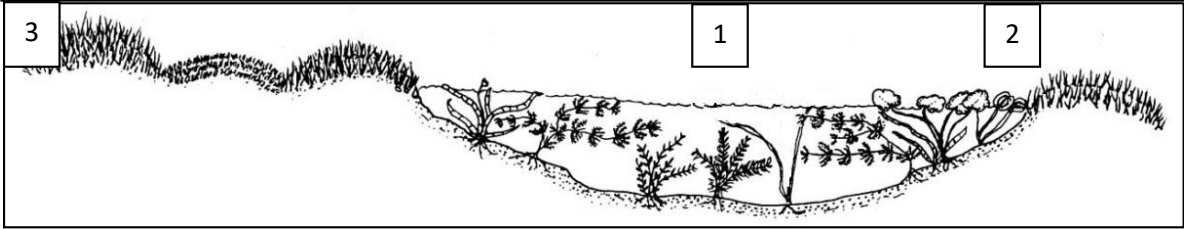
Fuente: Elaboración Propia

Ojo de Bofedal: Esta se caracteriza por estar anegado de agua y vegetación acuífera. **Periferie de Bofedal:** Se caracteriza por tener suelos donde la capa freática es muy próxima al nivel de la superficie del terreno.

Vegetación Altoandina: Ecoregión Altoandinasemihumedos, la vegetación se caracteriza por una pradera de bajo porte, predominado gramíneas duras y salificadas como *festuca dolichophylla*, *stipa ichu*, *Calomagrostri ssp*, y plantas *arrosetadas*, rastreras y en cojinetes compactos (Ribera, 1992); Es el sector donde se produce el cambio espacial de los bofedales en el transcurso de tiempo, sus cualidades de la superficie del suelo son semihumedos lo que permite ser una zona de transición de los bofedales.

Observamos que por las características de la reflectividad de los Bofedales en la banda 3 y banda 4, podemos identificar en las imágenes con las firmas espectrales de los Bofedales que se lo observa en el siguiente figura N°4.6 un corte vertical.

FIGURA N° 4.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS BOFEDALES PARA LA LEYENDA

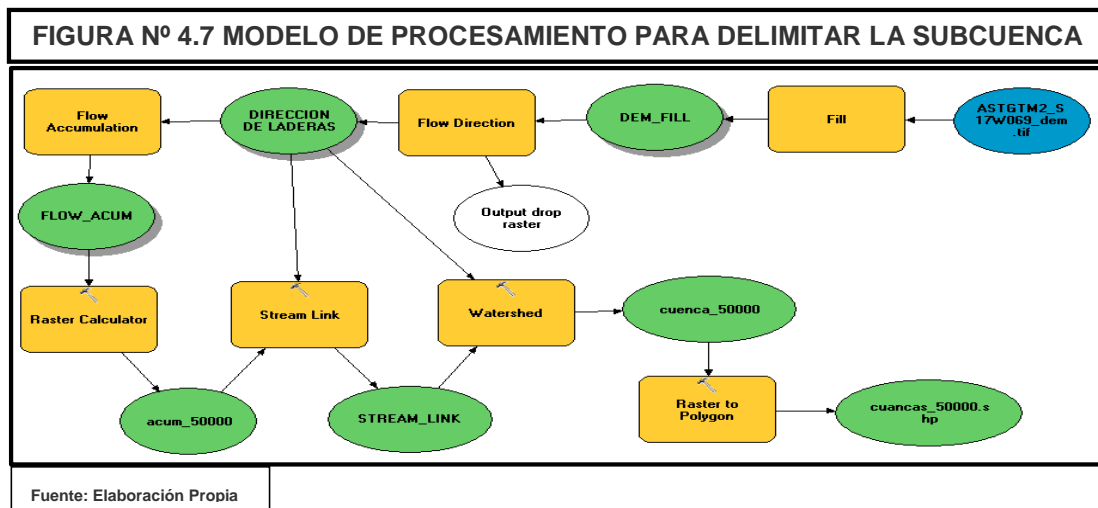


Fuente: (S. Coronel, de la Barra & Aguilera, 2010) y Propia

4.2.8 Delimitación de la Subcuenca

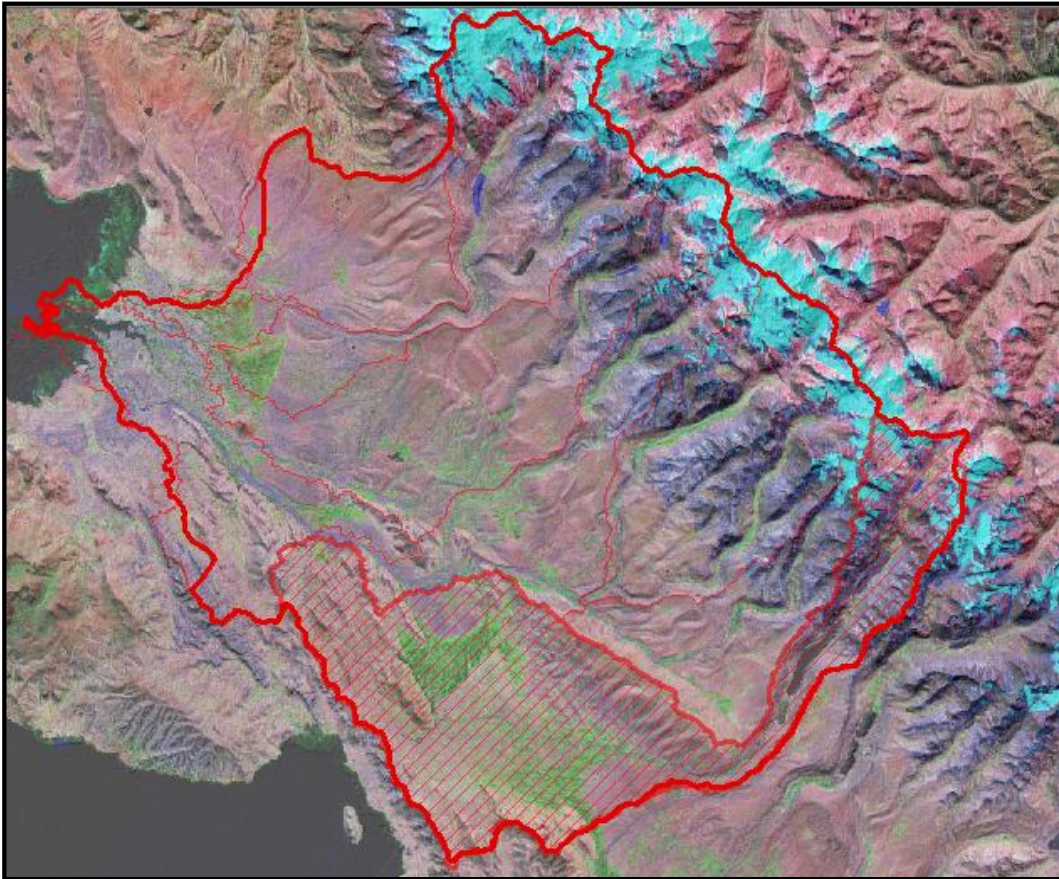
La delimitación de la subcuenca Peñas, se la realiza mediante la metodología de Otto Pfaster que se llegó hasta el nivel quinto dentro de nuestro país. En la cuenca del lago Titicaca nuestra área de estudio se enmarca con el nombre de la Unidad Hidráulica “Río Jachcha Jahuirá” con la codificación 01598, en el presente proyecto de grado alcanzaremos una delimitación hasta el nivel sexto.

La información base para poder realizar la delimitación es el Modelo Digital de Elevación, obtenida de la página web de GEOBOLIVIA (<http://geo.gob.bo/?descargas-Aster-DEM>, nombre de archivo SATGTM2_S17W069), con una resolución espacial de 30x30 metros. Utilizamos el software ArcGis 10 con la herramienta ModelBuilder para realizar el procesamiento de los datos en siete pasos siguiendo la secuencia del modelamiento dando como resultado el polígono de la Subcuenca Peñas (Ver Figura N° 4.7).



La delimitación de la cuenca a nivel 5 del Río Jachcha Jahuirá se observa con un borde rojo de mayor grosor; esta delimitación de cuenca fue elaborada por el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), en el año 2010 a escala 1:250 000. Realizada la delimitación automatizada, se la observa la Subcuenca Peñas de color rojo achurado con una superficie de 27821.02 Hectáreas, las subcuencas restantes son presentadas con bordes rojos delgados. (Ver Figura N°4.8)

FIGURA N° 4.8 DELIMITACIÓN DE LA SUBCUENCA PEÑAS



Fuente: Elaboración Propia

4.2.9 Descripción de la Fisiografía

Dentro del área de estudio se identificó en gabinete las unidades fisiográficas sobre la imagen satelital, y en el paso de trabajo de campo se pudo corroborar y realizar las descripciones fisiográficas de cada una de las unidades descritas a continuación:

LLANURA FLUVIO LACUSTRE.- El terreno es esponjoso con áreas cóncavas se caracterizan por ser húmedas y con bastante humedad. Las plantas presentan una vegetación densa de pajonales y almohadillada de baja altura que en la imagen satelital es de un color pardo amarillento. En sectores con Mayor humedad se caracteriza por una vegetación densa de altura baja

PIE DE MONTE.- Se encuentra una pendiente de 2% a 3 % tienen presencia de piedras para separación de linderos la vegetación predominante es la paja brava. Se realiza rotación de áreas de cultivos preferentemente prefieren el cultivo de papa. Las laderas son cortas, La erosión es laminar fuerte y poco en erosión de cárcava.

SERRANIA BAJA.- Estas presentan afloramientos rocosos de 20 a 30 metros de altura, en la pendiente media y superior con cimas convexas y los pies de monte son alargados y lo utilizan para pastoreo y las viviendas agudas rocosas de areniscas de color pardo rojizo. Existen áreas de cultivos y de pastoreo, agostos valles con presencia de tierras, en la parte inferior existen bofedales húmedos.

SERRANIA MEDIA.- Serranías media de cimas agudas, la característica es de la parte sur de la serranía presenta con afloramiento rocoso desde la pendiente inferior hasta la superior de areniscas de color pardo rojizo, la erosión hídrica laminar es fuerte en erosión en surcos de moderada a fuerte presenta escasa cobertura vegetal, algunas quebradas de la parte sur presentan pequeños bosquecillos de eucaliptos, en el pie de monte se encuentra la población de peñas el principal uso es turístico en la parte norte presenta en la pendiente superior y en la cima áreas de cultivos con una gradiente menor con formación de suelos y provoca más áreas de cultivo que de pastoreo 45 % pastoreo y 55 % de cultivos, los principales cultivos son la papa, cebada y haba, los pies de montes son angosto

SERRANIA ALTA.-Serranía alta con cimas agudas, son afloramientos rocosos de areniscas de color pardo rojizo, presenta una acción erosiva de glacial e hídrica, el paisaje es escarpado con indicios de morrenas y lagunas en rosario propios de sectores glaciares, en época de invernal se cubre con un manto de nieve las cimas de las serranías, produciendo en época más cálida su deshielo, la cual es la fuente de agua de la subcuenca, existe pendientes fuertes superiores a los 45%, no existe actividad agrícola por la temperaturas gélidas en el sector.

4.3 TRABAJO DE CAMPO

4.3.1 Toma de puntos de control

Los puntos de control son tomados con GPS navegador en los sectores donde se puede evidenciar la presencia de los bofedales para después corroborarlo con la información de la imagen satelital. (Ver Tabla 4.5).

TABLA Nº 4.5 PUNTOS DE CONTROL GPS, VERIFICACIÓN DE BOFEDALES

PUNTO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	DESCRIPCIÓN
P1-GPS	553077	8206266	Se encuentra a las cercanías de la población de Peñas, un bofedal con poca cantidad de vegetación debido a la actividad de pastoreo de los animales. Ver fotografía adjunta
P2-GPS	552966	8206911	
P3-GPS	553080	8207499	
P4-GPS	553019	8208128	
P5-GPS	553132	8210018	Se encuentran en las cercanías de la serranía al norte del pueblo de Peñas, existiendo una mayor presencia de bofedales y mayor utilización de Pastoreo.
P6-GPS	553021	8210496	
P7-GPS	553043	8210778	
P8-GPS	553047	8210977	
P9-GPS	552140	8212733	Se identifican bofedales con características de vegetación de tamaño bajo, existiendo acequias para encauce de las aguas de los bofedales para su mantención.
P10-GPS	552020	8213457	
P11-GPS	551869	8213921	
P12-GPS	551984	8214846	
P13-GPS	547243	8214668	Son los bofedales con una extensión más grande producto de la poca pendiente en el lugar, además de ser el sector de la cuenca de menor de altura.
P14-GPS	547370	8214141	
P15-GPS	545802	8214751	
P16-GPS	545598	8213595	
P17-GPS	565921	8211234	Se caracterizan por bofedales muy claramente identificados ubicada en la cabecera de la cuenca existiendo en la misma una represa, la cual es la principal fuente de abastecimiento de agua, estas se desvían en acequias con dirección a las áreas de cultivo de Peñas.
P18-GPS	566175	8211168	
P19-GPS	565830	8211329	
P20-GPS	565605	8211071	

4.3.2 Verificación y uso actual de la cobertura de los bofedales

En los sectores de verificación e identificación de los bofedales según el trabajo de campo se puede describir con la ayuda de las siguientes fotografías:

FIGURA Nº 4.9 FOTOGRAFÍA DE BOFEDAL GPS-1



En la presente fotografía se describe los puntos GPS-1 hasta GPS-4; los mismos estas en las cercanías de la población de Peñas, bordeando el camino que comunica Peñas y la población de

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 4.10 FOTOGRAFÍA DE BOFEDAL GPS-5 HASTA GPS-8



En la presente fotografía se describe los puntos GPS-5 hasta GPS-8; en el cual podemos observar la utilización de los bofedales como aéreas de pastoreo de ganado vacuno y ovino.

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 4.11 FOTOGRAFÍA DE BOFEDAL GPS-9 HASTA GPS-12



En la presente fotografía se describe los puntos GPS-9 hasta GPS-12; los mismos están en las cercanías de la población de Kerani los bofedales son canalizados por acequias para los sectores que utilizan para el pastoreo vacuno y ovino.

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 4.12 FOTOGRAFÍA DE BOFEDAL GPS-13 HASTA GPS-16



En la presente fotografía se describe los puntos GPS-13 hasta GPS-16; los mismos están en el sector de más baja altura de la cuenca con una pendiente débil, provocando que los bofedales sean de una extensión más amplia

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 4.13 FOTOGRAFÍA DE BOFEDAL GPS-17 HASTA GPS-20



En la presente fotografía se describe los puntos GPS-17 hasta GPS-20; los mismos están en el sector de altura mayor de la cuenca, en las cercanías de la represa de HichuKkota, la cual abastece de agua a las poblaciones pendiente abajo.

