

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Relación de la humedad de suelo con el índice de
agua y vegetación de los bofedales altoandinos
de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2017.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO,
ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. MARCATOMA TUMBALOBOS, Enrique

ASESOR:

Dr. PORTAL QUICANA, Edwin

AYACUCHO - PERÚ

2023

Le dedico a Dios, por guiarme cada momento.
A mis padres, Juana y Guillermo.
A mis hermanos, María Olinda, Nataly, Efraín y
Rosalinda.
A ellos mi gran amor y agradecimiento infinito.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por permitir ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro de la Facultad de Ciencias Biológicas que hizo parte de este proceso de formación integral.

Al proyecto FOCAM “Bofedales altoandinos y la capacidad de carga animal alpaca en relación a las variables edafo hidrológicas en la Microcuenca de Apacheta. Ayacucho”.

A mis asesores Dr. Edwin Portal Quicaña, Mg. Wilmer Enrique Moncada Sosa y al Mg. Renato Soca Flores por los valiosos aportes a mi trabajo.

A mis padres Juana Tumbalobos Cabana, Guillermo Marcatoma Ccayo, a mis hermanos y familiares más cercanos, quienes se esforzaron por mi educación y me apoyan incondicionalmente.

Agradezco a mis queridos amigos, Roseli Omonte y Jeyson Bautista, quienes me alentaron para poder salir adelante y superar los obstáculos, que nunca faltan.

A todas aquellas personas que de algún modo u otro colaboraron para que pudiera realizar este trabajo y no pude lograr mencionarlos.

A todos muchas gracias y que Dios les bendiga.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	4
2.2.1. Bofedal altoandino	4
2.2.2. Humedad del suelo	4
2.2.3. Índice de Diferencia Normalizado de Vegetación	4
2.2.4. Índice de Diferencia Normalizado de Agua (NDWI)	4
2.3. Bases teóricas	4
2.3.1. Humedales	4
2.3.2. Humedales altoandinos	5
2.3.3. Bofedales	5
2.3.4. Características generales de los bofedales	6
2.3.5. Esquema fitotopográfico de las comunidades vegetales	7
2.3.6. Contenido de humedad de los bofedales	7
2.3.7. Importancia de los bofedales	8
2.3.8. Sistema de Información geográfica (SIG)	8
2.3.9. Teledetección satelital (sensoramiento remoto)	9
2.3.10. Componentes del sistema de teledetección espacial	9
2.3.11. El espectro electromagnético	10
2.3.12. Proyecto Landsat	12
2.3.13. Imágenes satelitales	13
2.3.14. Características básicas de los sensores remotos	14
2.3.15. Preprocesamiento de las imágenes satelitales	16
2.3.16. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	16
2.3.17. Características espectrales de la vegetación	17
2.3.18. Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI)	18
2.4. Marco legal	19

III.	MATERIALES Y METODOS	21
3.1.	Área de estudio y datos empleados	21
3.1.1.	Ubicación del área de estudio	21
3.1.2.	Ubicación geográfica	21
3.2.	Población y muestra	23
3.2.1.	Población	23
3.2.2.	Muestra	23
3.2.3.	Diseño de muestreo	23
3.3.	Recolección de datos <i>in-situ</i>	23
3.3.1.	Identificación y georreferenciación de los bofedales	23
3.3.2.	Determinación de la humedad del suelo del bofedal por época	23
3.3.3.	Determinación de la humedad superficial del bofedal	24
3.4.	Determinación del índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI) y del Índice de diferencia normalizada de agua (NDWI)	24
3.4.1.	Descarga de imágenes satelitales	25
3.4.2.	Modelo de Elevación Digital (DEM)	26
3.4.3.	Preprocesamiento de las imágenes satelitales Landsat 8 OLI-TIRS	26
3.5.	Procedimiento para determinar la presencia de Vegetación mediante el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI)	27
3.6.	Procedimiento para determinar la humedad mediante el Índice de Diferencia Normalizada de agua (NDWI)	28
3.7.	Clasificación de rangos para NDWI y dinámica del área de la humedad desde 1985 a 2020	29
3.8.	Extracción de los valores de NDVI y NDWI a partir de los puntos muestreados en la obtención de los datos de humedad gravimétrica <i>in-situ</i>	30
3.9.	Determinación de forma, área y pendiente de los bofedales	30
3.10.	Generación de mapa temático de bofedales	30
3.11.	Análisis estadísticos	30
3.12.	Análisis de datos	31
IV.	RESULTADOS	33
V.	DISCUSIÓN	47
VI.	CONCLUSIONES	55
VII.	RECOMENDACIONES	57
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Definición de Sistemas de Información Geográfica.	8
Tabla 2. Componentes de un sistema de teledetección.	9
Tabla 3. Regiones espectrales utilizadas para teledetección.	11
Tabla 4. Fecha de lanzamiento y descripción de los diferentes satélites de la misión Landsat.	12
Tabla 5. Resolución de un sistema sensor.	14
Tabla 6. Resolución radiométrica, espacial y temporal de los satélites Landsat.	15
Tabla 7. Rangos de clasificación índice NDVI según Olivio (2017).	17
Tabla 8. Normatividad sobre la conservación de humedales y bofedales.	19
Tabla 9. Ubicación política de los 5 bofedales de la Microcuenca- Apacheta.	21
Tabla 10. Coordenadas de los 5 bofedales de la microcuenca de Apacheta.	23
Tabla 11. Datos de imágenes Landsat de los sensores OLI-TIRS, de la escena Path 06 / Row 69.	26
Tabla 12. Rangos de clasificación índice NDVI mejorado de Olivio (2017).	28
Tabla 13. Clasificación de rangos del índice normalizado de agua (NDWI).	29
Tabla 14. Rangos de clasificación de NDWI a partir de los valores de la tabla 12.	30
Tabla 15. Características morfológicas del bofedal: Humedad de suelo, forma, área y pendiente de los 5 bofedales muestreados, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Perfil de comunidades vegetales del bofedal.	7
Figura 2. Componentes de un sistema de teledetección.	10
Figura 3. Espectro electromagnético con la franja de luz visible e infrarrojo.	11
Figura 4. Características de una imagen digital.	13
Figura 5. Características de las distintas coberturas terrestres según su resolución espacial, Imagen Landsat 5 TM de píxel de 30m y QuickBird de píxel de 1m.	14
Figura 6. Firmas espectrales de coberturas típicas de la superficie terrestre.	15
Figura 7. Patrón de firmas espectrales de la vegetación.	18
Figura 8. Mapa de ubicación de los bofedales y de los puntos de muestreo de suelo durante la época húmeda y seca de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta.	22
Figura 9. Flujograma del proceso metodológico del trabajo de campo y el mapeo de bofedales, con imágenes Landsat.	25
Figura 10. Obtención del NDVI en la imagen Landsat 8 (23 de agosto de 2017), Microcuenca-Apacheta.	27
Figura 11. Obtención del NDWI en la imagen Landsat 8 (23 de agosto de 2017), Microcuenca-Apacheta.	29
Figura 12. Diagrama de cajas y bigotes de la humedad del suelo según las épocas de evaluación de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.	35
Figura 13. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los valores de humedad del suelo en los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara – Pilpichaca – Huancavelica y Paras – Cangallo – Ayacucho, 2017.	36
Figura 14. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación del NDVI según las épocas de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.	37
Figura 15. Diagrama de cajas y bigotes de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de valores de NDVI en los bofedales	38

- evaluados de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.
- Figura 16. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los valores de NDWI en las dos épocas de los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017. 39
- Figura 17. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de valores de NDWI en los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017. 40
- Figura 18. Relación de la humedad del suelo con respecto al NDVI de los 5 bofedales durante la época húmeda, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017. 41
- Figura 19. Relación de la humedad del suelo con respecto al NDVI de los 5 bofedales durante la época seca, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017. 42
- Figura 20. Relación de la humedad de suelo con respecto al NDWI de los 5 bofedales durante la época húmeda, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017. 43
- Figura 21. Relación de humedad del suelo con respecto al NDWI de los 5 bofedales durante la época seca, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017. 44

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Secuencia fotográfica de los bofedales evaluados.	67
Anexo 2. Registro de datos de humedad del suelo e índices de diferencia normalizada vegetación y agua (NDVI y NDWI) de los cinco bofedales de la época húmeda de la Microcuenca-Apacheta.	68
Anexo 3. Registro de datos de humedad del suelo e índices de diferencia normalizada vegetación y agua (NDVI y NDWI) de los cinco bofedales de la época seca de la Microcuenca-Apacheta.	69
Anexo 4. Análisis de correlación de Spearman de la humedad del suelo del bofedal durante la E. Húmeda ($P>0,05$, Spearman=-0,800) y E. Seca ($P>0,05$, Spearman=-0,600) de los 5 bofedales durante la época seca, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.	70
Anexo 5. Prueba de normalidad Shapiro – Wilk de la humedad de suelo, NDVI y NDWI de los 5 bofedales de la época húmeda y seca, Huaytará - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.	71
Anexo 6. Análisis de la humedad del suelo durante la época húmeda y seca, aplicando la prueba de Mann Whitney en el Software IBM SPSS Statistics 26. ($U=246,000$; $P<0,05$).	72
Anexo 7. Prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de la humedad de suelo con cada bofedal evaluado de la Microcuenca-Apacheta.	73
Anexo 8. Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes, para la comparación de los valores de NDVI durante la época húmeda y seca de la Microcuenca-Apacheta.	74
Anexo 9. Prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de los valores de humedad por cada bofedal evaluado de la Microcuenca-Apacheta.	75
Anexo 10. Prueba de Kruskal Wallis de los valores de NDVI por cada bofedal evaluado.	76
Anexo 11. Estadística descriptiva de NDWI de la época húmeda y seca.	76
Anexo 12. Prueba de Mann-Whitney de los valores de NDWI durante la época húmeda y seca.	76

Anexo 13. Prueba de Kruskal Wallis de los valores de NDWI por cada bofedal estudiado.	77
Anexo 14. Análisis de correlación de Spearman, humedad del suelo con los valores de índice de vegetación (NDVI) y índice de agua (NDWI) durante la E. Húmeda ($P > 0,01$, Spearman=0,655, 0,693, 0,002) y E. Seca ($P > 0,05$, Spearman=0,764, 0,699, 0,073) de los 5 bofedales, Huaytará- Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.	77
Anexo 15. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Pamtiumpampa. Huaytara. Pilpichaca. Huancavelica, 2017.	78
Anexo 16. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 1. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	79
Anexo 17. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 2. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	80
Anexo 18. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Pichccahuasi. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	81
Anexo 19. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Guitarrachayocc. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	82
Anexo 20. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Pamtiumpampa. Huaytara. Pilpichaca. Huancavelica, 2017.	83
Anexo 21. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 1. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	84
Anexo 22. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 2. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	85
Anexo 23. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Pichccahuasi. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	86
Anexo 24. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Guitarrachayocc. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.	87
Anexo 25. Matriz de consistencia.	88

RESUMEN

Los bofedales destacan por su capacidad de reserva y regulación hidrológica, la disminución de la humedad y el cambio de vegetación, son afectados por el cambio climático y las actividades antrópicas. El trabajo tiene como objetivo evaluar la relación de la humedad del suelo con el índice de vegetación y agua de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, el área de estudio fue los cinco bofedales ubicados en la Microcuenca-Apacheta de la cuenca alta de Cachi en la sierra - centro de los andes peruanos. La metodología consistió en la determinación de la humedad del suelo del bofedal a 20 cm de profundidad por el método gravimétrico, se determinó el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI) y el Índice Normalizado Diferencial de Agua (NDWI) mediante el análisis de imágenes multispectrales LANDSAT 8. La humedad del bofedal fue correlacionada con los índices NDVI y NDWI, se identificó las características morfológicas. Los resultados muestran las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la humedad del suelo durante la época húmeda (84,45%) y la época seca (63,86%), no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) de humedad de suelo entre los bofedales evaluados. Se corroboró los bofedales Apacheta 1, Guitarrachayocc y Apacheta 2, presentan los valores significativamente más altos de NDVI (0,72, 0,69 y 0,68) y NDWI (0,91; 0,88 y 0,86), lo cual no difieren entre sí, el bofedal Pichqawasi y Pamtiumpampa con valores significativamente más bajos con NDVI (0,62 y 0,58) y con NDWI (0,82 y 0,81), no difieren al respecto, los valores de NDVI presentan una diferencia significativa entre la época húmeda (0,68 de NDVI) y la época seca (0,61 de NDVI). Para el caso del NDWI no existe diferencia significativa, por lo tanto, los resultados son iguales al valor de 0,85. Existe relación lineal positiva moderada entre la humedad del suelo con el NDVI, durante la época húmeda el coeficiente de correlación Spearman es 0,655, durante la época seca es positiva alta es 0,764. Para el caso de NDWI la relación lineal es positiva moderada para la época húmeda y seca con coeficiente de correlación de Spearman de 0,693 y 0,699 con un nivel de confianza al 99%, lo que demuestra que las variables de humedad de suelo influyen en la vegetación en ambas épocas en los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta. Se identificaron las siguientes formas: ligeramente ramificado (Apacheta 1), ramificado (Apacheta 2), irregular alargada (Pichccawasi), irregular amplia (Guitarrachayocc) y alargada (Pamtiumpampa).

Palabras clave: Humedal altoandino, Índice Normalizado Diferencial de Vegetación - NDVI, Índice Normalizado Diferencial de Agua – NDWI, imágenes satelitales teledetección.

I. INTRODUCCIÓN

Los bofedales, son ecosistemas del humedal altoandino, ubicados a partir de los 3800 metros sobre el nivel del mar (MINAM, 2018). Sufre condiciones climáticas muy adversas a ello sumando las actividades antrópicas, afectan en la disminución de áreas de bofedales y de la vegetación, el cambio climático obliga a las especies de flora y fauna adaptarse a modificaciones climáticas de temperatura, precipitación, intensidad de viento y la radiación solar (Navarro & Maldonado, 2002). Los bofedales son áreas vulnerables a cualquier cambio debido a su importancia como reguladores de recurso hídrico, los efectos directos (extracción de la turba, sobrepastoreo) y los efectos indirectos (degradación de la cubierta vegetal y suelo) que el hombre ha producido un cambio fuerte en los bofedales que hace difícil reconstruir su estado original (Ruthsatz, 2012). Los bofedales son fuentes de sustento e ingresos para los pastores locales (Prieto et al., 2003).

La humedad del suelo juega un papel importante en los procesos que se dan entre el suelo y la atmósfera, como la distribución de la precipitación en la filtración, determina en el crecimiento y desarrollo de la vegetación (Álvarez et al., 2005). Los bofedales son ecosistemas de turbera altoandina formados por plantas hidrófitas que ocupan suelos de mal drenaje, la descomposición de la vegetación muerta en los bofedales es muy lenta, originando suelos turbosos de varios metros de espesor, debido a las bajas temperaturas y la deficiencia de oxígeno en el nivel freático (saturado de agua) (Gonzales et al., 2020). La cual puede alcanzar espesores superiores al metro (turberas andinas), forman cojines compactos o densos tapetes de césped (Prieto et al., 2003). Las especies vegetales cumplen un papel muy importante para el pastoreo del ganado (Otálora et al., 2012). Los bofedales están ubicados en zonas hundidas rodeada de cerros, planicies, alrededor de la laguna riachuelos, filtraciones de nevados.

El uso de las técnicas de teledetección nos permite analizar la variación de la cobertura vegetal y humedad del suelo y a cada uno de los elementos de la tierra, es lo que se denomina contenido espectral (firma espectral de cada objeto), se puede identificar los fenómenos: consecuencias de cambio climático, desglaciación, avance de la deforestación, desertificación, comportamientos: variaciones o evolución de ciertos fenómenos espaciales y temporales de distintos objetos, se puede demostrar las correlaciones existentes entre éstas características (Chuvieco, 2008). Se verá más adelante los valores de reflectancia que permitan determinar la humedad del suelo e índices de vegetación y de otras particularidades no visibles para el ojo humano (Maestri, 2020).

El estudio está comprendida por los cinco bofedales: Apacheta1, Apacheta 2, Pichccahuasi, Guitarrachayocc y Pamtumpampa ubicados en la microcuenca de Apacheta cabecera de la cuenca Cachi, forma parte de la sierra-centro de los andes peruanos, políticamente se ubican en el distrito de Paras, provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, parte el espacio territorial con el distrito de Pilpichaca, provincia de Huaytara, departamento de Huancavelica, naciente de los ríos Apacheta, Allpachaca y Vinchos.

Con el estudio de los bofedales de la Microcuenca-Apacheta comprenderemos mejor la relación entre la vegetación y la humedad en diferentes periodos de tiempo, aplicaremos métodos para el análisis espacial de la vegetación y humedad que son afectados por cambio climáticos y factores antrópicos para proyectar las causas de los cambios de vegetación y humedad en los bofedales altoandinos, en ese sentido nos planteamos el problema ¿Cuál es la relación de la humedad del suelo con el índice normalizado agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho?.

Por ello el objetivo general de esta investigación es evaluar la relación de la humedad del suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2017, para lo cual se plantea los siguientes objetivos específicos:

1. Relacionar la humedad del suelo (%) con el índice normalizado diferencial de vegetación de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta.
2. Relacionar la humedad del suelo (%) con el índice normalizado diferencial de agua (NDWI) de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta.
3. Determinar las características morfológicas del bofedal: Forma, área y pendiente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Moncada & Willems (2020) realizó la evaluación espacial y temporal de la temperatura superficial de la Microcuenca-Apacheta mediante datos térmicos Landsat, clasificó en tres estaciones climáticas (húmeda, intermedia y seca), los estadios climáticos muestran la disminución de la precipitación, aumento de temperaturas mínimas y máximas, variación de la velocidad de aire, humedad relativa y la radiación solar, por lo tanto las áreas de NDVI pueden variar.

En el estudio de la Microcuenca-Apacheta evaluaron la temperatura superficial del suelo (TSS) desde el año 1985 al 2018, muestra un valor medio de 17,8°C con una desviación estándar de 3,4°C, la línea de tendencia muestra el incremento de TSS en un 4,9 °C, las evidencias del calentamiento conllevan a la disminución y desaparición de los nevados y del régimen hídrico, posteriormente se muestra el incremento significativo de la cobertura vegetal media anual, para el año 2000 con 3,31 hectáreas y en 2020 con 3,45 hectáreas que equivalente al 1,02% de área total, La cobertura vegetal con máximos valores se encuentran en los meses de marzo, abril y mayo en respuesta a la época húmeda, y con valores mínimos en los meses de agosto, setiembre y octubre después de la época seca, por lo tanto el incremento de la cobertura vegetal a largo plazo tendrá un límite, el cual dependerá de manera directa de la disponibilidad del recurso hídrico (Moncada et al., 2020).

Según los resultados de García et al. (2015) sobre la zonificación de los bofedales en la cuenca alta del río Chillón mediante el uso de la teledetección, obtuvieron valores extremos de NDVI entre 0,43 y 0,89, el cual es válido para tomar el estudio de bofedales, los estudios realizados apuntan a un aumento del área, describió la pendiente máxima de 15° en los bofedales evaluados.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Bofedal altoandino

Son zonas inundadas de agua, con áreas de humedad alta, media y baja, el agua se acumula durante la época lluviosa y se escurre de manera constante durante todo el año, la vegetación muerta se descompone parcialmente por la influencia de las temperaturas bajas y la deficiencia del oxígeno en el subsuelo, originando los suelos orgánicos (suelos turbosos), la comunidad vegetal es propia con permanente potencial productivo, la superficie del terreno es plana o con un ligero pendiente.

2.2.2. Humedad del suelo

Son áreas con diferentes grados de contenido de agua en el suelo, su disponibilidad favorecerá el crecimiento de la vegetación, en los suelos inundados habitan las hidrófitas, la humedad se clasifica en función a la abundancia del agua: humedad alta, humedad media, humedad baja y los suelos secos.

2.2.3. Índice de Diferencia Normalizado de Vegetación

Es un indicador que valora la cobertura vegetal en distintos rangos que varía entre -1 a 1, los valores son el reflejo de la relación de la banda roja (R) y la banda infrarrojo cercano (NIR), la banda roja es influenciado por cantidad de clorofilas y la banda NIR es influenciado por el contenido de agua y permite saber cómo varía la vegetación.

2.2.4. Índice de Diferencia Normalizado de Agua (NDWI)

Es un indicador de la concentración de la humedad del suelo, los valores son el reflejo de la relación de la banda azul (B) y la banda infrarrojo cercano (NIR), la banda azul presenta máxima reflectancia de agua y la banda NIR es influenciado por la mínima reflectancia de agua, este índice varía entre -1 a 1, permite saber cómo varía la humedad.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Humedales

Bajo esta denominación se agrupa una amplia variedad de áreas húmedas, sin embargo, comparten una característica fundamental que es el agua, la cual determina su estructura y funcionalidad (Ramírez, 2011). En estas áreas el agua es el principal factor determinante para el ecosistema, los humedales se encuentran donde la capa freática se encuentra cerca de la superficie terrestre y donde el suelo está cubierto por agua (Ramsar, 2016).

Los humedales son superficies cubiertas de agua, de manera natural o artificial, puede ser estacional o permanente, con existencia de diferentes tipos de agua en

función de sus características fisicoquímicas o biológicas como dulce, salada o salobre, presentan poblaciones biológicas características, que brindan los servicios ecosistémicos (MINAM, 2015).

2.3.2. Humedales altoandinos

Son áreas o ecosistemas inundadas de agua, como los lagos, lagunas, pantanos y bofedales que están ubicados en la cordillera de los andes, con altitudes iguales o superiores a 3800 msnm, los humedales son considerados como ecosistemas frágiles, porque presenta características particulares en su composición físico-química y biótica, muchas especies de vegetales habitan solo en estos ecosistemas y son refugio y sitio de reproducción de algunos animales amenazados, brindan servicios ecosistémicos como la provisión de agua, la riqueza biológica es poco explorada, algunos grupos como plantas acuáticas y algas pueden ser utilizados como bioindicadores de calidad ambiental (Gracia & Terneus, 2020; Ramsar, 2002). Por su altitud está expuesto a las condiciones climáticas drásticas, como alta radiación, frío intenso, fluctuaciones diarias de temperatura y fuertes vientos.

Los humedales altoandinos son de origen natural o construido, la disponibilidad de agua es temporal o permanente, sus aguas pueden fluir, estar quietas, absorbidas en el sustrato o en el subsuelo, presentan agua líquida y congelada, pueden ser dulce, salobre, salada o mineralizada, los seres vivos están adaptados a esas condiciones, además posee propiedades físicas y químicas, permiten procesos de formación y dinámica de funcionamiento (Marrero, 2018).

2.3.3. Bofedales

El bofedal es un humedal altoandino dominado por la vegetación hidrófila que es densa y compacta de porte almohadillado, herbácea y cespitosa, está incluido dentro de las turberas de montaña (suelo orgánico) por que acumulan gran cantidad de materia orgánica durante siglos, se ubican en suelos planos y con pendientes ligeramente inclinados, el suelo del bofedal está permanentemente inundado por el afloramiento de agua, forman arroyos, manantiales y pequeños estanques; la fisonomía de la vegetación corresponde a herbazales de 0,1 a 0,5 metros, este tipo de ecosistema es considerado como un humedal andino (ANA, 2016; MINAM, 2018; Navarro & Maldonado, 2002). Los bofedales se presentan por encima de 3800 m (MINAM, 2015). Además del grado de humedad del suelo es permanente saturado de agua conocidos como Hidromórficos y con humedad temporal son denominados Mesicos. (Alzérrec, 1988), el contenido de materia

orgánica y la humedad están asociados a los ecosistemas de bofedal. (Caro et al., 2014).

Los bofedales ocupan suelos permanentemente húmedos y estacionalmente anegados, se encuentran con mayor frecuencia en los alrededores de las lagunas y cursos de agua, están ubicados en áreas planas o ligeramente inclinadas, la vegetación en forma de cojín son los responsables de una alta acumulación de materia orgánica (turba), el tipo de vegetación promueve una alta diversidad local, cumple un rol importante para el pastoreo principalmente para las alpacas y los ovinos. Las especies por excelencia formadoras de turba son: *Distichia muscoides*, *Plantago rígida*, *Plantago tubulosa* y *Werneria pigmaea* (Arévalo, 2005).

La mayoría de los bofedales naturales fueron utilizados por las sociedades andinas a través de cientos de años, transformaron y expandieron estos humedales para la producción, las regiones ubicadas a mayores altitudes de los andes por encima de los 4,000 msnm, serían totalmente inhabitables si no fuera por los bofedales, la mayoría de los bofedales son de propiedad comunal, cada familia tiene sectores designados para pastorear sus ganados, algunas familias tienen barreras físicas como las cercas de alambre y de piedra, esta actividad permite la conservación y la regulación del agua (que proviene del deshielo glaciar, precipitaciones pluviales, lagunas, bofedales y napas freáticas), la función principal es para el riego de cultivos, sustento de ganadería y subsistencia de las personas (Meneses et al., 2015).

2.3.4. Características generales de los bofedales

Las principales características de los bofedales es la humedad edáfica constante, con presencia de turba en grandes cantidades que almacenan agua y carbono, por lo general se desarrollan en áreas planas alrededor de pequeños estanques, a lo largo de pequeños arroyos y manantiales, pueden ser estacionales o permanentes, así como naturales o artificiales (Fonkén, 2014).

La vegetación de los bofedales ha desarrollado adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten tolerar el exceso de humedad, la vegetación es de tipo almohadillada que van formando capas orgánicas por acumulación (turbas), las cuales entran en estado de fermentación y no llegan a descomponerse totalmente por falta de oxígeno y por las bajas temperaturas, ocurren en estas zonas de bofedal, tienen una gran capacidad para almacenar carbono y agua, debido al drenaje limitado se encuentran permanentemente húmedas o inundadas (Arévalo, 2005; Heynes et al., 2017).

2.3.5. Esquema fitotopográfico de las comunidades vegetales

Las comunidades vegetales de los bofedales se desarrollan en praderas permanentemente húmedas, con desplazamiento ascendente del agua desde el subsuelo, la cobertura vegetal dentro del bofedal mayormente es pulviniforme adaptada a niveles altos de napa freática, es influenciado por clima agreste, en la época seca presenta una disminución considerable del vigor de la vegetación, la vegetación de la comunidad acuática podría llegar a constituir un grupo de especies indicadoras para el tipo de agua de la zona (De La cruz & Bilbao, 2005). El perfil general de la disposición de las comunidades vegetales del bofedal se representa de la siguiente forma (Leon & Quispe, 2009).

- a. Bofedal estacionalmente anegado
- b. Bofedal siempre anegado con presencia de almohadillas
- c. Vegetación acuática somera
- d. Vegetación acuática sumergida
- e. Vegetación acuática flotante

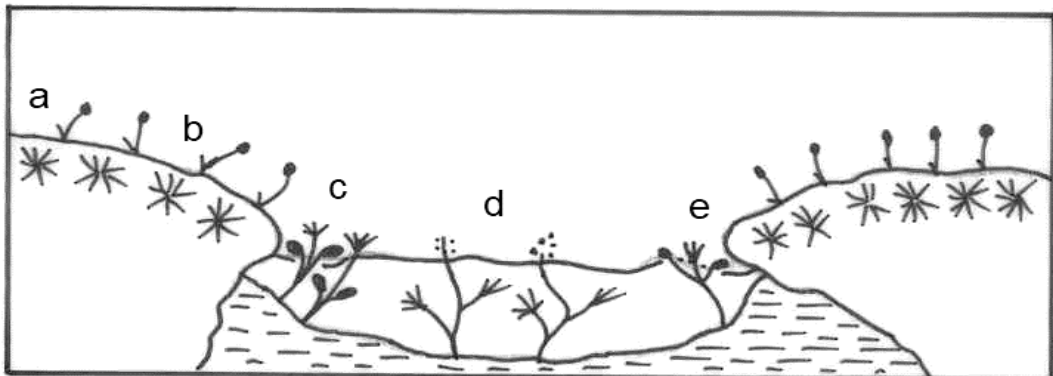


Figura 1. Perfil de comunidades vegetales del bofedal.