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 Entrevistas y llenado de encuestas

Mediante el trabajo de campo se realizó las entrevistas y llenado de encuestas en los pobladores del área de estudio, para saber si conocen el término “Bofedal” y el uso del mismo en su vida cotidiana, por lo cual formulamos las siguientes preguntas:

P1.- ¿sabe lo que es un bofedal?

- en caso de ser NO la respuesta realizar una breve descripción y explicación

P2.- ¿Utiliza el bofedal para el pastoreo?

P3.- ¿Qué tipo de ganado?

P4.- ¿Qué meses del año utiliza el bofedal?

P5.- ¿El bofedal proporciona otros servicios?

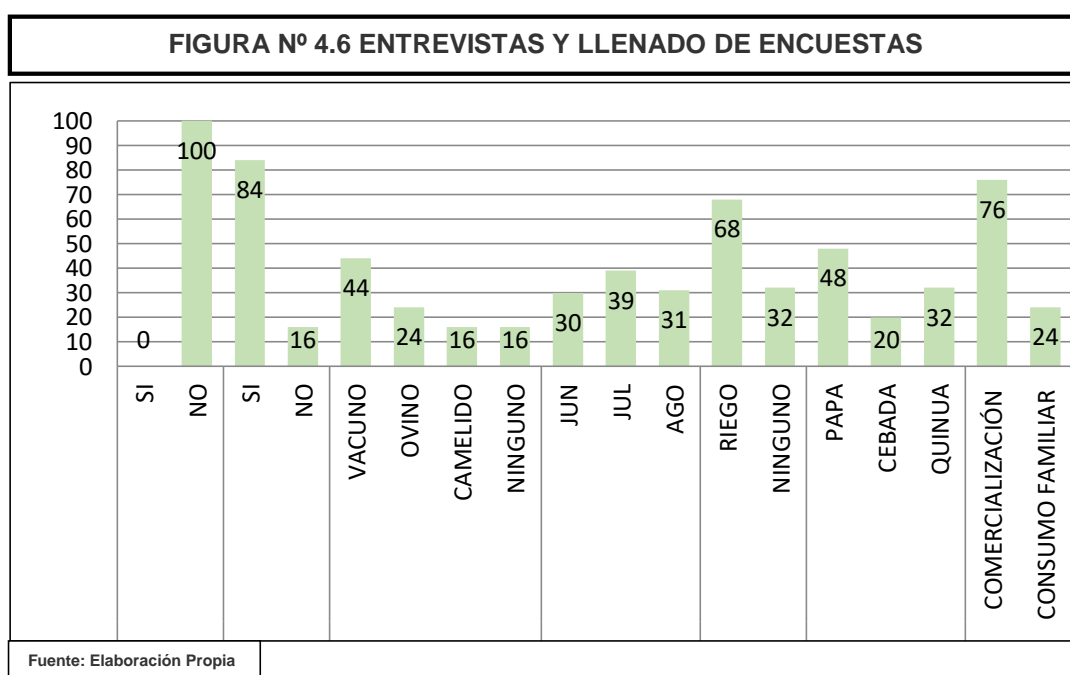
P6.- ¿Qué tipo de cultivo produce en su parcela?

P7.- La producción de sus cultivos los realiza para:

Se realizaron encuestas de manera aleatoria en el área de estudio a personas mayores de edad, obteniendo una aceptación del 81 %, que equivale a 25 personas de un total de 31. El restante 19 % mostro una negativa y clara

susceptibilidad a las intenciones de solicitar su participación en la encuesta, esto según comentarios de los mismos pobladores por la existencia de personas ajenas que sorprendieron en actos ilícitos. Por lo mismo muchos no dieron su nombre u otro dato que comprometiera su privacidad. La fecha de las encuestas es 18 de septiembre de 2010.

El 100 % de las personas encuestadas, no conocen el término bofedal, por lo que se realizó una breve descripción y explicación al respecto, donde asociaron “bofedal” con la palabra en aimara “Juqhu”, que significa pantano, lodazal, según el Diccionario quecha - aimara publicado en la web: www.katari.org.



Con relación al uso de los bofedales, el 84 % lo utiliza para el pastoreo, principalmente de ganado bovino y ovino, el riego es otro servicio que proporciona el bofedal, se pudo evidenciar la construcción de acequias conectadas a los bofedales. En el área de estudio la producción de papa es del 48 %, seguido de la quinua con un 32 %, del total de la producción que se tiene en la zona el 76 % es destinada para la comercialización.

CAPITULO 5

RESULTADOS

5.1 IDENTIFICACION DE LOS BOFEDALES CORRELACIONANDO LA FISIOGRAFIA

Se clasificaron los Bofedales en: Ojo de Bofedales y en Periferie de Bofedal (ver Figura N°4.12 y Tabla N°4.5), realizando un cruce con la fisiografía existente dentro de la subcuenca, teniendo en cuenta que las características fisiográficas no cambian con el tiempo y los bofedales por el contrario muestran cambios por distintos factores existentes en el área de estudio.

En la tabla N°5.1 se identifican las unidades fisiográficas que existen en la Subcuenca Peñas.

TABLA N° 5.1 UNIDADES FISIGRÁFICAS DENTRO LA SUBCUENCA PEÑAS

NOMBRE	SIMBOLO
Laguna	LG-1
Laguna	LG-2
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14
Pie de Monte	PDM-1
Pie de Monte	PDM-2
Pie de Monte	PDM-3
Pie de Monte	PDM-4
Pie de Monte	PDM-5
Pie de Monte	PDM-6
Pie de Monte	PDM-7
Pie de Monte	PDM-8
Pie de Monte	PDM-9
Pie de Monte	PDM-10
Pie de Monte	PDM-12

Fuente: Elaboración Propia

NOMBRE	SIMBOLO
Pie de Monte	PDM-14
Pie de Monte	PDM-15
Serranía Alta	SA-1
Serranía Alta	SA-2
Serranía Alta	SA-3
Serranía Alta	SA-4
Serranía Baja	SB-1
Serranía Baja	SB-2
Serranía Baja	SB-3
Serranía Baja	SB-4
Serranía Baja	SB-5
Serranía Baja	SB-9
Serranía Baja	SB-12
Serranía Baja	SB-14
Serranía Baja	SB-18
Serranía Media	SM-1
Serranía Media	SM-2
Serranía Media	SM-3
Serranía Media	SM-5
Serranía Media	SM-6
Serranía Media	SM-7
Serranía Media	SM-8
Serranía Media	SM-10
Serranía Media	SM-11
Serranía Media	SM-12
Serranía Media	SM-16
Serranía Media	SM-18
Serranía Media	SM-19

5.1.1 Cuantificación de áreas de bofedales y su correspondiente fisiográfica de la Subcuenca Peñas.

De acuerdo a la poligonación de los Bofedales en los años de 1994, 1999,2004, 2008, 2010 y 2015, se tienen la cuantificación de la superficie en hectáreas según su correspondiente fisiografía como se muestran en Tabla N°5.2, Tabla N°5.3, Tabla N°5.4, Tabla N°5.5, Tabla N°5.6 y Tabla N°5.7.

TABLA N° 5.2 UNIDADES FISIGRÁFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 1994

NOMBRE	SIMBOLO	PERIFERIE DE BOFEDAL 1994	OJO DE BOFEDAL 1994	VEGETACION ALTOANDINA 1994
Laguna	LG-1	0,00	0,00	0,09
Laguna	LG-2	0,00	0,00	0,59
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	392,47	48,85	584,06
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	606,70	38,88	628,87
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	3,79	0,00	128,95
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	55,02	1,89	202,70
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	36,39	3,00	313,57
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	43,28	1,17	189,68
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	7,74	0,45	47,43
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,00	0,00	4,26
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	12,69	0,18	33,58
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	94,79	19,08	130,35
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	92,93	13,68	167,76
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	11,10	0,45	21,70
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	12,54	1,30	13,04
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	0,34	0,00	81,10
Pie de Monte	PDM-1	0,71	0,00	9,90
Pie de Monte	PDM-2	21,86	3,78	55,65
Pie de Monte	PDM-3	1,76	0,11	28,71
Pie de Monte	PDM-4	0,00	0,00	1,95
Pie de Monte	PDM-5	5,28	0,00	43,72
Pie de Monte	PDM-6	0,09	0,00	1,08
Pie de Monte	PDM-7	0,00	0,00	0,25
Pie de Monte	PDM-8	0,00	0,00	2,05
Pie de Monte	PDM-9	0,30	0,00	7,72
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,57
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	3,94
Pie de Monte	PDM-15	0,00	0,00	0,24
Serranía Alta	SA-1	13,19	1,15	32,89
Serranía Alta	SA-2	19,66	1,65	55,14
Serranía Alta	SA-3	0,94	0,45	5,86
Serranía Alta	SA-4	0,40	0,09	0,16
Serranía Baja	SB-1	0,64	0,07	1,07
Serranía Baja	SB-2	0,02	0,00	0,44
Serranía Baja	SB-3	0,03	0,00	0,38
Serranía Baja	SB-4	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-9	0,12	0,00	2,33
Serranía Baja	SB-12	1,89	0,44	5,25
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	0,04
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-1	0,04	0,00	6,42
Serranía Media	SM-2	7,16	0,02	75,43
Serranía Media	SM-3	6,26	0,18	22,52
Serranía Media	SM-5	0,01	0,00	0,18
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	0,19
Serranía Media	SM-8	0,71	0,00	1,23
Serranía Media	SM-10	1,14	0,00	26,30
Serranía Media	SM-11	0,29	0,06	2,11
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	0,25
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	0,18
Serranía Media	SM-18	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

TABLA Nº 5.3 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 1999

NOMBRE	SIMBOLO	PERIFERIE DE BOFEDAL 1999	OJO DE BOFEDAL 1999	VEGETACIÓN ALTOANDINA 1999
Laguna	LG-1	0,00	0,00	0,00
Laguna	LG-2	0,00	0,00	0,00
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	158,37	10,88	631,52
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	128,65	1,98	834,99
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	2,90	0,09	40,47
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	13,41	0,00	124,01
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	11,63	0,00	120,73
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	18,70	0,27	126,21
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	3,15	0,00	16,56
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,00	0,00	0,00
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	0,18	0,00	9,14
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	57,38	1,98	127,77
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	69,73	0,90	120,35
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	2,52	0,00	18,05
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	1,92	0,00	13,12
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	0,00	0,00	6,66
Pie de Monte	PDM-1	0,00	0,00	0,66
Pie de Monte	PDM-2	8,73	0,45	34,10
Pie de Monte	PDM-3	0,76	0,10	9,83
Pie de Monte	PDM-4	0,00	0,00	0,01
Pie de Monte	PDM-5	0,36	0,00	10,24
Pie de Monte	PDM-6	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-7	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-8	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-9	0,02	0,00	0,98
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	0,36
Pie de Monte	PDM-15	0,00	0,00	0,00
Serranía Alta	SA-1	0,61	0,76	2,50
Serranía Alta	SA-2	5,22	0,23	23,97
Serranía Alta	SA-3	0,55	0,00	3,33
Serranía Alta	SA-4	0,01	0,00	0,35
Serranía Baja	SB-1	0,09	0,00	0,58
Serranía Baja	SB-2	0,29	0,00	2,95
Serranía Baja	SB-3	0,03	0,00	0,38
Serranía Baja	SB-4	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-9	0,00	0,00	0,03
Serranía Baja	SB-12	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	0,16
Serranía Media	SM-1	0,00	0,00	0,09
Serranía Media	SM-2	2,63	0,00	20,90
Serranía Media	SM-3	2,61	0,09	12,87
Serranía Media	SM-5	0,13	0,00	0,60
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	0,03
Serranía Media	SM-8	1,07	0,00	0,00
Serranía Media	SM-10	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-11	0,04	0,00	3,38
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-18	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

TABLA Nº 5.4 UNIDADES FISIGRÁFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2004

NOMBRE	SIMBOLO	PERIFERIE DE BOFEDAL 2004	OJO DE BOFEDAL 2004	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2004
Laguna	LG-1	0,04	0,00	0,17
Laguna	LG-2	0,18	0,00	0,27
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	453,24	80,49	531,48
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	518,40	41,54	698,19
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	7,42	0,27	145,87
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	58,28	0,90	233,53
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	40,81	1,62	424,29
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	93,29	4,15	202,05
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	6,21	0,09	55,17
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,00	0,00	3,75
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	13,36	1,94	29,14
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	111,83	35,82	131,56
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	108,48	26,99	151,37
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	17,26	1,13	18,20
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	12,96	1,08	17,79
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	1,44	0,01	105,83
Pie de Monte	PDM-1	0,89	0,00	8,51
Pie de Monte	PDM-2	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-3	3,26	0,24	29,29
Pie de Monte	PDM-4	0,01	0,00	3,26
Pie de Monte	PDM-5	12,79	0,47	41,20
Pie de Monte	PDM-6	0,00	0,00	2,96
Pie de Monte	PDM-7	0,23	0,00	1,38
Pie de Monte	PDM-8	0,14	0,00	9,52
Pie de Monte	PDM-9	0,55	0,04	15,91
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	3,54
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	5,86
Pie de Monte	PDM-15	0,01	0,00	1,26
Serranía Alta	SA-1	16,66	1,57	38,42
Serranía Alta	SA-2	23,34	2,75	61,20
Serranía Alta	SA-3	1,45	0,00	6,47
Serranía Alta	SA-4	0,00	0,00	0,42
Serranía Baja	SB-1	0,70	0,21	1,71
Serranía Baja	SB-2	0,01	0,00	0,58
Serranía Baja	SB-3	0,19	0,00	1,81
Serranía Baja	SB-4	0,05	0,00	0,48
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	1,80
Serranía Baja	SB-9	0,20	0,00	4,23
Serranía Baja	SB-12	1,95	0,00	5,88
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	1,18
Serranía Media	SM-1	0,31	0,00	9,65
Serranía Media	SM-2	20,68	2,09	128,08
Serranía Media	SM-3	15,34	1,44	30,03
Serranía Media	SM-5	0,32	0,02	2,51
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	0,66
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	0,24
Serranía Media	SM-8	0,62	0,01	10,47
Serranía Media	SM-10	5,69	0,00	44,18
Serranía Media	SM-11	0,61	0,00	4,14
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-18	0,63	0,00	5,92
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

TABLA Nº 5.5 UNIDADES FISIGRÁFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2008

NOMBRE	SIMBOLO	PERIFERIE DE BOFEDAL 2008	OJO DE BOFEDAL 2008	VEGETACIÓN ALTO ANDINA 2008
Laguna	LG-1	0,07	0,90	0,46
Laguna	LG-2	0,18	0,00	0,00
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	426,87	76,29	537,70
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	245,07	7,57	884,89
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	2,37	0,00	108,64
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	20,50	0,00	206,67
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	19,29	0,00	379,28
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	44,08	0,00	189,44
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	1,44	0,00	21,78
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,17	0,00	6,94
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	9,55	0,88	23,72
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	94,51	2,44	129,70
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	72,80	20,25	154,86
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	19,19	0,99	19,19
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	7,40	0,00	19,94
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	0,68	0,00	53,89
Pie de Monte	PDM-1	0,06	0,00	2,44
Pie de Monte	PDM-2	54,62	2,79	54,62
Pie de Monte	PDM-3	3,92	0,13	16,64
Pie de Monte	PDM-4	0,01	0,00	1,14
Pie de Monte	PDM-5	3,87	0,00	38,06
Pie de Monte	PDM-6	0,00	0,00	1,30
Pie de Monte	PDM-7	0,06	0,00	1,62
Pie de Monte	PDM-8	0,20	0,00	1,59
Pie de Monte	PDM-9	0,30	0,00	12,06
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,18
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	0,39
Pie de Monte	PDM-15	0,00	0,00	0,04
Serranía Alta	SA-1	13,89	1,69	36,87
Serranía Alta	SA-2	22,88	3,80	63,73
Serranía Alta	SA-3	1,05	0,00	5,42
Serranía Alta	SA-4	0,45	0,00	0,48
Serranía Baja	SB-1	0,71	0,11	2,18
Serranía Baja	SB-2	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-3	0,22	0,00	0,63
Serranía Baja	SB-4	0,02	0,00	0,85
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	0,54
Serranía Baja	SB-9	0,17	0,15	2,38
Serranía Baja	SB-12	2,42	0,00	5,06
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	0,43
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	0,74
Serranía Media	SM-1	0,48	0,00	4,59
Serranía Media	SM-2	14,42	1,26	93,97
Serranía Media	SM-3	8,74	1,98	25,33
Serranía Media	SM-5	0,01	0,00	2,16
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	1,16
Serranía Media	SM-8	0,80	0,17	8,64
Serranía Media	SM-10	3,29	0,00	32,49
Serranía Media	SM-11	0,00	0,00	2,79
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	0,93
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-18	2,71	0,09	4,38
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,09

Fuente: Elaboración Propia

TABLA Nº 5.6 UNIDADES FISIGRÁFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2010

NOMBRE	SIMBOLO	PERIFERIE DE BOFEDAL 2010	OJO DE BOFEDAL 2010	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2010
Laguna	LG-1	0,00	0,00	0,00
Laguna	LG-2	0,00	0,00	0,35
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	311,91	64,55	615,10
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	38,97	0,18	821,19
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	0,90	0,00	36,94
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	14,23	0,54	142,63
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	3,40	0,09	169,90
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	51,86	2,43	156,90
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	0,00	0,00	4,68
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,00	0,00	2,82
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	4,97	0,17	19,61
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	76,94	13,19	135,25
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	36,04	1,62	118,58
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	8,41	8,41	1,62
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	1,53	0,00	15,43
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	0,47	0,00	19,30
Pie de Monte	PDM-1	0,00	0,00	0,71
Pie de Monte	PDM-2	11,28	0,54	44,16
Pie de Monte	PDM-3	1,74	0,02	19,74
Pie de Monte	PDM-4	0,00	0,00	0,97
Pie de Monte	PDM-5	2,19	0,00	23,99
Pie de Monte	PDM-6	0,00	0,00	0,45
Pie de Monte	PDM-7	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-8	0,00	0,00	0,36
Pie de Monte	PDM-9	0,23	0,00	6,29
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-15	0,00	0,00	0,18
Serranía Alta	SA-1	8,17	1,50	31,56
Serranía Alta	SA-2	14,21	0,93	42,52
Serranía Alta	SA-3	0,81	0,00	5,76
Serranía Alta	SA-4	0,03	0,00	0,81
Serranía Baja	SB-1	0,23	0,23	0,81
Serranía Baja	SB-2	0,04	0,00	1,54
Serranía Baja	SB-3	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-4	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-9	0,01	0,00	0,78
Serranía Baja	SB-12	1,09	0,00	4,98
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	1,05
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	0,03
Serranía Media	SM-1	0,00	0,00	0,01
Serranía Media	SM-2	8,22	0,18	60,86
Serranía Media	SM-3	6,62	0,54	21,98
Serranía Media	SM-5	0,00	0,00	0,05
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	0,87
Serranía Media	SM-8	0,00	0,00	0,46
Serranía Media	SM-10	0,09	0,00	14,48
Serranía Media	SM-11	0,00	0,00	0,21
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	0,54
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-18	1,98	0,00	0,00
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,55

Fuente: Elaboración Propia

TABLA Nº 5.7 UNIDADES FISIOGRAFICAS Y CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2015

NOMBRE	SIMBOLO	PERIFERIE DE BOFEDAL 2015	OJO DE BOFEDAL 2015	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2015
Laguna	LG-1	0,16	0,00	1,10
Laguna	LG-2	0,00	0,00	1,14
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	487,04	25,65	603,46
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	138,57	0,18	1068,41
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	0,00	2,16	512,41
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	36,47	0,00	347,57
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	9,19	0,00	36,47
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	68,56	0,27	288,13
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	0,45	0,00	37,34
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,00	0,00	19,12
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	2,46	0,00	42,14
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	110,80	1,35	203,34
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	109,97	0,72	213,40
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	1,80	0,00	20,29
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	9,60	0,00	27,67
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	1,44	0,00	228,02
Pie de Monte	PDM-1	0,00	0,00	7,27
Pie de Monte	PDM-2	21,51	0,00	114,67
Pie de Monte	PDM-3	3,35	0,00	45,80
Pie de Monte	PDM-4	0,28	0,00	30,21
Pie de Monte	PDM-5	5,03	0,00	62,34
Pie de Monte	PDM-6	0,00	0,00	5,50
Pie de Monte	PDM-7	0,00	0,00	2,73
Pie de Monte	PDM-8	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-9	0,09	0,00	28,07
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	11,44
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,46
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	17,63
Pie de Monte	PDM-15	0,00	0,00	1,39
Serranía Alta	SA-1	5,76	0,00	63,97
Serranía Alta	SA-2	5,69	0,00	57,59
Serranía Alta	SA-3	0,18	0,00	14,11
Serranía Alta	SA-4	0,42	0,00	4,48
Serranía Baja	SB-1	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-2	0,68	0,00	6,75
Serranía Baja	SB-3	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-4	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-9	0,32	0,00	10,39
Serranía Baja	SB-12	2,56	0,00	21,22
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	0,58
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	1,91
Serranía Media	SM-1	0,00	0,00	32,76
Serranía Media	SM-2	9,50	0,00	133,88
Serranía Media	SM-3	4,19	0,00	26,45
Serranía Media	SM-5	0,00	0,00	5,25
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	1,81
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	1,37
Serranía Media	SM-8	1,65	0,00	17,18
Serranía Media	SM-10	1,26	0,00	98,58
Serranía Media	SM-11	0,00	0,00	4,78
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	3,76
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	1,87
Serranía Media	SM-18	0,00	0,00	6,08
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,45

Fuente: Elaboración Propia

Las áreas denominadas bofedales son la sumatoria entre Ojo de Bofedal y Periferia de Bofedal representadas en las unidades fisiográficas presentes en el área de la Subcuenca Peñas.

TABLA Nº 5.8 UNIDADES FISIGRÁFICAS Y BOFEDALES EN Ha ENTRE LOS AÑOS DE 1994 HASTA 2015

UNIDAD FISIGRAFICA	BOFEDAL 1994 (ha)	BOFEDAL 1999 (ha)	BOFEDAL 2004 (ha)	BOFEDAL 2008 (ha)	BOFEDAL 2010 (ha)	BOFEDAL 2015 (ha)
Laguna	0,00	0,00	0,22	1,14	0,00	0,16
Llanura Fluvio Lacustre	1498,72	484,65	1638,99	1072,35	640,81	1006,69
Pie de Monte	33,89	10,42	18,63	65,97	15,99	30,26
Serranía Alta	37,53	7,38	45,77	43,75	25,65	12,05
Serranía Baja	3,20	0,41	3,31	3,81	1,61	3,56
Serranía Media	15,86	6,57	47,77	33,96	17,63	16,60
TOTAL DE BOFEDALES	1589,19	509,43	1754,69	1220,99	701,68	1069,32

Fuente: Elaboración Propia

TABLA Nº 5.9 BOFEDALES CUANTIFICADOS ENTRE LOS AÑOS 1994 HASTA 2015

NOMBRE	SIMBOLO	BOFEDAL 1994	BOFEDAL 1999	BOFEDAL 2004	BOFEDAL 2008	BOFEDAL 2010	BOFEDAL 2015
Laguna	LG-1	0,00	0,00	0,04	0,96	0,00	0,16
Laguna	LG-2	0,00	0,00	0,18	0,18	0,00	0,00
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-1	441,31	169,26	533,72	503,16	376,46	512,69
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-2	645,58	130,63	559,94	252,63	39,15	138,75
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-3	3,79	2,99	7,69	2,37	0,90	2,16
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-4	56,91	13,41	59,18	20,50	14,77	36,47
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-5	39,39	11,63	42,43	19,29	3,49	9,19
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-6	44,45	18,97	97,43	44,08	54,29	68,83
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-7	8,19	3,15	6,30	1,44	0,00	0,45
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-8	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-9	12,87	0,18	15,30	10,43	5,15	2,46
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-10	113,87	59,36	147,65	96,95	90,13	112,15
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-11	106,61	70,63	135,47	93,05	37,66	110,69
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-12	11,55	2,52	18,39	20,18	16,82	1,80
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-13	13,84	1,92	14,05	7,40	1,53	9,60
Llanura Fluvio Lacustre	LLFL-14	0,34	0,00	1,45	0,68	0,47	1,44
Pie de Monte	PDM-1	0,71	0,00	0,89	0,06	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-2	25,64	9,18	0,00	57,41	11,82	21,51
Pie de Monte	PDM-3	1,87	0,86	3,50	4,06	1,76	3,35
Pie de Monte	PDM-4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,28
Pie de Monte	PDM-5	5,28	0,36	13,26	3,87	2,19	5,03
Pie de Monte	PDM-6	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-7	0,00	0,00	0,23	0,06	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-8	0,00	0,00	0,14	0,20	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-9	0,30	0,02	0,59	0,30	0,23	0,09
Pie de Monte	PDM-10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pie de Monte	PDM-15	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Serranía Alta	SA-1	14,34	1,38	18,24	15,58	9,66	5,76
Serranía Alta	SA-2	21,31	5,44	26,09	26,68	15,14	5,69
Serranía Alta	SA-3	1,39	0,55	1,45	1,05	0,81	0,18
Serranía Alta	SA-4	0,49	0,01	0,00	0,45	0,03	0,42
Serranía Baja	SB-1	0,71	0,09	0,91	0,82	0,47	0,00
Serranía Baja	SB-2	0,02	0,29	0,01	0,00	0,04	0,68
Serranía Baja	SB-3	0,03	0,03	0,19	0,22	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-4	0,00	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-9	0,12	0,00	0,20	0,32	0,01	0,32
Serranía Baja	SB-12	2,33	0,00	1,95	2,42	1,09	2,56
Serranía Baja	SB-14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Baja	SB-18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-1	0,04	0,00	0,31	0,48	0,00	0,00
Serranía Media	SM-2	7,17	2,63	22,77	15,68	8,40	9,50
Serranía Media	SM-3	6,44	2,70	16,78	10,72	7,16	4,19

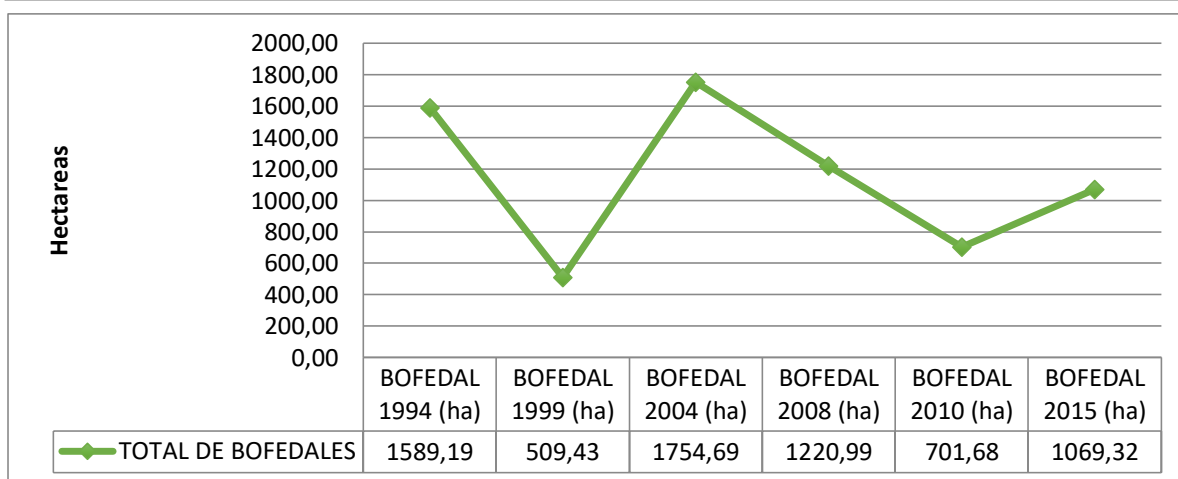
Serranía Media	SM-5	0,01	0,13	0,34	0,01	0,00	0,00
Serranía Media	SM-6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-8	0,71	1,07	0,64	0,98	0,00	1,65
Serranía Media	SM-10	1,14	0,00	5,69	3,29	0,09	1,26
Serranía Media	SM-11	0,34	0,04	0,61	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serranía Media	SM-18	0,00	0,00	0,63	2,80	1,98	0,00
Serranía Media	SM-19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Superficie de bofedales entre los años 1994,1999, 2004, 2008,2010 y 2015 en la Subcuenca Peñas

Las superficies en hectáreas de los Bofedales dentro de la Subcuenca de Peñas se extraen de la Tabla N° 5.8 para poder obtener la información para la Figura N° 5.1. En los años 1994 y 2004 la superficie de los bofedales en la subcuenca Peñas era mayor con relación a los años 1999 y 2010, donde se evidencia una disminución de la superficie de bofedal más del 50 %.