Fuente: (Galán & Perea, 2017)

2.3.6. Contenido de humedad de los bofedales

Los bofedales son zonas semi-acuáticas, presentan alto contenido de humedad en el sustrato turbal, dependiendo de la profundidad de la capa freática, el contenido de agua es un factor para el desarrollo de la vegetación asociada al humedal.

En un estudio realizado por (Palacios, 2021) obtuvo como resultado promedio de altos porcentajes de humedad de suelo del bofedal a 0 m de profundidad ($70,82 \pm 10,44$ %) y a 5 m ($79,16 \pm 10,18$).

La humedad es la cantidad de agua recolectado dentro del sustrato (% humedad) se puede determinar a través del método gravimétrico, para lo cual la muestra obtenida en el campo (peso fresco) se coloca sobre trozos de papel aluminio, para

después ser pesadas en una balanza, posteriormente la misma muestra es secada en una estufa a una temperatura de $105 \pm 0,5$ °C durante 24 horas, hasta que pierda todo el contenido de agua. Después del secado, las muestras volvieron a ser pesadas, se despreció el peso del papel aluminio (Meneses et al., 2014). La fórmula para calcular el porcentaje de humedad es:

$$\% \text{ humedad} = [(P_h - P_s) * P_s^{-1}] * 100$$

Donde:

P_h es el peso del suelo húmedo (gr)

P_s el peso del suelo seco (gr).

2.3.7. Importancia de los bofedales

Los bofedales altoandinos, proveen y almacenan agua, albergan gran diversidad de flora y fauna, algunos solamente prosperan en este tipo de ecosistema, los servicios ecológicos más importante es la captura de carbono debido a la dinámica que existe entre sus suelos húmedos y el carbono por la influencia de tiene un clima frío-húmeda (Pacheco, 2014). Son un ambiente preferido para la crianza de alpacas, lo cual realza la importancia económica para los habitantes de la zona, para la venta de fibra y carne, sin embargo, esta actividad económica también ha causado problemas en los bofedales como la reducción de cobertura vegetal por el sobrepastoreo, suelo compactado y la pérdida de capacidad de infiltración, reduciendo los humedales (Baldoceña, 2020).

2.3.8. Sistema de Información geográfica (SIG)

Es un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) y datos que permite capturar, gestionar, interpretar, visualizar y analizar información relacionada con la superficie terrestre; todo ello enmarcado dentro de un área de estudio que habrá sido definido por un conjunto de personas especializadas en SIG, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas) para obtener una información derivada sobre el espacio (Domínguez, 2000).

Tabla 1. Definición de Sistemas de Información Geográfica.

SISTEMA	INFORMACIÓN	GEOGRÁFICA
Conjunto herramientas informáticas hardware, software y datos geoespaciales	Capturar, gestionar, interpretar, visualizar, transformar, modelar y análisis	Información geográfica y topológica, ubicación específica

Su potencialidad del SIG es almacenar la información para graficar mapas, su mayor riqueza reside en la asistencia para la interpretación y análisis de relaciones, patrones y tendencias, mediante estas herramientas es posible modelar escenarios para probar diversas hipótesis de intervención ambiental y ver los resultados gráficamente (Fernández & Del Río, 2011).

2.3.9. Teledetección satelital (sensoramiento remoto)

Es la ciencia, arte y tecnología que permite obtener información sobre un objeto, área, fenómeno de la superficie terrestre en tiempo real, a través de los dispositivos o sensores aéreos - espaciales, luego son procesados e interpretados (fotointerpretación) en un entorno de sistema de información geográfica (SIG).

Entre el suelo y el sensor existe una interacción energética (pasiva y activa), la pasiva mide la reflexión de la energía solar y activa mide la reflexión del haz energético artificial, ya por emisión propia del sensor, el haz energético es recibido por el sensor y es almacenada, en el satélite o en estaciones receptoras, y el uso de un software adecuado se puede comprender e interpretar lo que está sucediendo en la ecosistema, la teledetección no engloba solo los procesos que permiten obtener una imagen, sino también su posterior tratamiento e interpretación (Chuvienco, 2008; Díaz Moyota, 2015).

2.3.10. Componentes del sistema de teledetección espacial

Tabla 2. Componentes de un sistema de teledetección.

Componente	Descripción
Fuente de energía	Es el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor, puede tratarse de la fuente pasiva que es captada la energía solar, y activa es emitida por el mismo satélite su propia energía y luego es captada por el sensor (radar).
Cubierta terrestre	Son los distintos componente o cuerpos terrestres (vegetación, suelos, rocas, agua, nieve, áreas urbanas, sombra entre otros), que reciben la energía procedente de la fuente y lo emiten de acuerdo a sus características físicas.
Sistema sensor	El sensor está compuesto por cámaras, radares, etc., y la plataforma es El satélite está compuesto por sensores y plataforma, con función de captar la energía procedente de los cuerpos terrestres, inmediatamente codifica, graba y envía directamente al sistema de recepción.
Sistema de recepción de la información	Recibe la información transmitida por el sensor, la regraba en formato apropiado, y, tras las oportunas correcciones, se distribuye a los interesados.
Interprete	Convierte los datos recibidos de acuerdo al interés u objeto de estudio.
Usuario final	Adquiere el producto, analiza el documento y tomar sus propias decisiones.

Fuente: (Chuvienco, 2008; Maestri, 2020)

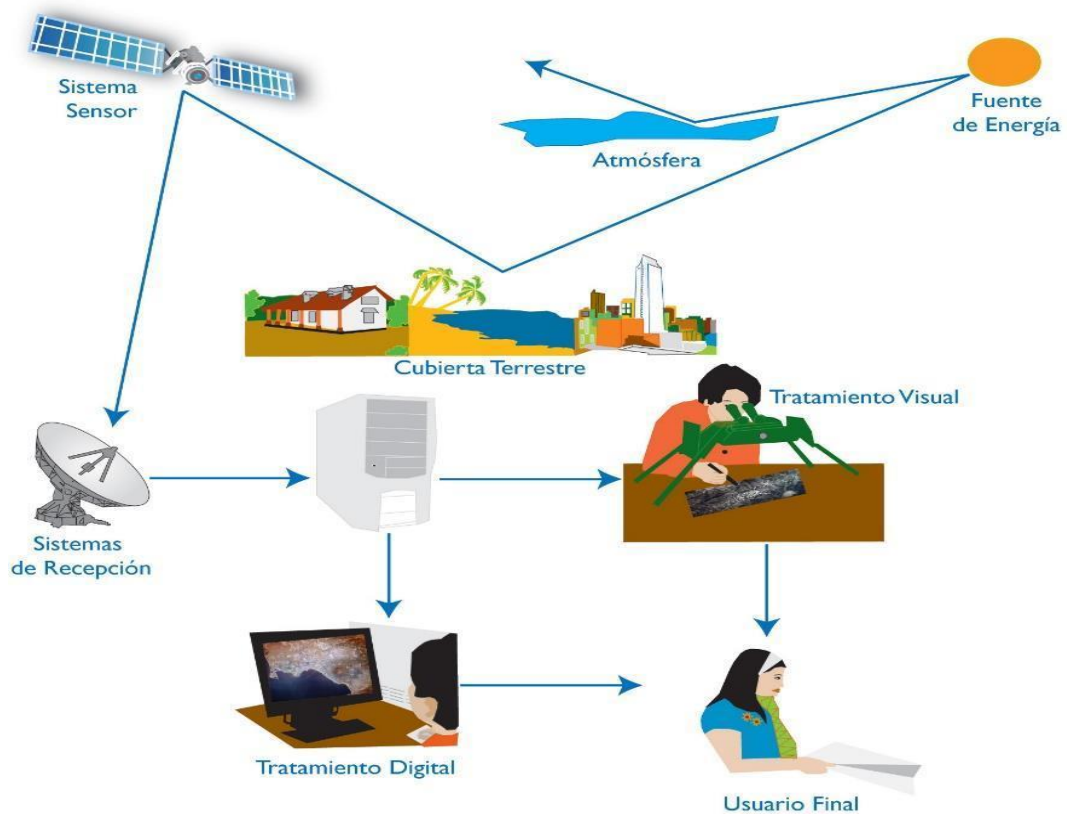


Figura 2. Componentes de un sistema de teledetección.

Fuente: (Chuvienco, 2008)

2.3.11. El espectro electromagnético

El espectro electromagnético utiliza dos parámetros: frecuencias y longitud de onda se denomina espectro electromagnético, se transmite de un lugar a otro a la velocidad de luz, siguiendo un modelo armónico y continuo, y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí, el magnetismo y el electromagnetismo, el espectro electro magnético comprende todas las frecuencias, desde onda más cortas son los rayos gamma y rayos x y las ondas largas son los kilométricas y tele comunicaciones. Las unidades de medida de las ondas más cortas se miden en micrómetros, mientras las más largas en centímetros o metros. Normalmente a estas últimas se denominada microondas, se las designa también por valores de frecuencia (en Gigahertz, GHz= 10⁹ Hz) (Chuvienco, 2008).

Las regiones del espectro electromagnético con alta transmisividad atmosférica reciben el nombre de “ventanas atmosféricas” pueden resumirse en la siguiente tabla:

Tabla 3. Regiones espectrales utilizadas para teledetección.

Espectro electromagnético	Descripción
Espectro visible 0,4 a 0,7µm	Es la única región del espectro electromagnético visible a nuestros ojos, se puede distinguir tres bandas básicas, que se denominan azul (0,4 – 0,5 µm), verde (0,5 – 0,6 µm), y rojo (0,6 – 0,7 µm), es la única porción del espectro que podemos asociar al concepto de color.
Infrarrojo: IR: 0.7 y 100µm	Se subdivide en dos categorías: IR Reflejado es utilizado en teledetección de manera similar al visible, y el IR térmico o emitido es la radiación emitida por la superficie de la tierra en forma de calor.
Infrarrojo cercano IRC: 0,7 a 1,3 µm	Conocido como infrarrojo próximo, reflejado o fotográfico, discrimina las masas vegetales y las concentraciones de humedad.
Infrarrojo medio IRM: 1,3 a 8µm	En esta región se entremezclan los procesos de reflexión solar de objetos y la emisión de la energía de la superficie terrestre. El infrarrojo de onda corta (Short Wave Infrared, SWIR), se sitúa entre 1,3 y 2,5 µm es una región idónea para estimar el contenido de humedad de la vegetación y de los suelos. La otra región denominado infrarrojo medio comprendida entre 2,5 y 5 µm, idóneo para detectar focos de temperatura alta (incendios o volcanes activos).
Infrarrojo lejano o térmico IRT: 8 a 14µm	Detecta la porción emisiva del espectro terrestre, se detecta el calor proveniente de la mayor parte de las cubiertas terrestres
Microondas M: >1mm	Es un tipo de energía muy transparente, atraviesa nubes, nieblas y lluvias, idónea para el estudiar zonas nubosas, el propio satélite emite y recibe la radiación (radar).

Fuente: (Chuvieco, 2008)

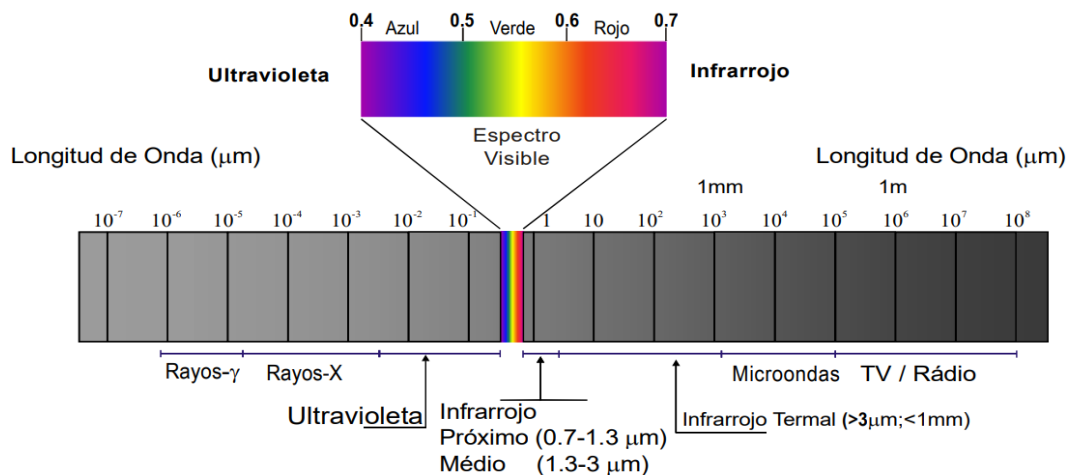


Figura 3. Espectro electromagnético con la franja de luz visible e infrarrojo.

Fuente: (Pérez, 2007)

Los sensores remotos detectan la luz reflejada por los objetos de la tierra, la luz es una de las radiaciones electromagnéticas que podemos percibir con nuestros ojos, las ondas electromagnéticas más comunes son el radio, el calor, rayos ultravioleta, rayos X, en teledetección, lo normal es caracterizar a las ondas

electromagnéticas por su longitud de onda en micrómetros (μm , 10^{-6} m) o nanómetros (nm, 10^{-9} m), es decir, por la posición que ocupan dentro del espectro electromagnético (Labrador García et al., 2012).

2.3.12. Proyecto Landsat

Landsat es el programa satelital gestionadas por la NASA y del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), responsables del lanzamiento de satélites Landsat, que ofrece la captura de imágenes sobre las observaciones de la tierra desde el espacio desde el año 1972.(Ariza, 2013)

Se describe cada producto de los resultados de misión Landsat desarrollados por la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), para la obtención de las fotografías espaciales.

Tabla 4. Fecha de lanzamiento y descripción de los diferentes satélites de la misión Landsat.

Fecha de lanzamiento del satélite	Descripción
Landsat 1 23 julio 1972 6 enero 1978	Primera serie ERTS (Earth Resource Technology Satellite), constituía de dos sistemas de cámaras de televisión, la resolución espacial era de 80x80 m
Landsat 2 22 enero 1975 25 febrero 1982	Con tres sistemas de cámaras de televisión la resolución espacial de 80x80m, presenta tres bandas espectrales (verde, rojo e infrarrojo cercano), es considerado más fructífero, ha proporcionado un sin número de datos multispectrales de alta resolución
Landsat 3 5 marzo 1978 31 mayo 1983	Con dos sistemas de cámaras de televisión, la resolución espacial era de 40x40 m, con una banda espectral pancromática, la altitud de los satélites es reducida de 920 km a 705 km; el periodo de la órbita disminuye de 18 a 16 días.
Landsat 4 16 julio 1982 14 diciembre 1993	Presenta un sensor MSS es un sistema multispectral para aplicaciones agrícolas, el barredor óptico opera con cuatro canales en la región del espectro electromagnético: en visible (4 y 5) y en infrarrojo cercano (6 y 7), presenta una resolución espacial de 80 x 80m.
Landsat 5 1 marzo 1984 5 junio 2013	Cuenta con el sensor multispectral Thematic Mapper (TM) con mayor resolución espacial de los objetos de la superficie terrestre, mayor precisión geométrica y radiométrica, la resolución espacial de las bandas visibles e infrarrojo medio se encuentra a 30 metros y de la banda infrarrojo termal a 120 metros.
Landsat 6 5 octubre 1993 5 octubre 1993	El satélite se desvió de la órbita prevista y se perdió en el espacio. Se inició la construcción del satélite Landsat 7, con la participación de 3 agencias: la NASA responsable del desarrollo y lanzamiento del satélite, la NOAA de operación y mantenimiento, y la USGS recoge, procesa y distribuye los datos y se encarga de conservar el archivo de datos.

Landsat 7
15 abril 1999

Su órbita es Heliosincrónica (pasa a la misma hora y el mismo lugar), el sensor incorporado es el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), En mayo de 2003, tuvo una falla en un escáner, ocasionó un patrón en zigzag en las imágenes dejando espacios con datos faltantes a ambos lados de las imágenes.

Landsat 8
11 febrero 2013

Consta de dos sensores, las bandas espectrales con sensor Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo: Thermal Infrared Sensor (TIRS).

Landsat 9
27 septiembre
2021

Es una réplica de Landsat 8, Brinda nuevas informaciones sobre el polvo y el humo en el aire y los corales en el océano, mientras que las longitudes de onda infrarrojas más largas capturan las nubes, la salud de la vegetación, el uso de agua para cultivos y los incendios activos.

Fuente: (Maestri, 2020)

2.3.13. Imágenes satelitales

Es la representación visual de la información de la superficie terrestre, la energía reflejada y/o emitida es registrado por un sensor del satélite artificial, cada valor de reflectancia espectral se registra en forma de matriz de datos, y ordenados electrónicamente y de forma sistemática mediante fila y números de cada celda o pixel (Maestri, 2020). Cada pixel es la unidad mínima de la matriz de datos, las imágenes satelitales almacenan los valores de la intensidad de energía reflejada por la superficie y registrada en el sensor, estos valores se conocen como número digital (ND), el pixel tiene una equivalencia directa con el tamaño sobre el terreno de la mínima superficie que puede observar un sensor determinado.

Las imágenes satelitales ofrecen información para diferentes estudios sobre la cobertura vegetal, áreas húmedas, cobertura nival, cuerpos de agua, áreas agrícolas, exploración minera, entre otros.

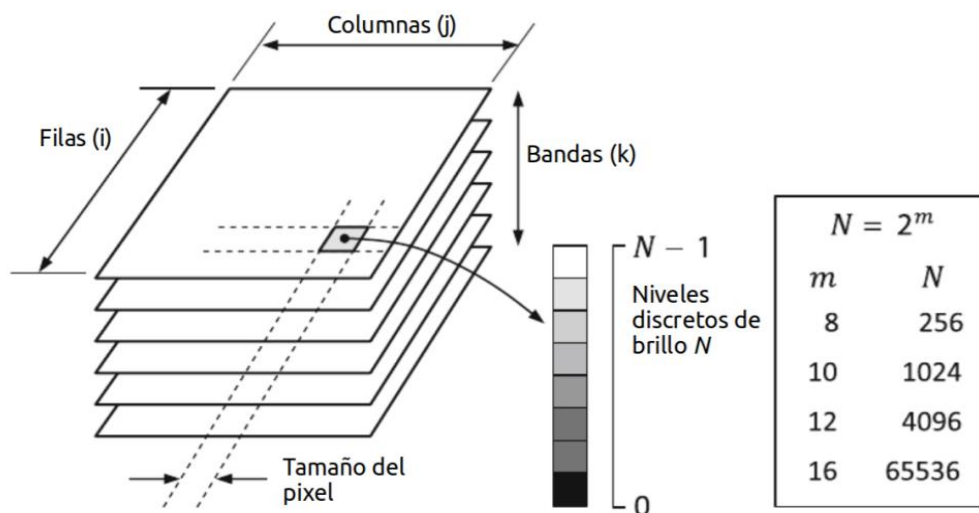


Figura 4. Características de una imagen digital.

Fuente:(Richards, 2013).

2.3.14. Características básicas de los sensores remotos

Se clasifican de manera muy precisa distintos elementos por su comportamiento espectral.

Tabla 5. Resolución de un sistema sensor.

Tipos de resolución	Características
Resolución angular	Se trata sobre la capacidad del sensor para recoger información de la región desde distintos ángulos, La resolución angular depende de la longitud de onda en la que trabaja el sistema y la apertura del sistema(Mas Monsonis, 2017).
Resolución espacial	Indica el tamaño mínimo del pixel que se puede distinguir en una imagen, remarca el nivel de detalle, para los sensores ópticos la resolución espacial depende de la distancia al objeto, la apertura y longitud de onda del sistema, a mayor tamaño de celda, menor resolución y viceversa(Maestri, 2020).
Resolución espectral	Indica el número y ancho de las bandas espectrales que puede captar el sensor, cuanto más estrecha sea estas bandas mayor será la resolución espectral, si el sensor e capaz de registrar radiación electromagnética en varias longitudes de onda, se dice multiespectral, es capaz de registrar cientos de bandas es hiperspectral (Bueno Quiliche, 2019).
Resolución radiométrica	Se refiere al número de niveles digitales (ND) (niveles de grises distintos), utilizados para expresar los datos obtenidos por el sensor. Los niveles digitales se convierten en formato binario (número bits) para codificarse, cuando es mayor el número bits mayor es el detalle para expresar la información. (Mas Monsonis, 2017).
Resolución temporal	Se refiere a la frecuencia, periodo o intervalo de tiempo para la adquisición de datos del sensor del satélite la información de la cobertura terrestre, es capaz de adquirir imágenes de una región determina(Mas Monsonis, 2017).

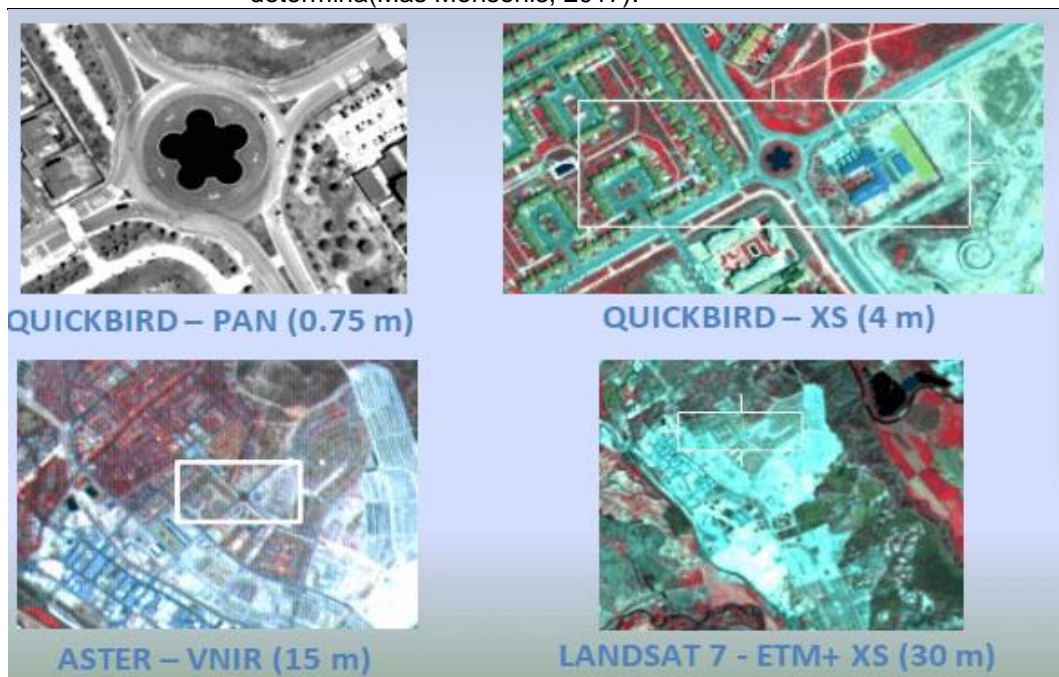


Figura 5. Características de las distintas coberturas terrestres según su resolución espacial, Imagen Landsat 5 TM de píxel de 30m y QuickBird de píxel de 1m.

Fuente: <https://alfageomatics.com/wp-content/uploads/2019/05/image-1.png>

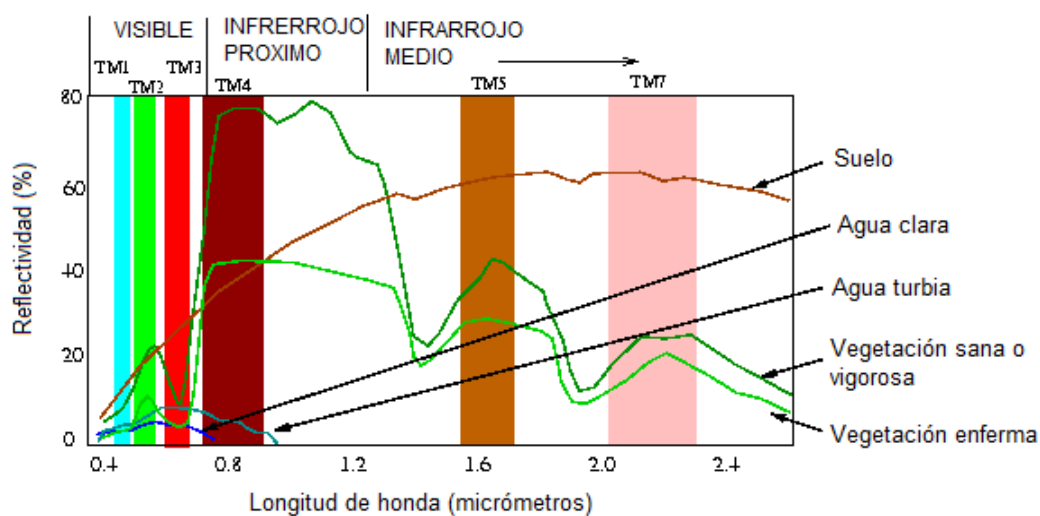


Figura 6. Firmas espectrales de coberturas típicas de la superficie terrestre.

Fuente: <http://yorelacartografia.blogspot.com/2016/07/semana-13.html>

Tabla 6. Resolución radiométrica, espacial y temporal de los satélites Landsat.