FIGURA N° 5.1 BOFEDALES CUANTIFICADOS ENTRE LOS AÑOS 1994 HASTA 2015

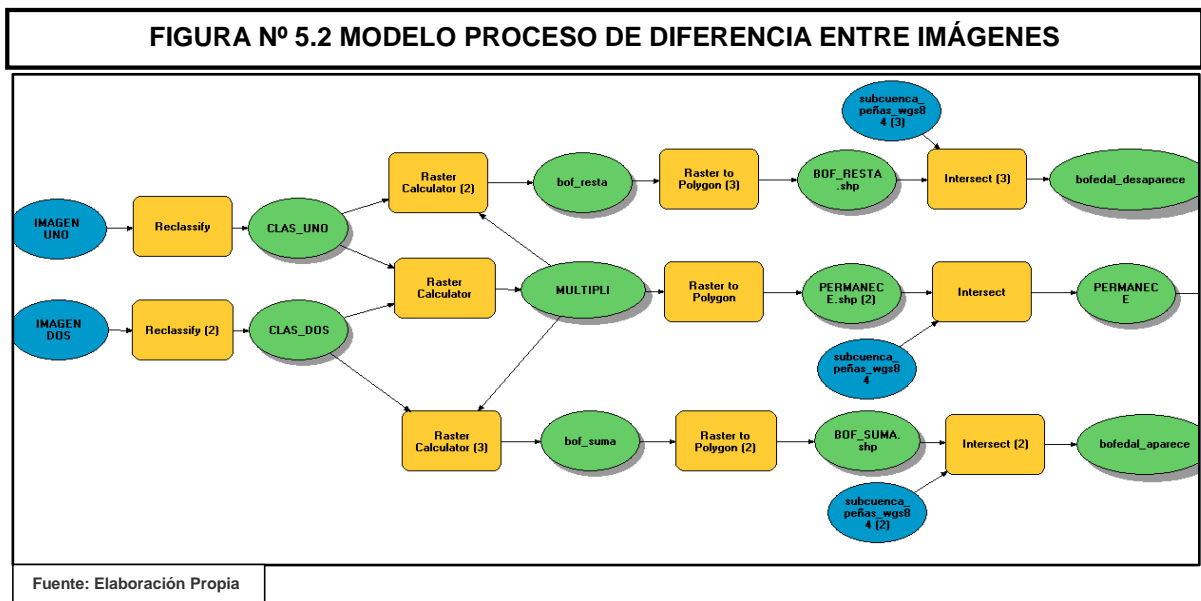


Fuente: Elaboración Propia

5.2 IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS ESPACIALES DE LOS BOFEDALES UTILIZANDO EL METODO DE DIFERENCIA ENTRE IMÁGENES

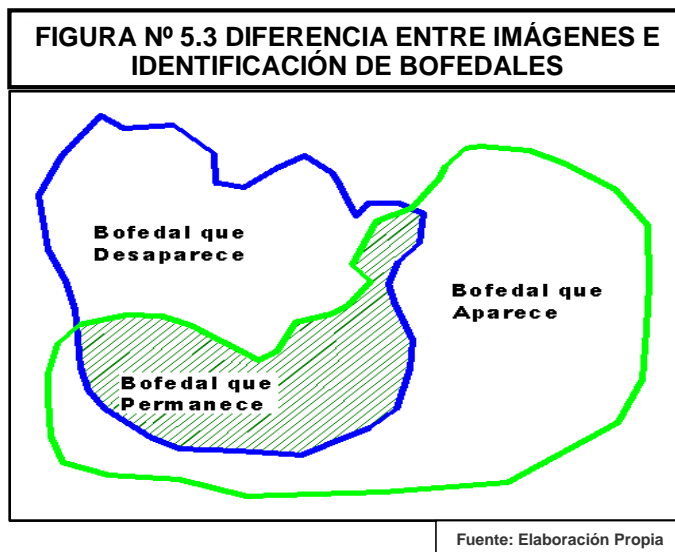
Los bofedales entre los años de 1994, 1999, 2004, 2008, 2010 y 2015 dentro de la Subcuenca Peñas, están identificados y cuantificados entre 4 o 5 años de intervalos, para ello utilizamos las herramientas de ArcGis con el Model Builder para poder procesar las imágenes entre dos imágenes, se observa en la Figura N°5.2 que las entradas de información raster presentan la forma de óvalos de color celeste.

El modelo tiene dos entradas de información que son las imágenes anteriormente procesadas del NDVI (ver índice 4.2.5), la imagen antigua corresponde al módulo **IMAGEN UNO** y la imagen más reciente corresponde al módulo **IMAGEN DOS** utilizamos el perímetro de la Subcuenca Peñas (Ver Figura 5.2), dando como resultado los polígonos de los bofedales según el intervalo de tiempo deseado, describiremos en el subsiguiente grafico las características de los bofedales según el lapso de tiempo transcurrido y su análisis espacial.



En el gráfico de la Figura Nº 5.3 con el color azul representa el bofedal identificado de más antigüedad y el de color verde claro es el bofedal identificado del año más reciente, el solapamiento de estos dos polígonos de diferentes años, hacen un área en común, esta área se la denomina “Bofedal que Permanece” que no cambió entre los años escogidos. El área identificada en el polígono azul y ya no aparece en el polígono de color verde claro (año más reciente), es el área de bofedal que se perdió, se lo denomina “Bofedal que Desaparece”, el área que observamos de color verde claro y no coincide con el polígono azul es el área donde el bofedal se desplazó o creció, esta área se la denomina “Bofedal que Aparece”.

Los bofedales según sus características físicas y su disponibilidad de agua durante el año, sufren cambios espaciales que podemos identificar y cuantificar dentro de nuestra área de estudio.



5.2.1 Cuantificación de cambios espaciales de los bofedales según la unidad fisiográfica

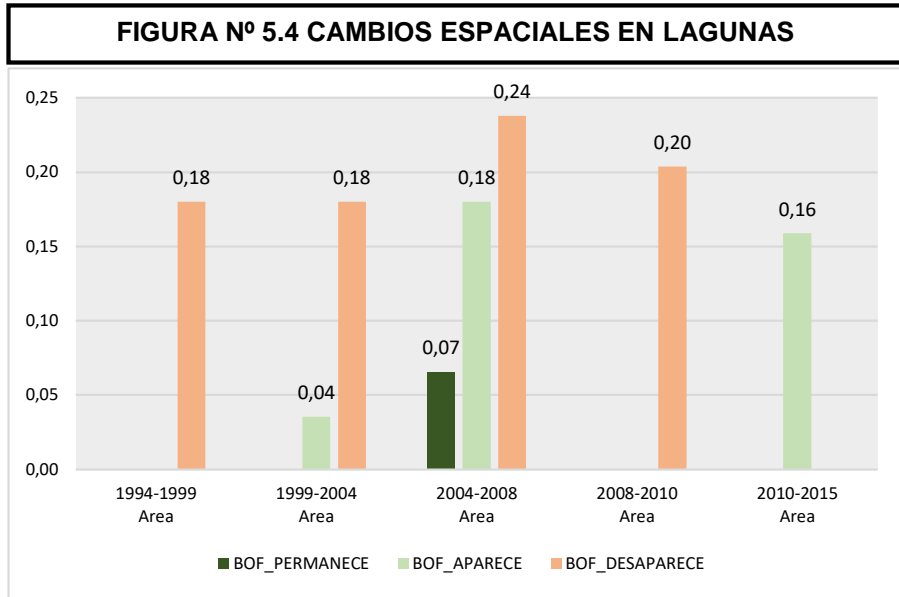
La fisiografía en el área de estudio, no sufre cambios drásticos o significativos en el tiempo, pero si el comportamiento de los bofedales es evidente, por ello se desglosa los cambios espaciales de los bofedales de acuerdo a las unidades fisiográficas identificadas en la subcuenca Peñas.

a) Unidad fisiográfica Laguna y sus cambios espaciales de los bofedales

Los bofedales dentro de estas unidades fisiográficas sufren cambios que no son tan significativos, debido a la escala de trabajo.

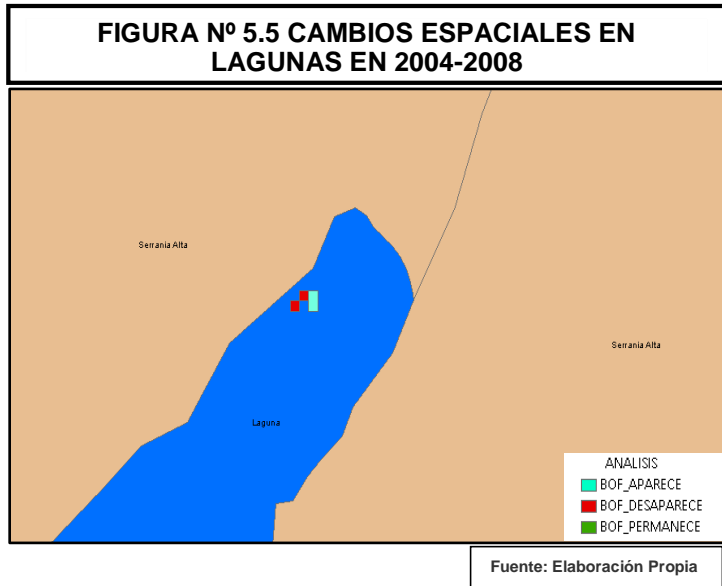
TABLA Nº5.10 CAMBIOS ESPACIALES EN LAGUNAS					
ANÁLISIS	1994-1999 Área (ha)	1999-2004 Área (ha)	2004-2008 Área (ha)	2008-2010 Área (ha)	2010-2015 Área (ha)
BOF_PERMANECE	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
BOF_APARECE	0,00	0,04	0,18	0,00	0,16
BOF_DESAPARECE	0,18	0,18	0,24	0,20	0,00

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Los cambios espaciales entre los años de 2004 y 2008 de los bofedales podemos observarlos en la Figura Nº5.5 dentro de la unidad Fisiográfica Laguna, estas unidades se ubican en la parte alta de la Subcuenca Peñas, se aclarar que existen dos lagunas dentro nuestra área de estudio y cuantificamos ambas en la tabla Nº5.10 y la observamos en la figura Nº 5.5.



Fuente: Elaboración Propia

b) Unidad fisiográfica Serranía Alta y sus cambios espaciales de los bofedales

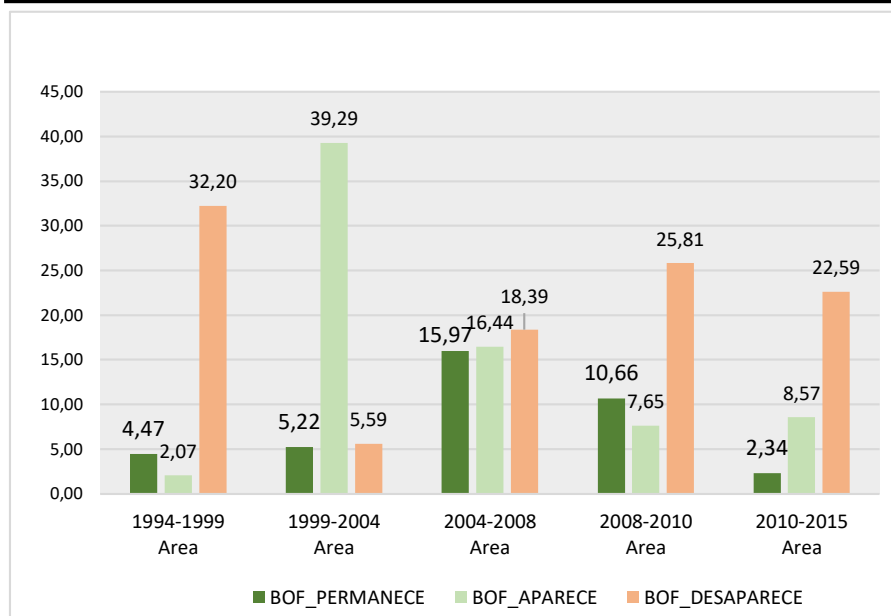
Los bofedales dentro de estas unidades fisiográficas sufren cambios de mayor grado entre los años de 1999 y 2004 donde aparecen los bofedales, mientras que entre los años 1994 - 1999 y 2008- 2010 existe mayor pérdida de los mismos.

TABLA Nº 5.11 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA ALTA

ANALISIS	1994-1999 Área (ha)	1999-2004 Área (ha)	2004-2008 Área (ha)	2008-2010 Área (ha)	2010-2015 Área (ha)
BOF_PERMANECE	4,47	5,22	15,97	10,66	2,34
BOF_APARECE	2,07	39,29	16,44	7,65	8,57
BOF_DESAPARECE	32,20	5,59	18,39	25,81	22,59

Fuente: Elaboración Propia

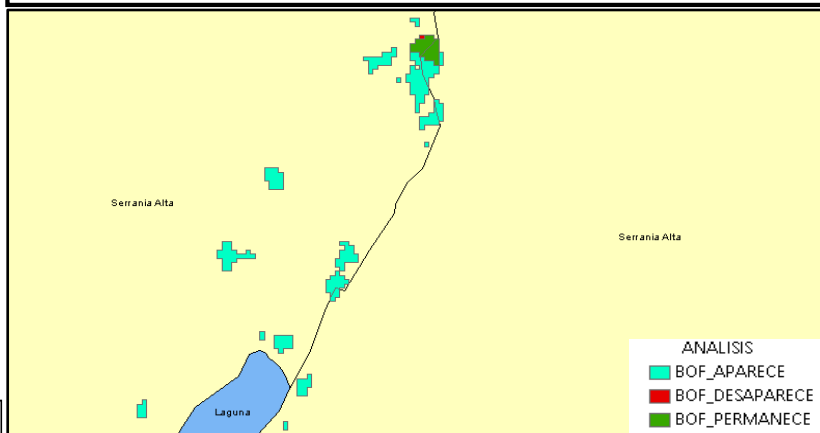
FIGURA Nº 5.6 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANIA ALTA



Fuente: Elaboración Propia

Los cambios espaciales entre los años de 1999 y 2004 de los bofedales podemos observarlos en la Figura Nº5.7 dentro de la unidad Fisiográfica de Serranía Alta.

FIGURA Nº 5.7 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA ALTA EN 1999-2004



Fuente: Elaboración Propia

c) Unidad fisiográfica Serranía Media y sus cambios espaciales de los bofedales

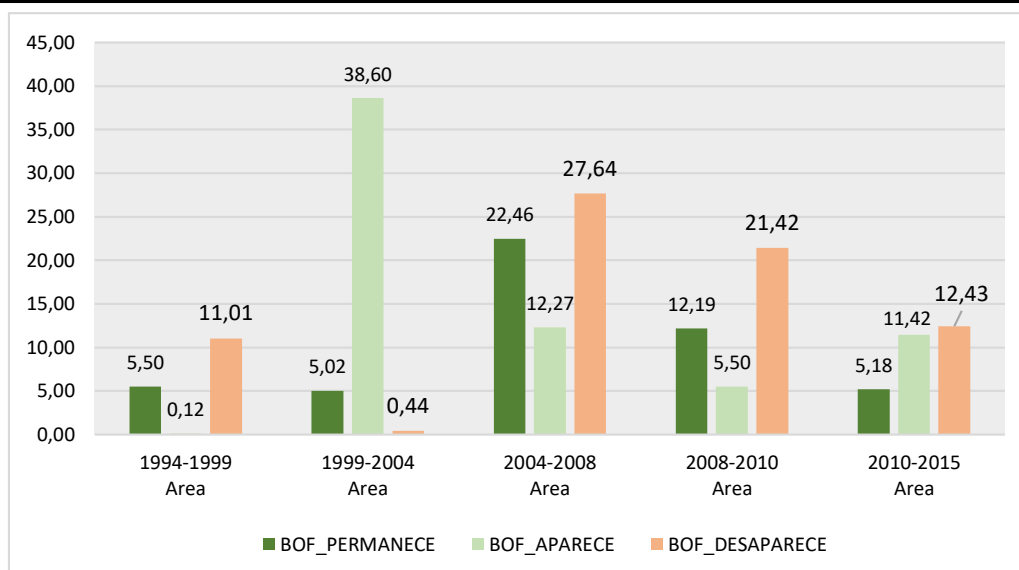
Los bofedales dentro de estas unidades fisiográficas, aparecen entre los años 1999 - 2004, mientras que en los años de 2008 - 2010 existe mayor pérdida.

TABLA Nº 5.12 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA MEDIA

ANALISIS	1994-1999 Área (ha)	1999-2004 Área (ha)	2004-2008 Área (ha)	2008-2010 Área (ha)	2010-2015 Área (ha)
BOF_PERMANECE	5,50	5,02	22,46	12,19	5,18
BOF_APARECE	0,12	38,60	12,27	5,50	11,42
BOF_DESAPARECE	11,01	0,44	27,64	21,42	12,43

Fuente: Elaboración Propia

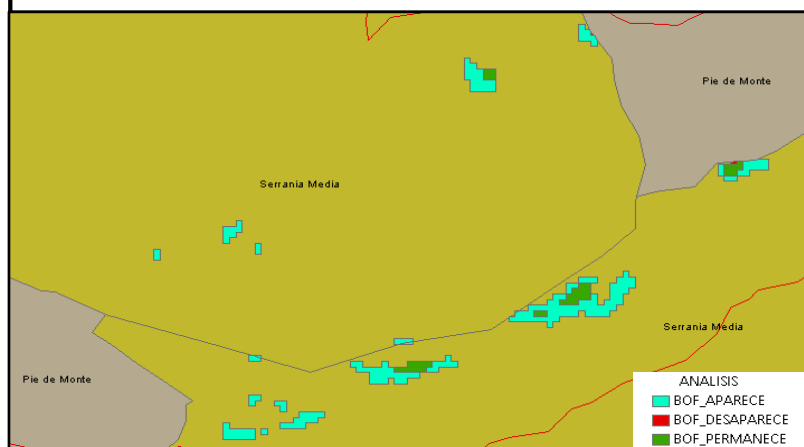
FIGURA Nº 5.8 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA MEDIA



Fuente: Elaboración Propia

Los cambios espaciales entre los años de 1999 y 2004 de los bofedales podemos observarlos en la Figura Nº5.9 dentro de la unidad fisiográfica de Serranía Media.

FIGURA Nº 5.9 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA MEDIA EN 1999-2004



Fuente: Elaboración Propia

d) Unidad fisiográfica Serranía Baja y sus cambios espaciales de los bofedales

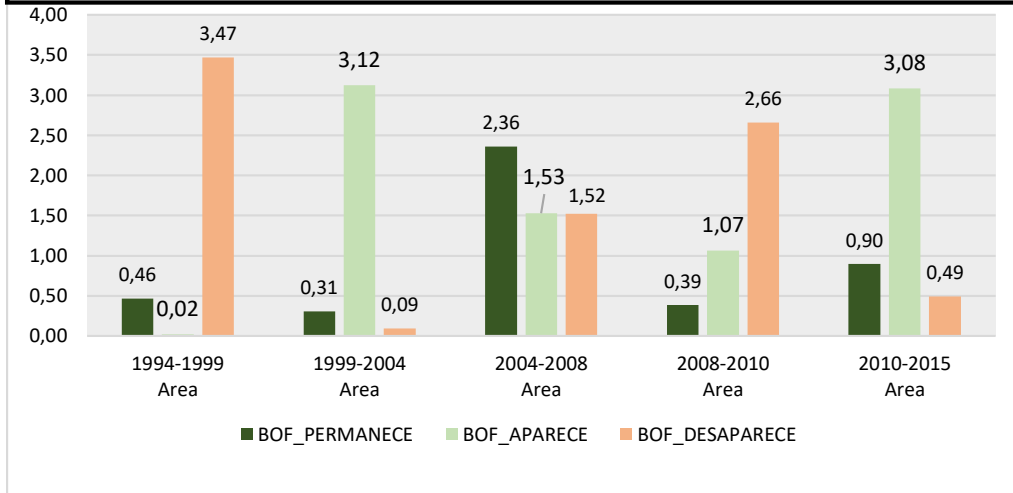
Los bofedales dentro de estas unidades fisiográficas aparecen entre los años de 1999 – 2004 y 2010 – 2015, mientras que en los años de 1994 - 1999 existe mayor pérdida.

TABLA N° 5.13 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA BAJA

ANALISIS	1994-1999 Área (ha)	1999-2004 Área (ha)	2004-2008 Área (ha)	2008-2010 Área (ha)	2010-2015 Área (ha)
BOF_PERMANECE	0,46	0,31	2,36	0,39	0,90
BOF_APARECE	0,02	3,12	1,53	1,07	3,08
BOF_DESAPARECE	3,47	0,09	1,52	2,66	0,49

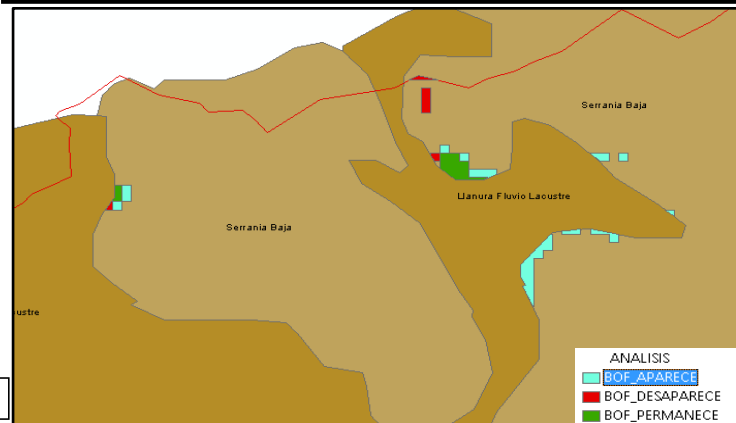
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.10 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA BAJA



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.11 CAMBIOS ESPACIALES EN SERRANÍA BAJA EN 2010-2015



Fuente: Elaboración Propia

Los cambios espaciales entre los años de 2010 y 2015 de los bofedales podemos observarlos en la Figura N°5.11 dentro de la unidad fisiográfica de Serranía Baja.

e) Unidad fisiográfica Pie de Monte y sus cambios espaciales de los bofedales

Los bofedales dentro de estas unidades fisiográficas desaparecen en mayor proporción entre los años 1994 – 1999, mientras que en los años 1999-2004 y 2010 – 2015 aparecen.

TABLA Nº 5.14 CAMBIOS ESPACIALES EN PIE DE MONTE					
ANALISIS	1994-1999 Área (ha)	1999-2004 Área (ha)	2004-2008 Área (ha)	2008-2010 Área (ha)	2010-2015 Área (ha)
BOF_PERMANECE	9,97	8,40	19,65	10,20	7,74
BOF_APARECE	0,45	22,67	11,33	5,82	22,60
BOF_DESAPARECE	24,77	1,92	25,36	20,66	8,12

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.12 CAMBIOS ESPACIALES EN PIE DE MONTE

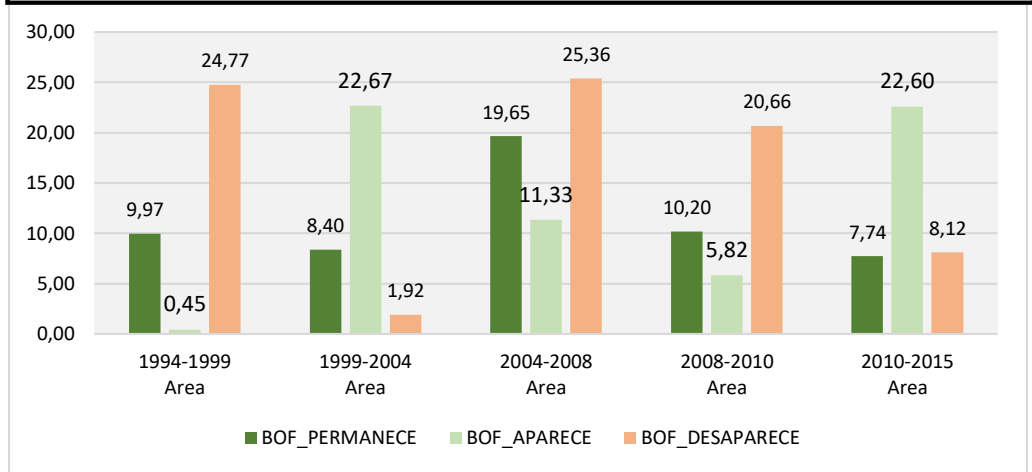
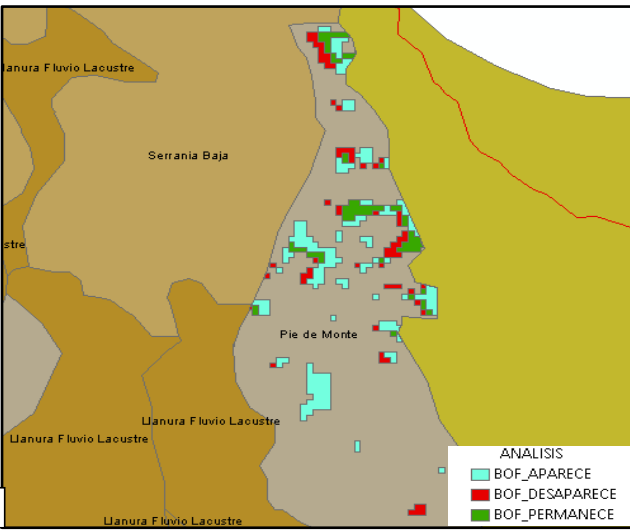


FIGURA Nº 5.13 CAMBIOS ESPACIALES EN PIE DE MONTE EN 2010-2015

Los cambios espaciales entre los años de 2010 y 2015 de los bofedales podemos observarlos en la Figura Nº5.13 dentro de la unidad Fisiográfica de Pie de Monte, estas se ubican en el extremo Norte de la Subcuenca Peñas, observando que existen aparición de bofedales para el año de 2015.



Fuente: Elaboración Propia

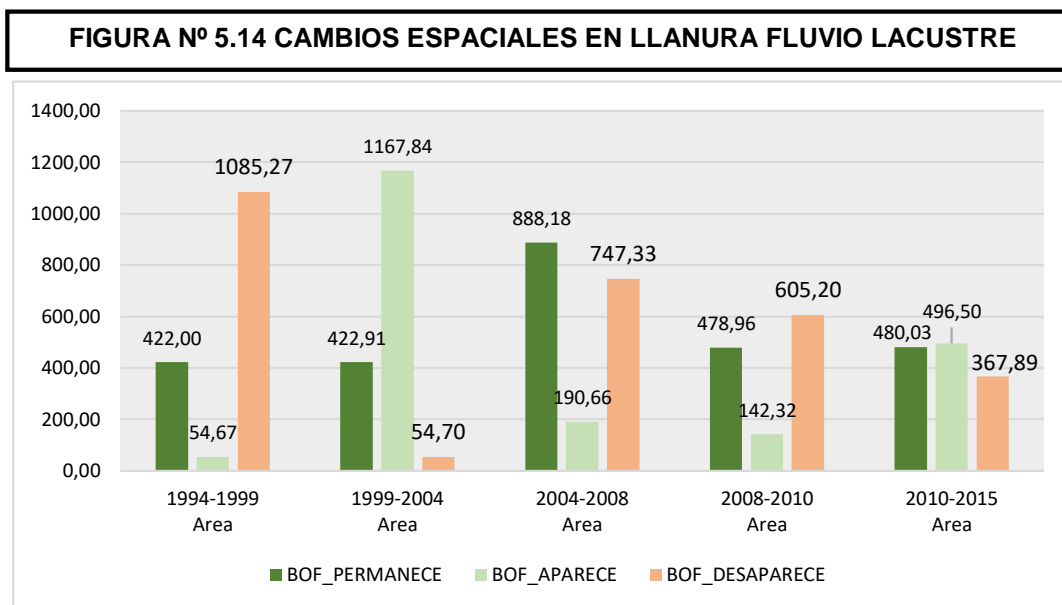
f) Unidad fisiográfica Llanura Fluvio Lacustre y sus cambios espaciales de los bofedales

Centramos la atención en las Llanuras Fluvio Lacustres por tener la mayor superficie de bofedales en la Subcuenca Peñas.

Los bofedales dentro de estas unidades fisiográficas entre los años de 1999 - 2004 aparecen, en los años de 1994 - 1999 existe mayor pérdida de bofedales.