Satélite	Bandas	Sensor	Longitud de onda (µm)	Resolución Espacial (m)	Resolución Radiométrica	Resolución Temporal
Landsat 4 y 5	1 - Verde	MSS	0,50 - 0,60	60	8 bits	16
	2 - Rojo	MSS	0,60 - 0,70	60	8 bits	16
	3 - Infrarrojo Cercano (NIR1)	MSS	0,70 - 0,80	60	8 bits	16
	4 - Infrarrojo Cercano (NIR2)	MSS	0,80 - 1,10	60	8 bits	16
	1 - Azul	TM	0,45 - 0,52	30	8 bits	16
	2 - Verde	TM	0,52 - 0,60	30	8 bits	16
	3 - Rojo	TM	0,63 - 0,69	30	8 bits	16
Landsat 7	4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	TM	0,76 - 0,90	30	8 bits	16
	5 - Onda corta infrarroja (SWIR-1)	TM	1,55 - 1,75	30	8 bits	16
	6 - Thermal	TM	10,40 - 12,50	120 * (30)	8 bits	16
	7 - Onda corta infrarroja (SWIR-2)	TM	2,08 - 2,35	30	8 bits	16
	1 - Azul	ETM+	0,45 - 0,52	30	8 bits	16
	2 - Verde	ETM+	0,52 - 0,60	30	8 bits	16
	3 - Rojo	ETM+	0,63 - 0,69	30	8 bits	16
	4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	ETM+	0,76 - 0,90	30	8 bits	16
Landsat 8	5 - onda corta infrarroja (SWIR-1)	ETM+	1,55 - 1,75	30	8 bits	16
	6_1 - Termal - Baja ganancia	ETM+	10,40 - 12,50	60 * (30)	8 bits	16
	6_2 - Termal - Alta ganancia	ETM+	10,40 - 12,50	60 * (30)	8 bits	16
	7 - onda corta infrarroja (SWIR-2)	ETM+	2,08 - 2,35	30	8 bits	16
	8 - Pancromática	ETM+	0,52 - 0,90	15	8 bits	16
	1 - Ultra azul (costero / aerosol)	OLI	0,43 - 0,45	30	16 bits	16
	2 - Azul	OLI	0,45 - 0,51	30	16 bits	16
	3 - Verde	OLI	0,53 - 0,59	30	16 bits	16
	4 - Rojo	OLI	0,64 - 0,67	30	16 bits	16
	5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	OLI	0,85 - 0,88	30	16 bits	16
	6 - onda corta infrarroja (SWIR-1)	OLI	1,57 - 1,65	30	16 bits	16
7 - onda corta infrarroja (SWIR-2)	OLI	2,11 - 2,29	30	16 bits	16	
8 - Pancromática	OLI	0,52 - 0,90	15	16 bits	16	
9 - Cirrus	OLI	1,36 - 1,38	30	16 bits	16	
10 - infrarrojo térmico 1	TIRS	10,60 - 11,19	100 * (30)	16 bits	16	
11 - infrarrojo térmico 2	TIRS	11,50 - 12,51	100 * (30)	16 bits	16	

Fuente: (Ariza, 2013)

2.3.15. Preprocesamiento de las imágenes satelitales

a) Calibración radiométrica

La capacidad de detectar y cuantificar los cambios en el medio ambiente, depende de los sensores que puedan proporcionar mediciones calibradas (exactitud y precisión) y consistentes de las características de la superficie de la tierra a través del tiempo (Chander et al., 2009). La interpretación correcta de la información científica de una serie global a largo plazo de productos de teledetección requiere la capacidad de distinguir entre los artefactos del producto y los cambios en los procesos de la tierra que se monitorean (Giraldo, 2021). Por lo tanto, la calibración radiométrica es un requisito indispensable.

b) Radiancia espectral

El cálculo de radiancia espectral es el paso fundamental para convertir los valores de una imagen de distintos sensores y plataformas a una escala radiométrica de los sensores (Chander et al., 2009). La calibración radiométrica de los sensores (TM, ETM+ y OLI) consiste en ajustar los números digitales sin procesar (Q), transmitidos desde el satélite, a números digitales calibrados (Qcal). Esto implica que todas las escenas de un mismo sensor tengan una misma escala radiométrica en un periodo específico de toma de la imagen. Para imágenes de tipo Landsat adquirido por Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS) de la siguiente ecuación.

c) Reflectancia de las superficies terrestres

La reflectancia espectral es una característica de las superficies terrestres, la energía incidente del sol es reflejada de la superficie terrestre, por lo tanto se puede tomar valores entre 0 y 1, la reflectancia espectral es una forma en la cual un objeto refleja, emite y absorbe la energía en diferentes longitudes de onda, se denomina firma espectral, permite extraer las características espectrales de una superficie (Labrador García et al., 2012).

2.3.16. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Es la combinación algebraica de diferentes bandas multiespectrales dando lugar una nueva representación con píxeles relacionados con las coberturas vegetales de otros tipos de cobertura del suelo.

Para el NDVI se utiliza las bandas del rojo (R) e infrarrojo cercano (NIR), se basa en la diferencia entre la máxima absorción de radiación en la banda rojo a causa de los pigmentos clorofílicos de las hojas y la alta reflexión de radiación en el NIR por la vegetación y el suelo, es absorbido fuertemente por el agua, por tanto,

permite separar la vegetación de otras cubiertas, el rango de variación queda comprendido entre -1 y +1 (Lamolda, 2008).

El NDVI justifica su aplicación debido a las diferencias en el comportamiento espectral en el vigor de la vegetación (Ponce, 2010).

Para su cálculo incluyen las operaciones que se utilizan entre la banda de color rojo (R) con menor reflectividad en el rojo para áreas de alto vigor (densidad vegetal) y el infrarrojo cercano (NIR) que poseen una mayor reflectividad. El índice se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

Donde:

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada

ρ_{NIR} : Banda del infrarrojo cercano

ρ_{RED} : Banda roja

Los valores más cercanos 1 indica una vegetación con mayor vigor, cuando los valores se encuentran cercanos a cero se relacionan con suelo fragmentado a desnudo, los valores negativos corresponden a nubes o cuerpos de agua, sombras, nieve y otros tipos de cobertura vegetal, mediante el empleo de este índice se podrá identificar diferentes grados de cobertura vegetal.

Tabla 7. Rangos de clasificación índice NDVI según Olivio (2017).

Clase	Rango	Descripción
1	[-1,0; 0,0]	Suelo anegado, roca, sombra o nieve
2	<0,0; 0,2]	Suelo desnudo, tierras degradadas
3	<0,2; 0,4]	Vegetación con vigor bajo
4	<0,4; 0,6]	Vegetación vigorosa
5	<0,6; 1,0]	Vegetación muy vigorosa

2.3.17. Características espectrales de la vegetación

La vegetación captura la energía solar mediante los pigmentos de clorofila, que se encuentra en el cloroplasto de las células vegetales, la clorofila captura las longitudes de onda azul y rojo con valores de 450 – 475 nanómetros y 650 – 675 nanómetros para utilizar en el proceso de la fotosíntesis, mientras la luz verde (500 a 570 nanómetros) es rechazada por la clorofila. En el intervalo del Infrarrojo cercano (0,7-1,3 micrómetro), la absorbancia de la hoja es muy baja (menor al 10%) y la reflectancia es mayor en esta región debido a los pigmentos foliares y la celulosa

de las paredes celulares se muestran como transparentes (Lamolda, 2008; Sebem, 2005).

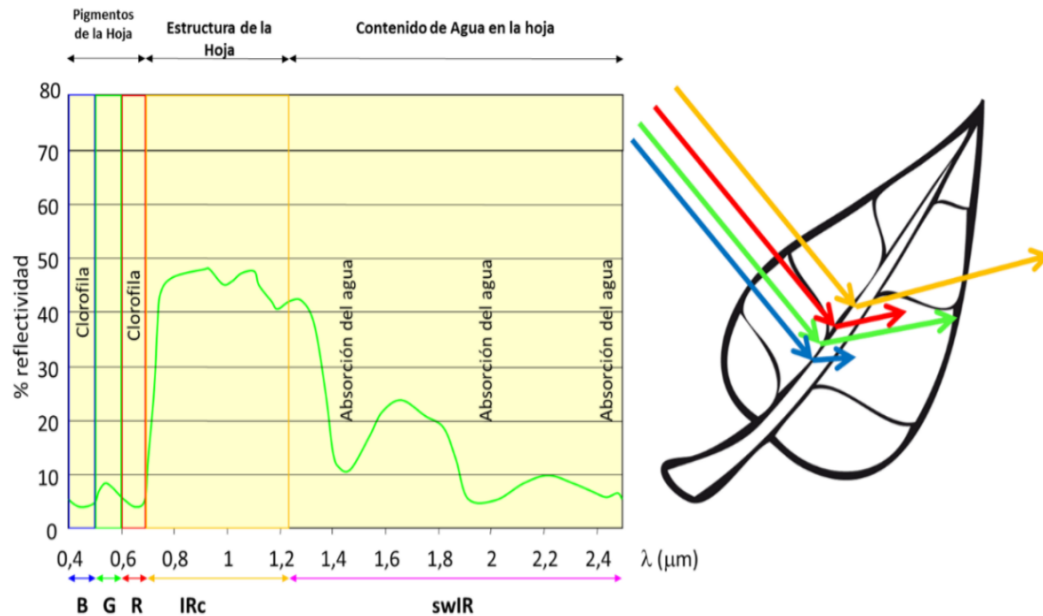


Figura 7. Patrón de firmas espectrales de la vegetación.

Fuente: (Pelaez martinez, 2021).

2.3.18. Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI)

Es un estimador de las ocurrencias de superficies vegetales con suelos húmedos, se utiliza las longitudes de onda de infrarrojo cercano (NIR) (790-890 nanómetros) y azul (440-490 nanómetros). La cobertura vegetal refleja la luz NIR, con mayor reflectancia en con vegetación densa y es absorbida en los suelos húmedos, la banda azul es absorbida por la vegetación y reflejada por el suelo húmedo (Murphy et al., 2009). Por lo tanto, puede tener una buena discriminación de esta capa a partir de esta combinación de bandas.

Para la clasificación de la humedad se usa el índice de diferencia normalizada de agua para la detección de cuerpos de humedad, se utiliza para medir la cantidad de agua que posee la vegetación y el suelo de los bofedales(Sulca, 2018).

$$NDWI = \frac{B_{NIR} - B_{Blue}}{B_{NIR} + B_{Blue}}$$

Donde:

NDWI: Índice de agua de diferencia normalizada

ρ_{NIR} : Banda del infrarrojo cercano

ρ_{BLUE} : Banda del azul

2.4. Marco legal

Es la siguiente tabla se menciona el marco legal de los humedales y bofedales altoandinos.

Tabla 8. Normatividad sobre la conservación de humedales y bofedales.

Marco Legal	Descripción
Ley N° 28611, Ley General del Ambiente	Artículo 99.2: menciona que los pantanos, bofedales, humedales, lagunas alto andinas, páramos son ecosistemas frágiles. Artículo 99.3: las autoridades del estado deben reconocer la importancia de los humedales como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos, deben adoptar medidas especiales para su protección.
D. S. N° 012-2009-MINAM. Política Nacional del Ambiente	Eje de la Política 1: establece que se deben proteger ecosistemas frágiles, como los humedales y las cuencas de la región costera.
D.S. N° 087-2004-PCM Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica	Artículo 9: considera zonas de protección y conservación ecológica a las áreas de humedales
D.S. N° 020-2008-EM Reglamento Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (RM N° 092-2014-MEM / DM)	El artículo 11 busca la protección de los bofedales y humedales durante las actividades de exploración minera. Ninguna actividad de exploración o caminos pueden cruzar bofedales o humedales, o causar la colocación de materiales, desechos o cualquier otra materia o sustancia en ellos". Si se pierden o afectan durante la explotación, se deben implementar medidas de compensación y gestión para permitir la reposición (o sustitución) de sus servicios ambientales.
LEY N° 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre	Artículo 5 considera como recursos forestales a los componentes de la flora terrestre y acuática emergente, incluyendo su diversidad genética. Artículo 5.1.2 Los bofedales u oconales son humedales propios de las regiones altoandinas ubicados en general por encima de los 3500 m.s.n.m. Estas zonas se caracterizan por ser extensas áreas húmedas, parcial o totalmente inundadas debido a la materia orgánica en el suelo, lo que provoca un escaso drenaje del mismo, ayudando así al mantenimiento de la humedad.
Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM Aprueban la Estrategia Nacional de Humedales	

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio y datos empleados

3.1.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se desarrolló en cinco bofedales denominados Apacheta1, Apacheta 2, Pichccahuasi, Guitarrachayocc y Pamtiumpampa ubicados en la microcuenca de Apacheta, cuenca Cachi, se ubican en la sierra-centro de los andes peruanos, políticamente se ubican en el distrito de Paras, provincia de Cangallo, departamento de Ayacucho, una parte el espacio territorial comparte con el distrito de Pilpichaca, provincia de Huaytara, departamento de Huancavelica, naciente de los ríos Apacheta, Allpachaca y Vinchos.

Tabla 9. Ubicación política de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta.

Departamento	Provincia	Distrito	Bofedales
Ayacucho	Cangallo	Paras	Apacheta1
			Apacheta 2
			Pichccahuasi
Huancavelica	Huaytara	Pilpichaca	Guitarrachayocc
			Pamtiumpampa

3.1.2. Ubicación geográfica

Está ubicado a 78,2 kilómetros desde la ciudad de Ayacucho, a través de una carretera asfaltada llamada vía Libertadores que une la ciudad de Ayacucho – Lima, se encuentra ubicado al Sur Oeste de la capital de la provincia del mismo nombre, región de Ayacucho.

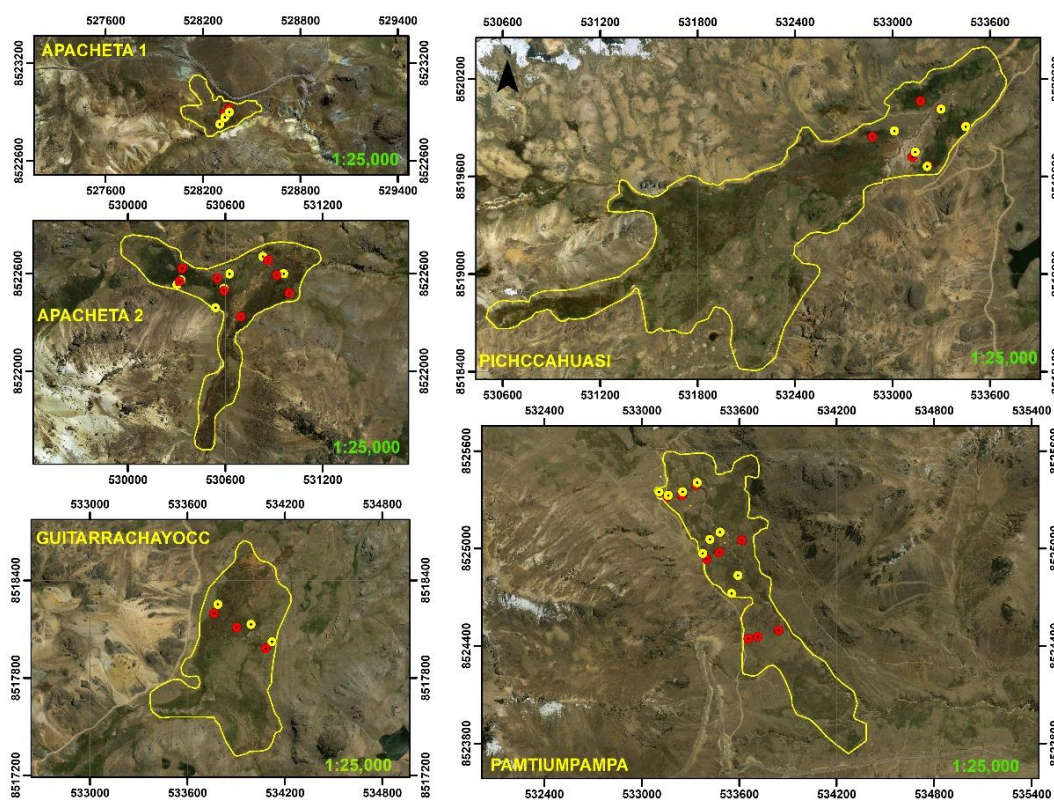
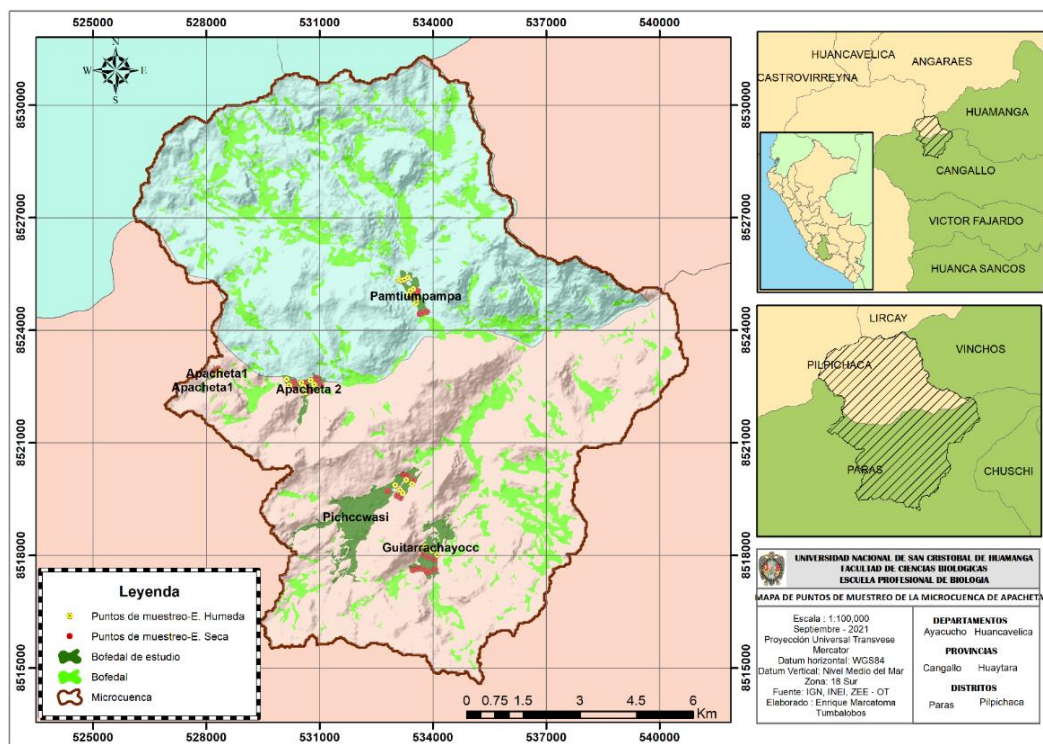


Figura 8. Mapa de ubicación de los bofedales y de los puntos de muestreo de suelo durante la época húmeda y seca de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta.

En la tabla 10 se muestra la ubicación geográfica en coordenadas UTM 18L - WGS 1984 de los 5 bofedales estudiados de la Microcuenca-Apacheta.

Tabla 10. Coordenadas de los 5 bofedales de la microcuenca de Apacheta.

Parte	Coordenadas WGS 1984 – UTM			
	Zona	Este (m)	Sur (m)	Altitud (msnm)
Apacheta1		528362	8522875	4722
Apacheta 2		530600	8522532	4532
Pichccahuasi	18 L	533174	8520090	4489
Guitarrachayocc		533844	8518140	4577
Pantiumpampa		533460	8524991	4340

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Conformado por los suelos de los cinco bofedales altoandinos ubicado en la Microcuenca-Apacheta.

3.2.2. Muestra

Conformado por 58 puntos de muestreo en los 05 bofedales de la Microcuenca-Apacheta (29 puntos de muestreo en la época húmeda y 29 puntos de muestreo en la época seca)

3.2.3. Diseño de muestreo

Muestreo determinístico, se seleccionaron cinco bofedales por su cercanía a la carretera, acceso y permiso de la comunidad.

3.3. Recolección de datos *in-situ*

3.3.1. Identificación y georreferenciación de los bofedales

- Se identificó los bofedales los cinco bofedales de la microcuenca de acuerdo a la cercanía de la carretera, acceso y permiso de la comunidad.
- Se procedió a delimitar y recorrer el perímetro de cada bofedal *in-situ*, para tomar coordenadas mediante el uso del GPS Garmin (Datum WGS84, zona 18S), para su posterior procesamiento mediante software ArcGIS 10.5 y Envi 5.3, en cuyos recorridos se tomaron fotografías de cada bofedal y se llenaron las fichas de recolección de información de trabajo de campo.
- Se realizó dos visitas al año a las zonas de bofedal de la Microcuenca-Apacheta, la primera visita fue en la época húmeda (diciembre, enero, febrero, marzo y abril) y la segunda en la época seca (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre)

3.3.2. Determinación de la humedad del suelo del bofedal por época

- En cada bofedal se establecieron transectos transversales al azar teniendo en cuenta la parte alta, media y baja del bofedal.

- b. En cada transecto se establecieron los puntos de muestreo, se ubicaron de 5 a 10 m al perímetro del bofedal y los demás de manera proporcional a lo largo del transecto.
- c. Se determinó 29 puntos por cada época y fue georreferenciado con el equipo de GPS navegador.
- d. En cada punto se realizaron las calicatas empleando un barreno y se tomó las muestras de suelo a 20 cm.
- e. Cada muestra de suelo fue codificada y remitida al laboratorio de Ecología y Control Ambiental de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para la determinación del porcentaje de humedad de las muestras de suelo.

3.3.3. Determinación de la humedad superficial del bofedal

Se determinó la humedad del suelo a través del método gravimétrico, los valores obtenidos fueron representados en la siguiente ecuación:

$$Humedad(\%) = \left[\frac{(P_h - P_s)}{P_s} \right] * 100$$

Donde

P_h = Peso del suelo húmedo (g)

P_s = Peso del suelo seco (g).

$P_h - P_s$ = Contenido de masa de agua

3.4. Determinación del índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI) y del Índice de diferencia normalizada de agua (NDWI)

- Se utilizó el siguiente esquema metodológico que muestra en la figura 9, para la clasificación y mapeo de los cinco los bofedales, se ha empleado los modelos de elevación digital (DEM) para la generación del mapa de pendientes y las curvas de nivel, posteriormente se generó se delimito la Microcuenca-Apacheta,
- Se utilizó las imágenes Landsat 8 para el cálculo de los índices biofísicos NDWI indicador de la humedad en el suelo del bofedal, el NDVI indicador del vigor de la vegetación del bofedal.

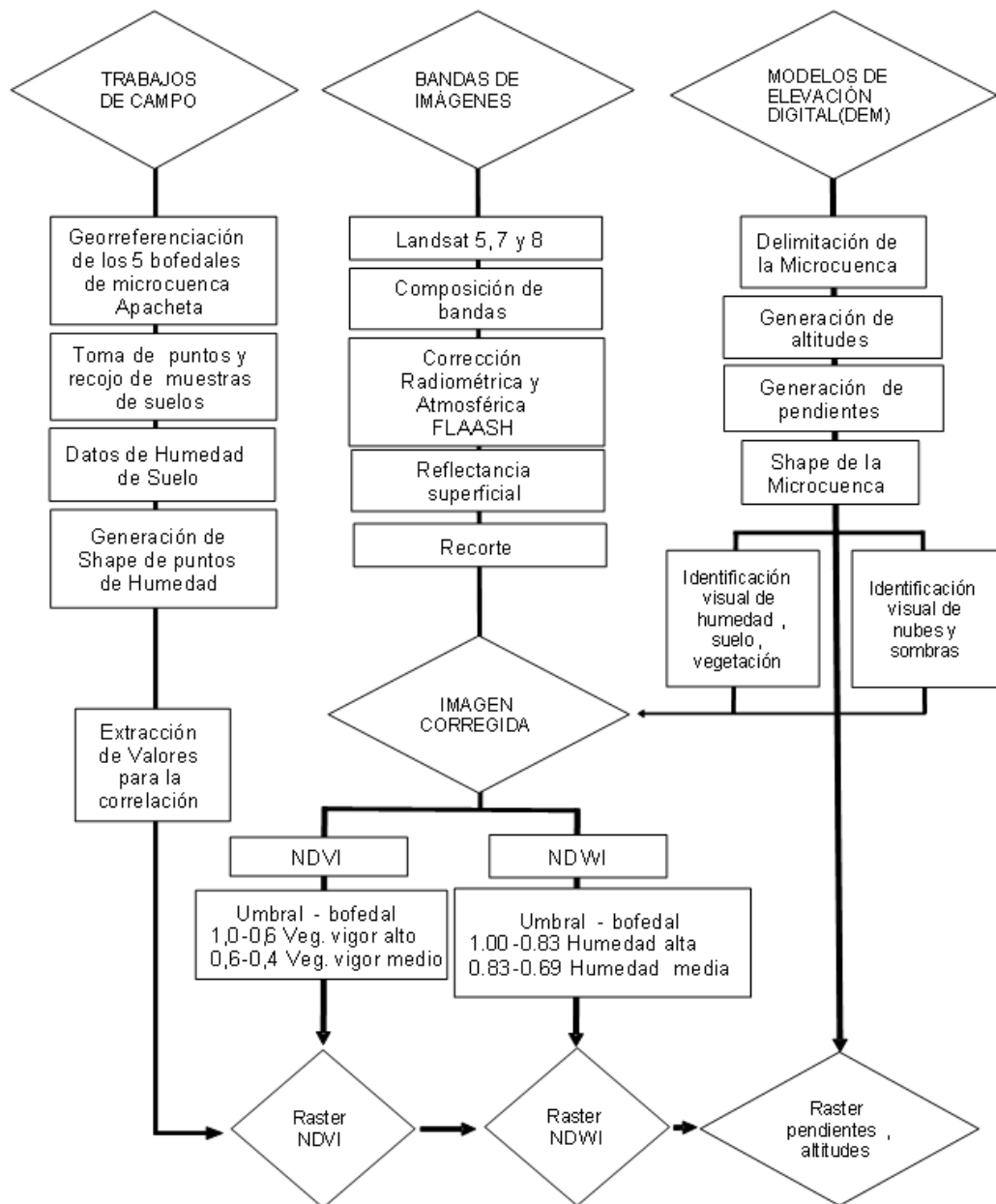


Figura 9. Flujograma del proceso metodológico del trabajo de campo y el mapeo de bofedales, con imágenes Landsat.

3.4.1. Descarga de imágenes satelitales

Se realizó la descarga de 14 imágenes satelitales desde los años 2016 al 2017, libres de nubosidad, con escena Path 06 / Row 69 de la plataforma National Aeronautics and Space Administration (NASA) de los EEUU, para el sensor Landsat 8 OLI de 30 m, fueron preprocesadas con el software Envi 5.3 y Arcgis 10.5, se descargaron a partir del siguiente enlace: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Tabla 11. Datos de imágenes Landsat de los sensores OLI-TIRS, de la escena Path 06 / Row 69.

N°	Satélite / Sensor	Identificación de la escena	Fecha	Ángulo Azimuth	Ángulo elevación	Nub (%)
01	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692017235LGN00	23-Ago-17	51,5741	52,0521	2,6
02	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692017219LGN00	7-Ago-17	46,4620	48,1741	1,2
03	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692017203LGN00	22-Jul-17	42,5675	45,3193	0,1
04	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692017171LGN00	20-Jun-17	38,3279	43,6441	15,4
05	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692017139LGN00	19-May-17	40,4648	47,0496	18,5
06	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016281LGN00	7-Oct-16.	76,5292	63,7226	5,2
07	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016249LGN00	5-Set-16.	56,9592	55,7206	4,6
08	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016217LGN00	4-Ago-16	45,6897	47,6122	3,9
09	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016201LGN00	19-Jul-16.	41,9916	44,9663	3,3
10	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016185LGN00	3-Jul-16.	39,4392	43,6634	0,3
11	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016169LGN00	17-Jun-16.	38,2100	43,7669	2,2
12	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016153LGN00	1-Jun-16.	38,6133	45,1533	0,4
13	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016121LGN01	30-Abr-16	45,7949	50,4188	7,7
14	LANDSAT_8(OLI_TIRS)	LC80060692016025LGN00	25-Ene-16	105,281	58,8619	10,5

3.4.2. Modelo de Elevación Digital (DEM)

Se realizó la descarga de Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12,5 m de resolución espacial, de la página web de la Nasa de manera gratuita, Alaska Satellite Facility – NASA, específicamente del siguiente enlace: <https://search.asf.alaska.edu/>

Se delimitó la Microcuenca-Apacheta con la ayuda del DEM, lo cual se realizó con el Software ArcGIS 10.5.

3.4.3. Preprocesamiento de las imágenes satelitales Landsat 8 OLI-TIRS

Con la ayuda del software Envi 5.3 se procedió a realizar el preprocesamiento de las imágenes satélites Landsat 8, descargadas y clasificadas, siguiendo los pasos estandarizados para la corrección radiométrica y atmosférica, lo cual se reparó los píxeles dañados, los píxeles que no pueden apreciar a simple vista y por la contaminación de partículas de la atmósfera detectados por el sensor del satélite. El valor numérico de cada pixel conocido como nivel digital (ND), se convirtió a valores de reflectividad de la superficie terrestre, para ello, se aplicó a cada una de las bandas de las imágenes satelitales.