TABLA Nº 5.15 CAMBIOS ESPACIALES EN LLANURA FLUVIO LACUSTRE					
ANALISIS	1994-1999 Área (ha)	1999-2004 Área (ha)	2004-2008 Área (ha)	2008-2010 Área (ha)	2010-2015 Área (ha)
BOF_PERMANECE	422,00	422,91	888,18	478,96	480,03
BOF_APARECE	54,67	1167,84	190,66	142,32	496,50
BOF_DESAPARECE	1085,27	54,70	747,33	605,20	367,89

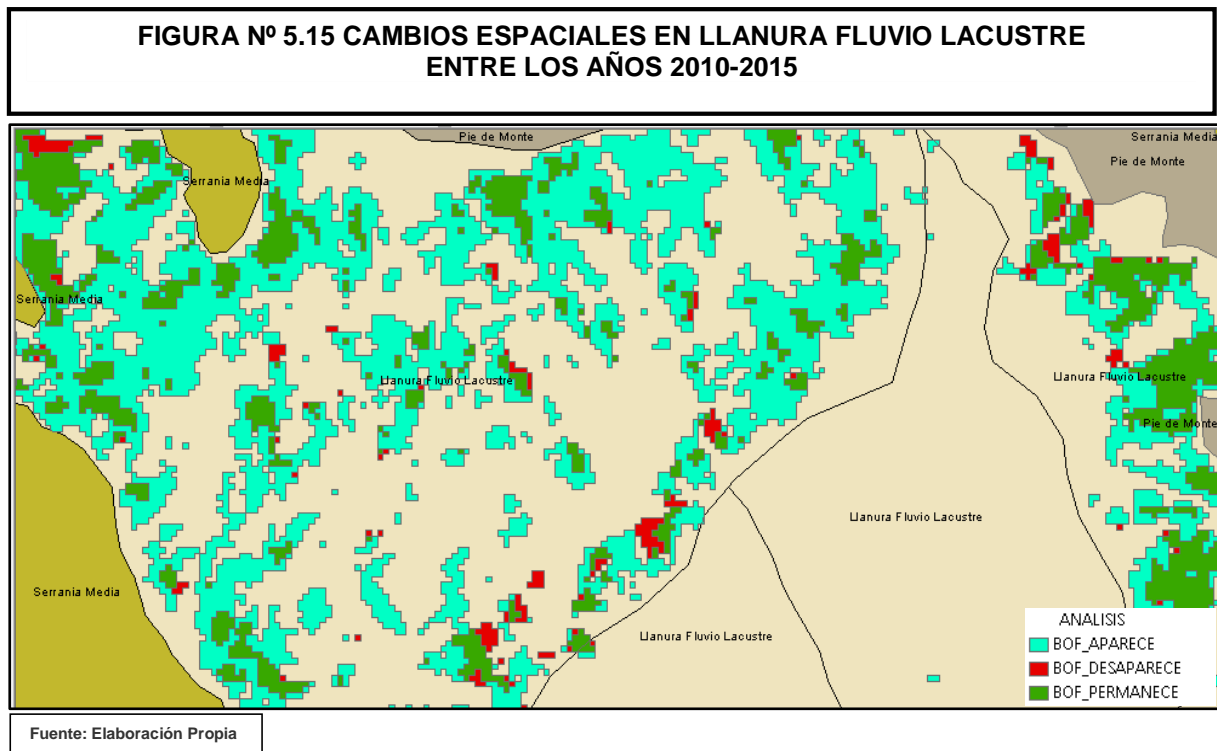
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración

Las Llanuras Fluvio Lacustres son las áreas donde se identifican con mayor intensidad los Bofedales ya que por su poca pendiente y por la provisión de agua del deshielo de la cordillera real próxima de la subcuenca, provocan la generación de áreas húmedas ocasionando la generación de los bofedales.

Podemos indicar que los bofedales entre los años 1994-1999 en la Llanura Fluvio Lacustre tubo mayor pérdida de bofedales; para el año 1999-2004 no existieron perdidas de superficie de bofedal relevantes, más bien se obtuvo mayor identificación de bofedales en las Llanuras Fluvio Lacustres; para el año 2004-2008, se obtuvo mayor permanencia de bofedales; para el año 2008-2010 no existe pérdida netas de bofedal, más bien se obtuvo mayor aparición de bofedales pero la diferencia es de carácter más corta de una superficie de 16ha (Hectáreas) lo que podemos indicar que la Llanura Fluvio Lacustre fue equilibrado los cambios espaciales de los bofedales por que se compensan la perdida y la aparición de los bofedales; para el año 2010-2015 no existe pérdida neta de bofedal, más bien se obtuvo mayor aparición de bofedales. (Ver Figura N°5.15)



5.2.2 Bofedales en la Subcuenca Peñas

Según la fisiografía de la cuenca de peñas y la identificación de los Bofedales en el sector entre los años de 1994 y 2015 se tiene la siguiente información representada en hectáreas según su correspondiente fisiografía en la tabla siguiente:

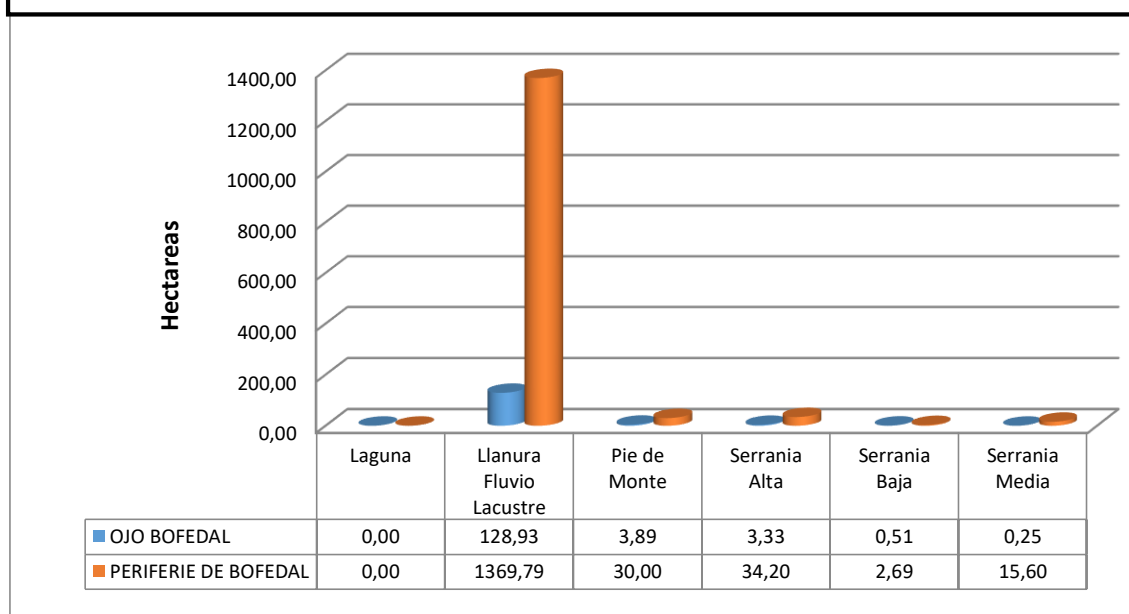
TABLA N° 5.16 CARACTERÍSTICAS DE LOS BOFEDALES DESDE 1994 HASTA 2015

	OJO BOFEDAL 1994	PERIFERIE BOFEDAL 1994	OJO BOFEDAL 1999	PERIFERIE BOFEDAL 1999	OJO BOFEDAL 2004	PERIFERIE BOFEDAL 2004	OJO BOFEDAL 2008	PERIFERIE BOFEDAL 2008	OJO BOFEDAL 2010	PERIFERIE BOFEDAL 2010	OJO BOFEDAL 2015	PERIFERIE BOFEDAL 2015
Laguna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,90	0,25	0,00	0,00	0,00	0,16
Llanura Fluvio Lacustre	128, 93	1369,79	16,10	468,55	196,03	1442,96	108,42	963,93	91,18	549,63	30,33	976,36
Pie de Monte	3,89	30,00	0,55	9,87	0,75	17,88	2,92	63,05	0,56	15,43	0,00	30,26
Serranía Alta	3,33	34,20	0,99	6,39	4,32	41,45	5,49	38,26	2,43	23,22	0,00	12,05
Serranía Baja	0,51	2,69	0,00	0,41	0,21	3,10	0,26	3,55	0,23	1,37	0,00	3,56
Serranía Media	0,25	15,60	0,09	6,48	3,57	44,20	3,50	30,46	0,72	16,91	0,00	16,60

Fuente: Elaboración Propia

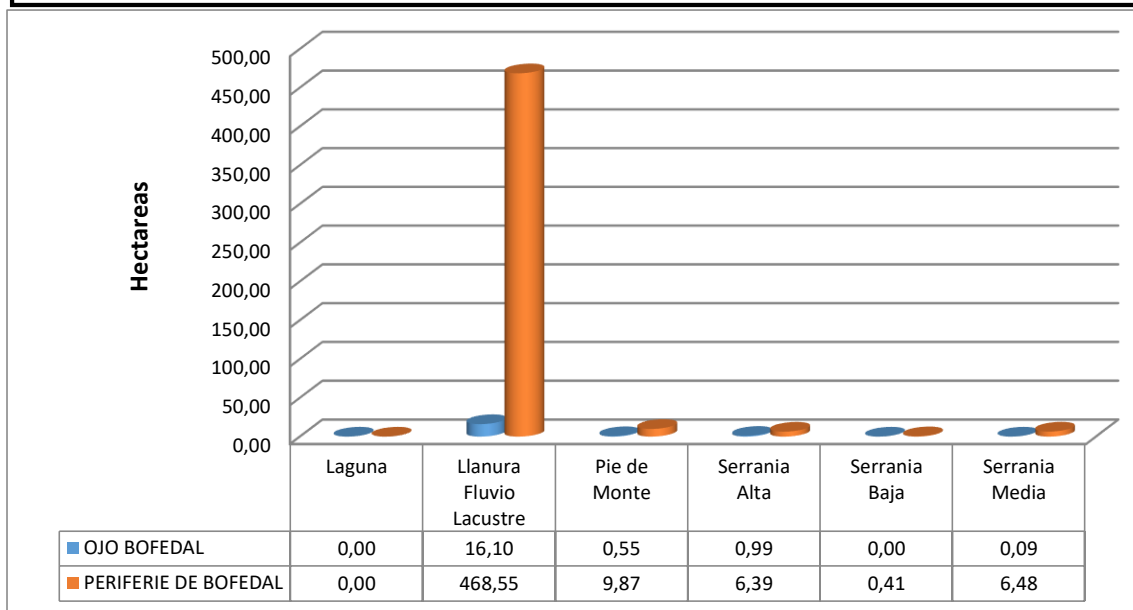
Como se tiene las tablas según los años se los representa a continuación gráficamente según cada año de observación.

FIGURA N° 5.16 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 1994



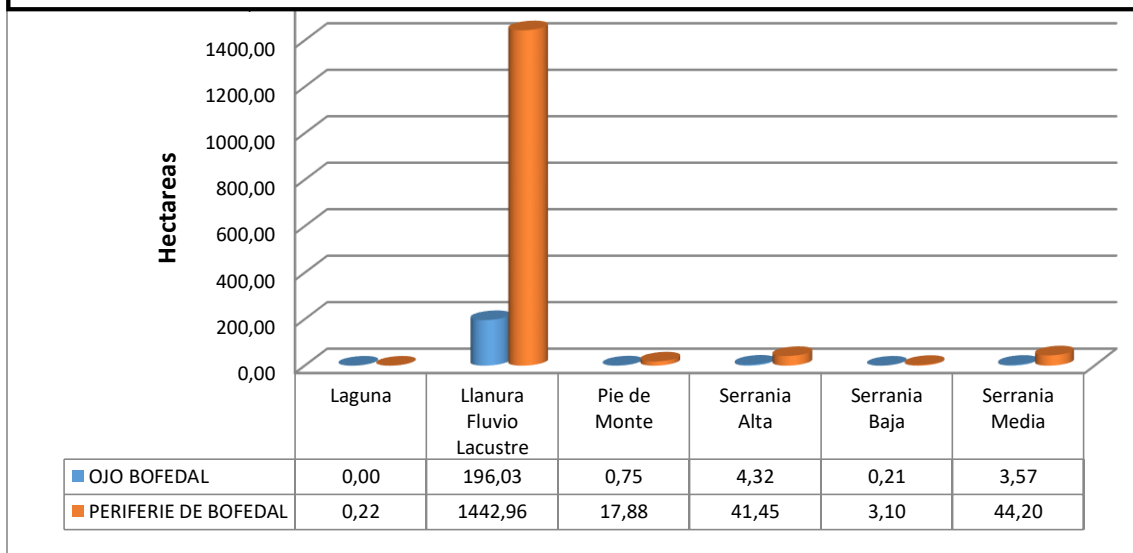
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.17 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 1999



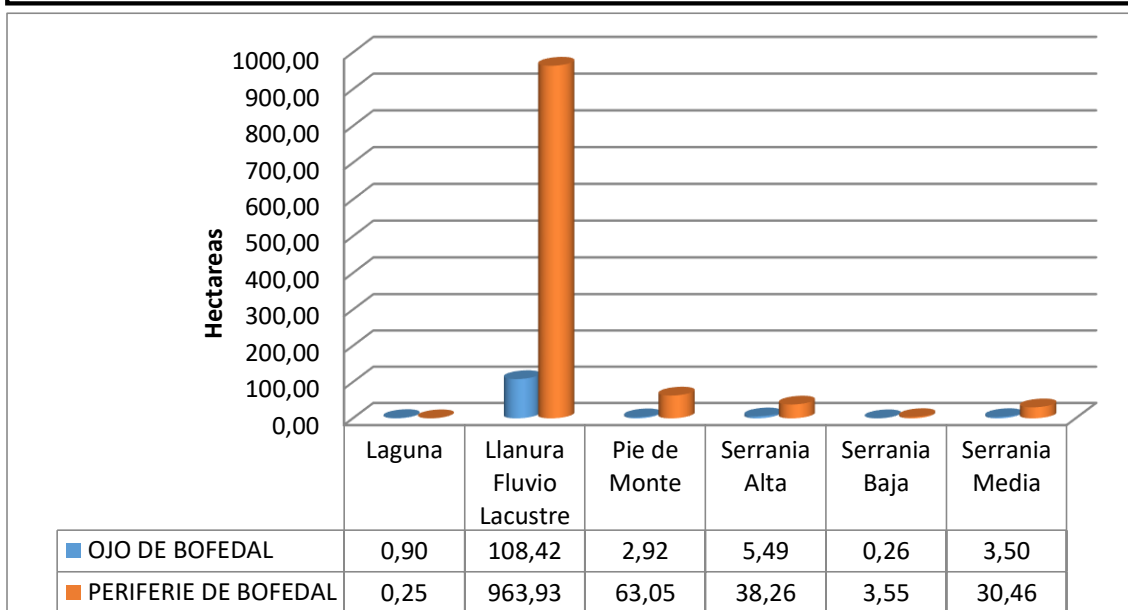
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.18 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2004



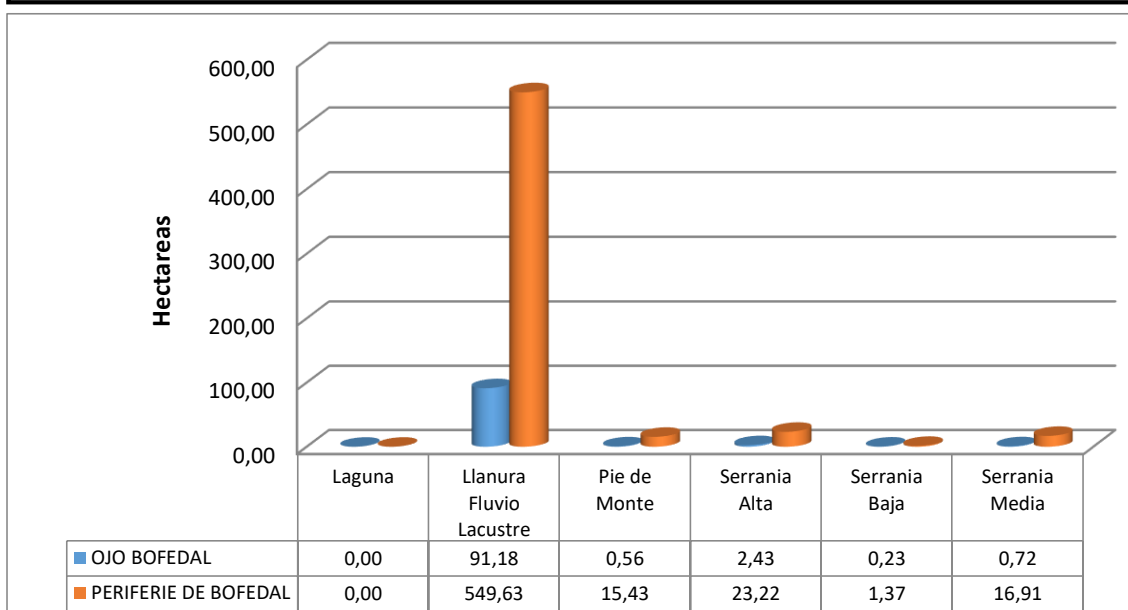
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.19 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2008



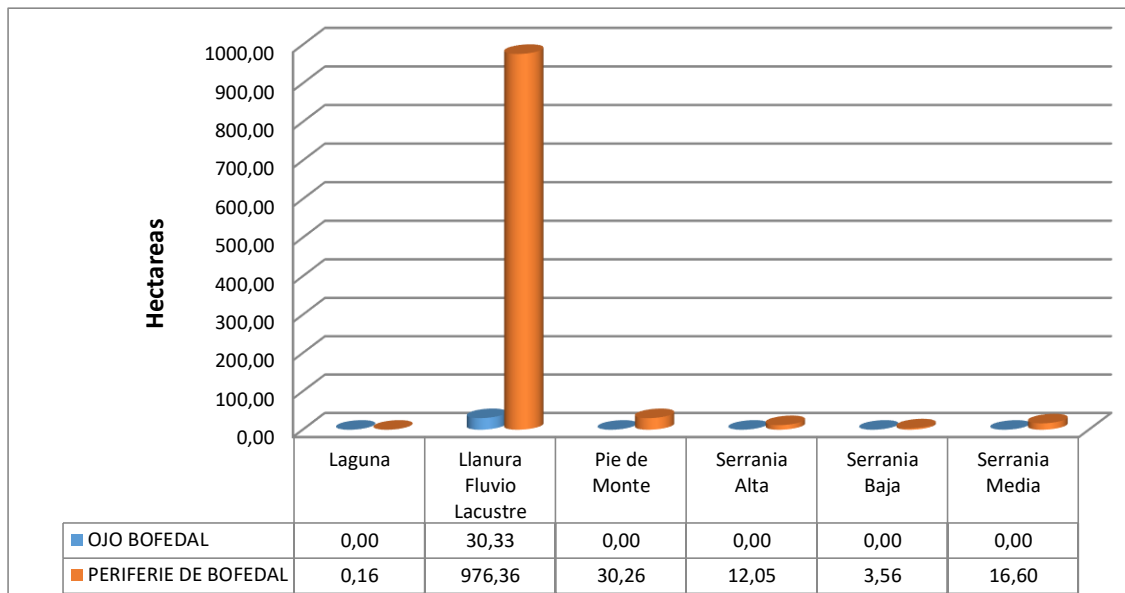
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.20 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2010



Fuente: Elaboración Propia

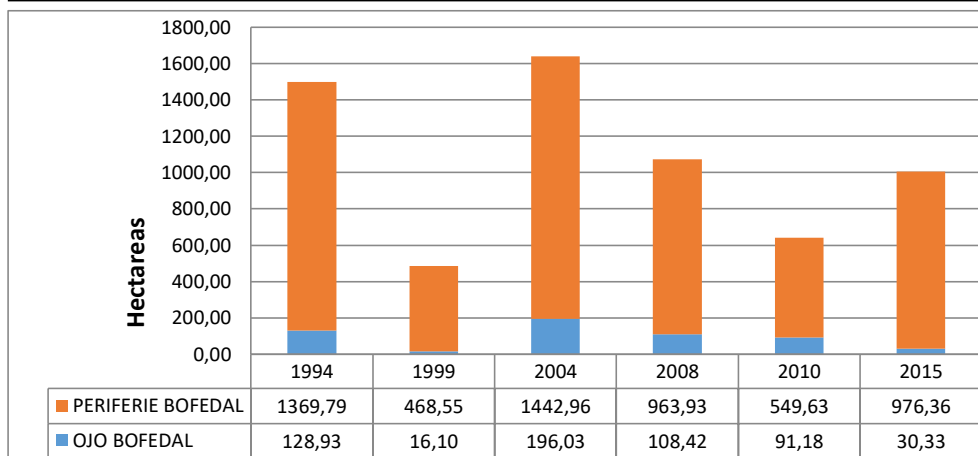
FIGURA Nº 5.21 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN 2015



Fuente: Elaboración Propia

Observamos como conclusión que los Bofedales se concentran en su mayoría en las llanuras fluvio lacustres debido a que estas presentan una pendiente baja, presenta flujo de aguas constante producto del deshielo de la cordillera lo que provoca sectores húmedos en nuestra área de estudio.

FIGURA Nº 5.22 CARACTERÍSTICAS DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE ENTRE LOS AÑOS DE 1994 HASTA 2015

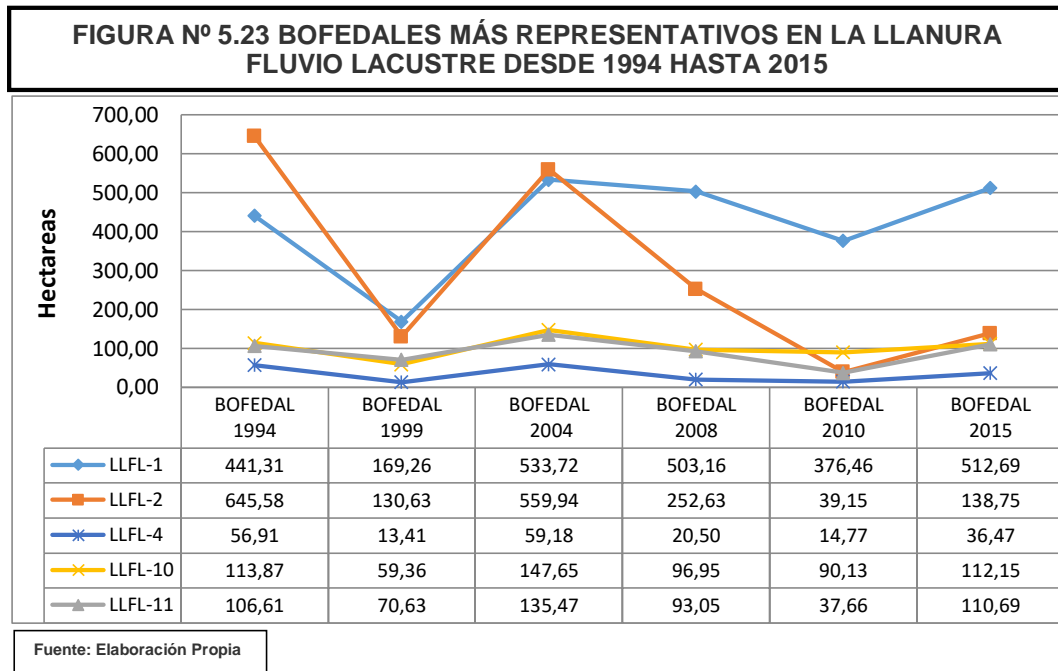


Fuente: Elaboración Propia

La existencia de bofedales se vio disminuida en el año de 1999 y en contra posición se identificó una mayor cantidad de extensión de bofedales en los años de 1994 y 2004.

5.2.3 Llanuras Fluvio Lacustres más características de la Subcuenca Peñas

Para este ejemplo se tienen las 5 unidades fisiográficas más representativas del sector de estudio.



Observamos que en el año de 1999 existió una disminución considerable en la identificación de los Bofedales y en el año de 2004 subió su superficie de los Bofedales

5.2.4 Proporción de los Bofedales entre los años 1994 hasta 2015

La proporción es la relación que existe entre el número de casos observados en un grupo particular de objetos con una característica y el total de objetos que poseen la característica.

LEYENDA

P = Proporción de bofedal
a = Bofedales
b = No bofedales

Fuente: Elaboración Propia

$$P = \frac{a}{b} * 100$$

Para ello se identificaron 5 áreas de unidad fisiográfica llanura fluvio lacustre, esta unidad tiene mayor presencia de bofedales y el uso es constante, realizando un contraste con el área de bofedal y área de la vegetación altoandina existente en la

unidad fisiográfica, tenemos lo siguiente: (Ver Tabla N°5.2, Tabla N°5.3, Tabla N°5.4, Tabla N°5.5, Tabla N°5.6 y Tabla N°5.7),

TABLA N° 5.17 BOFEDALES Y VEGETACIÓN ALTOANDINA EN LLANURAS FLUVIO LACUSTRES MÁS CARACTERÍSTICAS, DESDE 1994 HASTA 2015

SIMBOLO	BOFEDAL 1994	VEGETACIÓN ALTOANDINA 1994	BOFEDAL 1999	VEGETACIÓN ALTOANDINA 1999	BOFEDAL 2004	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2004
LLFL-1	441.31	584.06	169.26	631.52	533,72	531,48
LLFL-2	645.58	628.87	130.63	834.99	559,94	698,19
LLFL-4	56.91	202.70	13.41	124.01	59,18	233,53
LLFL-10	113.87	130.35	59.36	127.77	147,65	131,56
LLFL-11	106.61	167.76	70.63	120.35	135,47	151,37

SIMBOLO	BOFEDAL 2008	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2008	BOFEDAL 2010	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2010	BOFEDAL 2015	VEGETACIÓN ALTOANDINA 2015
LLFL-1	503,16	537,70	376,46	615,10	512,69	603,46
LLFL-2	252,63	884,89	39,15	821,19	138,75	1068,41
LLFL-4	20,50	206,67	14,77	142,63	36,47	347,57
LLFL-10	96,95	129,70	90,13	135,25	112,14	203,34
LLFL-11	93,05	154,86	37,66	118,58	110,69	213,40

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la fórmula de la Proporción obtenemos la siguiente tabla.

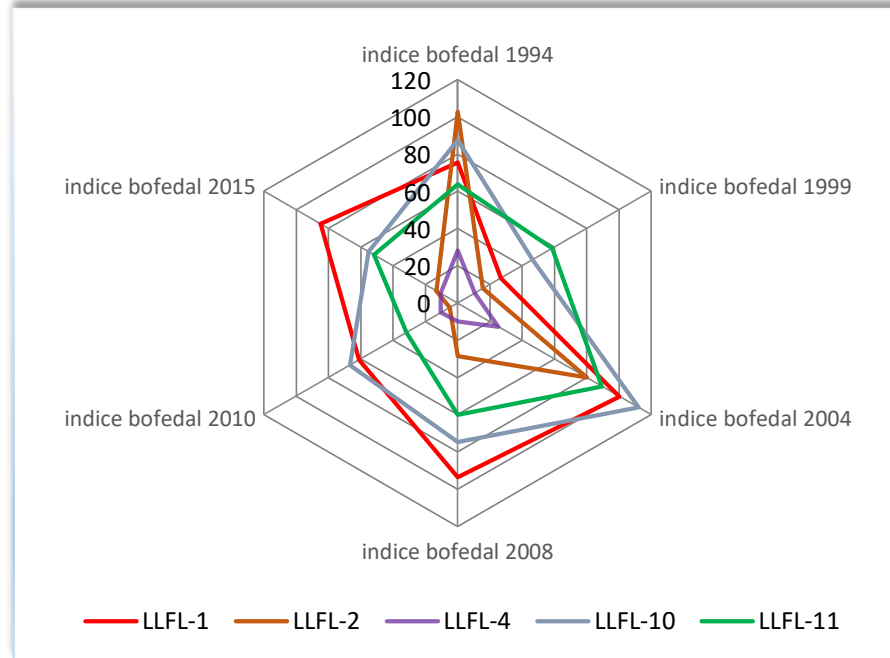
TABLA N° 5.18 ÍNDICE DE BOFEDAL EN LLANURAS FLUVIO LACUSTRES MÁS CARACTERÍSTICAS, DESDE 1994 HASTA 2015

SIMBOLO	ÍNDICE DE BOFEDAL 1994	ÍNDICE DE BOFEDAL 1999	ÍNDICE DE BOFEDAL 2004	ÍNDICE DE BOFEDAL 2008	ÍNDICE DE BOFEDAL 2010	ÍNDICE DE BOFEDAL 2015
LLFL-1	75,56	26,80	100,42	93,58	61,20	84,96
LLFL-2	102,66	15,64	80,20	28,55	4,77	12,99
LLFL-4	28,08	10,81	25,34	9,92	10,35	10,49
LLFL-10	87,36	46,46	112,23	74,75	66,64	55,15
LLFL-11	63,55	58,69	89,49	60,09	31,76	51,87

Fuente: Elaboración Propia

Esto representa que en la Llanura Fluvio Lacustre – 1 (LLFL-1) en el año de 1994, se identifica que por cada 75.08 hectáreas de bofedales existe 100 hectáreas de no bofedales o vegetación alto andina. Esta aseveración se lo realiza por cada una de las 5 unidades fisiográficas más representativas de la Subcuenca Peñas y por los 5 años de observaciones que se realizaron, es representada en la siguiente figura.

FIGURA N° 5.24 ÍNDICE DE BOFEDALES MÁS REPRESENTATIVOS EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE DESDE 1994 HASTA 2015



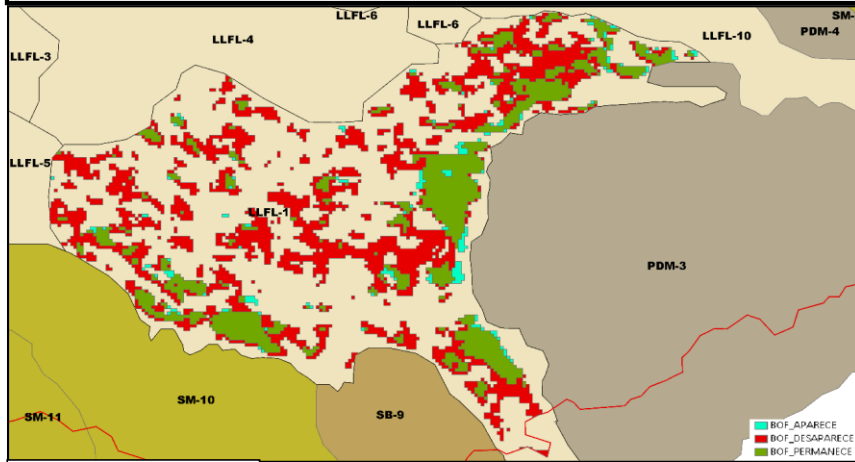
Fuente: Elaboración Propia

El Índice de bofedales muestra que en los años de 1994 hasta 2015, existe crecimiento y decrecimiento en superficie, reflejando una mayor superficie en las Unidades Fisiográficas de LLFL-1 y LLFL-10.