A continuación, se describieron los procesos para la caracterización de los bofedales:

a) Corrección radiométrica

Se realizó la transformación de los valores de Niveles Digitales (ND) de la imagen a radiancia TOA (tope de la atmosfera) y posteriormente a reflectividad con el programa ENVI 5.3 (Maestri, 2020).

b) Corrección atmosférica

Se realizó la Corrección atmosférica – Flaash, para detectar las nubes y poder enmascarar correctamente los pixeles nubosos para asegurar que los parámetros geofísicos obtenidos son representativos, se obtuvo una verdadera reflectancias de los elementos de la superficie terrestre.(Eugenio et al., 2007).

3.5. Procedimiento para determinar la presencia de Vegetación mediante el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI)

Se determinó la vigorosidad de la vegetación en los bofedales evaluados, como se muestra en la tabla 12, mediante el cálculo de NDVI con el programa ENVI 5.3, para cada una de las escenas de las imágenes satelitales Landsat 8 de la época húmeda y seca fue desarrollado por (Olivio, 2017).

Para el cálculo del índice de vegetación es necesario conocer la siguiente formula.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

Donde:

ρ_{NIR} : Banda del infrarrojo cercano

ρ_{RED} : Banda del rojo

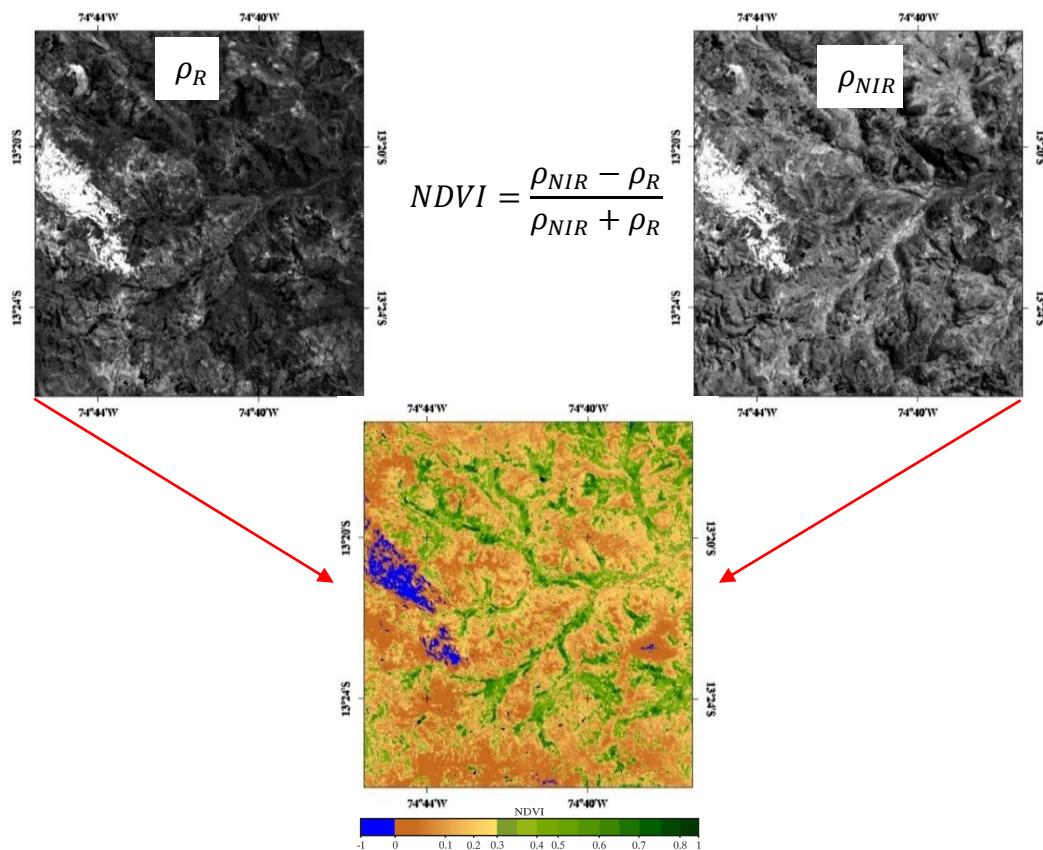


Figura 10. Obtención del NDVI en la imagen Landsat 8 (23 de agosto de 2017), Microcuenca-Apacheta.

En la figura 10, muestra los valores desde -1 hasta +1, cuanto más se acerca a 1 nos indica una vegetación muy vigorosa y sana, los valores negativos generalmente corresponden a suelos anegados, roca, sombra, nieve o cuerpos de agua.

Para la clasificación se utilizó en cinco rangos para poder discriminar mejor visualmente y facilitar la identificación de aquellas áreas que tienen mayor probabilidad de ser vegetación (Olivio, 2017).

Tabla 12. Rangos de clasificación índice NDVI mejorado de Olivio (2017).

Clase	Rango	Descripción
1	[-1,0; 0,0]	Agua, roca, sombra o nieve
2	<0,0; 0,2]	Vegetación muerta o suelo desnudo
3	<0,2; 0,4]	Vegetación poco vigorosa
4	<0,4; 0,6]	Vegetación vigorosa
5	<0,6; 1,0]	Vegetación muy vigorosa

3.6. Procedimiento para determinar la humedad mediante el Índice de Diferencia Normalizada de agua (NDWI)

Se aplicó las técnicas básicas de clasificación multiespectral mediante el índice de diferencia normalizada de agua (NDWI) para la detección de la humedad del suelo de los bofedales.

Se utilizó las herramientas Band Math en la extensión Band Algebra del software ENVI 5.3 (32-bit), se importó las capas ráster por separado (NIR y azules).

Para el cálculo de índice de agua es necesario conocer la siguiente formula.

$$NDMI = \frac{B_{NIR} - B_{Blue}}{B_{NIR} + B_{Blue}}$$

Donde:

ρ_{NIR} : Banda del infrarrojo cercano

ρ_{BLUE} : Banda del azul

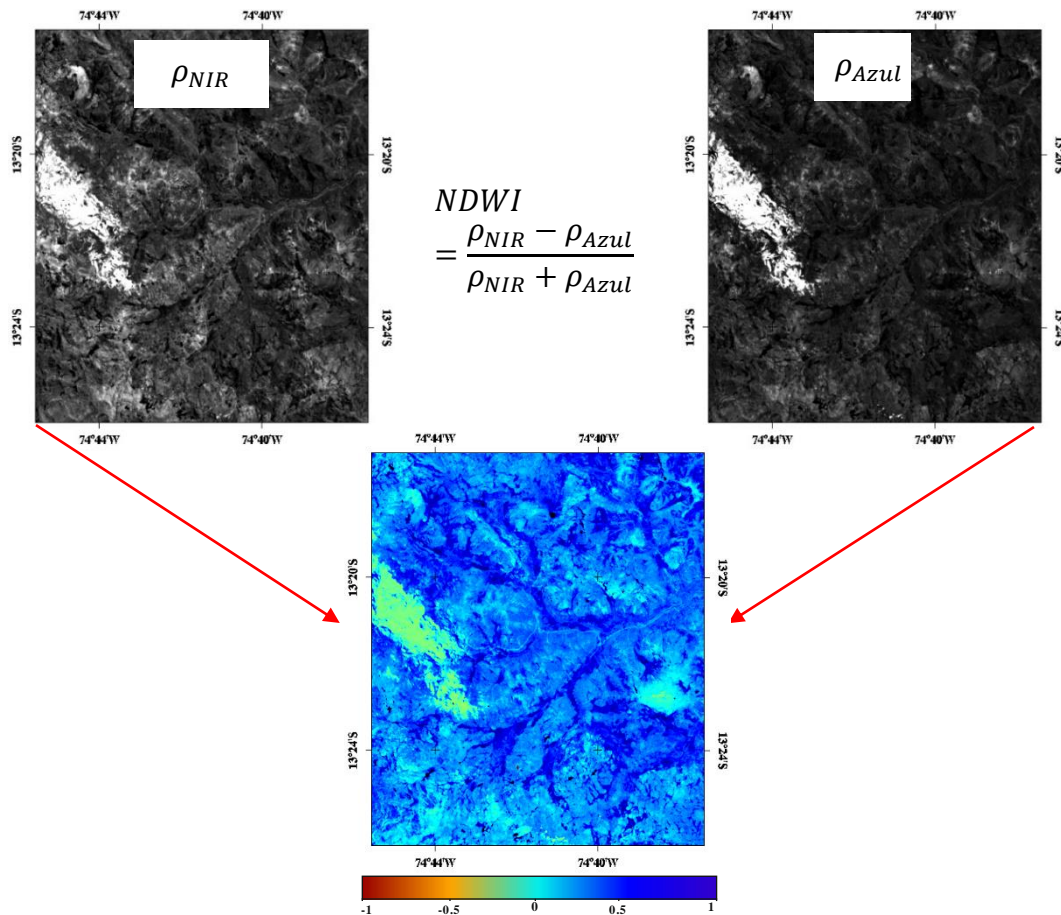


Figura 11. Obtención del NDWI en la imagen Landsat 8 (23 de agosto de 2017), Microcuenca-Apacheta.

3.7. Clasificación de rangos para NDWI y dinámica del área de la humedad desde 1985 a 2020

Se realizó la clasificación de rangos del índice normalizado de agua (NDWI) tomando en cuenta los valores promedios de NDVI, se identificó áreas con mayor probabilidad de humedad de suelo.

Tabla 13. Clasificación de rangos del índice normalizado de agua (NDWI).

Época	Humedad alta	Humedad media	Humedad baja	Suelo desnudo seco	Agua, sombras y/o nieve
Húmeda	0,89	0,76	0,61	0,45	0,15
Seca	0,89	0,78	0,61	0,47	0,08
Promedio	0,89	0,77	0,61	0,46	0,12

Los datos se promediaron para cada rango para de NDWI para época seca y época húmeda, luego se obtuvo el promedio final para cada rango y se clasificó en 05 rangos.

Tabla 14. Rangos de clasificación de NDWI a partir de los valores de la tabla 12.

Clase	Rango	Descripción
1	[-1,00; 0,29]	Zonas con presencia de agua y/o sombras y/o nieve
2	<0,29; 0,54]	Zonas de suelo desnudo seco
3	<0,54; 0,69]	Zonas con humedad baja
4	<0,69; 0,83]	Zonas con humedad media
5	<0,83; 1,00]	Zonas con humedad alta

3.8. Extracción de los valores de NDVI y NDWI a partir de los puntos muestreados en la obtención de los datos de humedad gravimétrica *in-situ*

1. Se cargó la capa que contiene los puntos de campo de humedad del suelo en el Software ENVI 5.3+IDL, ARGIS 10.5.
2. Luego se cargó las capas ráster de NDVI y NDWI de las cuales obtenemos los valores de celda (Pixel), de los cuales se extrajo la información para realizar la correlación.

3.9. Determinación de forma, área y pendiente de los bofedales

Se determinó la forma geométrica, área y pendiente de los bofedales utilizando la extensión ArcMap del programa ArcGis 10.3 y ENVI 5.3.

3.10. Generación de mapa temático de bofedales

En el programa Envi 5.3 y ArcMap se elaboró los mapas temáticos de puntos de muestreo, NDVI, NDMI, pendientes, altitudinal y áreas de bofedales de la Microcuenca de Apacheta.

3.11. Análisis estadísticos

- ❖ Se realizó un análisis estadístico descriptivo, mediante la opción estadística del programa Envi 5.3 y ArcGis 10.3, para la presentación de tablas y figuras, se utilizó el paquete estadístico Excel 2019 del programa OFICCE 2019, Software INFOSTAT y SPSS.
- ❖ Se relacionó los variables de la humedad del suelo (Variable independiente) con índice normalizado diferencial de vegetación (NDVI) y índice normalizado diferencial de Agua (NDWI) (variable dependiente).
- ❖ Para el análisis de los datos se utilizó el software SPSS versión 22, se halló la correlación entre la humedad de suelo con el índice de vegetación, se determinó las características morfológicas de los bofedales de estudio.

3.12. Análisis de datos

- ❖ Se efectuó la prueba de normalidad para conocer la distribución normal de los datos de humedad de suelo, NDVI y NDWI a través de las pruebas de Shapiro – Wilks y Kolmogorov ($n=29$).
- ❖ Se realizó el análisis de correlación entre la variable independiente (humedad de suelo) y las variables dependientes (NDVI y NDWI) con la prueba no paramétrica de Spearman con nivel de significancia ($p<0,05$) y altamente significativo ($p<0,01$), con la finalidad es de encontrar la relación de las variables.
- ❖ Se efectuó el test estadístico de la prueba de U de Mann-Whitney para hallar las diferencias significativas entre dos grupos y la prueba de Kruskal Wallis para analizar las diferencias significativas más de dos grupos.
- ❖ Se comparó los valores de contenido de humedad del suelo, NDVI y NDWI en los 5 bofedales evaluados en las distintas épocas del año.
- ❖ Estadísticos descriptivos, análisis de varianza [ANOVA], correlación de Pearson y de Spearman.
- ❖ Se realizó el análisis de datos descriptivos y la relación de gráfico y tablas.

IV. RESULTADOS

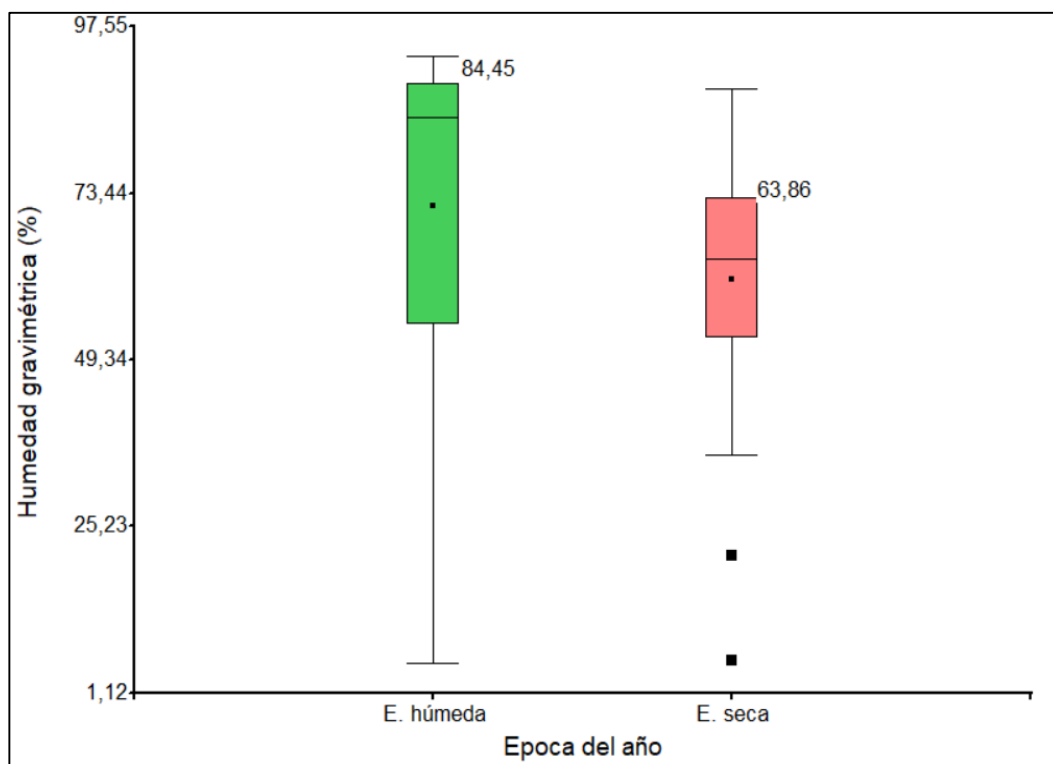


Figura 12. Diagrama de cajas y bigotes de la humedad del suelo según las épocas de evaluación de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

En la figura 12, se observa el valor máximo de la mediana de la caja entre 84,45% de humedad de suelo durante la época húmeda, y el valor mínimo con 63,86% de humedad de suelo durante la época seca, al realizar la prueba de Mann Whitney (anexo 6), existen diferencias significativas ($p < 0,05$) de la humedad entre las épocas del año, sin embargo, teniendo menor dispersión de datos durante la época seca, dado que, para la época húmeda varía la simetría de dispersión de una distribución normal.

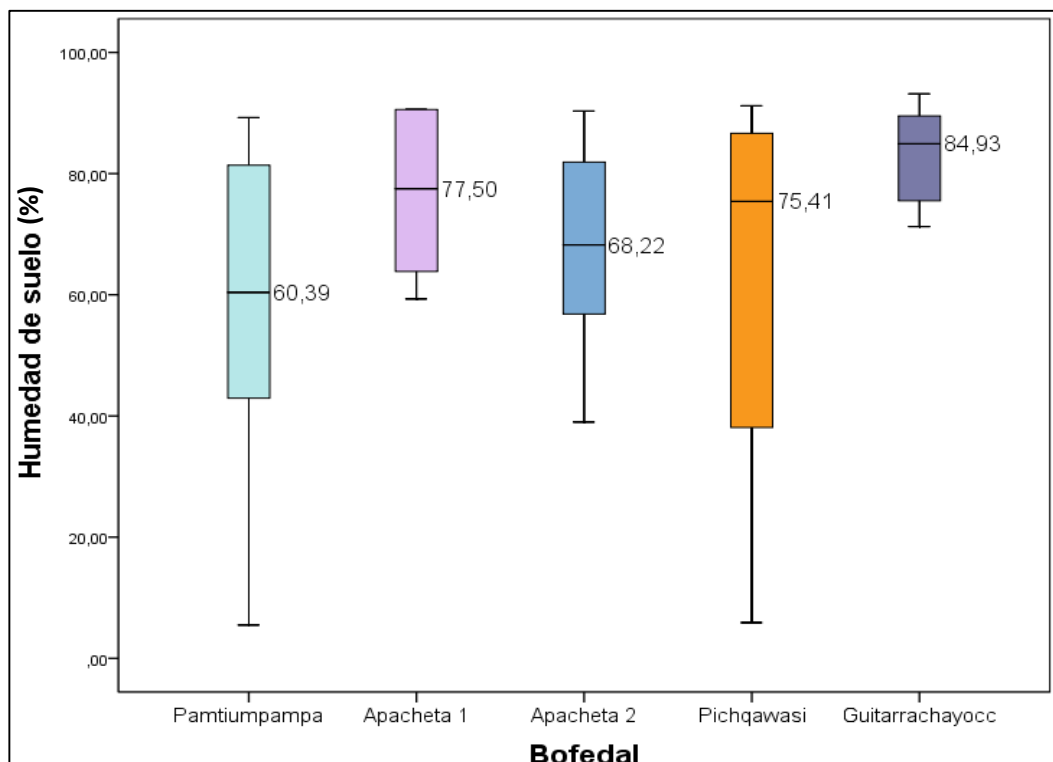


Figura 13. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los valores de humedad del suelo en los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara – Pilpichaca – Huancavelica y Paras – Cangallo – Ayacucho, 2017.

Interpretación

En la figura 13, se observa el valor máximo de la mediana de 84.93% de humedad de suelo que corresponde al bofedal Guitarrachayocc, con menor valor de mediana de 60,39% corresponde al bofedal Pamtiumpampa, al analizar con la prueba de Kruskal-Wallis, no existen las diferencias significativas ($p > 0.05$) de la humedad de suelo entre los bofedales evaluados, sin embargo, presenta una mejor simetría los bofedales Apacheta 1, Apacheta 2 y Guitarrachayocc, siguiendo el bofedal Pamtiumpampa.

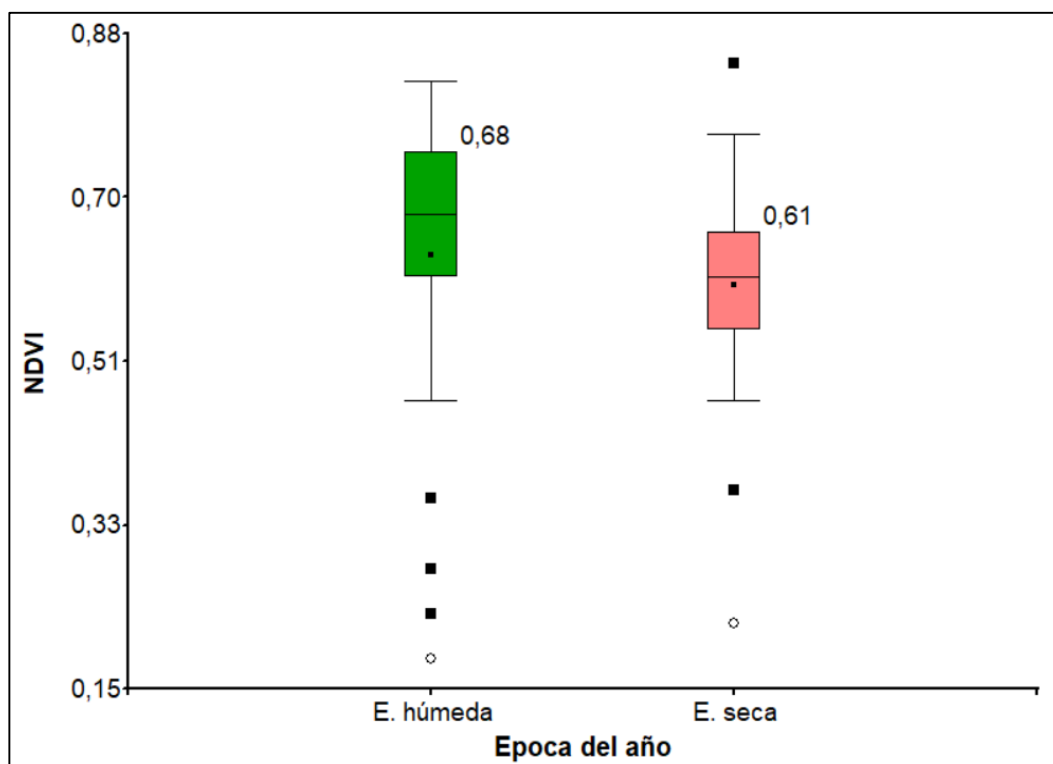


Figura 14. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación del NDVI según las épocas de los 5 bofedales de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

En la figura 14 en el diagrama de cajas y bigotes se observa que el NDVI presenta el valor máximo de la mediana de 0,68 durante la época húmeda, y un valor bajo de 0,61 durante la época seca, al realizar la prueba de U de Mann – Whitney (Anexo 8) existe diferencia significativa ($p=0.05$), los valores atípicos se observan en ambas épocas.

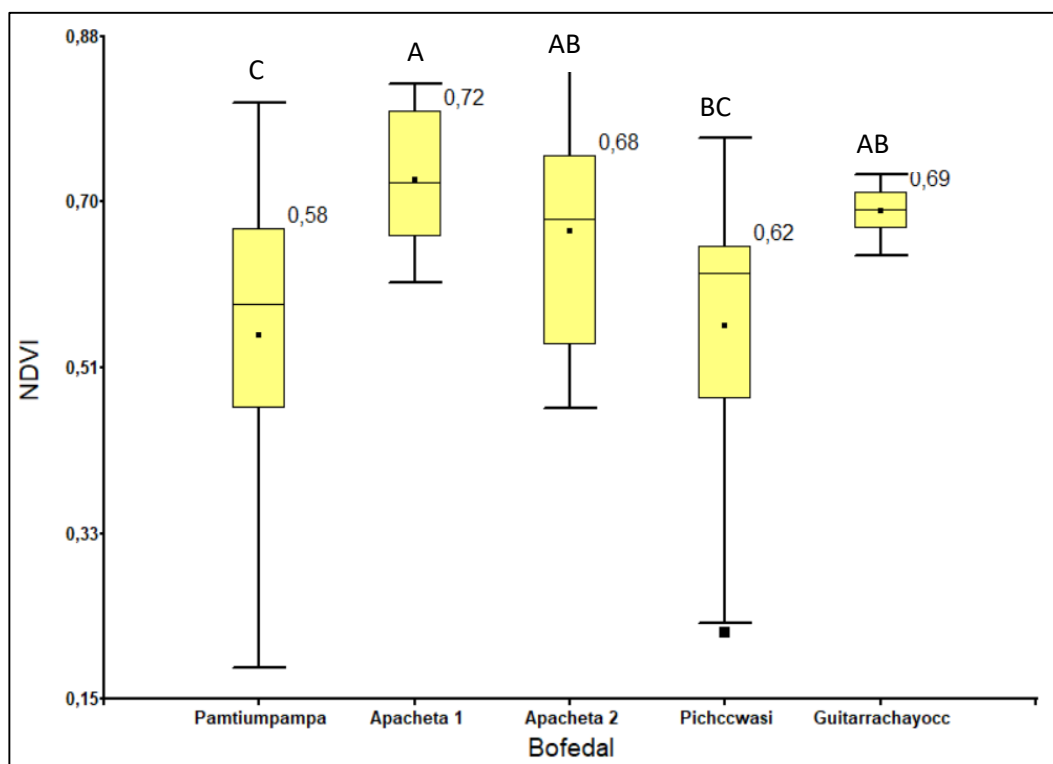


Figura 15. Diagrama de cajas y bigotes de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de valores de NDVI en los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

En la figura 15 muestra el diagrama de cajas, permite analizar las diferencias en los valores de NDVI en cada bofedal, se obtuvo el valor máximo de 0,72 de NDVI corresponde al bofedal Apacheta 1, y con valor mínimo de 0,59 el bofedal Pantiumpampa, al analizar con la prueba de Kruskal-Wallis (anexo 9 y 10), se corroboró las diferencias significativas relevantes a nivel estadístico ($p_{0.020} < 0.05$) los valores de NDVI entre los bofedales evaluados, el bofedales Apacheta 2, Guitarrachayocc y Apacheta 1 presentan los valores mas altos de NDVI, pero no difieren entre sí, el bofedal Pantiumpampa y Pichqawasi con valores significativamente más bajos y no difieren respecto al NDVI.

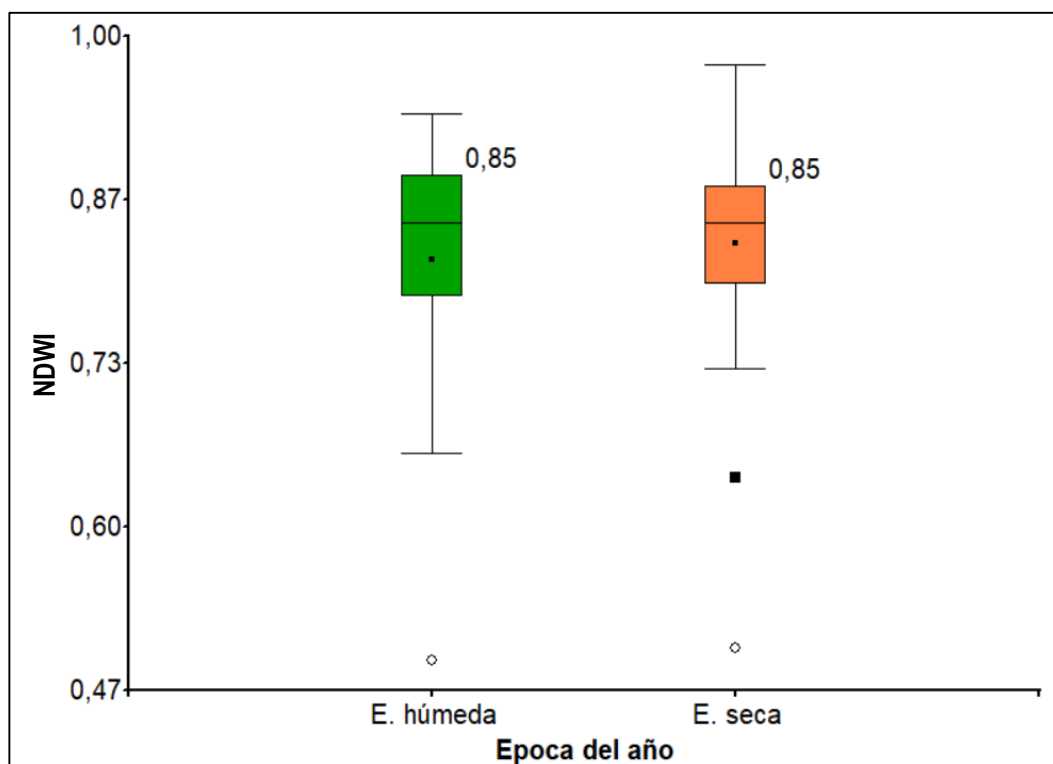


Figura 16. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de los valores de NDWI en las dos épocas de los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

En la figura 16 se comparó los valores de NDWI entre las épocas del año, se obtuvieron resultados similares de 0,85 de NDWI durante la época húmeda y seca, de acuerdo a la prueba de Mann-Whitney son iguales (anexo 11), no se hallan diferencias significativas ($p > 0,05$).

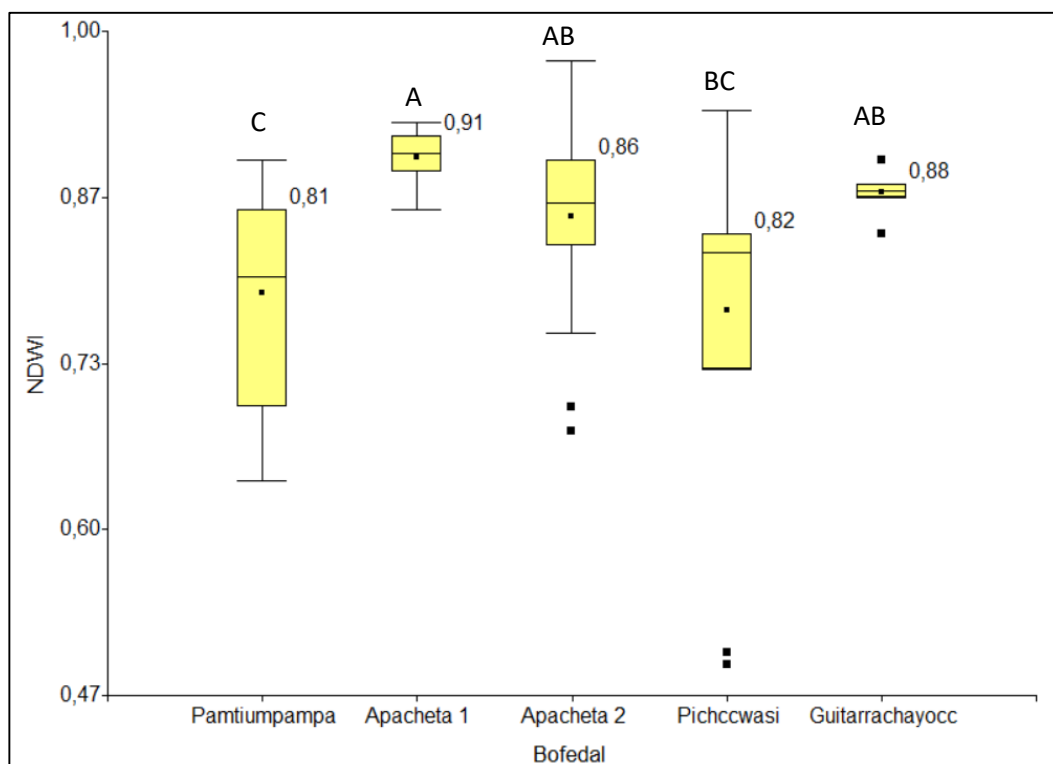


Figura 17. Diagrama de cajas y bigotes para la comparación de valores de NDWI en los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

En la figura 17 de cajas y bigotes comparamos los valores de NDWI entre los bofedales evaluados, el valor máximo de la mediana alcanza el 0,91 de NDWI corresponde al bofedal Apacheta 1 y con menor valor con 0,81 bofedal Pantumpampa, al analizar con la prueba de Kruskal Wallis (anexo 13), existen diferencias relevantes a nivel estadístico entre los bofedales evaluados ($p < 0.05$), se obtuvieron las medianas máximas de NDWI con 0,91, 0,88 y 0,87, corresponden a los bofedales Apacheta 1, Guitarrachayocc y Apacheta 2 estos valores no difieren entre sí, los valores significativamente más bajos de 0,81 y 0,83 corresponden a los bofedales Pantumpampa y Pichqawasi.

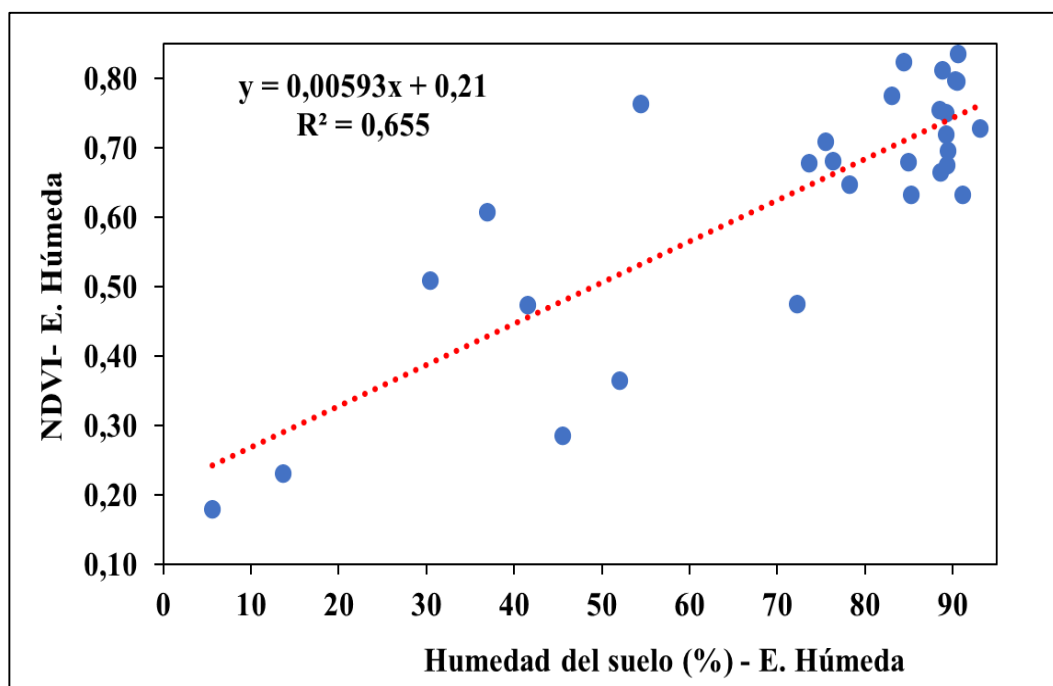


Figura 18. Relación de la humedad del suelo con respecto al NDVI de los 5 bofedales durante la época húmeda, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

La figura 18 señala el coeficiente de correlación de Spearman es positiva moderada entre las variables humedad de suelo y el NDVI durante la época húmeda, es decir, que la relación es directa ($R^2=0,655$), significa que la humedad del suelo explica en un 65.5% la presencia de vegetación en el bofedal.

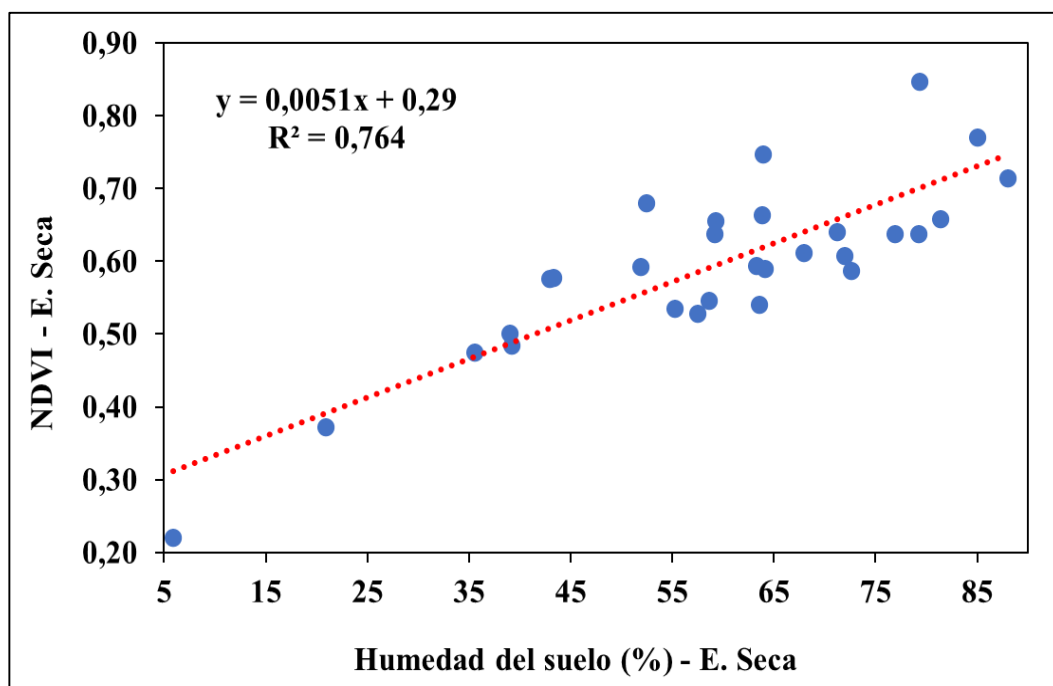


Figura 19. Relación de la humedad del suelo con respecto al NDVI de los 5 bofedales durante la época seca, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

La figura 19 señala el coeficiente de correlación de Spearman es positiva alta entre las variables humedad de suelo y el NDVI durante la época seca, es decir, que la relación es directa ($R^2=0,764$), significa que la humedad del suelo explica en un 76.4% la presencia de vegetación en el bofedal.

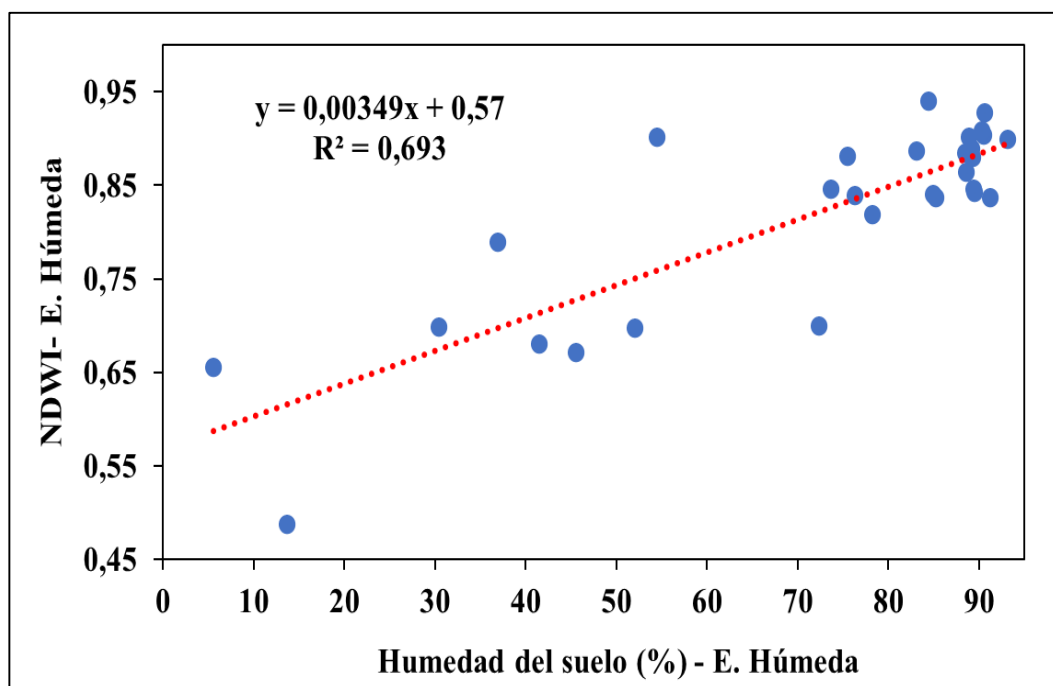


Figura 20. Relación de la humedad de suelo con respecto al NDWI de los 5 bofedales durante la época húmeda, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

La figura 18 muestra la correlación de la humedad del suelo con respecto al NDWI durante la época húmeda, se observa un coeficiente de correlación de Spearman es positiva moderada, es decir, que la relación es directa ($R^2=0.693$), indica cuanto más aumenta la humedad de suelo, aumenta el índice de agua, significa que la humedad del suelo explica en un 69.3% la presencia la presencia de agua.

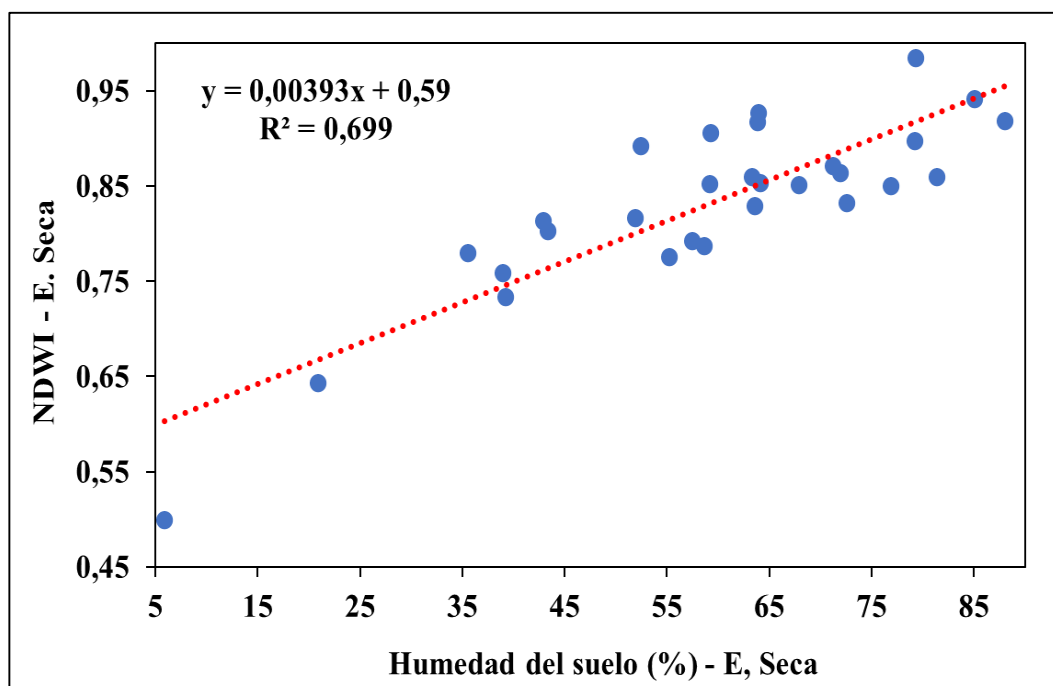


Figura 21. Relación de humedad del suelo con respecto al NDWI de los 5 bofedales durante la época seca, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Interpretación

La figura 19 muestra la correlación de la humedad del suelo con respecto al NDWI durante la época seca, se observa un coeficiente de correlación de Spearman es positiva moderada, es decir, que la relación es directa ($R^2=0.699$), indica cuanto más aumenta la humedad de suelo, aumenta el índice de agua, significa que la humedad del suelo explica en un 69.3% la presencia la presencia de agua.

Tabla 15. Características morfológicas del bofedal: Humedad de suelo, forma, área y pendiente de los 5 bofedales muestreados, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Características y valores promedios	Apacheta 1	Apacheta 2	Pichcca wasi	Guitarra chayocc	Pamtium pampa
Humedad de suelo (%) (E. Húmeda)	88,08	74,66	65,79	86,06	62,10
Humedad de suelo (%) (E. Seca)	65,04	62,32	58,25	74,26	54,08
Forma (ANA, 2020)	Ligeramente ramificado	Ramificado	Irregular alargada	Irregular Amplia	Alargada
Área del bofedal (ha)	8,11	45,55	176,75	59,02	67,54
Pendiente predominante (%)	10,10	4,19	4,76	4,68	5,58
Descripción del pendiente D.S. N° 005-2022-MIDAGRI	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Ligeramente inclinada	Ligeramente inclinada	Ligeramente inclinada	Ligeramente inclinada

V. DISCUSIÓN

En el diagrama de cajas y bigotes (figura 12) muestran las medianas resultantes con valor de 84,45% de humedad durante la época húmeda y 63,86% durante la época seca, los datos presentan menor dispersión (mejor distribución), al realizar la prueba de Mann Whitney (anexo 6), existen diferencias significativas ($p < 0,05$) de la humedad entre las épocas del año.

En el estudio realizado por Palacios (2021), en el bofedal Moyobamba, perteneciente a la comunidad de Tanta, distrito de Canchayllo, provincia de Jauja, región Junín, determinaron el porcentaje de humedad del suelo según las estaciones del año, obteniendo a 5 metros del canal de drenaje un valor porcentual máximo de $79,16 \pm 10,18\%$ correspondiente al periodo de Inter estación (mayo), y el valor porcentual mínimo registró a 0 metros del canal de drenaje con $64,46 \pm 14,7\%$, correspondiente al periodo seca (Julio), muestran que el porcentaje de humedad en diferentes estaciones y a diferentes distancias presentan diferencias significativas ($p = 0,000$).

En la figura 13, muestra el diagrama de cajas y bigotes, se comparó los valores de humedad en los cinco bofedales evaluados, donde Guitarrachayoc y Apacheta 1 presentan valores máximos de humedad de 84,93% y 77,50%, el bofedal Pamtumpampa con valores más bajos de 60,39%, al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (anexo 7), no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) de humedad de suelo entre los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta. En la tesis de Baldoce (2020), muestra los resultados de análisis de comparación con la prueba de Kruskal Wallis los valores de humedad de los bofedales de Huachipampa y Tambo Real según la estacionalidad (seca, transición seca – lluviosa, lluviosa y transición lluviosa – seca), no existe diferencias significativas en el porcentaje de humedad según la estacionalidad.

En la figura 14 del diagrama de cajas y bigotes, se obtuvo valor máximo de 0,68 de NDVI durante la época húmeda y el valor mínimo de 0,61 durante la época seca, al realizar la prueba de U de Mann-Whitney (anexo 8) los valores de NDVI presenta diferencias significativas ($p=0,05$) entre las épocas, por lo que el nivel de significancia es igual al p valor. En la tesis de Ramos (2018) menciona que los valores extremos de NDVI del bofedal de Chalhuanca aumenta en la época húmeda de 0,22 a 0,91 y para la época seca los valores muestran menor distanciamiento entre 0,1 a 0,7 estos valores son los resultados de la interacción de las variables climáticas (precipitación y temperatura), sumando la presión antrópica, mientras en el estudio de Mamani y Román, (2021) menciona la disminución de los valores de NDVI en los meses de julio y agosto en los años de 1986 con valor de 0,079 y en 2018 con 0,065.

En la figura 15 muestra el diagrama de cajas, permitió analizar diferencias de los valores de NDVI en los bofedales evaluados, se obtuvo el valor máximo de la mediana de 0,72 de NDVI corresponde al bofedal Apacheta 1, y con valor mínimo de 0,59 el bofedal Pamtumpampa, al analizar con la prueba de Kruskal-Wallis (anexo 9 y 10), se corroboró las diferencias significativas relevantes a nivel estadístico ($p_{0,020}<0,05$), los valores de NDVI entre los bofedales evaluados, el bofedales Apacheta 2, Guitarrachayocc y Apacheta 1 presentan los valores mas altos de NDVI, pero no difieren entre sí, el bofedal Pamtumpampa y Pichqawasi con valores significativamente más bajos y no difieren respecto al NDVI. La humedad alta favorece el desarrollo de la vegetación densa, tan igual la humedad media comparte el desarrollo de la vegetación dispersa, los valores de humedad baja están relacionada con la vegetación escasa, se encuentra en áreas pequeñas, el suelo desnudo dentro del bofedal.

En la figura 16 se comparó los valores de NDWI entre las épocas del año, se obtuvieron resultados similares de 0,85 de NDWI durante la época húmeda y seca, de acuerdo a la prueba de Mann-Whitney son iguales (anexo 11), no se hallan diferencias significativas ($p>0,05$), los suelos de los bofedales presentan una de las particularidades de tener humedad de manera constante durante todo el año. El NDWI es un índice que mide la humedad de suelo superficial de los bofedales, según Palacios Sanchez et al.,(2018) los sensores pasivos registran la radiación electromagnética procedente de la superficie terrestre, los efectos atmosféricos pueden distorsionar la información disponible (como el vapor de agua, O_2 , O_3 , CH_4 ,

CO₂, N₂O y los aerosoles) pueden absorber y dispersar las longitudes de onda de la radiación solar, por ello puede variar los valores de NDWI.

En la figura 17 de cajas y bigotes comparamos los valores de NDWI entre los bofedales evaluados, el valor máximo de la mediana alcanza a 0,91 de NDWI corresponde al bofedal Apacheta 1 y con menor valor de 0,81 bofedal Pamtumpampa, al analizar con la prueba de Kruskal Wallis (anexo 13), existen diferencias relevantes a nivel estadístico entre los bofedales evaluados, porque el valor p es menor al nivel de significancia ($p < 0.05$), las medianas máximas de NDWI con 0,91, 0,88 y 0,87, corresponden a los bofedales Apacheta 1, Guitarrachayocc y Apacheta 2 estos valores no difieren entre sí, los valores significativamente más bajos de 0,81 y 0,83 corresponden a los bofedales Pamtumpampa y Pichqawasi, de igual forma no difieren entre sí. En la investigación de Baldoceña (2020) determinó la humedad del suelo de los bofedales de Huachipampa y Tambo Real, encontrando la variación de humedad de suelo, el bofedal Huachipampa con valores de 48,5% a 92,29% y el bofedal Tambo Real de 18,52 % a 89,29%. Mientras Palacios (2021) expresa, la humedad con mayor variación es la parte superficial del bofedal suelo, mientras a los 5 metros de profundidad presenta menor variabilidad.

Existe correlación entre la humedad de suelo (%) con el índice de diferencia normalizada (NDVI) en los bofedales evaluados de la Microcuenca-Apacheta, mediante el análisis de Spearman con nivel de significancia mayor a 0,01 ($P > 0,01$), en la figura 18 muestra los valores obtenidos en la correlación con $R^2 = 0,655$ durante la época húmeda y en la figura 19 con $R^2 = 0,764$ durante la época seca, se concluye que la relación es estadísticamente muy significativa. Según Martínez et al (2010), considera como significativos a los coeficientes de correlación con valores mayores a 0,4 y menores a -0,4. Durante la época húmeda la humedad del suelo explica en un 65,5% la presencia de la vegetación en las zonas de bofedal y durante la época seca en un 76,4% la presencia de la vegetación en el bofedal.

Los resultados muestran la existencia de la relación lineal entre la humedad de suelo con el NDWI de los bofedales muestreados de la Microcuenca-Apacheta, en la figura 20 y 21, se observa el coeficiente de correlación de $R^2 = 0,693$ y $R^2 = 0,699$ corresponden a las épocas húmeda y seca, la relación de la humedad del suelo explica en un 69,3% la presencia del índice de humedad en las zonas de bofedal durante la época húmeda y un 69,9% durante la época seca. Menciona Sulca

(2018) que las áreas con mayor vegetación presentan mayor humedad, pueden ser analizados con imágenes satelitales, mientras García et al.(2015) y Sulca (2018) indica que la humedad condiciona diferentes tipos de vegetación que se puede encontrar en el mismo bofedal, a mayor humedad mayor vegetación.

Los bofedales con mayor área presentan valores de 0,4 a 1,0 de NDVI y una pequeña parte del área ocupa desde los valores de 0,0 a 0,4. Se contrasta con el estudio de García et al.(2015) sobre los bofedales de la cabecera del río Chillón, muestra el valor mínimo de NDVI de 0,436, valor máximo de 0,832 y el valor promedio 0,602. La mayor concentración de los valores de NDVI fueron en la época húmeda, estos valores de NDVI disminuyen durante la época seca, por la disminución de la precipitación. Para los 5 bofedales de la microcuenca de Apacheta los rangos de NDVI, las zonas de vegetación densa o vigorosa presentan un rango de 0,6 a 1,0, y las zonas de vegetación dispersa (poca vegetación) con valores de 0,4 a 0,6.

Según Sulca (2018) menciona que los suelos con menor humedad está relacionada con suelos poco cubiertos de vegetación o con vegetación rala. Menciona Baldoce (2020), la vegetación no tiene influencia de la materia orgánica, sino se encuentra muy relacionada con la humedad, los humedales altoandinos dependen de la precipitación, la humedad del suelo del bofedal varía lo mínimo según las épocas, a mayor grosor de los horizontes orgánicos de los bofedales captura mayor humedad en una magnitud de dos a tres veces su peso seco, durante la época seca la dinámica de la vegetación favorece al suelo con una menor pérdida de la humedad, y durante la época húmeda hay mayor retención de humedad, producto de las precipitaciones. mientras García et al (2014) menciona que la cobertura vegetal es dependiente de las condiciones meteorológicas (precipitación, temperaturas y viento), pueden manifestarse algunas variaciones en la época húmeda y seca. Moncada et al.(2020) describe las 3 estaciones climáticas de la Microcuenca-Apacheta encontrando (estación húmeda, intermedia y seca), la estación húmeda está comprendas los meses: enero, febrero, marzo y diciembre, la estación intermedio: abril, septiembre, octubre y noviembre y la estación seca: mayo, junio, julio y agosto, los estadios climáticos muestran la disminución de la precipitación, aumento de temperaturas mínimas y máximas, variación de la velocidad de aire, humedad relativa y la radiación solar, por lo tanto las áreas vegetación densa y vegetación dispersa calculadas mediante el NDVI pueden variar durante las estaciones del año.

En algunas zonas del bofedal la dinámica de la vegetación se ve afectada por actividades antrópicas como la extracción de la turba y los fenómenos naturales como el incremento de la velocidad del viento incrementa la erosión del suelo, sumado la influencia del cambio climático que provoca cambios en la vegetación, el incremento de especie indeseable *Aciachne Pulvinata*, con hojas no palatables para el ganado, requiere de bajas concentraciones de humedad para su proliferación, acentuándose como una especie de bofedal indicadora de ecosistemas degradadas o de pastoreo intenso (Caro et al., 2014; Monasterio et al., 2006; Portal, 2019).

En un estudio de la Microcuenca-Apacheta, la temperatura superficial del suelo (TSS) durante los años de 1985 al 2018, muestra un valor medio de 17,8°C con una desviación estándar de 3,4°C, la línea de tendencia muestra se incrementaron en un 4,9 °C, las evidencias del cambio climático conllevan a la disminución de los nevados y la variación del régimen hídrico, influyen en el aumento de la cobertura vegetal, las tendencias de temperatura superficial en los nevados son más altas (5,8%), lo cual muestra la disminución o desaparición de nevados (Benavides & Francisco, 2021; Moncada & Willems, 2020).