5.2.5 Llanura Fluvio Lacustre - 1 y sus cambios espaciales

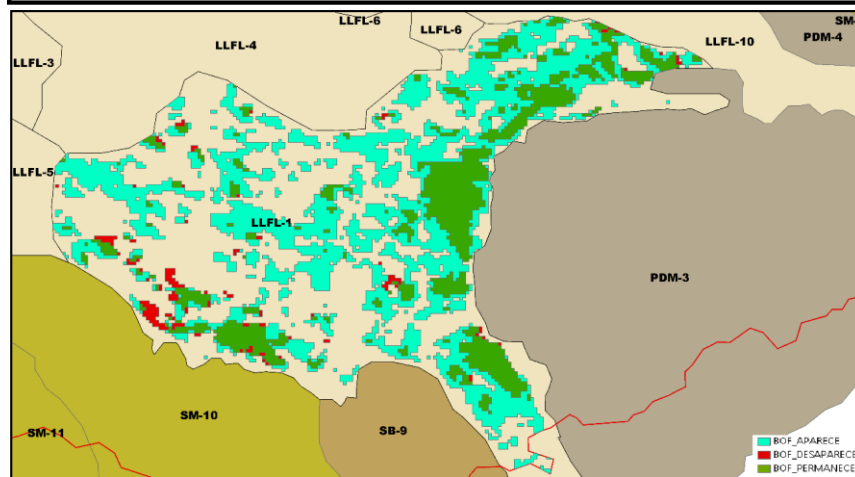
Según las características anteriormente figura N°5.24, la unidad fisiográfica más representativa de la Subcuenca Peñas es la Llanura Fluvio Lacustre – 1 (LLFL-1), teniendo pérdidas en el periodo 1994 – 1999 y una clara permanencia de los bofedales en el periodo 2004 – 2008. Figura N° 5.25, Figura N° 5.26, Figura N° 5.27, Figura N° 5.28 y Figura N° 5.29.

FIGURA Nº 5.25 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 1994 HASTA 1999



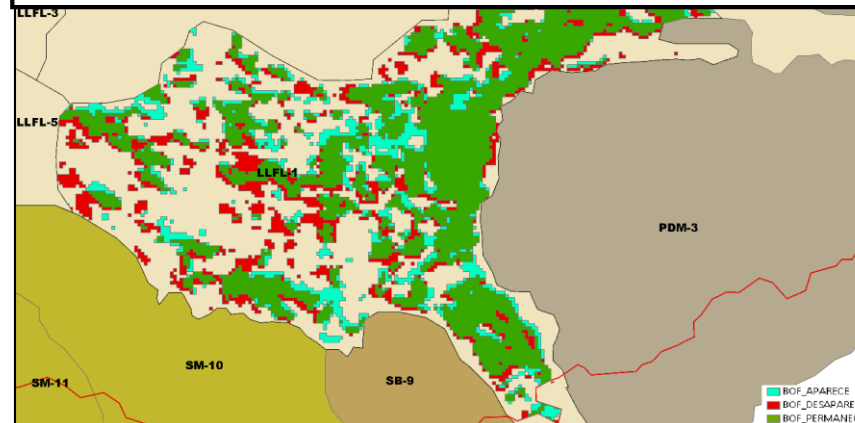
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.26 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 1999 HASTA 2004



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.27 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 2004 HASTA 2008



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 5.28 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 2008 HASTA 2010

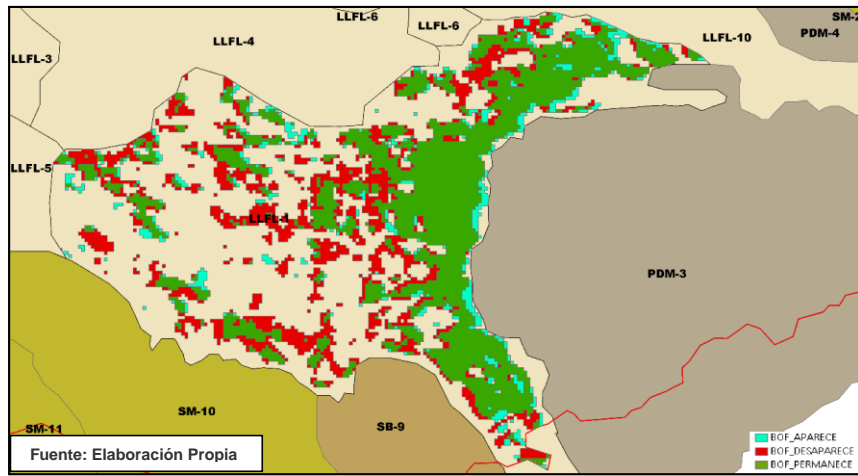
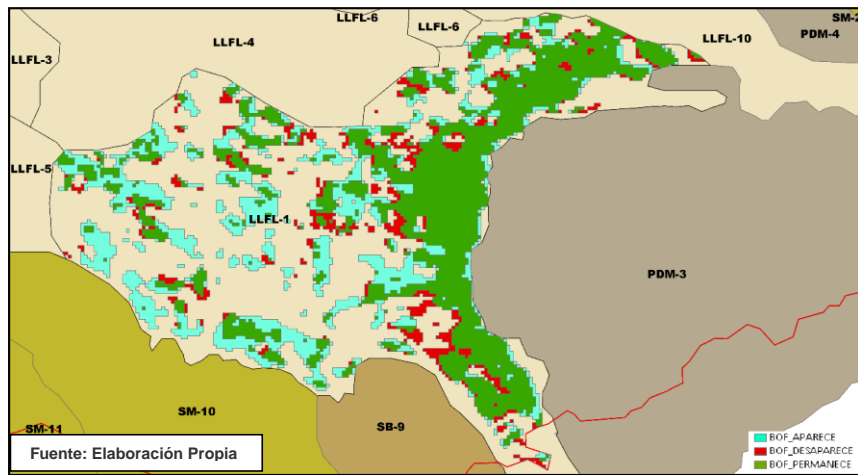


FIGURA Nº 5.29 CAMBIOS ESPACIALES DE BOFEDALES EN LA LLANURA FLUVIO LACUSTRE UNO DESDE 2010 HASTA 2015



Podemos observar también que estos cambios espaciales de pérdida de superficie de bofedales ocurren entre los años de 1994 a 1999 (ver figura 5.25), coincide de gran manera con la intensidad que se presentó el fenómeno del Niño en nuestro país, como lo corrobora en la figura N° 5.19

TABLA N° 5.19 EFECTO DEL FENÓMENO EL NIÑO SOBRE BOLIVIA EN LAS DOS ÚLTIMAS DECADAS		
Año	Intensidad	Características
1982-83	Muy fuerte	Precipitaciones y sequías fuertes
1987	Débil	Precipitaciones y sequías débiles
1991-92	Débil	Precipitaciones y sequías débiles
1993-96	-	Sin presencia
1997-98	Fuerte	Precipitación moderada y sequía fuerte

Fuente: Maldonado, Calle Huaynoca, Rocha, SENAMHI, Diagnóstico del Fenómeno El Niño 1997-98

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La población de la Subcuenca Peñas reconoce al Bofedal con la palabra Aymara “Juqhu”, el uso mayor que le dan es para el pastoreo ganado, no se pudo realizar el llenado de más encuestas en la población por la desconfianza de la gente a personas ajenas al sector.

El método Pfasterer permitió obtener el perímetro del área de estudio utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica, con el Software ArcGis.

Las unidades fisiográficas identificadas y delimitadas dentro de la Subcuenca Peñas son las siguientes Llanura Fluvio Lacustre, Pie de Monte, Serranía Baja, Serranía Media y Serranía Alta (ver Mapa Fisiográfico).

Con la utilización del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) aplicada a las imágenes Landsat, permitió identificar a los Bofedales, entre los Niveles Digitales (ND) 0.3 hasta 0.5, (ver Tabla N°4.4).

La mayor concentración de Bofedales de la subcuenca Peñas está en la Unidad Fisiográfica Fluvio Lacustre (Ver Tabla N°5.8), Los cambios espaciales en los bofedales son más notorios, teniendo pérdida entre los años 1994 a 1999, y mayores ganancias en el periodo de 1999 a 2004, (Ver Figura N°5.14)

Se cuantificó las áreas de los bofedales según los años de 1994, 1999, 2004, 2008, 2010 y 2015 que se observa en la Figura N°5.1, donde en el año de 1999 fue menor con una superficie de 509.43 ha y en el año 2004 aumenta una superficie de 1754.69 ha.

6.2 RECOMENDACIONES

Para evitar la pérdida de bofedales en la Subcuenca Peñas se debe monitorear y realizar un estudio climático multitemporal de la región, con el fin de predecir la intensidad del fenómeno climático del niño y poder formular medidas de contingencias en estas áreas, de esta manera la magnitud de afectación no sea severa, y que el ecosistema circundante de los bofedales pueda subsistir y recuperarse en tiempos de precipitación.

El uso de los bofedales deberá ser controlada, destinándose ciertas zonas para ese fin y observando que se tiene una tendencia a disminuir los bofedales en el transcurso del tiempo, (ver Figura N°5.1).

Realizar propuestas de manejo Integral en la Subcuenca Peñas, para un desarrollo sostenible entre la actividad antrópica y el ecosistema circundante de los bofedales.

Realizar estudios en el manejo y gestión del recurso hídrico para riego a través de los Sistemas de Información Geográfica, en los bofedales identificados en el presente proyecto.

Realizar estudios de Planificación Territorial y Ordenamiento Territorial en la Subcuenca Peñas, con el fin de enmarcar políticas de aprovechamiento y conservación de los bofedales en los municipios de Achacachi, Huarina, Batallas y Guanay.

Al ser los bofedales un recurso natural hídrico importante, se recomienda realizar una socialización sobre la temática de los Bofedales, en su uso, aprovechamiento y conservación a los pobladores del área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Alzerreca A., H. y otros, 2001. *Características y Distribucion de los Bofedales en el Ambito Boliviano*, La Paz -Bolivia: s.n.

Alzerreca, H. y otros, 2001. *Características y distribucion de los bofedales en el ambito boliviano del sistema T.D.P.S.*. La Paz, Bolivia: s.n.

Anon., 1992. *Ley de Medio Ambiente 1333*. La Paz(Murillo): s.n.

Arozarena Villar, A., 2008. *Teledeteccion y Sistemas de Tratamiento Digital de Imágenes*. s.l.:s.n.

Autonomia, M. d., 2011. *Division politico Administrativa del Estado Plurinacional de Bolivia*, La Paz: s.n.

Bahamondes C., Rafael; Gaete C., Nelba;, 2009. *Manejo de Cuencas Hidrograficas*. Temuco, Chile: s.n.

Bahamondes C., R. & Gaete ., N., 2009. *Manejo de Cuencas Hidrograficas*. Temuco: CONAF.

Brown, C. & Harder, C., 2016. *The ArcGIS Imagery Book*. Redland-California: s.n.

Cárdenas, M. & Encina, G., 2005. *Gestión Sustentable de Bofedales del Salar del Huaso*. Santiago-Chile: Centro de Estudios para el Desarrollo, CED.

Chuvieco, E., 1996. *Fundamentos de Teledeteccion Espacial*. Madrid: Ediciones Rialp SA Madrid.

Crespo, Á., Van Damme, P. V. & Zapata, M., 2008. *Clasificación de Cuencas de Bolivia según la metodología de Pfafstetter*, Cochabamba: Asociación FAUNAGUA,.

España-UNESCO, I. d. H. d., 1981. *Metodos de Calculo del Balance Hidrico Guia internacional de Investigacion y Metodos*. Madrid-España: UNESCO.

Garcia, E. & Lleellish, M., 2012. Cartografiado de bofedales usando imagenes de satelite Landsat en una cuenca altoandina del Perú. *Asociacion Española de Teledetección* 38,92-108, p. 93.

Garcia, E. & Lleellish, M., 2012. Cartografiado de bofedales usando imagenes de satelite Landsat en una cuenca altoandina del Peru. *Asociacion Española de Teledetección*, p. 93.

I. N. d. E., 2015. *Características de Población - Bolivia*. La Paz: INE.

Maldonado, M., Navarro, G., Acosta, F. & Ferreira, W., 2014. *Clasificación y regeonalización de los humedales del sistema TDPS*. Cochabamba, Bolivia: UICN–Mario Aguirre; IRD–Marc Pouilly, Xavier Lazzaro & DavidPoint.

Ministerio de Agricultura Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2007. *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrograficas del Perú*, Lima: s.n.

Montes de Oca, I., 2005. *Enciclopedia Geográfica de Bolivia*. La Paz, Bolivia: Editora Atenea SRL.

Navarro, G. & Maldonado, M., 2006. *Geografía Ecológica de Bolivia, Vegetación y Ambientes Acuáticos*. Cochabamba: Centro de Ecología Simón I. Patiño-Departamento de Difusión.

Parimbelli, M. H., 2005. Tutorial Multispec. Calculo de NDVI. En: *Tutorial Multispec*. Buenos Aires, Argentina: Universidad CAECE, p. 2.

Proyecto MAPA, 2014. *Proyecto MAPA - MAIMPO: PLAN DE ADAPTACION*. [En línea]

Available at: <http://www.maipoadaptacion.cl>

Ribera, M., 1992. Conservacion de la Biodiversidad Biologicas. En: La Paz: M.Marconi, pp. 9-72.

SIGMUR Universidad de Murcia, 2006. *SIGMUR*. [En línea]

Available at: <http://www.um.es/geograf/sigmur/>

Silva, D. J. L. B., 2008. *MAPPING INTERACTIVO*, *Revista internacional de Ciencias de la Tierra*. [En línea]
Available at: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=520#0

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016. *www.senamhi.gob.bo*. [En línea].

Vicepresidencia del estado plurinacional, B., 2017. *GeoBolivia*. [En línea]
Available at:
<http://geo.gob.bo/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/94fadeff-bb70-46b3-9418-78ccd7a787db>.