En el estudio de los bofedales de Chalhuanca del distrito de Yanque provincia de Caylloma Arequipa, soportan la presión antrópica y el cambio climático afectando los servicios ecosistémicos como la regulación del flujo hídrico, captura de carbono, regulación de microclima, la tendencia del área de NDVI del bofedal de Chalhuanca muestra un incremento de 12 ha/año (Paucá-Tanco et al., 2020),

La desglaciación andina está influenciado por el aumento de la temperatura por lo cual hay mayor dotación de agua causando la desglaciación, menciona que el agua deshelada está disminuyendo cada año (Altamirano, 2014). En la Microcuenca-Apacheta el régimen hídrico está variando en la zona de bofedales, por lo que hay dominancia de alguna especie.

En la figura 18 y 19 muestra los resultados obtenidos en la correlación de Spearman y el nivel de significancia es mayor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula H_0 , a partir de los valores obtenidos en la correlación que son $R^2=0,695$ durante la época húmeda y $R^2=0,704$ durante la época seca, se concluye que la relación es estadísticamente muy significativa, existe un grado de relación entre la Humedad de suelo (%) y el Índice de diferencia normalizada de humedad (NDVI) de los 05 bofedales de la Microcuenca-Apacheta.

En la figura 20 y 21 muestra los resultados obtenidos en la correlación de Spearman y el nivel de significancia es mayor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula, a partir de los valores obtenidos en la correlación que son $R^2=0,655$ durante la época húmeda y $R^2=0,764$ durante la época seca, se concluye que la relación es estadísticamente muy significativa, existe un grado de relación entre la Humedad de suelo (%) y el Índice de diferencia normalizada de humedad (NDVI) de los 05 bofedales de la Microcuenca-Apacheta.

En la figura 20 y 21 muestra los resultados obtenidos de la correlación de Spearman y el nivel de significancia es mayor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula, existe una relación lineal positiva muy fuerte entre la humedad del suelo con el NDWI en las dos épocas del año, siendo en la época húmeda $R^2=0,693$ y en la época seca con $R^2=0,699$, los valores de NDWI presentan diferencia significativa entre los bofedales evaluados, mientras no existe diferencia significativa en las épocas del año.

La regulación hídrica (recarga) inicia la época de lluvias en la Microcuenca-Apacheta el mes de diciembre y culmina en abril, el proceso de recarga en los bofedales culmina antes que termine el periodo de lluvias (mes de febrero), se debe a que la napa freática se encuentra cerca de la superficie del suelo, cuando el bofedal se satura de agua pierde la capacidad de infiltración. Cervantes et al.(2022) muestra en sus resultados sobre el aporte de agua para la recarga de los acuíferos, el pajonal se regula en un 80%, en el bofedal el 17% y en el bosque de Polylepis el 3%.

En la tabla 16 describimos las características morfométricas de los bofedales donde se identificaron las siguientes formas: ligeramente ramificado (Apacheta 1), ramificado (Apacheta 2), irregular alargada (Pichccawasi), irregular amplia (Guitarrachayocc) y alargada (Pamtumpampa), durante la época húmeda el bofedal de apacheta 01, presenta mayor humedad, en un 88,08% es un bofedal de 8,11 has, Guitarrachayocc con humedad de 86,06%, mientras durante la época seca Guitarrachayocc presenta una humedad alta de 74,26%),

Se determinó los pendientes con valor máximo de 10,10% se describe pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada, corresponde al bofedal Apacheta 1, el resto de bofedales presentan pendientes ligeramente inclinadas.

En el estudio desarrollado por Baldoceca Cajahuanca (2020), menciona que los puntos ubicados cerca al riachuelo dentro de un bofedal presentan mayor porcentaje de humedad (valor máximo 87%), cerca de la zanja de 21,27 a 55,56

% y en la zona media con valores de 18,52 a 43,35 %, esto puede deberse a la influencia de la pendiente, los suelos con pendientes empinados, genera un escurrimiento acelerado del agua. En el estudio realizado por García et al. (2015) indica una de las características del bofedal es su poca pendiente que permite la acumulación de agua y circulación permanente, el valor promedio máximo de la pendiente es de 15°. mientras Aponte (2018) menciona que la poca probabilidad de humedad es por la existencia de la fuerte pendiente en las zonas de bofedal.

VI. CONCLUSIONES

1. Existe relación lineal positiva entre la humedad del suelo con el NDVI según las épocas del año, siendo la época húmeda con un coeficiente de correlación de $R^2=0,655$ y la época seca con $R^2=0,764$. Existe diferencia significativa positiva de la humedad gravimétrica en las distintas épocas del año, la época húmeda con 84.45% de humedad y época seca con 63.86%. Existe diferencia significativa de los valores de NDVI entre las épocas, época húmeda con valor de 0,68 de NDVI y la época seca con 0,61. Los valores de NDVI son significativamente diferentes al comparar la humedad de suelo de los cinco bofedales, donde Apacheta 1, Apacheta 2 y Guitarrachayocc presentan los valores más elevados, Pantumpampa y Pichqawasi los más bajos.
2. Existe relación lineal positiva entre la humedad del suelo con el NDWI según las épocas del año, siendo en la época húmeda con $R^2=0,693$ y la época seca con $R^2=0,699$. Existe diferencia significativa entre los valores de NDWI entre los bofedales evaluados. No existe diferencia significativa entre el valor de NDWI entre las épocas del año, los resultados son similares de 0,85 de NDWI. Existe diferencia significativa de los valores de la humedad de suelo entre los bofedales evaluados, los bofedales Apacheta 2, Guitarrachayocc y Apacheta 1 presentan valores de NDWI más altos, pero no difieren entre sí, el bofedal Pantumpampa y Pichqawasi con valores significativamente más bajos.
3. Se identificaron las formas geométricas: ligeramente ramificado (Apacheta 1), ramificado (Apacheta 2), irregular alargada (Pichccawasi), irregular amplia (Guitarrachayocc) y alargada (Pantumpampa)

VII. RECOMENDACIONES

1. Monitorear el comportamiento de los bofedales con imágenes satelitales y modelos de elevación digital (DEM) de mayor resolución espacial, de manera que se pueda tener un análisis mucho más exacto, para determinar variables que puedan contribuir en la estimación de la humedad del suelo, vegetación y degradación.
2. Comparar los resultados obtenidos en este estudio con otros modelos de estimación de la NDVI y NDWI de las zonas altoandinas, para mejorar su poder predictivo y la inclusión de nuevas variables especializadas.
3. Mayor número de toma de muestras de humedad de suelo en distintas coberturas terrestres para una mejor correlación de los datos de NDVI y NDWI.
4. Los puntos de muestreo de la humedad de suelo deben ser a una profundidad de 5 cm, para obtener una buena relación con el NDVI y NDWI.
5. Analizar y determinar el impacto del cambio climático y actividades antrópicas sobre los bofedales y su importancia en la regulación de los mismos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano, T. (2014). *Refugiados ambientales: Cambio climático y migración forzada* (PUCP). https://books.google.es/books?id=_5_NDwAAQBAJ
- Álvarez, J., Casalí, J., & M, G. (2005). Teledetección radar como herramienta para la estimación de la humedad superficial del suelo en cuencas agrícolas. *Revista de Teledetección.*, 27–42.
- Alzérrec, H. (1988). *Diagnóstico y prioridades de investigación en praderas y pasturas del altiplano y altoandino de Bolivia. Memoria de la I Reunión Nacional sobre Praderas Nativas de Bolivia.*
- ANA. (2016). *Priorización de cuencas para la gestión de Recursos Hídricos.* 137.
- ANA. (2020). *Lagunas reservas de agua dulce en Áncash* (1ra Edición).
- Aponte, J. (2018). Dinámica de cambios superficiales en humedales cordillera La Viuda - Perú, mediante índices espectrales y modelo digital de elevación, periodo 1985-2016. *Universidad Nacional de Colombia*, 124.
- Arévalo, R. (2005). *Programa Andino Instituto de Montaña (Perú). En: Izurieta X. (Ed.). 2005. Turberas Altoandinas. Espacios Frágiles de Vida y Cultura. Proyecto Peatlands in the Tropical Andes. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/ ECOPAR/GRUPO PARAMO. Quito.*
- Ariza, A. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *Centro de Investigación y Desarrollo En Información Geográfica Del IGAC -CIAF*, 46.
- Baldoceda, I. A. (2020). *Análisis de la humedad de suelo de los bofedales Huachipampa y Tambo Real, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba* [Tesis de para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/814>
- Benavides, V., & Francisco, J. (2021). *Influencia del cambio climático sobre los humedales altoandinos, estudio comparativos entre un humedal manejado (Ccallaccapcha, La Unión, Arequipa)*". 101. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13200/UPvi-bejf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bueno Quiliche, E. L. (2019). Cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito El Prado - Cajamarca, periodo 2003-2018. In *Tesis de grado.*
- Caro, C., Sánchez, E., Quinteros, Z., & Castañeda, L. (2014). Respuesta De Los Pastizales Altoandinos a La Perturbación Generada Por Extracción Mediante La Actividad De "Champeo" En Los Terrenos De La Comunidad Campesina Villa De Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 13(1–2), 85. <https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.459>
- Cervantes, R., Sánchez, J. M., Alegre, J., Rendón, E., Baiker, J. R., Locatelli, B.,

- & Bonnesoeur, V. (2022). Contribución de los ecosistemas altoandinos en la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica. *Ecología Aplicada*, 20(2), 137–146. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1804>
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Chander, G., Markham, B.L., Helder, D.L. (2009). Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. (In Press, Remote. *Remote Sensing of Environment*, 1(5), 1–24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425709000169?via%3Dihub>
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio* (p. 576).
- De La cruz, N., & Bilbao, J. (2005). Complejo Quetena Chico (Sud Lípez, Potosí). en: Izurieta X. (Ed.).2005. Turberas Altoandinas. Espacios Frágiles de Vida y Cultura. Complejo. In *Proyecto Peatlands in the Tropical Andes. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/ECOPAR/GRUPO PARAMO*.
- Díaz Moyota, P. (2015). *Caracterización ecológica de bofedales, hábitat de vicuñas aplicando metodologías de teledetección y SIG. Estudio de caso: Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. [Universidad San Francisco De Quito]. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26612>
- Domínguez, J. (2000). Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)". *ResearchGate*, 02 junio 2014.
- Eugenio, F., Marcello, J., & Marqués, F. (2007). *Tutorial de Teledetección Espacial* (pp. 1–337).
- Fernández, S. E., & Del Río, J. P. (2011). Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento territorial. *Serie Documentos de Gestión Urbana* 1, 1–94.
- Fonkén, M. (2014). An introduction to the bofedales of the Peruvian High Andes. *Mires y Turba*, 15 (5), 1–13.
- Galán, A., & Perea, E. (2017). *La vegetación de la región Arequipa (Perú)* (Issue November).
- García, F. ., Campos, M., Sebater, N., Belda, F., Moreno, A., Gilabert, M. ., Martínez, B., Pérez, A., & Meliá, J. (2014). Vulnerabilidad de la vegetación a la sequía en España. *Asociación Española de Teledetección*, 29–37. <https://doi.org/1133-0953>
- García, J., Willems, B., & Espinoza, R. (2015). *Mapeo de bofedales en cabeceras de cuenca mediante imágenes de los satélites Landsat. 1*, 81–97. <https://doi.org/10.36580/rgem.i1.81-97>
- Giraldo, R. A. (2021). Análisis de aplicaciones espectrales derivados de imágenes satelitales PerúSAT-1 Analysis of spectral applications derived from images PeruSAT-1 satellite. *Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de La Universidad Nacional*

- Mayor de San Marcos*, 24, 75–81.
- Gonzales, M. ., Hergoualc'h, K., Núñez, Ó. ., Baker, T., Himner, R., Del Águila, J., & Ochoa, F. . (2020). *¿Qué sabemos sobre las turberas peruanas? Documentos Ocasionales* (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/007847>
- Gracia, M., & Terneus, E. (2020). Análisis comparativo del estado ecológico de la vegetación acuática en dos humedales altoandinos del volcán Antisana. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 41, 59–73.
- Heynes, S., Gónzales, M., Ruacho, L., Gonzáles, M., & López, I. (2017). *Vegetación de humedales del municipio de Durango, Durango, México. Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 358-364. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.005>.
- Labrador García, M., Brondo, J., & Arbelo, M. (2012). *Satélites de teledetección para la gestión del territorio, Universidad de La Laguna. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias.*
- Lamolda, H. (2008). *Estudio de la influencia de las correcciones a imágenes Landsat ETM+ en la obtención de propiedades de cubiertas vegetales.*
- Leon, P. ., & Quispe, L. S. (2009). Evaluación Socio-Ambiental del bofedal Huaytire de la provincia de Candarave - Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, 12, 93–98.
- Maestri, M. L. (2020). *Modelos matematicos y computacionales para el analisis de la dinámica ecológica de las lagunas de la región Pampeana* [Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires].
http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/144/1/Piscoya_Lesly_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf
- Mamani, A. J. P., & Román, C. R. (2021). Índice de vegetación y cambio climático: una evaluación multitemporal de imágenes Landsat en la laguna Pucarani en el periodo 1972 al 2018. *Ingeniería Investiga*, 3(2), 96–106. <https://doi.org/https://doi.org/10.47796/ing.v3i2.535> Artículo
- Marrero, S. (2018). *Introducción a los humedales altoandinos de venezuela.*
- Martínez, F., Sosa, F., & Ortiz, J. (2010). Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza. *Universidad de Guanajuato, México*, 1, 89–103.
- Mas Monsonis, M. (2017). *Uso de la teledetección y los SIG en la vigilancia de la calidad de agua: aplicación al Mar Menor.* Universidad Politecnica de Cartagena.
- Meneses, Loza, Lliully, Palabral, & Anthelme. (2014). Métodos para cuantificar diversidad y productividad vegetal de los bofedales frente al cambio climático Methods to quantify the diversity and the productivity of high-Andean wetlands under the effects of climate change. *Ecoligía En Bolivia*, 49(3), 42–55. <https://doi.org/1605-2528>
- Meneses, R. I., Beck, S. G., & Anthelme, F. (2015). *La cordillera real y sus plantas.*

- IRD & Herbario Nacional de Bolivia (IRD & Herb).
- MINAM. (2015). *DS 004-2015-MINAM que aprueba Estrategia Nacional de Humedales*.
- MINAM. (2018). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú - Memoria Descriptiva. *Ministerio Del Ambiente*, 120. <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>
- Monasterio, M., Smith, J. K., & Molinillo, M. (2006). *Agricultural Development and Biodiversity Conservation in the Paramo Environments of the Andes of Mérida, Venezuela*. 307–318.
- Moncada, W., & Willems, B. (2020). Análisis espacial y temporal de la temperatura superficial en la Microcuenca-Apacheta mediante datos térmicos Landsat. *Revista de Teledetección*, 51–63. <https://doi.org/1133-0953>
- Moncada, W., Willems, B., & Rojas, J. (2020). Estimación de estadíos estacionales a partir de parámetros climáticos medidos en la estación meteorológica de la Microcuenca-Apacheta, Región Ayacucho, 2000 al 2018. *Revista de Investigación de Física*, 23(2), 17–25. <https://doi.org/10.15381/rif.v23i2.20296>
- Murphy, R. ., Underwood, A. ., & Jackson, A. . (2009). Field-based remote sensing of intertidal epilithic chlorophyll: Techniques using specialized and conventional digital cameras *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* Field-based remote sensing of intertidal epilithic chlorophyll: Techniques u. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 380(1–2), 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2009.09.002>
- Navarro, G., & Maldonado, M. (2002). *Geografía ecológica de Bolivia: vegetación y ambientes acuáticos. Cochabamba, Bolivia: Editorial Centro de ecología Simón I. Patiño-Departamento de difusión*.
- Olivio, A. A. (2017). *Clasificación de la vegetación del Karst de Sierra de las Nieves, utilizando imágenes. Landsat Tesis (Master), E.T.S.I. de Minas y Energía (UPM)*. <https://oa.upm.es/48286/>
- Otálora, M. P., Torres, E. T., Carlos, L., Rojas, A., Raúl, L., & Marcos, J. (2012). *MINAM. Glosario de Términos para la Formulación de Proyectos Ambientales*. 1–118.
- Pacheco, L. F. (2014). Ciencia, manejo y la importancia de utilizar métodos pertinentes. *Ecología En Bolivia*, 49(3), 1–5. <https://doi.org/1605-2528>
- Palacios, G. R. (2021). *Determinación de humedad de suelo para la conservación de los humedales altoandinos-sector Moyobamba, Yauyos [Universidad Católica Sedes Sapientiae - Facultad de Ingeniería Agraria]*. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1022>
- Palacios Sanchez, L. A., Paz Pellat, F., Oropeza Mota, J. L., Figueroa Sandoval, B., Martínez Menez, M., Ortiz Solorio, C. A., & Exebio Garcia, A. (2018). Corrector atmosférico en imágenes Landsat. *Terra Latinoamericana*, 36,

- 309–321. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.232>
- Pauca-Tanco, A., Ramos-Mamani, C., Luque-Fernández, C. ., Talavera-Delgado, C., Villasante-Benavides, J. ., Quispe-Turpo, J. P., & Villegas-Paredes, L. (2020). Análisis espacio temporal y climático del humedal altoandino de Chalhuanca (Perú) durante el periodo 1986-2016. *Revista de Teledetección*, 55, 105–118.
- Pelaez martinez, O. (2021). Analisis de la respuesta espectral de la coberturas vegetales de los ecosistemas de páramo y humedales a partir de los sensores aerotransportados ultracam D, DJI Phantom 3 Pro y Mapir Nir. Casos de estudio humedal “el ocho”, Villamaría - Caldas. *ResearchGate*, February. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15569.04961>
- Pérez, D. J. (2007). *Introducción a los sensores remotos-Aplicaciones en Geología. Laboratorio de Tectónica Andina, Ciudad Universitaria, Pabellón, 2, C1428EGA. 09.*
- Portal, E. (2019). *Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos.* Tesis para optar el Grado Academico de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Prieto, G., Alzérreca, J., Luna, D., & Luna, S. (2003). *Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano del T.D.P.S. 14–40.*
- Ramirez, D. (2011). *Flora vascular y vegetación de los Humedales de Conococha, Ancash, Perú. Tesis de grado de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima: 110. Consultado 20 sep. 2016. Disponible en http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/cat_alogo/_da.*
- Ramos, C. S. (2018). Variación espacio-temporal de los ecosistemas de humedales altoandinos en el anexo de Chalhuanca del Distrito de Yanque (Caylloma, Arequipa) entre los años 1986-2016. [Para optar el Título profesional de Biologa]. In *Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7163>
- Ramsar. (2002). *Los Humedales altoandinos como ecosistemas estratégicos 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Valencia, España.*
- Ramsar. (2016). Introducción a la convención sobre los humedales. *Ramsar*, 5, 118. www.ramsar.org
- Richards, J. . (2013). *Sources and Characteristics of Remote Sensing Image Data. In: Remote Sensing Digital Image Analysis. Springer, Berlin, Heidelberg.* https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2_1
- Ruthsatz, B. (2012). Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenologia*, 42(3–4), 133–179. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2012/0042-0535>
- Sebem, E. (2005). *Aportaciones de la teledetección en el desarrollo de un sistema*

metodológico para la evaluación de los efectos de cambio climático sobre la producción de las explotaciones agrarias.

https://oa.upm.es/78/1/TesisDoctoral_ElodioSebem_Acrobat_6.pdf

Sulca, G. (2018). *Caracterización físico química de suelos de un bofedal altoandino y su relación con la vegetación y humedad determinados por imágenes satelitales. Ayacucho 2016* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga].
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1956>

ANEXOS

Anexo 1. Secuencia fotográfica de los bofedales evaluados.



Vista panorámica del bofedal Apacheta 1



Vista panorámica del bofedal Apacheta 2



Vista panorámica del bofedal
Pichccahuasi



Vista panorámica del bofedal
Guitarrachayocc



Vista panorámica del bofedal
Pamtiumpampa



Toma de muestra del suelo



Calicatas para la toma de muestras del
suelo



Extracción de muestras de suelo del
bofedal

Anexo 2. Registro de datos de humedad del suelo e índices de diferencia normalizada vegetación y agua (NDVI y NDWI) de los cinco bofedales de la época húmeda de la Microcuenca-Apacheta.

N°	FECHA	DISTRITO	COMUNIDAD CAMPESINA	BOFEDAL	PROCEDENCIA	Coordenadas WGS 1984 – UTM, Zona 18L			HUMEDAD GRAVIMÉTRICA (%)	NDVI	NDMI	Pendiente (°)
						Este (m)	Sur (m)	Altitud msnm				
1	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C1	533106	8525348	4175	30,42	0,51	0,70	9,09
2	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C2	533164	8525327	4170	88,63	0,67	0,86	3,62
3	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C3	533252	8525350	4162	84,92	0,68	0,84	6,30
4	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C4	533341	8525406	4161	88,87	0,81	0,90	0,81
5	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte media/C3	533482	8525101	4215	5,50	0,18	0,66	6,50
6	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte media/C2	533420	8525057	4171	89,25	0,75	0,89	6,50
7	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte media/C1	533375	8524970	4348	45,58	0,28	0,67	5,65
8	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte baja/C1	533553	8524724	4342	52,09	0,36	0,70	8,28
9	08/04/2017	Pilpichaca	churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte baja/C2	533592	8524834	4302	73,65	0,68	0,85	3,43
10	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 1	Parte alto/C1	528303	8522825	4506	83,06	0,78	0,89	14,05
11	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 1	Parte alto/C2	528335	8522867	4505	90,56	0,80	0,90	6,89
12	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 1	Parte alto/C3	528363	8522899	4505	90,60	0,83	0,93	9,37
13	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte bajo/C3	530831	8522705	4354	76,36	0,68	0,84	5,11
14	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte medio/C3	530627	8522598	4346	54,48	0,76	0,90	1,81
15	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte bajo/C2	530961	8522600	4353	89,32	0,72	0,88	3,24
16	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte alto/C1	530303	8522532	4342	41,53	0,47	0,68	5,71
17	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte alto/C2	530328	8522560	4347	90,34	0,80	0,91	2,56
18	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte medio/C1	530540	8522390	4349	72,31	0,47	0,70	2,56
19	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte medio/C2	530591	8522510	4345	84,45	0,82	0,94	7,43
20	07/04/2017	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte bajo/C1	530996	8522479	4346	88,48	0,75	0,88	5,11
21	08/04/2017	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte alta/C3	533013	8519881	4310	91,19	0,63	0,84	5,11
22	08/04/2017	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte medio/C1	533012	8519881	4310	85,27	0,63	0,84	8,55
23	08/04/2017	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte medio/C2	533300	8520016	4367	36,95	0,61	0,79	4,04
24	08/04/2017	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte medio/C3	533452	8519908	4312	78,22	0,65	0,82	4,92
25	08/04/2017	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte alto/C2	533141	8519751	4305	13,70	0,23	0,49	0,81
26	08/04/2017	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte alta/C1	533214	8519663	4305	89,39	0,67	0,85	5,11
27	13/04/2017	Paras	Tunsulla	Guitarrachayocc	Parte alta/C1	534122	8518023	4374	89,51	0,70	0,84	6,65
28	13/04/2017	Paras	Tunsulla	Guitarrachayocc	Parte alta/C2	533992	8518130	4377	93,17	0,73	0,90	2,29
29	13/04/2017	Paras	Tunsulla	Guitarrachayocc	Parte media/C1	533787	8518253	4382	75,51	0,71	0,88	5,11
PROMEDIO									7,49	0,63	0,82	5,40

Anexo 3. Registro de datos de humedad del suelo e índices de diferencia normalizada vegetación y agua (NDVI y NDWI) de los cinco bofedales de la época seca de la Microcuenca-Apacheta.

N°	FECHA	DISTRITO	COMUNIDAD CAMPESINA	BOFEDAL	PROCEDENCIA	Coordenadas WGS 1984 – UTM, Zona 18L			HUMEDAD GRAVIMÉTRICA			Pendiente (°)
						Este (m)	Sur (m)	Altitud msnm	NDVI	NDMI	(%)	
1	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C1	533109	8525346	4226	20,92	0,37	0,64	9,09
2	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C2	533159	8525318	4221	42,93	0,58	0,81	3,62
3	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C3	533246	8525328	4218	57,47	0,53	0,79	6,30
4	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte alta/C4	533333	8525391	4218	35,60	0,47	0,78	0,81
5	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte media/C2	533477	8524976	4235	63,30	0,59	0,86	6,50
6	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte media/C3	533615	8525050	4223	81,39	0,66	0,86	6,50
7	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte media/C1	533400	8524934	4224	67,94	0,61	0,85	5,65
8	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte bajaC1	533656	8524444	4243	43,33	0,58	0,80	8,28
9	09/11/2016	Pilpichaca	Churia Rosaspampa	Pamtiumpampa	Parte baja/C2	533715	8524457	4247	72,66	0,59	0,80	3,43
10	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta1	Parte alto/C1	528361	8522921	4733	63,86	0,66	0,92	14,05
11	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta1	Parte alto/C2	528334	8522891	4734	59,32	0,66	0,91	6,89
12	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta1	Parte alto/C3	528301	8522828	4731	71,94	0,61	0,86	9,37
13	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte alto/C1	530335	8522631	4545	79,34	0,85	0,98	5,11
14	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte bajo/C1	530863	8522682	4534	39,00	0,50	0,76	1,81
15	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte bajo/C2	530918	8522591	4536	64,14	0,59	0,85	3,24
16	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte alto/C3	530318	8522553	4550	59,17	0,64	0,85	5,71
17	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte medio/C1	530552	8522572	4548	52,44	0,68	0,89	2,56
18	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte medio/C2	530591	8522495	4543	63,98	0,75	0,93	2,56
19	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte medio/C3	530696	8522335	4544	63,57	0,54	0,83	7,43
20	16/09/2016	Paras	Tunsulla	Apacheta 2	Parte bajo/C3	530994	8522480	4539	76,94	0,64	0,85	5,11
21	01/12/2016	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte alta/C2	533123	8519721	4511	5,89	0,22	0,50	5,11
22	01/12/2016	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte alta/C3	532876	8519846	4513	72,60	0,59	0,83	8,55
23	01/12/2016	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte medio/C1	533173	8520064	4500	85,06	0,77	0,94	4,04
24	01/12/2016	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte medio/C2	533295	8520021	4495	39,25	0,48	0,73	4,92
25	01/12/2016	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte medio/C3	533448	8519910	4494	58,64	0,55	0,79	0,81
26	01/12/2016	Paras	Tunsulla	Pichccwasi	Parte alta/C1	533221	8519666	4502	88,05	0,71	0,92	5,11
27	06/10/2016	Paras	Tunsulla	Guitarrachayocc	Parte media/C1	533763	8518198	4476	71,26	0,64	0,87	6,65
28	06/10/2016	Paras	Tunsulla	Guitarrachayocc	Parte alta/C1	533478	8517616	4449	81,39	0,67	0,87	2,29
29	06/10/2016	Paras	Tunsulla	Guitarrachayocc	Parte alta/C2	533462	8517574	4451	88,46	0,68	0,88	5,11
PROMEDIO									61,03	0,60	0,83	5,40

Anexo 4. Análisis de correlación de Spearman de la humedad del suelo del bofedal durante la E. Húmeda ($P > 0,05$, Spearman = -0,800) y E. Seca ($P > 0,05$, Spearman = -0,600) de los 5 bofedales durante la época seca, Huaytara - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Correlaciones		Área del bofedal (ha)	
Rho de Spearman	Humedad de suelo (%) (E. Húmeda)	Coeficiente de correlación	-0,800
		Sig. (bilateral)	0,104
		N	5
	Humedad de suelo (%) (E. Seca)	Coeficiente de correlación	-0,600
	Sig. (bilateral)	0,285	
	N	5	

Anexo 5. Prueba de normalidad Shapiro – Wilk de la humedad de suelo, NDVI y NDWI de los 5 bofedales de la época húmeda y seca, Huaytará - Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

Formulación de hipótesis

- a. H0: los datos tienen una distribución normal
- b. H1: Los datos no poseen distribución normal

Si el nivel de significancia $P < 0,05$ Rechaza Ho, se acepta la H1

Si el nivel de significancia $P > 0,05$ Acepta la Ho

	Época	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Humedad de suelo	Época Húmeda	0,237	29	0,000	0,781	29	0,000
	Época Seca	0,153	29	0,081	0,933	29	0,068
NDVI	Época Húmeda	0,217	29	0,001	0,848	29	0,001
	Época Seca	0,157	29	0,064	0,933	29	0,065
NDWI	Época Húmeda	0,267	29	0,000	0,832	29	0,000
	Época Seca	0,159	29	0,059	0,864	29	0,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Decisión

$N < 30$, utilizamos Shapiro-Wilk

Interpretación

Los datos de Humedad del suelo y NDVI en la época seca presentan un valor P mayor de 0,05, presentando una distribución normal, a diferencia que el NDWI no presenta la distribución normal, por tanto, se analizara con la estadística no paramétrica.

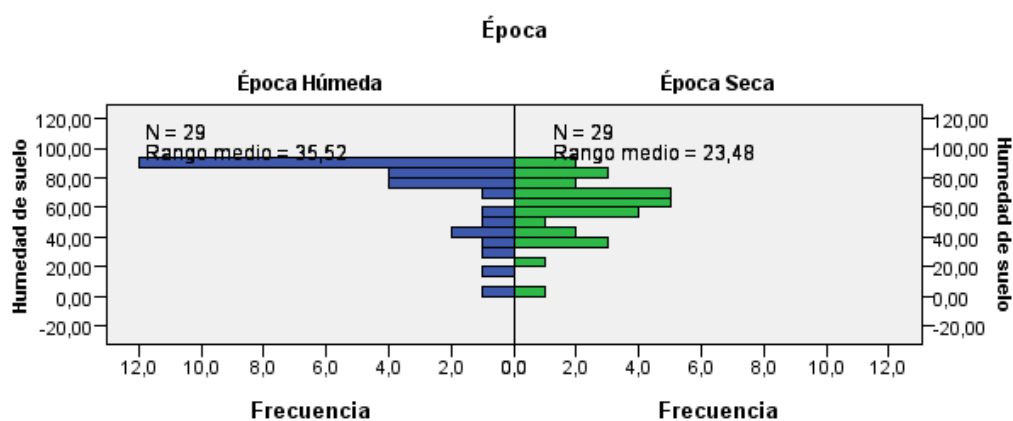
Anexo 6. Análisis de la humedad del suelo durante la época húmeda y seca, aplicando la prueba de Mann Whitney en el Software IBM SPSS Statistics 26. ($U=246,000$; $P<0,05$).

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Humedad de suelo es la misma entre las categorías de Época.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	7,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes



N total	58
U de Mann-Whitney	246,000
W de Wilcoxon	681,000
Estadístico de contraste	246,000
Error estándar	64,302
Estadístico de contraste estandarizado	-2,714
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,007

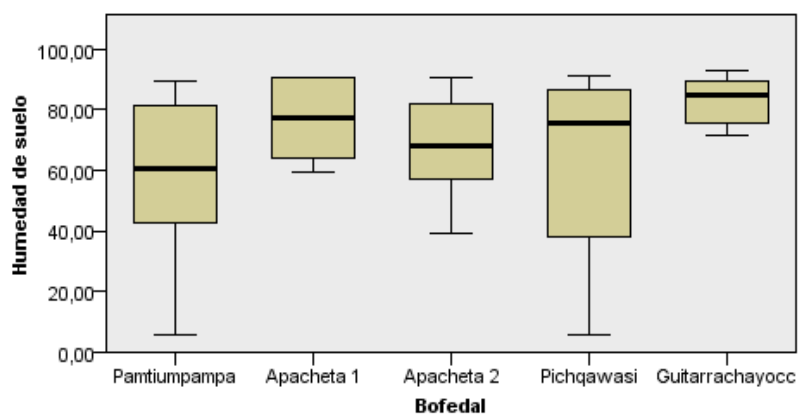
Anexo 7. Prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de la humedad de suelo con cada bofedal evaluado de la Microcuenca-Apacheta.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Humedad de suelo es la misma entre las categorías de Bofedal.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	126,000	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es $\alpha = 0,05$.

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



N total	58
Estadístico de contraste	7,188
Grados de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,126

1. Los estadísticos de prueba se ajustan para empates.
2. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

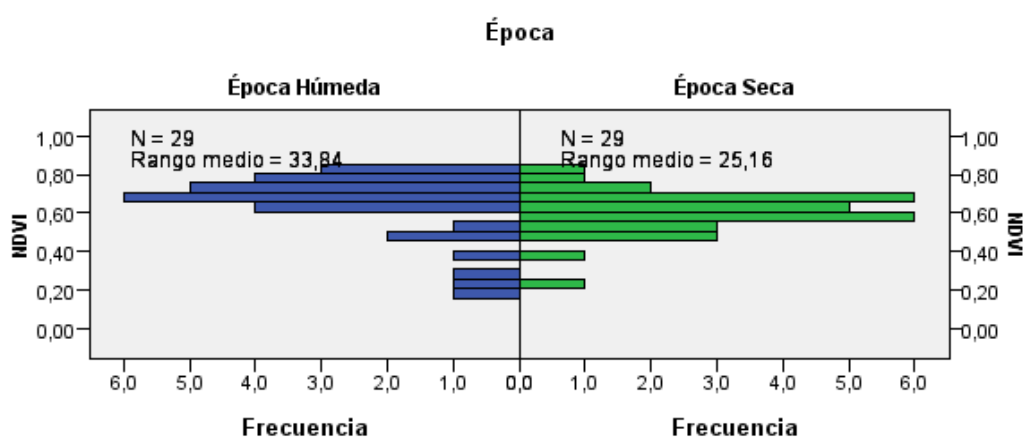
Anexo 8. Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes, para la comparación de los valores de NDVI durante la época húmeda y seca de la Microcuenca-Apacheta.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de NDVI es la misma entre las categorías de Época.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	50,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes



N total	58
U de Mann-Whitney	294,500
W de Wilcoxon	729,500
Estadístico de contraste	294,500
Error estándar	64,246
Estadístico de contraste estandarizado	-1,961
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,050

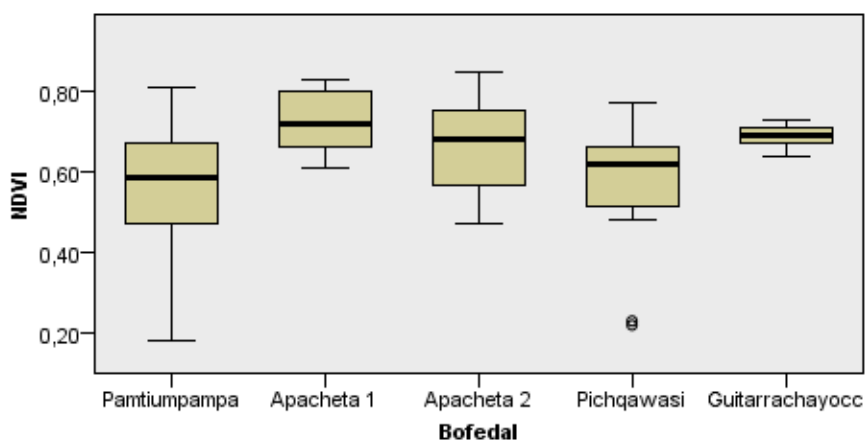
Anexo 9. Prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de los valores de humedad por cada bofedal evaluado de la Microcuenca-Apacheta.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de NDVI es la misma entre las categorías de Bofedal.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	20,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es 0,05.

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



N total	58
Estadístico de contraste	11,634
Grados de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,020

1. Los estadísticos de prueba se ajustan para empates.

Anexo10. Prueba de Kruskal Wallis de los valores de NDVI por cada bofedal evaluado.

Variable	Bofedal	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
NDVI	Pamtumpampa	18	0,55	0,17	0,59	11,61	0,0203
NDVI	Apacheta 1	6	0,72	0,09	0,72		
NDVI	Apacheta 2	16	0,67	0,12	0,68		
NDVI	Pichqawasi	12	0,56	0,17	0,62		
NDVI	Guitarrachayocc	6	0,69	0,03	0,69		

Trat.	Medianas	Ranks		
Pamtumpampa	0,59	21,78	C	
Pichqawasi	0,62	23,58	C	B
Apacheta 2	0,68	34,56		B A
Guitarrachayocc	0,69	38,92		B A
Apacheta 1	0,72	41,58		A

Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

Anexo 11. Estadística descriptiva de NDWI de la época húmeda y seca.

Variable	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Época Húmeda	29	0,8197	0,10469	0,01944	0,7798	0,8595	0,49	0,94
Época Seca	29	0,8328	0,09418	0,01749	0,7969	0,8686	0,50	0,98
Total	58	0,8262	0,09892	0,01299	0,8002	0,8522	0,49	0,98

Anexo 12. Prueba de Mann-Whitney de los valores de NDWI durante la época húmeda y seca.

	Época	N	Rango promedio	Suma de rangos
NDWI	Época Húmeda	29	29,22	847,5
	Época Seca	29	29,78	863,5
	Total	58		

Estadísticos de prueba^a

	NDWI
U de Mann-Whitney	412,5
W de Wilcoxon	847,5
Z	-0,125
Sig. asintótica(bilateral)	0,901

a. Variable de agrupación: Época

Anexo 13. Prueba de Kruskal Wallis de los valores de NDWI por cada bofedal estudiado.

Variable	Bofedal	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
NDWI	Pamtiumpampa	18	0,79	0,08	0,81	15,93	0,003
NDWI	Apacheta 1	6	0,90	0,02	0,91		
NDWI	Apacheta 2	16	0,85	0,08	0,87		
NDWI	Pichqawasi	12	0,78	0,14	0,83		
NDWI	Guitarrachayocc	6	0,87	0,02	0,88		

Trat.	Medianas	Ranks		
Pamtiumpampa	0,81	21,28	C	
Pichqawasi	0,83	22,25	C	B
Apacheta 2	0,87	34,38		B A
Guitarrachayocc	0,88	37,92		B A
Apacheta 1	0,91	47,25		A

Medias con una letra común no son significativamente diferente ($p > 0,05$)

Anexo 14. Análisis de correlación de Spearman, humedad del suelo con los valores de índice de vegetación (NDVI) y índice de agua (NDWI) durante la E. Húmeda ($P > 0,01$, Spearman=0,655, 0,693, 0,002) y E. Seca ($P > 0,05$, Spearman=0,764, 0,699, 0,073) de los 5 bofedales, Huaytará- Pilpichaca - Huancavelica y Paras – Cangallo - Ayacucho, 2017.

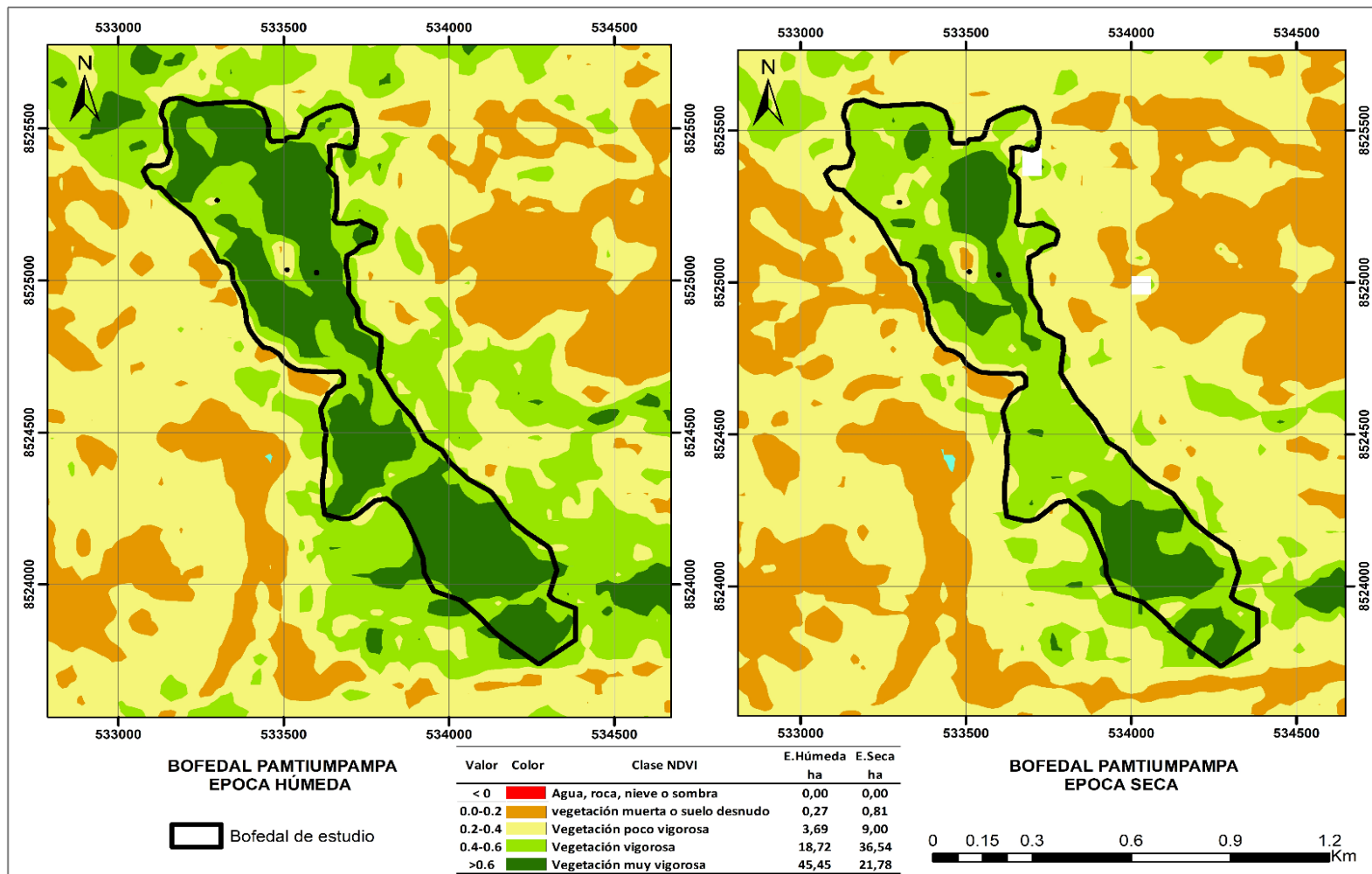
Correlaciones			NDVI	NDWI
Rho de Spearman	Humedad de suelo E. Húmeda	Coeficiente de correlación	0,655**	0,693**
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000
		N	29	29
Rho de Spearman	Humedad del suelo E. Seca	Coeficiente de correlación	0,764**	0,699**
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000
		N	29	29

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

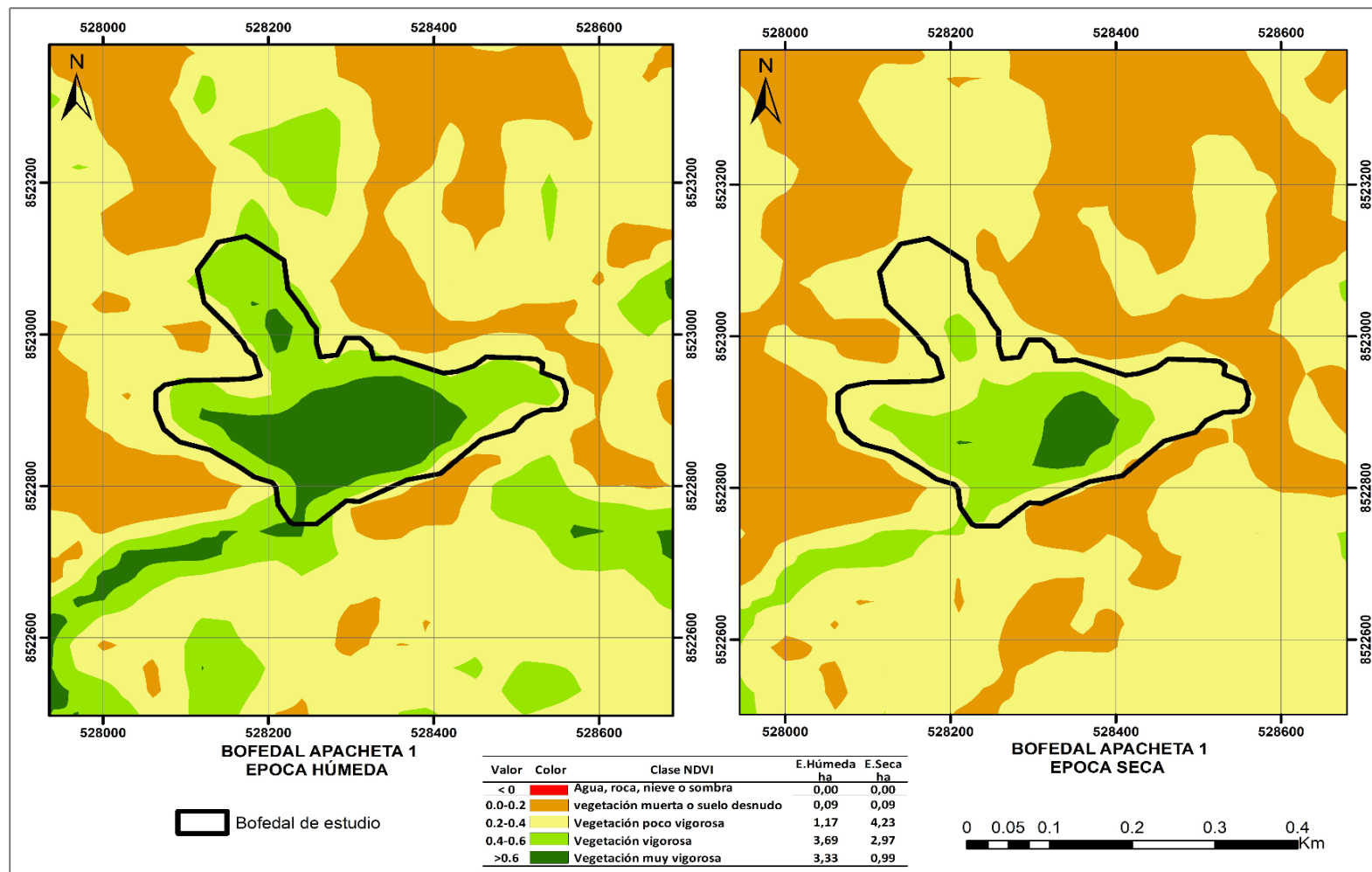
Si el nivel de significancia "Sig." es $< 0,01 \equiv 1\%$ se acepta la hipótesis nula H_0 .

Si el nivel de significancia "Sig." es $> 0,01 \equiv 1\%$ se rechaza la hipótesis nula H_0

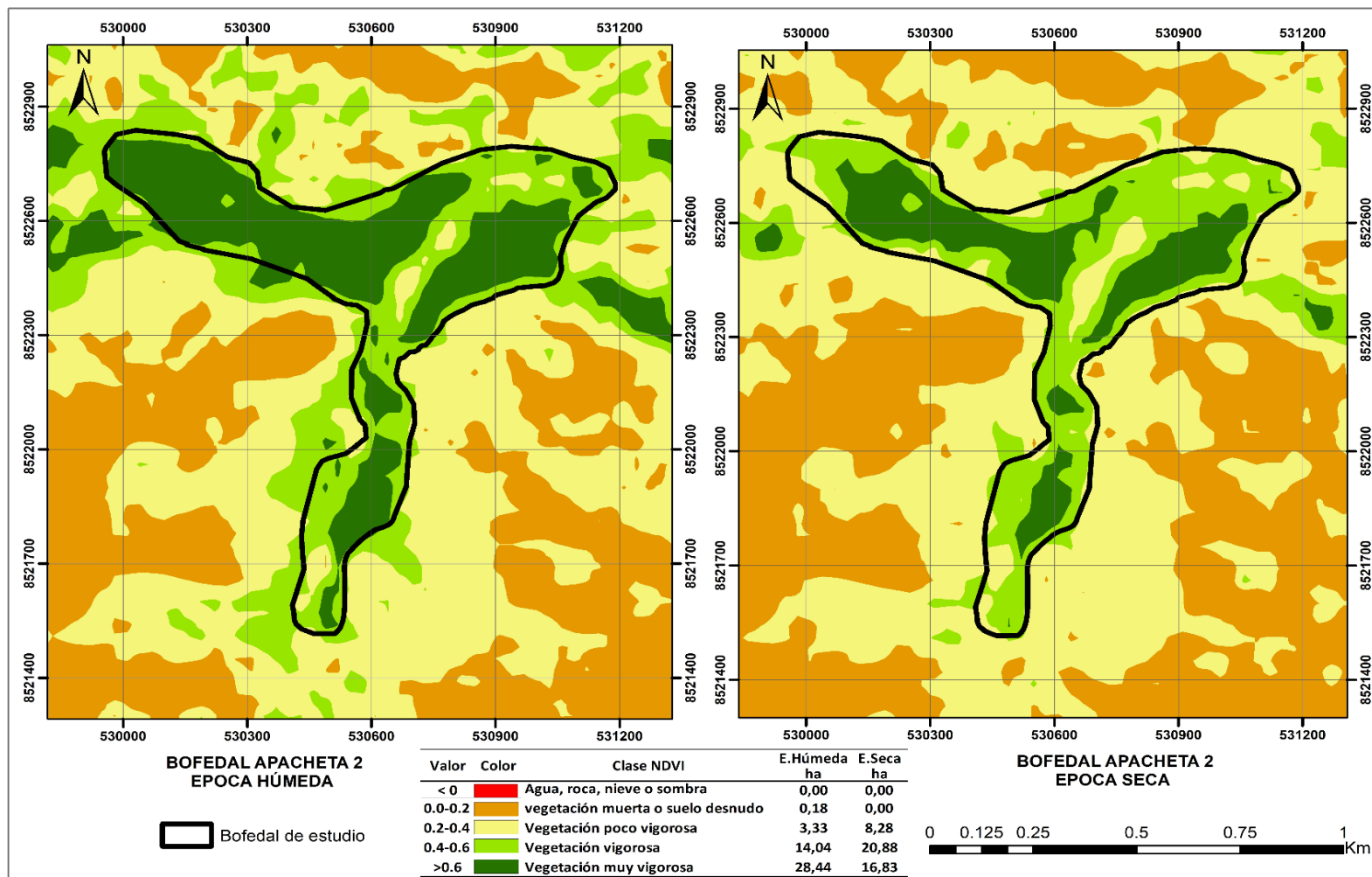
Anexo 15. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Pamtumpampa. Huaytara. Pilpichaca. Huancavelica, 2017.



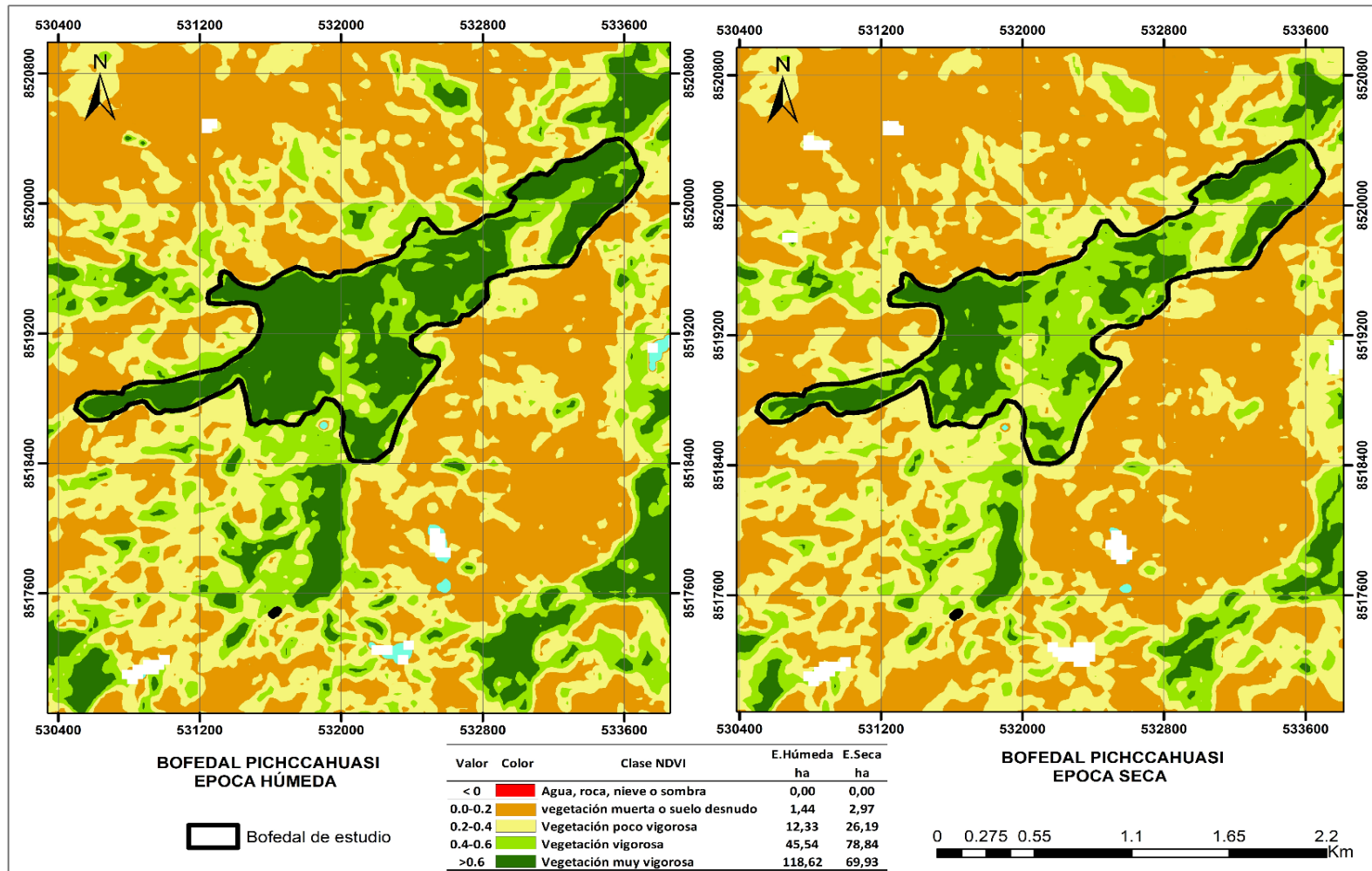
Anexo 16. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 1. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



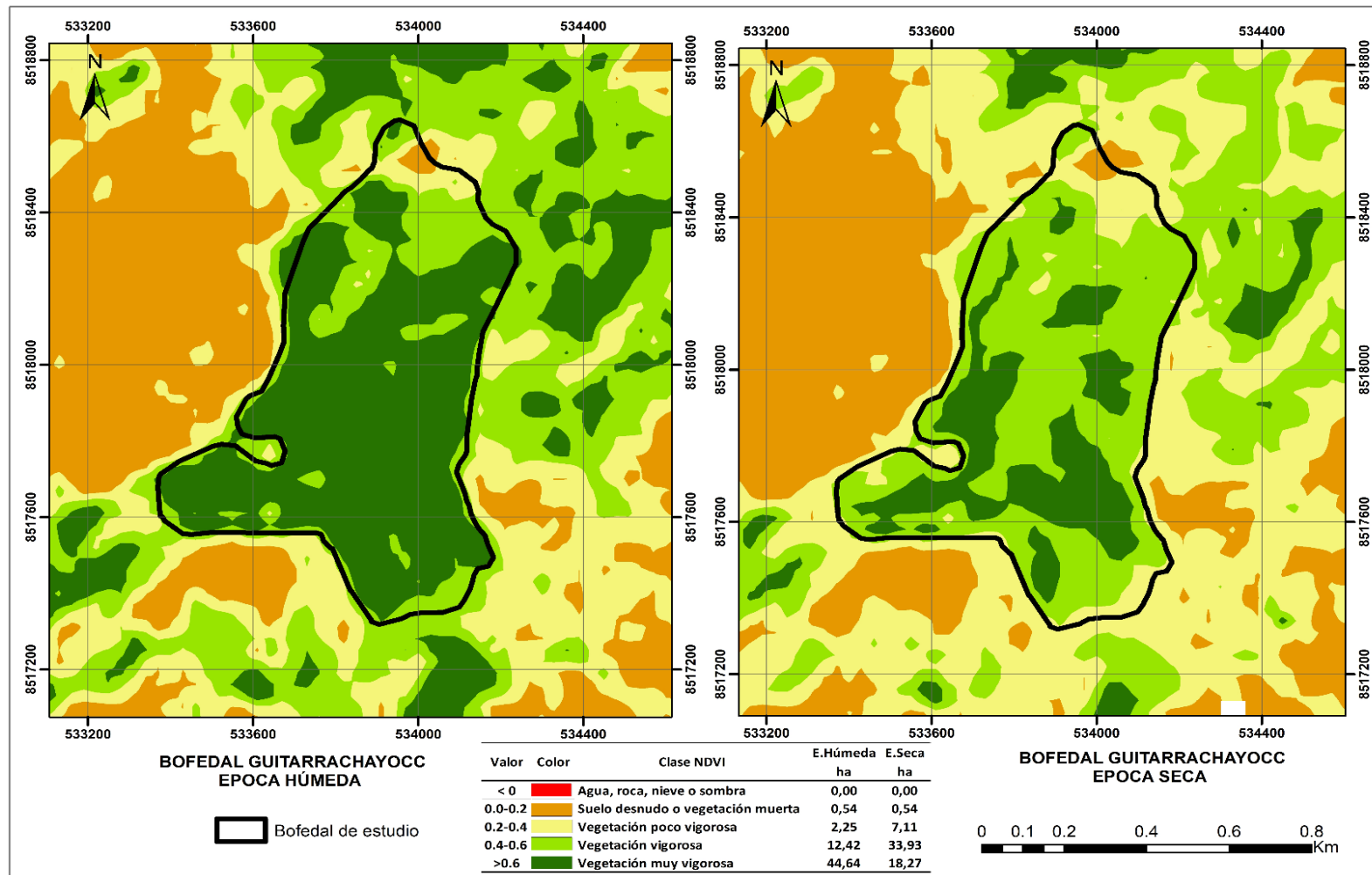
Anexo 17. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 2. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



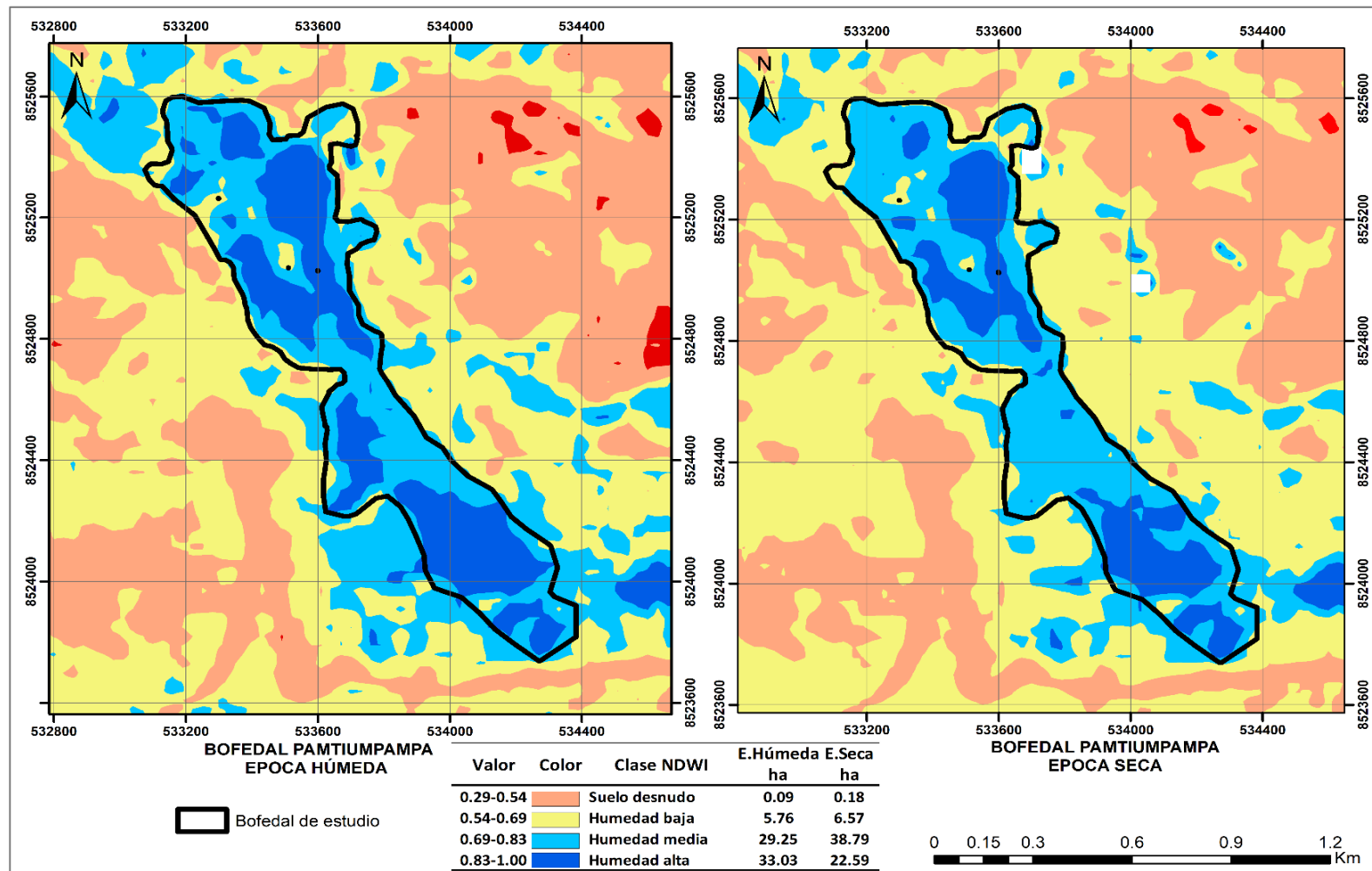
Anexo 18. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Pichccahuasi. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



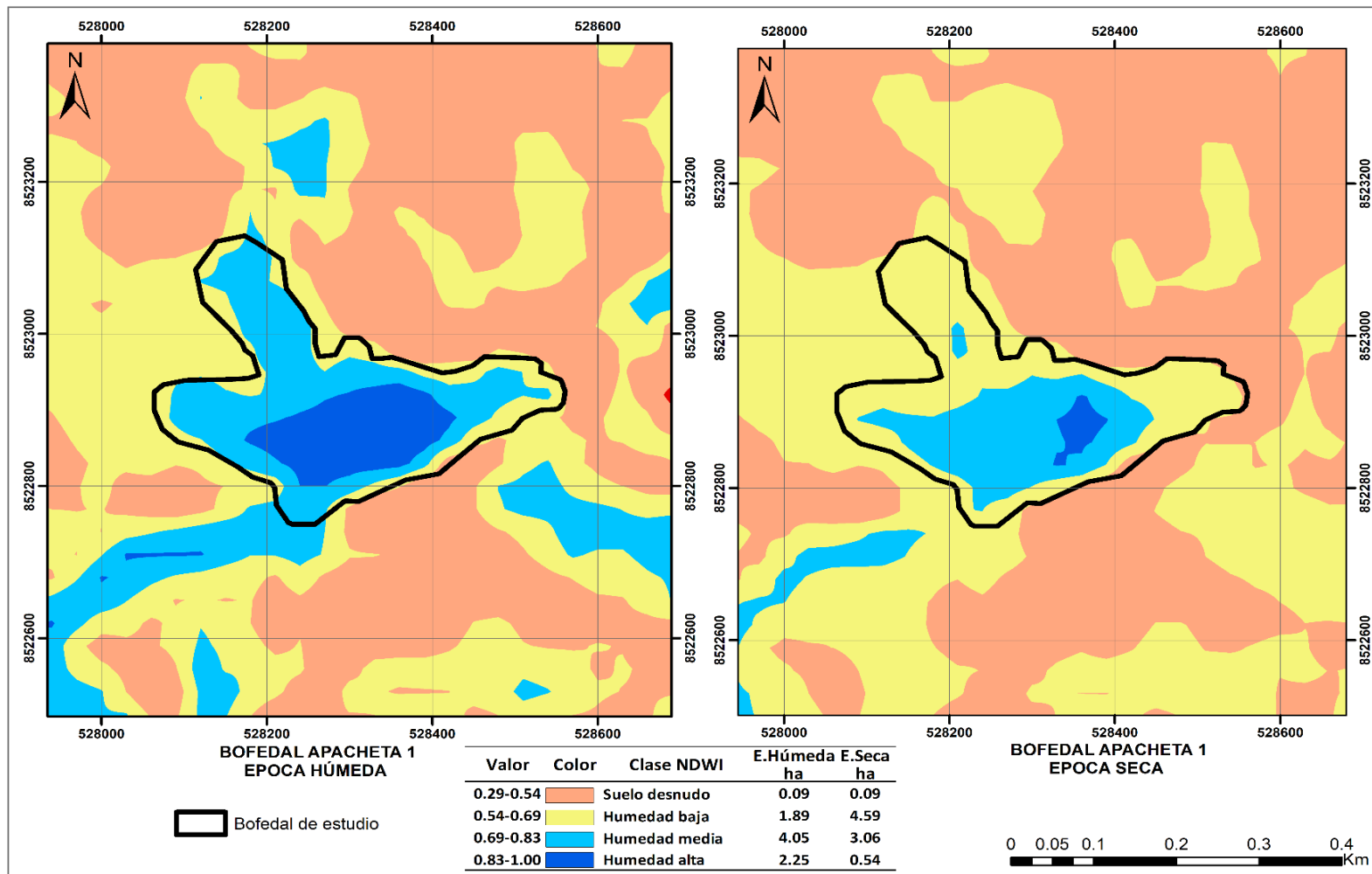
Anexo 19. Mapa de NDVI de la época húmeda y seca del bofedal Guitarrachayocc. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



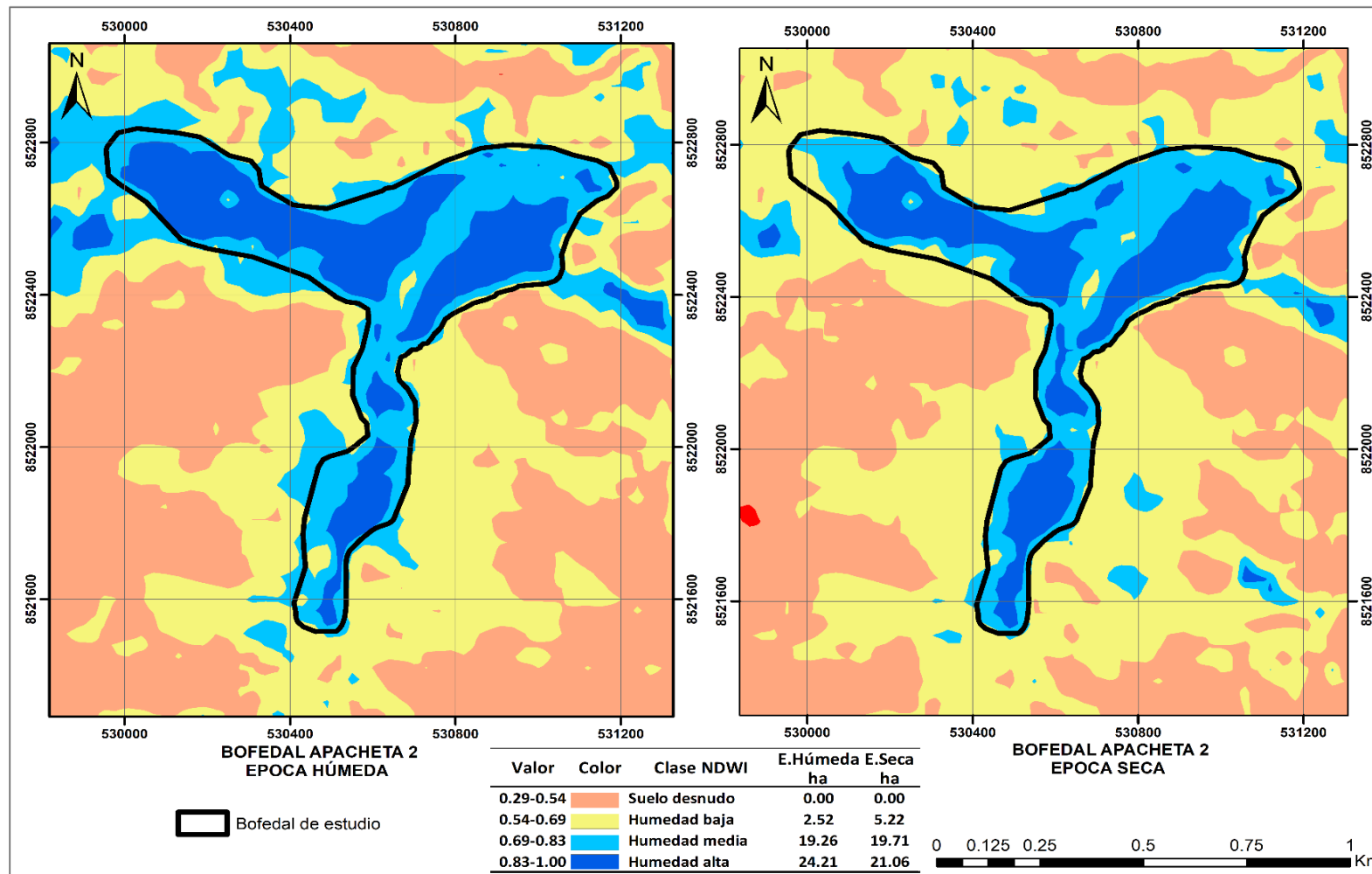
Anexo 20. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Pantiumpampa. Huaytara. Pilpichaca. Huancavelica, 2017.



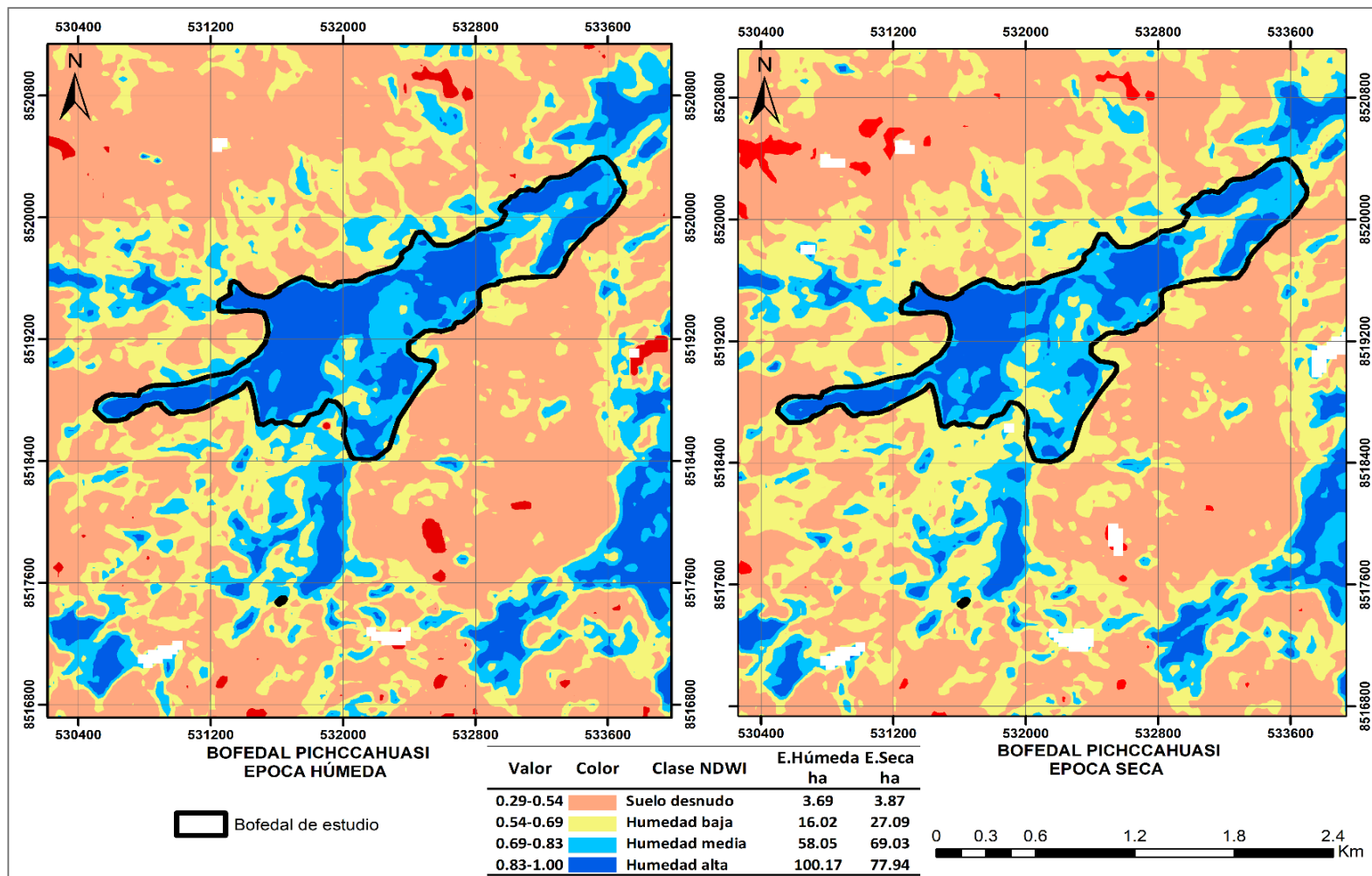
Anexo 21. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 1. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



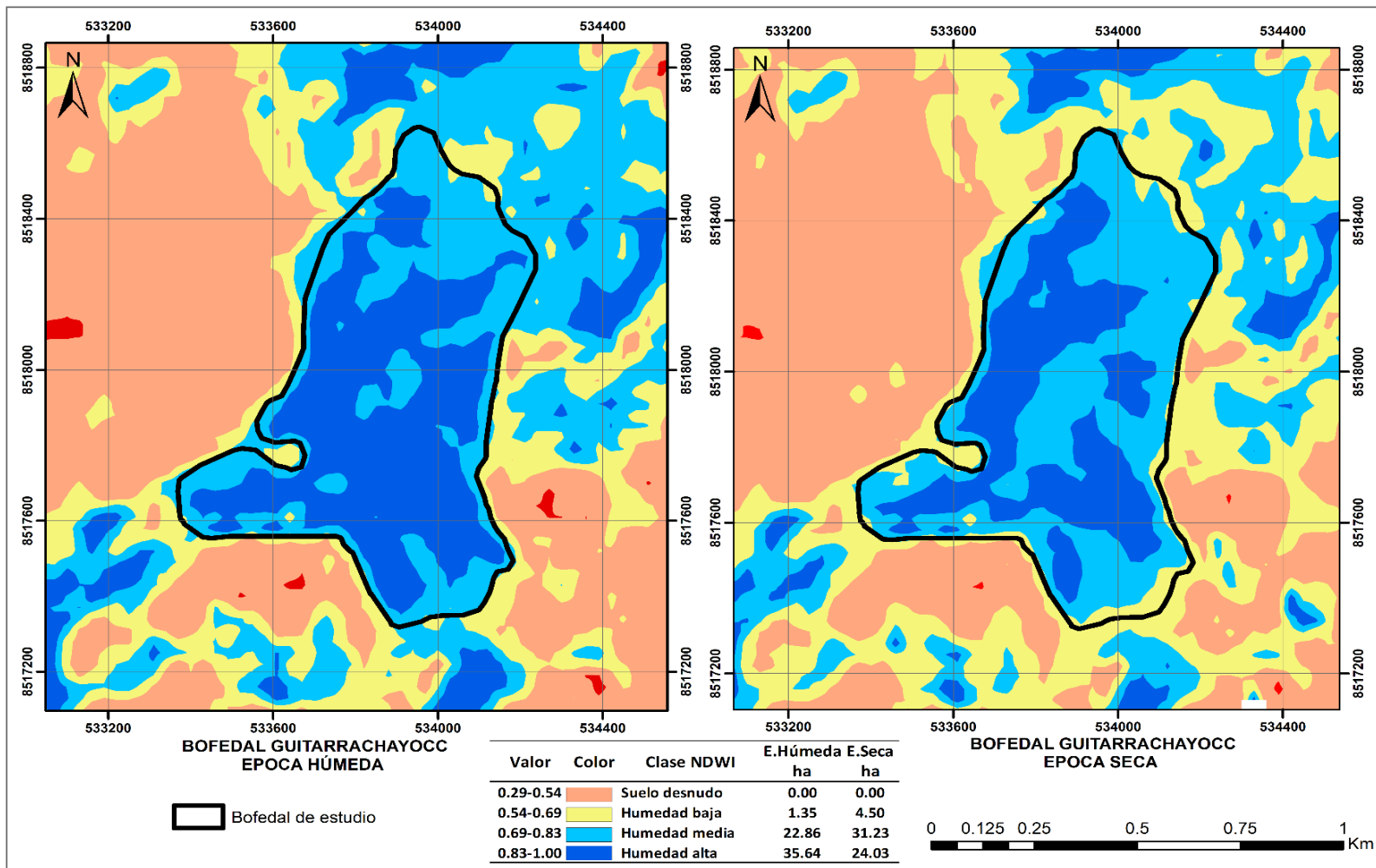
Anexo 22. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Apacheta 2. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



Anexo 23. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Pichccahuasi. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



Anexo 24. Mapa de NDWI de la época húmeda y seca del bofedal Guitarrachayocc. Paras. Cangallo. Ayacucho, 2017.



Anexo 25. Matriz de consistencia.

Título: “Relación de la humedad de suelo con índice de vegetación y humedad de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2021”

Autor: Enrique MARCATOMA TUMBALOBOS

Asesor: Dr. Edwin PORTAL QUICANA


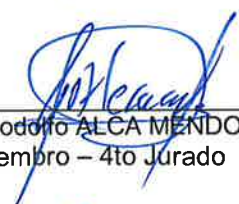
TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
Relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la microcuenca – Apacheta, Ayacucho 2017.	¿Cuál es la relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la microcuenca-Apacheta Ayacucho 2017?	<p>OBJETIVOS GENERALES</p> <p>Evaluar la relación de la humedad de suelo del con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2017.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar la Humedad del suelo (%) con el índice normalizado diferencial de vegetación (NDVI) de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta. • Relacionar la Humedad del suelo (%) con el índice normalizado diferencial de agua (NDWI) de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta. • Determinar las características morfológicas del bofedal: forma, área y pendiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Humedales • Bofedal altoandino • Sistema de Información Geográfica. • Teledetección • Índice Diferencia Normalizada Vegetación (NDVI). • Índice Diferencia Normalizada agua (NDWI). 	<p>Existe una correlación significativa entre la humedad del suelo con el NDVI y el NDWI, determinados por imágenes satelitales LANDSAT 5 y 8, de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Humedad del suelo</p> <p>Indicador</p> <p>Humedad (%)</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>NDVI</p> <p>NDWI</p> <p>Indicadores:</p> <p>Rangos de NDVI</p> <p><0: Agua, roca, nieve o sombra</p> <p>0-0,2: vegetación muerta o suelo desnudo</p> <p>0,2-0,4: Vegetación poco vigorosa</p> <p>0,4-0,6: Vegetación vigorosa</p> <p>>0,6: Vegetación muy vigorosa</p> <p>Rangos de NDWI</p> <p><0,29: Agua. Sombra y nieve</p> <p>0,29-0,54: Suelo desnudo seco</p> <p>0,54-0,69: Humedad baja</p> <p>0,69-0,83: Humedad media</p> <p>>0,83: Humedad alta</p> <p>VARIABLE INTERVINIENTE</p> <p>Bofedal altoandino</p> <p>Indicadores:</p> <p>Área</p> <p>Pendiente</p> <p>Forma</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Correlacional</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>No experimental.</p> <p>Método:</p> <p>Descriptivo</p> <p>Diseño de muestreo:</p> <p>Muestreo determinístico</p> <p>Población</p> <p>05 bofedales altoandinos</p> <p>Muestra:</p> <p>58 puntos de muestreo</p>

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Enrique MARCATOMA TUMBALOBOS
R.D. N° 056-2023-UNSCH-FCB-D**

En la ciudad de Ayacucho, siendo las diez de la mañana del veintisiete de febrero del año dos mil veintitrés; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidido por el Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ; Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ (Miembro - Jurado), Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Miembro - Jurado); Mtro. Rodolfo ALCA MENDOZA (Miembro - 4to Jurado); Dr. Edwin PORTAL QUICANA (Miembro - Asesor), actuando como secretario docente el Mg. Percy COLOS GALINDO; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **"Relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2017"**; presentado por el Bach. Enrique MARCATOMA TUMBALOBOS; el Presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el Presidente invitó a cada uno de los Miembros Jurado, a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta a preguntas	Promedio
Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ	16	14	15
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO	16	15	16
Mtro. Rodolfo ALCA MENDOZA	16	15	16
		PROMEDIO	16

El sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados, e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las doce y quince del medio día; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ
Presidente
Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Miembro - Jurado
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO
Miembro - Jurado
Mtro. Rodolfo ALCA MENDOZA
Miembro - 4to Jurado
Dr. Edwin PORTAL QUICANA
Miembro - Asesor
Mg. Percy COLOS GALINDO
Secretario Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 21-2023-FCB-D

Yo, VÍCTOR LUIS CÁRDENAS LÓPEZ, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2017.** por el Bach. **Enrique Marcatoma Tumbalobos;** he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 19%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-C.

En tal sentido, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 17 setiembre de 2023.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

Dr. Víctor Luis Cárdenas López
Director

Relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la microcuenca -Apacheta, Ayacucho 2017.

por Enrique Marcatoma Tumbalobos

Fecha de entrega: 16-sep-2023 12:10p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2167786119

Nombre del archivo: TOMA-TUMBALOBOS-Enrique-pregrado_tesis_-2023_TURNITIN_word.docx (4.89M)

Total de palabras: 12482

Total de caracteres: 66597

Relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la microcuenca - Apacheta, Ayacucho 2017.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	www.flacsoandes.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
8	www.actualidadambiental.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.uci.cu Fuente de Internet	<1 %
14	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
15	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	ig.conae.unc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
20	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %

21	bibliotecavirtual.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
22	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
23	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
24	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
25	www.inaigem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
27	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	wb2server.congreso.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo