

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

UCSS



TESIS DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN MEDIANTE
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y
TELEDETECCIÓN EN PANTANOS DE VILLA, CHORRILLOS -
LIMA”**

EJECUTORA:

Bach. Nathalie Elizabeth Flores Crisostomo

ASESORA:

Geóg. Maximiliana Irene Castro Medina

CO-ASESOR:

Dr. Héctor Alonso Aponte Ubillús

Huaura – Perú

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° ~~0000~~ 010 2019/UCSS/FIA

Siendo las 10:00 am, del día 07 de setiembre de 2019, en el Aula 401 del Local Central de la Sede Lima-Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Mg. Sc. Wilfredo Mendoza Caballero | Presidente |
| 2. Lic. Norma Luz Quinteros Camacho | Primer Miembro |
| 3. Ing. Mirton Enrique Crisólogo Rodríguez | Segundo Miembro |
| 4. Geóg. Maximiliana Irene Castro Medina | Asesora |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y TELEDETECCIÓN EN PANTANOS DE VILLA, CHORRILLOS - LIMA", que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, la Srta. **Nathalie Elizabeth Flores Crisostomo** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

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

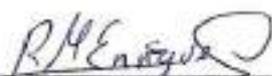
Firmado en Lima, 07 de setiembre de 2019.



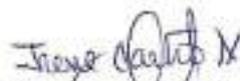
Mg. Sc. Wilfredo Mendoza Caballero
PRESIDENTE



Lic. Norma Luz Quinteros Camacho
1° MIEMBRO



Ing. Mirton Enrique Crisólogo Rodríguez
2° MIEMBRO



Geóg. Maximiliana Irene Castro Medina
ASESORA

DEDICATORIA

La presente investigación, es dedicada a Dios y de manera muy especial a mis Padres: Alejandra Crisostomo Flores y Santos Felix Flores Sánchez, por ser mis consejeros de vida quienes en todo momento me han apoyado y están presente, asimismo, a mis hermanos José, Joseph, Sandra, Karin y a mi novio Joel Balmaceda Rapray, gracias a ellos he podido terminar mi carrera y mi trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), Facultad de Ingeniería Agraria (FIA) - HUACHO, en especial a los profesores que contribuyeron en mi formación profesional y por brindarme las facilidades para poder desarrollar mi investigación.

A la Geóg. Irene Castro Medina, por su orientación y asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis.

Al Dr. Héctor Aponte Ubillús (co-asesor), por su disposición y apoyo en el desarrollo y ejecución de esta tesis, además de su disponibilidad.

A la Lic. Norma Luz Quinteros Camacho y la MSc. Silvia Gutiérrez Bustamante por sus consejos, fueron de gran ayuda en lo profesional y personal, quienes me han demostrado su apoyo desinteresado e incondicional.

A SERNANP Y PROHVILLA por facilitarme los permisos necesarios para la realización de este estudio, enmarcado en el proyecto “estimación y valoración del stock de carbono del refugio de vida silvestre Los Pantanos de Villa (Lima – Perú)” liderado por el Dr. Aponte.

A mis amigos de la UCSS Filial Huaura: Végueta; en especial a María Acero Herrera, Liz Nación Naupay, Yuleydi Oro Ulloa, Yonai Takahashi Cordova y Aaron Hoyos Gonzales sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías, tristezas, por hacerme sentir en casa durante mis estudios universitarios, por sus apoyos, consejos, por las críticas constructivas en momentos oportunos y lograron que este sueño se haga realidad. Gracias por todo.

Finalmente, a todos aquellos que contribuyeron a la elaboración de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas especializadas	7
1.2.1. Humedales	7
1.2.2. Sistema de información geográfica (SIG)	11
1.2.3. Teledetección	13
1.2.4. Marco legal	27
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1. Lugar y fecha	28
2.2. Características generales del área de estudio	28
2.2.1. Ubicación	28
2.2.2. Extensión y límites	29
2.2.3. Zonas de vida	30
2.2.4. Clima	30
2.2.5. Cuerpos de agua	30
2.2.6. Fauna	30
2.2.7. Flora	31
2.3. MATERIALES Y EQUIPOS	32
2.3.1. Materiales	32

2.3.2. Equipos y programas	32
2.4. METODOLOGÍA	33
2.4.1. Recopilación de Información bibliográfica y estadística	34
2.4.2. Obtención y adquisición de imágenes de satélite, información cartográfica básica y temática	34
2.4.3. Análisis e interpretación digital	38
1.2.4. Obtención de mapas preliminares	42
1.2.5. Trabajo de campo	45
1.2.6. Análisis e interpretación visual	46
1.2.7. Elaboración cartográfica e informe final	49
CAPÍTULO III: RESULTADOS	50
3.1. Unidades de vegetación en los Pantanos de Villa	50
3.1.1. Resultado de las unidades de vegetación	50
3.1.2. Descripción de las unidades de vegetación	51
3.2. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	66
3.3. Información o base de datos para monitoreos futuros	69
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES	72
4.1. Las unidades de vegetación	72
4.2. Análisis de NDVI	74
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	75
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
TERMINOLOGÍA	85
APÉNDICES	87

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Definición de los índices de vegetación</i>	21
Tabla 2. <i>Características generales de la WorldView-3</i>	23
Tabla 3. <i>Características generales de las imágenes CBERS</i>	24
Tabla 4. <i>Características de las imágenes CBERS-1,2 y 2B</i>	25
Tabla 5. <i>Características de las imágenes CBERS-3 y 4</i>	25
Tabla 6. <i>Características de la adquisición de las imágenes CBERS-2, 2B y 4</i>	37
Tabla 7. <i>Unidades de vegetación resultante de la clasificación supervisada</i>	41
Tabla 8. <i>Trabajos de campo</i>	45
Tabla 9. <i>Claves de interpretación en imagen de Satélite WordView-3, bandas 1,2 y 3</i>	46
Tabla 10. <i>Resultados de las unidades y subunidades de vegetación</i>	50
Tabla 11. <i>Las principales lagunas del RVSPV</i>	65
Tabla 12. <i>Resultados del NDVI mediante imágenes Cbers</i>	67
Tabla 13. <i>Rango y las clases del NDVI</i>	69
Tabla 14. <i>Sub_directorio shapefiles de las unidades de vegetación</i>	71
Tabla 15. <i>Sub_directorio mapas digitales de las unidades de vegetación</i>	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Clasificación de los humedales	8
<i>Figura 2.</i> Componentes de la teledetección	14
<i>Figura 3.</i> El espectro electromagnético en metros	15
<i>Figura 4.</i> Bases para la interpretación de imágenes	17
<i>Figura 5.</i> Metodología	17
<i>Figura 6.</i> El algoritmo Máximo Verosimilitud	20
<i>Figura 7.</i> Ubicación del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa	29
<i>Figura 8.</i> El proceso metodológico del área de estudio	33
<i>Figura 9.</i> Pasos para obtener imagen Worldview-3	35
<i>Figura 10.</i> Imagen satelital Worldview-3	35
<i>Figura 11.</i> Pasos para obtener imagen Cbers	36
<i>Figura 12.</i> Imagen satelital Cbers y sus características	37
<i>Figura 13.</i> Pasos para obtener un solo mosaico.	38
<i>Figura 14.</i> Clasificación del NDVI	42
<i>Figura 15.</i> Mapa preliminar de la clasificación no supervisada	43
<i>Figura 16.</i> Mapa preliminar de la digitalización en la imagen satelital WordView-3	44
<i>Figura 17.</i> Subunidad de vegetación: Juncal juvenil y maduro	52
<i>Figura 18.</i> Subunidad de vegetación: Juncal Senescente	53
<i>Figura 19.</i> Subunidad de vegetación: Junquillo	53
<i>Figura 20.</i> Subunidad de vegetación: Grama	54
<i>Figura 21.</i> Subunidad de vegetación: Grama + arena	55
<i>Figura 22.</i> Subunidad de vegetación: Grama + junco senescente	55
<i>Figura 23.</i> Subunidad de vegetación: Grama + junco	56
<i>Figura 24.</i> Subunidad de vegetación: Totora enea (<i>Typha domingensis</i>)	57
<i>Figura 25.</i> Subunidad de vegetación: Totora balsa (<i>Schoenoplectus</i> <i>californicus</i>)	57
<i>Figura 26.</i> Subunidad de vegetación: Totora disturbada (ocupada por aves)	58
<i>Figura 27.</i> Subunidad de vegetación: Totora enea + corta-corta	58
<i>Figura 28.</i> Subunidad de vegetación: <i>Bacopa monnieri</i>	59
<i>Figura 29.</i> Subunidad de vegetación: Sombrero	60

<i>Figura 30.</i> Subunidad de vegetación: Carrizal	61
<i>Figura 31.</i> Subunidad de vegetación: Corta-corta	61
<i>Figura 32.</i> Subunidad de vegetación: Salicornial	62
<i>Figura 33.</i> Subunidad de vegetación: Árboles introducidos	63
<i>Figura 34.</i> Subunidad de vegetación: cerco vivo	63
<i>Figura 35.</i> Subunidad de vegetación: Miosporum	64
<i>Figura 36.</i> Subunidad: Cuerpos de agua	64
<i>Figura 37.</i> Subunidad: Suelo desnudo	65
<i>Figura 38.</i> Subunidad: Arena	66
<i>Figura 39.</i> Subunidad: Sales	66
<i>Figura 40.</i> Subunidad: Desmonte	66
<i>Figura 41.</i> Mapa general de NDVI del año 2004 - 2018	69
<i>Figura 42.</i> Estructura de la base de datos del proyecto de investigación	70
<i>Figura 43.</i> Contenido del subdirectorío shapefiles y mapas digitales	70

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Gráfico de las características de la imagen satelital WordView-3	87
Apéndice 2. Las Lagunas principales del RVSPV (laguna Mayor, laguna Sur, laguna Marvilla y Laguna Genesis)	88
Apéndice 3. Perímetro de Los Pantanos de Villa aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG en DATUM PSAD 56 que se enmarca en los siguientes 66 hitos:	89
Apéndice 4. Perímetro de Los Pantanos de Villa enmarcado entre las coordenadas UTM, DATUM WGS 84 de acuerdo a las normas cartográficas	91
Apéndice 5. Mapa final de clasificación no supervisada	94
Apéndice 6. Puntos de control para realizar la clasificación supervisada	95
Apéndice 7. Mapa final de clasificación supervisada	101
Apéndice 8. Fotografías de las salidas de campo	102
Apéndice 9. Mapa final de las unidades de vegetación	103
Apéndice 10. Mapa final de las Sub-unidades de vegetación	104
Apéndice 11. Denominaciones de las unidades de vegetación en diversos estudios	105
Apéndice 12. Unidad de vegetación “cola de escorpión”	106
Apéndice 13. Pastoreo en el área natural protegido en el sector Sur-Oeste	106
Apéndice 14. Vertimiento de aguas no tratadas del sector Nor-Este	107
Apéndice 15. Mapa de las unidades de vegetación afectados por el incendio en el 2014	107
Apéndice 16. Resumen de los incendios ocurridos durante el periodo del año 2006 – 2014 en Los Pantanos de Villa	108

RESUMEN

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, es un humedal costero ubicado en Lima Metropolitana alberga una diversidad de especies de flora y fauna y ha sido reconocido como sitio RAMSAR. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar y caracterizar las unidades de vegetación, mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) usando herramientas tecnológicas como los sistemas de información geográfica (SIG) y la Teledetección. La metodología empleada está basada en la aplicación de técnicas de análisis digital y visual de las imágenes satelitales Worldview-3 y CBERS-2, 2B y 4, las cuales fueron sometidas a corrección geométrica, técnicas de realce y algoritmos de clasificación, entre otros. Se identificaron ocho unidades de vegetación, como Juncal 30.348 ha (11.527 %), Gramadal 84.436 ha (32.072 %), Totoral 74.338 ha (28.237 %), Acuática 1.706 ha (0.648 %), Carrizal 1.290 ha (0.490 %), Corta-corta 4.270 ha (1.622 %), Salicornial 0.677 ha (0.257 %) y Área intervenida-cuerpos de agua 66.202 ha (25.146 %). El Índice de vegetación del año 2004, 2008 y 2018, se clasificó en tres clases: a) la clase sin vegetación que en el año 2004 comprendió 1.296 ha (0.559 %) y al año 2018 fue de 38.748 ha (17.041 %), b) la clase vegetación mixta, que comprendió para el año 2004 fue de 100.240 ha (43.266 %) y para el año 2018 representó 148.344 ha (65.241 %) y c) la vegetación densa, que para el año 2004 fue de 130.146 ha (56.174 %) y para el año 2018 comprendió un área de 40.285 ha (17.717 %).

Palabras claves: Unidades de vegetación, Los Pantanos de Villa, sistemas de información geográfica, teledetección, NDVI.

ABSTRACT

The Wildlife Refuge Pantanos de Villa, is a coastal wetland located in the metropolitan Lima that has an important diversity of flora and fauna species and has been recognized as a RAMSAR site. The objective of this study was to evaluate and characterize vegetation units and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), by using technological tools such as geographic information system (GIS) and the Remote Sensing. The methodology used is based on the application of digital and visual analysis techniques of the satellite images Worldview-3 and CBERS-2 and 4, which were subjected to geometric correction, enhancement techniques and classification algorithms among others. Eight units of vegetation were obtained and identified such as: Rushes 30.348 ha (11.527 %), Grass 84.436 ha (32.072 %), Totoral 74.338 ha (28.237 %), Aquatic 1.706 ha (0.648 %), Reedbed 1.290 ha (0.490 %), Short-cut 4.270 ha (1.622 %), Salicornia plants 0.677 ha (0.257 %) and Intervened area-water bodies 66.202 ha (25.146 %). The vegetation index in 2004, 2008 and 2018 was classified into three classes: a) the class without vegetation that comprised 1.296 ha (0.559 %) in 2004 and in 2018 it was 38.748 ha (17.041 %), b) the mixed vegetation class that was 100.240 ha (43.266 %) in 2004 and in 2018 it represented 148.344 ha (65.241 %) and c) dense vegetation that was 130.146 ha (56.174 %) in 2004 and in 2018 it comprised an area of 40.285 ha (17.717 %).

Keywords: Vegetation units, The Villa swamp, geographic information systems, remote sensing, NDVI.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la convención Ramsar, los humedales son áreas de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Ramsar, 2016).

Los humedales constituyen uno de los ecosistemas más valiosos del planeta, en virtud de los servicios que proveen a la sociedad, relacionados con el recurso hídrico, el mantenimiento de la diversidad biológica y variabilidad ecosistémica, además de su importancia socioeconómica para los pueblos indígenas y poblaciones locales. En el Perú se cuenta con un importante número de humedales, ubicados en las vertientes del Pacífico, Atlántico y del Titicaca, con un estimado preliminar de 8 millones de hectáreas, de los cuales 13 sitios forman parte de la Convención Ramsar (Decreto Supremo N° 004-2015- MINAM, 2015).

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSPV), fue reconocido como sitio Ramsar en 1996 (Ministerio de Agricultura [MINAG], 1996); el 20 de enero de 1997 se reconoció oficialmente como Sitio Ramsar N° 884, por ser un humedal de importancia internacional para las aves acuáticas. En el 2006, se categorizó como Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa mediante el D.S. N° 055-2006-AG. Asimismo, es la única Área Natural Protegida (ANP), que se encuentra en el área metropolitana de Lima y forma parte del Corredor Biológico del Pacífico Sur.

El RVSPV presenta conflictos ambientales, físico-territoriales relacionados con el mal manejo del territorio y sus recursos paisajísticos; conflictos socio-económicos que se generan por ineficiencia de las autoridades en satisfacer las necesidades de la población y la relación con su entorno; la problemática institucional que genera conflictos directamente vinculados a la gestión de la zona; los conflictos socio-culturales se generan por falta de conciencia, costumbre y cultura, así como, el deshecho de residuos sólidos cercanos a la

carretera, la contaminación del recurso hídrico por las aguas servidas, son amenazas constantes para el humedal (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 1998).

Los Pantanos de Villa constituye una reserva de flora y fauna típica de ambientes acuáticos costeros que está establecida en el interior de la ciudad de Lima, por consiguiente, la vegetación sirve de refugio de numerosas aves locales y migratorias. Asimismo, el humedal proporciona múltiples beneficios ecosistémicos como la captura de CO₂ y el almacenaje de carbono, por lo que es importante para la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas (Vargas, 2018).

El RVSPV cuenta con numerosos estudios; sin embargo, pocas son las evaluaciones detalladas que caracterizan las unidades de vegetación del área, por lo que fue necesario su evaluación mediante el uso de información satelital y trabajos de campo. El presente trabajo es un aporte para el plan de manejo sostenible de la vegetación y la conservación del RVSPV y servirá como una referencia para investigaciones futuras que analicen los cambios en la vegetación del humedal. En esta investigación se utilizaron imágenes de satélite de alta y mediana resolución como las imágenes WorldView 3 con fecha de mayo del 2018 y CBERS2, 2B y 4 de los años 2004, 2008 y 2018 que facilitaron la definición, identificación y caracterización de las unidades de vegetación y el análisis del NDVI del área.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar y caracterizar las unidades de vegetación mediante sistema de información geográfica y de teledetección en el Refugio de Vida Silvestre los Pantanos de Villa, y aportar a la planificación y gestión del área natural protegida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el mapa de unidades de vegetación y su superficie mediante SIG y teledetección, como resultado de la interpretación visual y digital de imágenes satelitales de alta resolución.
- Determinar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), derivados del análisis de las imágenes CBERS-2, 2B y CBERS-4, para estimar el estado de la cobertura vegetal.
- Generar información útil para futuros monitoreos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Internacional

Borràs *et al.* (2017) realizaron una investigación sobre la clasificación del uso del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. El estudio tuvo como objetivo cuantificar en la mejora de las clasificaciones con S2 respecto a SPOT. Calcularon la cantidad de cada cultivo que existe en la zona de estudio: la huerta de Valencia (España) y en la región de Buenos Aires (Argentina). Utilizaron el método de clasificación con imágenes satelitales como Sentinel 2 (usando todas las bandas) y SPOT (usando solo las cuatro bandas que coinciden), mediante cuatro clasificadores (LDA, RF, Árboles de decisión, K-NN). Concluyeron que el mejor clasificador para imágenes S2 es el K-NN, junto a la combinación del K-NN y el RF. Además, demostraron la mejora de S2 respecto a SPOT cuantificando entre 2 y 5 por ciento mayor.

Beltrán (2017) realizó su investigación en la aplicación de índices de vegetación, teniendo como objetivo evaluar procesos de restauración ecológica en el Parque Forestal Embalse del Neusa, ubicado entre los municipios de Cogua y Tausa en Cundinamarca. Utilizó dos imágenes satelitales (Landsat-8 y Sentinel-2), que fue procesado por el software QGIS, aplicándose los índices de vegetación NDVI, SR, RVI, GI y SAVI a las imágenes corregidas. Como resultado obtuvo una superficie con cobertura distinguible en mayor porcentaje por los parches de suelo desnudo o con poca vegetación. Menciona que los índices SR y GI identifican la variación en superficies vegetales, observándose un comportamiento espectral diferente entre coberturas bajas y bosque denso.

Concluyó que la aplicación de los índices puede generar alertas tempranas en las anomalías de las coberturas vegetales, permitiendo la toma de decisiones para su manejo por medio de fertilización, riego o la mitigación de los factores externos que pueden afectar su desarrollo.

Marcello, Padrón, Martín-Esquivel, Rodríguez y Eugenio (2017) realizaron una investigación cuyo objetivo fue analizar la evolución de la cobertura vegetal del Parque Nacional del Teide mediante el uso de imágenes de teledetección, ubicado en España. Utilizaron un diseño no experimental de análisis visual y cualitativo. Mediante dos escalas a media resolución (datos Landsat) y a muy alta resolución, para zonas específicas, con la combinación de ortofotos aéreas y datos Worldview-2. En este estudio concluyeron que la imagen de alta resolución fue de mucha ayuda para la determinar los incrementos de la vegetación en algunas zonas y la pérdida en otras, asociado principalmente a la expansión del *Pteroccephalus lasiospermus* y la *Descurainia bourgeauana* (E. Fourn) y a la mortalidad de *Spartocytisus supranubius* (Christ).

Lowry (2007) señaló que los softwares y las muestras generados en SIG de bajo costo son unas técnicas muy valiosas que permiten generar varios usos como inventario, evaluación y monitoreo de humedales. Estos usos son combinados con los datos adquiridas mediante percepción remota; asimismo, permiten levantar, identificar o reconocer las expresiones de la naturaleza. También se puede calcular el área total, la clasificación por tipo e identificación de las amenazas de un humedal. Es importante considerar que el uso de los SIG no reemplaza la precisión en el terreno.

Graciani y Bortoluzzi (2007) en la investigación sobre el uso de imágenes CBERS-2 del sensor CCD para el reconocimiento de los bosques nativos en el sector-Norte de la provincia de Santa Fe, Argentina. Utilizaron las imágenes CBERS-2 (20 m de resolución espacial) e imágenes ETM+/Landsat, por medio de tres metodologías: a) Aplicación del modelo lineal de mezcla espectral (ME), b) Análisis de componentes principales (CP) y c) Empleo de las bandas 2, 3 y 4 originales (BO). Obtuvieron los resultados como ME (423.1 ha) siendo el mejor en identificar las áreas de los bosques nativos, BO (371.8 ha) y CP (282.8 ha). Los

autores concluyeron que los diferentes procesos cambiaron de acuerdo a su capacidad de discriminación de las superficies degradadas.

Salinas, Treviño, Jaramillo y Campos (2002) realizaron una investigación de la identificación y clasificación de humedales interiores del estado de Tamaulipas-México por percepción remota y sistemas de información geográfica. Desarrollaron un estudio sobre los riesgos que originan en el uso del humedal basándose al inventario de humedales. Utilizaron siete imágenes del satélite Landsat ETM del año 2000 y 261 informaciones de zonas de muestreo del año 2001. Como resultado obtuvieron el mapa base, la clasificación de los cuerpos de agua mediante SIG e identificaron 23 000 humedales. Concluyeron que las bases de datos obtenidas serán provechosas para mejorar las propuestas de conservación y protección de humedales.

Nacional

Castro, Mendoza y Suarez (2017) mediante el análisis de imágenes de satélite Worldview3, identificaron las unidades de vegetación y el uso del suelo en el Área de Conservación Regional Albufera Medio Mundo, con el método de la teledetección y sistemas de información geográfica, en una extensión de 687.71 ha. Para el análisis utilizaron dos imágenes: pancromática y multiespectral del satélite Worldview-3, determinaron la distribución de las unidades de vegetación: Juncal (71.72 ha), Carrizal (3.53 ha), Totoral (59.11 ha), Balsa (13.95 ha), Matorral (0.43 ha), Vega (0.02 ha), Salicornial (1.09 ha) y Chepical (1.29 ha).

Moschella (2012) estudio durante el periodo (1961-2009) el impacto de crecimiento de la zona urbana en las áreas de los humedales de Puerto Viejo y Ventanilla. La metodología que utilizó fue el análisis multitemporal de imágenes aeroespaciales mediante SIG. Los resultados que obtuvo fue la reducción de los humedales por las ocupaciones urbanas fue de 78 ha en Ventanilla y de 30 ha en Puerto Viejo. Concluyó que se redujeron los cuerpos de agua y las poblaciones de flora y fauna; además determinó cómo afectó los servicios ambientales que proveen los humedales como provisión de fibras, depuración del agua, regulación microclimática y servicios de recreación. Los procesos de urbanización son una

amenaza para la conservación de los humedales costeros y su función como refugio de aves migratorias; sin embargo, en Ventanilla también se han identificado importantes impactos positivos el incremento de los servicios ecosistémicos.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Humedales

El estado peruano define a los humedales como las “extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos” (Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM, 2015, p. 10).

También se define al humedal como aquellas zonas donde la tierra se encuentra cubierta de agua, generalmente, debido a que la capa freática se encuentra cerca de la superficie; de esta manera el agua es el principal factor que determina las características del medio, incluyendo la flora y fauna (Moschella, 2012).

A. Humedales Costeros

Los humedales costeros o marinos se define como “las aguas marinas someras permanentes, menos de seis metros de profundidad en marea baja; lechos marinos submareales (praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales); arrecifes de coral; costas marinas rocosas; playas de arena o de guijarros; estuarios; pantanos y esteros (zonas inundadas) intermareales; humedales intermareales arbolados; lagunas costeras salobres/saladas y de agua dulce; incluye lagunas deltaicas de agua dulce y sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, marinos y costeros” (Ramsar, 2006).

B. Clasificación de los humedales

Los humedales se pueden clasificar según el tipo de cuerpo de agua con el que se relacionan (Figura 1) según el trabajo de Barbier *et al.* (1997).

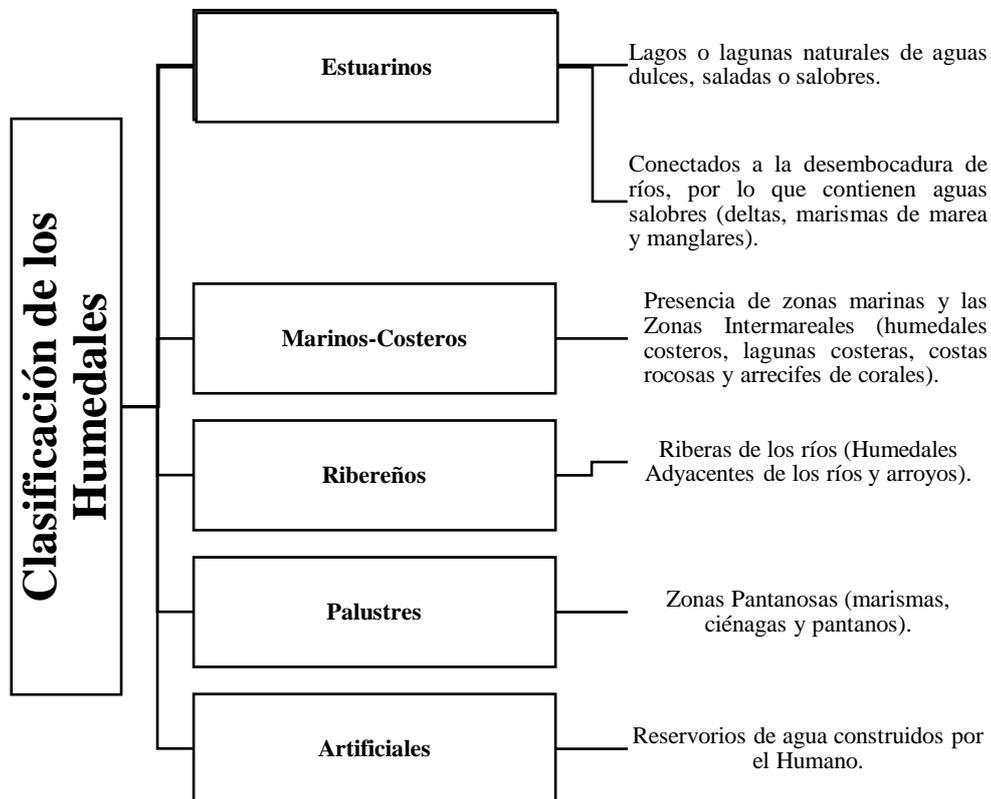


Figura 1. Clases de los humedales según el tipo de cuerpo de agua. Fuente: Elaboración propia adaptado de Barbier, Acreman y Knowler (1997).

C. La importancia de los humedales

Los humedales son importantes por los servicios que prestan como el ciclo hidrológico, que regula los flujos de agua, también es una fuente de abastecimiento para la población o sirven como auxiliares en el tratamiento de aguas residuales y es un regulador de emisiones a la atmósfera. Los humedales conservados sirven para el mantenimiento de la biodiversidad natural de especies de aves (controlan biológicamente las plagas) alberga diversas especies de peces para la subsistencia del hombre y otros seres vivos acuáticos. Obtención de materias primas como madera, turba y juncos y acobia los organismos que viven en estos ambientes, como las abejas (que sirven como agentes polinizadores); asimismo, son lugares donde

abundan especies vegetales y animales que son únicos, por ello son un importante banco genético (López, Vásquez, Gómez y Priego, 2002).

Nueve de los trece humedales reconocidos internacionalmente como sitios Ramsar, por su importancia en el Perú, se encuentran categorizados como Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Estos ecosistemas garantizan el bienestar general y constituyen espacios naturales con una riqueza hídrica relevante y de seguridad a nivel mundial. Asimismo, cuentan con diversos valores procedentes de sus servicios ecosistémicos donde se destaca el bienestar humano, la calidad ambiental y el hábitat de vida silvestre. Por esa razón se realiza la celebración del “Día Mundial de los Humedales” desde el 2 de febrero de 2018 (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP], 2019).

D. Humedal zona de estudio: El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSPV)

El RVSPV está ubicado en el distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima, Perú (Decreto Supremo N° 055-2006-AG, 2006). El Servicio de Parques nace como el Patronato de Parques Nacionales y Zonales el 20 de marzo de 1964 y como Servicio de Parques, propiamente, el 21 de mayo de 1969, por Decreto Ley N° 17528 (PARKS WATCH, 2005). La Municipalidad Metropolitana de Lima y el Servicio de Parques de Lima, SERPAR - LIMA, administra, conserva y desarrolla el área natural desde 1977, el área de Los Pantanos de Villa conocido como es el Parque Zonal Metropolitano N° 25 del Decreto Supremo N° 009-77-VC y en 1989 el Ministerio de Agricultura reconoció como Zona Reservada para la conservación de la flora y fauna silvestres mediante la Resolución Ministerial N° 144-89-DGFF-AG (Decreto Supremo N° 055-2006-AG, 2006).

El RVSPV fue reconocido mediante la propuesta para su designación como sitio Ramsar el 02 de diciembre de 1996, con una superficie total de 396 ha (MINAG, 1996). El 20 de enero de 1997 se reconoció como Sitio Ramsar N° 884, siendo un humedal de importancia internacional para las aves acuáticas.

Mediante la R.M. N° 0909-2000-AG se precisa el perímetro de la Zona Reservada Los Pantanos de Villa obteniendo 66 vértices, estable que la superficie es de 263.27 ha. En el año 2001 se establece la zona de amortiguamiento de la Zona Reservada de Los Pantanos de Villa mediante R.J. N° 358-2001-INRENA. La categorización de la Zona Reservada Los Pantanos de Villa como Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa fue aprobado mediante el D.S. N° 055-2006-AG el 1 de setiembre del 2006 (D.S. N° 055-2006-AG, 2006).

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa es una muestra de un ecosistema natural y reserva de la diversidad genética, también sirve como un apostadero de aves migratorias procedentes de la Región Neártica Austral y de los Andes Peruanos; una de las características es la presencia de los cuerpos de Agua (Lagunas y Espejos de Agua) que varían en número y tamaño (INRENA, 1998).

✓ **Caracterización de Los Pantanos de Villa**

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa son humedales conformados por ambientes acuáticos lóticos y lénticos (Pronaturaleza, 2010).

- Los ambientes lóticos son los manantiales permanentes canalizado con vegetación emergente (*Typha dominguensis* Persson & Christiaan Hendrik) y sumergida (*Potamogeton striatus* Ruiz & Pav.) e hidrofita flotante (*Lemna minuta* Kunth) y el canal efluente abierto periódicamente.
- Los ambientes lénticos están constituidos por dos grandes espejos de agua, charcos, canales de ingreso y salida aislados y presentan zonas con vegetación acuática emergente, principalmente totora (*Typha dominguensis*).

Según Young (1998) las lagunas y espejos de agua forman hábitats para especies que usan el agua superficial y están rodeados de una vegetación propia de este ecosistema, con presencia de diferentes especies: la totora (*Typha dominguensis* Persoon & Christiaan Hendrik), el junco (*Schoenoplectus americanus* Volkart ex Schinz & R. Keller), la grama (*Cynodon dactylon* Linneo & Persoon) y el carrizo (*Phragmites australis* Carl Von); siendo las más abundantes las especies arbustivas leñosas de porte medio. En la zona intervenida

predominan las gramíneas como *Distichlis spicata* (L.) Greene, que sirven de refugio y fuente de alimentación para diversas especies de aves residentes, aves migratorias y otras especies de fauna.

1.2.2. Sistema de información geográfica (SIG)

A. Historia

A principios de los años sesenta en Canadá, Roger Tomlinson denominado “el padre del SIG”, dio forma a una herramienta que tenía por objeto el manejo de los datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión del territorio rural. Posteriormente nace mayor interés por la información geográfica y el estudio del entorno, así como el desarrollo de software y la informática. Los SIGs han ido definiéndose en base a la evolución de la informática, la aparición de nuevas fuentes de datos que serían utilizadas en el análisis geográfico, siendo incorporados la comunidad cartográfica mediante el uso de satélites, y del desarrollo de disciplinas relacionadas que han contribuido a impulsar el desarrollo propio de los SIG (Waters, 2017).

B. Concepto

La Unión Europea (2007, p. 3) define al SIG como “un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente en la captura, almacenamiento, análisis, transformación y presentación de toda la información geográfica y sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos”.

Según López (2015, p. 567) un SIG es un “conjunto de herramientas compuestos por hardware, software, datos y usuarios, que permite capturar, almacenar, administrar y analizar la información digital, así como realizar gráficos y mapas, y representar datos”. También, Burrough y McDonnell (1998) define un SIG como una muestra informatizada de la observación real geográfica para compensar las necesidades de información concreta, permitiendo integrar, identificar y emplear información valiosa basada en datos y en mapas.

C. Los componentes de un SIG

Los Componentes del SIG mencionados por Olaya (2014) son:

- **Datos:** Es la materia prima más importante para el trabajo en SIG que integra los datos espaciales con otros recursos de datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información.
- **Personas:** Es el motor del sistema SIG, está encargada de operar, desarrollar y administrar el sistema (software); además establece soluciones en los problemas en el mundo real.
- **Métodos (Procedimientos):** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Programas (Software):** Sastre (2010, p. 2) “Es un conjunto de algoritmos para acceder, analizar y sintetizar datos espaciales y sus atributos asociados”.
- **Equipo (Hardware):** El equipo necesario para ejecutar el software.

D. Base de datos

La base de datos de un GIS es la información que se manipula. Esa información se encuentra almacenada necesariamente en una o varias bases de datos y se compone de una serie de caracteres alfanuméricos que representan información geográfica que puede ser climatológica, demográfica, topológica, medioambiental, económica, asociada a fenómenos naturales, sociales, orográficos, etc.

Modelos de datos

- **El modelo raster:** Consiste en representar la información dividiendo un mapa en celdas con un valor determinado, que podrá ser un número, una imagen, un color, etc. Estableciendo una celda a un píxel (unidad mínima de representación en una fotografía digital) (Observatorio Regional de la Sociedad de la Información [ORSI], 2009).

- **El modelo vectorial:** Toda la información se codifica y almacena en un sistema de coordenadas (X, Y, Z), manteniendo las propiedades geométricas de las figuras. Se representa en puntos, líneas y polígonos (ORSI, 2009).

E. Aplicaciones

El SIG presenta múltiples aplicaciones como en las exploraciones petrolíferas y mineras en general, planificación y diseño de obras civiles, gestión de redes de servicios públicos, localización de zonas de riesgo, aguas subterráneas, cartografía, análisis de mercados, turismo, ordenamiento urbano y territorial (Integrantes del Departamento de SIG - Dirección Provincial de Ordenamiento Urbano y Territorial, 2011), entre otros.

1.2.3. Teledetección

A. Concepto

En geociencia, se define percepción remota o teledetección como la técnica de capturar, tratar y analizar las imágenes de la superficie terrestre, tomadas desde el espacio (Gutiérrez y Muñoz, 2002). Es la técnica que permite obtener información a través del análisis e interpretación de datos de imágenes adquiridas de un equipo de la superficie de nuestro planeta a distancia, sin entrar en contacto directo con él (Oñorbe, 2016).

B. Elementos

Los elementos involucrados en un proceso de teledetección desde satélites se muestran en la (Figura 2) mencionados por Rodríguez y Arredondo (2005).

- El primer requerimiento es la fuente de energía que provee la energía electromagnética que va interactuar con el objeto de interés (bosque, Cuerpos de agua, zonas de cultivo, áreas degradadas, etc.) siendo de dos formas como la teledetección pasiva (fuente más importante de energía es el sol) y la teledetección activa (fuente externa donde el sensor es el emisor y receptor que genera su propia fuente de radiación electromagnética).

- Cubierta terrestre, formada por la vegetación, agua, ciudad, suelo, etc., las cuales reflejan la energía generada por la fuente, dependiendo de las propias características de cada objeto.
- Sensor, es el encargado de captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, luego codifica y graba o envía al receptor.
- Receptor, es el que recibe la información transmitida por el sensor, se almacena en un formato adecuado, posteriormente es distribuido al usuario.
- Usuario final, es el representante de convertir esos datos en información temática de interés, ya sea visual o digitalmente brindando facilidades para la evaluación del problema en estudio.

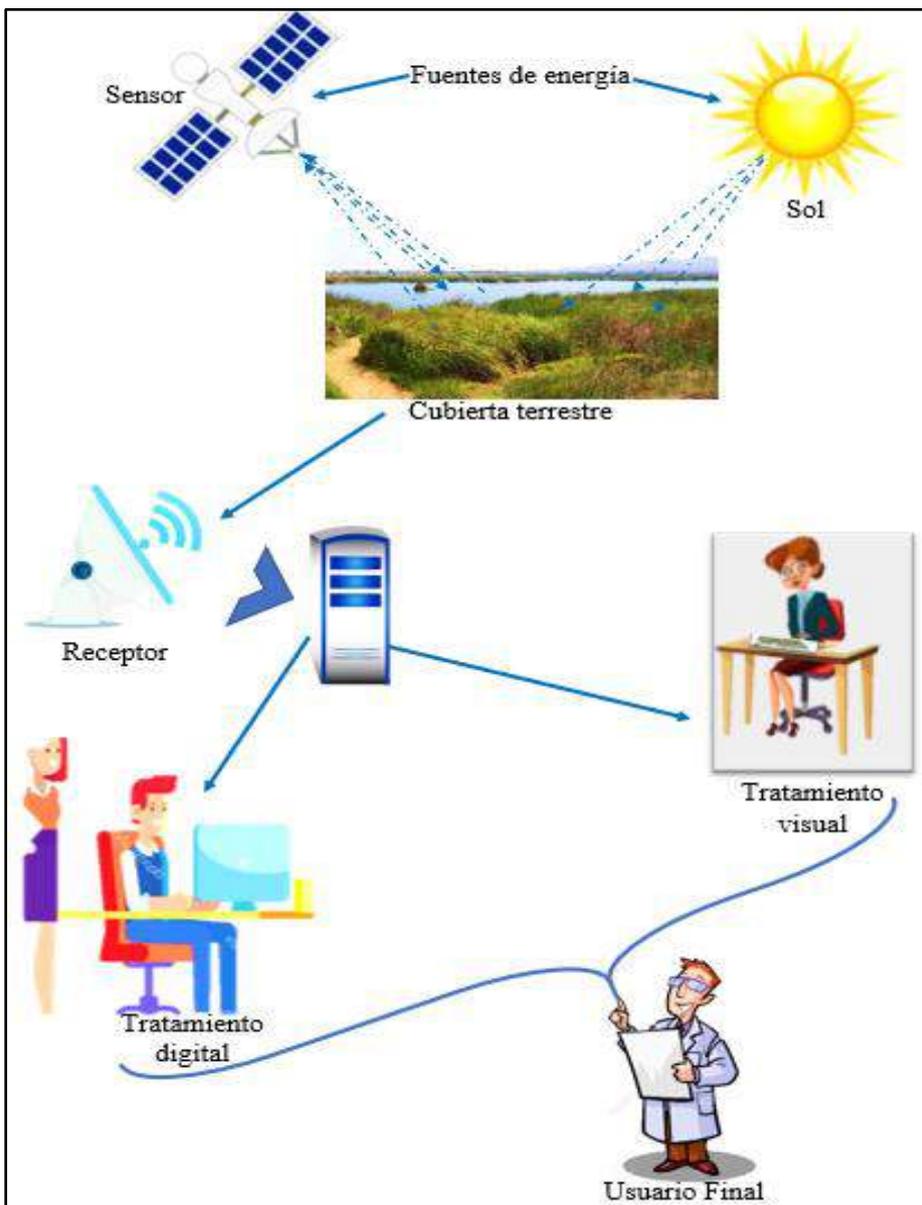


Figura 2. Elementos de la teledetección. Fuente: Elaboración propia.

C. El espectro electromagnético

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas que comprende la transmisión de radio y televisión, la luz visible, la radiación infrarroja y ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma (Ford y Reedman, 2005). La luz visible es la parte del espectro electromagnético que se encuentra entre 400 nm y 700 nm, y es percibido por el ojo humano.

La radiación electromagnética se presenta como una distribución continua de longitudes de onda y frecuencias, desde las longitudes de onda cortas y altas frecuencias de las ondas cósmicas, hasta las largas longitudes de onda y bajas frecuencias de las ondas de radio (Ormeño, 2006).

Las reflectividades de los objetos de la superficie terrestre en cada banda espectral son grabadas en bandas distintas pudiendo realizar composiciones en color, combinando tres bandas, a las cuales se les asigna los colores primarios azul, verde y rojo (Figura 3) (Martínez y Martín, 2010).

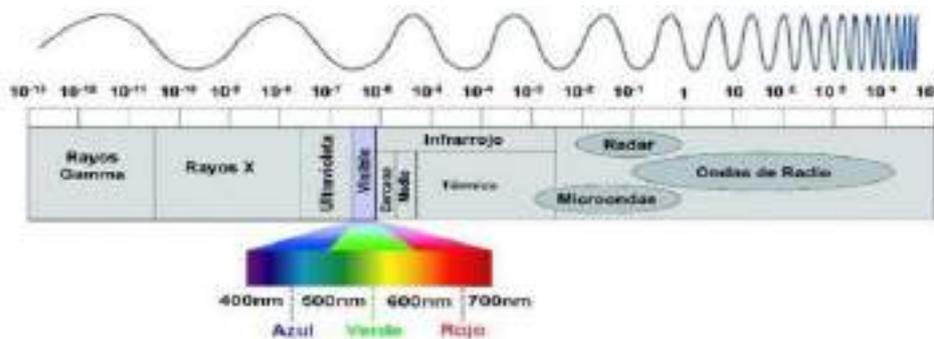


Figura 3. El espectro electromagnético en metros. Fuente: (Labrador, Évora y Arbelo, 2012).

Longitud de onda

Son las interacciones de la energía con la atmósfera y la superficie Terrestre. El emisor de radiación más usual para imágenes de teledetección es el sol. Este emite la radiación que incide en primer lugar en la atmósfera. Los gases presentes en la atmósfera, como el resto de la materia presente en el universo, interactúa con la radiación, absorbiéndola, reflejándola

y/o transmitiéndola. Una vez que la radiación solar ha traspasado la atmósfera interacciona con la superficie terrestre, encontrándose con todo tipo de materiales diferentes, aguas dulces, saladas, tierras desnudas, nieve, zonas de vegetación densa, zonas de vegetación arbustiva, ciudades, etc. (Ormeño, 2006).

D. Interpretación de imágenes

i. Tratamiento visual

Este método pretende, sin la intervención del computador, extraer información espacial a partir del análisis de la imagen y sus cualidades tales como brillo, color, textura, forma, tamaño de los elementos que lo componen (Pérez y Muñoz, 2006).

Según lo informado por García-Meléndez (2007) señala que el proceso de interpretación visual es como el trabajo de un detective tratando de juntar todas las piezas de ciertas evidencias para resolver un misterio, por otro lado, esta técnica requiere el conocimiento científico y experiencia en el campo de aplicación. Para el intérprete el enigma podría ser por ejemplo por qué algunas zonas de cuerpos de agua muestran tonos o colores distintos entre sí, o por qué ciertas superficies aparecen diferentes del resto. Es un proceso que se puede dividir en varias fases: 1) detección, reconocimiento e identificación, 2) análisis, 3) clasificación, 4) deducción.

ii. Tratamiento digital

El tratamiento digital de imágenes es una parte importante de la teledetección, y es utilizada para diversas aplicaciones de los datos digitales que proceden de los sensores. La imagen en forma digital es una fuente indispensable de entrada de datos en el sistema de tratamiento. Se considerará las bases de interpretación de imágenes (Figura 4) y las metodologías propuestas por Chuvieco (1995) (Figura 5).



Figura 4. Bases para la interpretación de imágenes. Fuente: (Chuvieco, 1995).

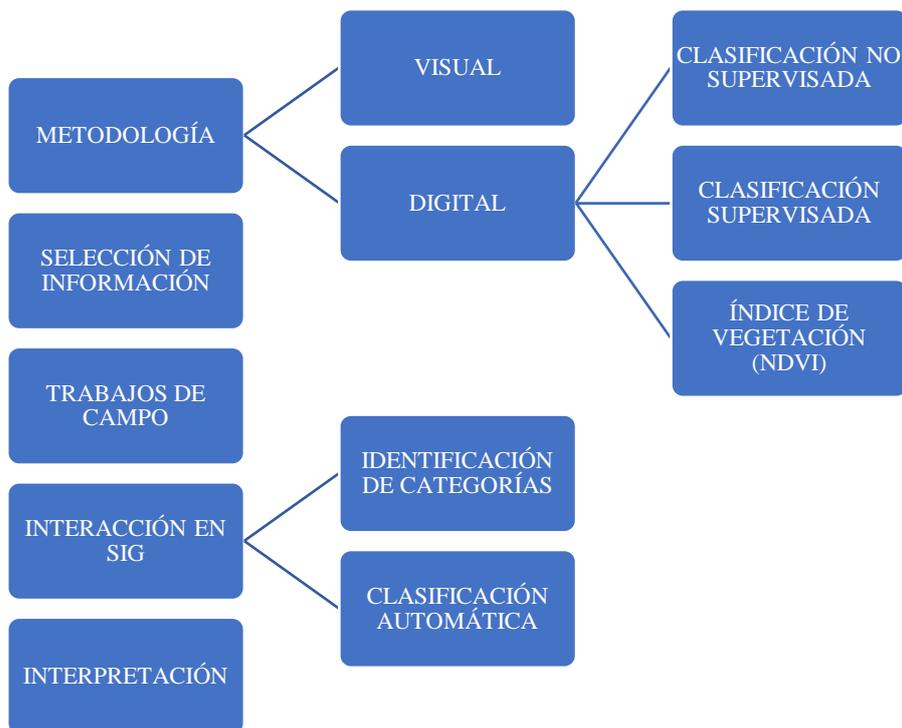


Figura 5. Metodología. Fuente: (Chuvieco, 1995).

– **Clasificación no supervisada**

Este método define las clases espectrales presentes en la imagen (Chuvieco, 1995); es el software el encargado de procesar las imágenes, mediante un cómputo automáticamente los valores de las diferentes coberturas, forman una serie de agrupaciones o conglomerados (clusters) acorde a su valor espectral temáticos (Vázquez de la Torre, 2015). Estos grupos se

denominan píxeles por lo que tienen un comportamiento espectral homogéneo definido como clases temáticas, pero no siempre puede generar las clases informacionales que el usuario pretende deducir (Chuvienco, 1995).

La clasificación no supervisada a través del software asigna una nueva clase, ajustado a los parámetros del mapa del vector distintivo dentro del identificador. Esto se realizaría en procesos como el agrupamiento (Clustering) que es una técnica de clasificación en que la imagen es segmentada en clases desconocidas que posteriormente serán etiquetadas.

Según Chuvienco (1995) menciona que el método para definir agrupamientos espectrales está basado en un triple proceso: selección de las variables que intervienen en el análisis; selección de un criterio para medir la similitud o distancia y la selección de un criterio para agrupar los casos similares.

Mediante diversos métodos algorítmicos como El algoritmo ISODATA (uno de los tipos de agrupación más usados y estudiados), K-medias o la red de Kohonen, etc. En cada proceso de entrenamiento el sistema determina uno o más vectores, patrón, etc., estos deben ser verificados; por ejemplo, para cada clase se toma una decisión de acuerdo con la mayor similitud entre el vector de entrada y el(los) ejemplo(s) (Arango, Branch y Botero, 2005).

Aplicaciones

El desarrollo de este método ha sido realizado gracias a diversos investigadores de diferentes disciplinas como ingeniería, medicina, biología, etc. En el caso particular de la clasificación de coberturas vegetales, muchos especialistas han optado por trabajar bajo las técnicas supervisadas, ya que los algoritmos de clasificación no-supervisada se orientan a definir propiamente los grupos que intervendrán en la clasificación (Chuvienco, 1995).

Cada clase o tema obtenido de la clasificación se puede mapear mediante Sistemas de Información Geográfica obteniendo mapas temáticos (Vázquez de la Torre, 2015). Este un método no requiere conocimiento *in-situ* del área de estudio, por lo que la intervención del hombre se centra más en la interpretación, por tanto, no siempre los resultados son muy buenos (Gandía y Meliá, 1991).

– **Clasificación supervisada**

La clasificación supervisada está basada en áreas de entrenamiento mediante el uso de algoritmos apropiados, que extraen parámetros característicos de cada una de las clases, y luego es clasificado (Gandía y Meliá, 1991). También, se define como un proceso digital de una imagen multibanda, un archivo ráster de una única banda siendo los valores digitales correspondientes a las clases con las que se entrenó al clasificador digital. Las áreas de interés pueden obtenerse mediante interpretación visual de la imagen o mediante salidas de campo para la recolección de datos (Chuvienco, 2002).

El Proceso de clasificación supervisada se puede separar en una serie de pasos:

- Trabajo de Campo.
- Identificación y selección de sitios de entrenamiento.
- Selección del método de asignación de píxeles.
- Evaluación de la clasificación.
- Preparación del mapa temático.

El algoritmo más utilizado en las investigaciones es de Máxima Verosimilitud, Sandoval y García (2018, p. 30) refieren como “una herramienta que tiene en cuenta las varianzas y covarianzas de las firmas de clases cuando asigna cada celda a una de las clases representadas en el archivo de firma” (Figura 6).

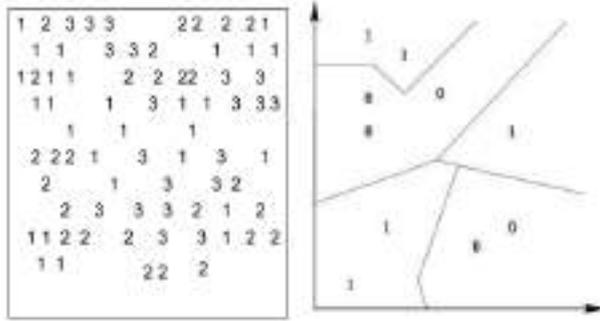


Figura 6. El algoritmo Máxima Verosimilitud. Fuente: (Porta, 2005).

Alarcón (2018, p. 51) refiere que “este método se basa en identificar zonas o sectores donde se conoce con certeza el tipo de vegetación o unidad existente (nubes, cuerpos de agua, nieve, bosques húmedos, entre otros)”, luego se toma los valores espectrales presentes en ese sitio.

Aplicaciones

Actualmente, es utilizado en diversos estudios como: proyectos de conservación de especies, estimación de hábitat, diferenciación de subespecies en grupos consolidados de vegetación que por sus características espectrales pueden resultar complicadas de diferenciar, etc. (Vázquez de la Torre, 2015).

– **Índice de vegetación**

El índice de vegetación es un parámetro calculado mediante los valores de reflectividad a distintas longitudes de onda y brinda la información relacionada con la vegetación minimizada, por la influencia de los factores medio ambientales. El 90 % de la información espectral que se utilizan es proveniente de la cobertura vegetal contenida en la banda roja e infrarroja próxima (Sobrino *et al.*, 2000) (Tabla 1).

Tabla 1

Definición de los índices de vegetación

ÍNDICE DE VEGETACIÓN	DEFINICIÓN	AUTOR Y AÑO
Ratio	$RVI = \frac{irc}{r}$ <p>irc = banda infrarroja cercana i = banda de visible, roja</p>	Pearson & Miller (1972)
Normalized difference	$NDVI = \frac{(irc - r)}{(irc + r)}$	Rouse <i>et al.</i> (1974)
Perpendicular	$PVI = \frac{irc - B \cdot r - A}{\sqrt{B^2 + 1}}$ <p>A = pendiente de la línea de suelo B = intercepto de la línea de suelo</p>	Richardson & Wiegand (1977)
Soil Adjusted	$SAVI = \frac{(irc - r)}{(irc + r + L)} (1 + L)$ <p>L = constante de compensación promedio (0.5)</p>	Huete (1988)
Modified SAVI	$MSAVI = \frac{2 \cdot irc + 1 - \sqrt{[(2 - irc + 2)^2 - 8(irc - r)]}}{2}$	Qui <i>et al.</i> (1994)
Transformed SAVI	$TSAVI = \frac{B \cdot (irc - B \cdot r - A)}{r + B \cdot irc - A \cdot B + X(1 + B^2)}$	Baret & Guyot (1991)
Global Environemen Monitoring	$GEMI = \frac{[n \cdot (1 - 0.25 \cdot n) - (r - 0.125)]}{(1 - r)}$	Baret & Guyot (1991)

Fuente: Elaboración propia adaptado de Piqueros (1999), citado por Sobrino *et al.* (2000).

Este índice toma los valores en rango de -1.0 a +1.0, donde los valores negativos corresponden a una superficie sin vegetación (el agua, nieve o nubes) y los valores cercanos a cero corresponden principalmente a las rocas y al terreno desnudo. Los valores muy bajos de NDVI (por debajo de 0.1) corresponden a áreas yermas de rocas y arena. Los valores moderados representan terrenos con arbustos y prados (0.2 a 0.3), “mientras que los valores altos indican bosques de zonas templadas y tropicales (0.6 a 0.8)” (Alarcón, 2018 y Sobrino *et al.*, 2000).

Chuvieco (2002) menciona la utilización del NDVI en dos situaciones:

- Para mejorar la discriminación entre dos cubiertas con comportamiento reflectivo muy distinto en esas dos bandas (por ejemplo, para realizar estudios suelos y vegetación).
- Para reducir el efecto de relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral de distintas cubiertas, y es recomendable aplicar correcciones del sombreado topográfico.

Aplicaciones: Está enfocado mayormente en los estudios agronómicos como; por ejemplo, se puede utilizar para obtener el contenido de clorofila en la hoja, el contenido de agua en la hoja, flujo neto de CO₂ e índice de área foliar de la planta.

E. Imágenes satelitales

Tipos de resolución

Señalado por Labrador, Évora y Arbelo (2012 p. 16-20) los satélites en general se caracterizan por el tipo de resolución son los siguientes:

- **La resolución espectral:** “Se define la resolución espectral de un sensor como el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar”. Entre mayor sea esta resolución se tendrá información del comportamiento de una misma cobertura en diferentes bandas espectrales.
- **La resolución temporal:** “es el ciclo de repetición, o intervalo de tiempo, entre dos adquisiciones de imágenes sucesivas de una misma porción de la superficie y depende, en gran medida, de las características orbitales del satélite”.
- **La resolución espacial:** Labrador, Évora y Arbelo (2012, p. 16) refiere lo siguiente:

Es una medida de la distancia angular o lineal más pequeña que puede captar un sensor remoto de la superficie de la Tierra, y viene representada por un píxel. Un píxel es la unidad mínima que conforma una imagen digital.

- **La resolución radiométrica:** “se define como la cantidad mínima de energía requerida para incrementar el valor de un píxel en un nivel digital (ND)”. Cuanto mayor sea la precisión radiométrica mejor será la interpretación.

a) Imagen WorldView-3

DigitalGlobe (2014) señala que la imagen WorldView-3, es el un satélite comercial de alta resolución. Se caracteriza por presentar la resolución pancromática de 31 cm, una resolución multispectral de 1.24 m, una resolución infrarroja de onda corta de 3.7 m, entre otras (Tabla 2 y Apéndice 1). WorldView-3 tiene un tiempo de revisita promedio <1 día, y puede obtener hasta 680.000 km² por día.

Tabla 2

Características generales de WorldView-3

Sensor	Bandas	Rango en el espectro electromagnético	Resolución
Pancro- mático	Única	450-800 nm	0.31 mts
	8 bandas:		
Multiespectral	Banda1: costero	400-450 nm	0.60 mts
	Banda2: rojo	630-690 nm	
	Banda3: azul	450-510 nm	
	Banda4: banda espectral en el borde del rojo	705-745 nm	
	Banda5: verde	510-580 nm	
	Banda6: IR cercano1	770-895 nm	
	Banda7: amarillo	585-625 nm	
	Banda8: IR cercano2	860-1040 nm	
SWIR: 8 bandas	Otros sensores		
	SWIR-1: 1195-1225 nm	SWIR-5: 2145-2185 nm	
	SWIR-2: 1550-1590 nm	SWIR-6: 2185-2225 nm	
	SWIR-3: 1640-1680 nm	SWIR-7: 2235-2285 nm	
	SWIR-4: 1710-1750 nm	SWIR-8: 2295-2365 nm	

Fuente: DigitalGlobe (2014).

b) Imágenes Cbers

INPE (2018) el programa CBERS nació de una asociación entre Brasil y China en el sector técnico-científico espacial. El programa CBERS en un inicio trabajó con dos satélites CBERS-1 y 2. Posteriormente, ambos gobiernos decidieron expandirse desarrollando tres satélites de la misma categoría, los satélites CBERS-2B, 3 y 4 (Tablas 3, 4 y 5). A través del éxito del lanzamiento del CBERS-4, Brasil y China decidieron firmar un nuevo protocolo complementario para la fabricación de un nuevo satélite del Programa CBERS: El CBERS-4A.

Tabla 3

Características generales de las imágenes CBERS

IMÁGENES CBERS					
	CBERS-1	CBERS-2	CBERS-2B	CBERS-3	CBERS-4
Fecha de lanzamiento	14/10/1999	21/10/2003	19/09/2007	09/12/2013	7/12/2014
/lugar	China	Brasil	Brasil	China	China
INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> – Cámara de imágenes de alta resolución (CCD) – Cámara de Imagen por barrido de media resolución (IRMSS) – Cámara de imagen de amplios campos de visado (WFI) 			<ul style="list-style-type: none"> – Cámara Pancromática y Multiespectral (PAN) – La cámara multiespectral regular (MUX) 	
	<p>NOTA: Características generales de imágenes Cbers: Altitud de la Órbita: 778 km y la Inclinación: 98, 504°. Cbers-3 no fue colocado en la órbita.</p>			<ul style="list-style-type: none"> – Imagen Multiespectral y Termal (IRS) – Cámara de Campo Largo (WFI). 	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

Características de las imágenes CBERS-1,2 y 2B

Características de las cámaras CEBER-1, 2 y 2B				
	WFI	CCD	IRMSS	HRC
Bandas espectrales	0.63-0.69 μm (R)	0.51-0.73 μm (Pan)	0.50-1.10 μm (Pan)	0.50-0.80 μm (Pan)
	0.77-0.89 μm (NIR)	0.45-0.52 μm (A)	1.55-1.75 μm (SWIR)	
		0.52-0.59 μm (V)	2.08-2.35 μm (SWIR)	
		0.63-0.69 μm (R)	10.40-12.50 μm (TH)	
		0.77-0.89 μm (NIR)		
Resolución espacial	260 * 260 m	20 * 20 m	80 * 80 m	2.7 * 2.7 m
Ancho de banda	890 km	113 km	120 km	27 km (nadir)
Resolución temporal	5 días	26 días	26 días	130 días

Fuente: Elaboración propia adaptado de INPE (2018).

Tabla 5

Características de las imágenes CBERS-3 y 4

Características de las cámaras CEBER-3 y 4				
	MUX	PAN	IRS	WFI
Bandas espectrales	0.45-0.52 μm (B)	0.51-0.85 μm (Pan)	0.50-0.90 μm (Pan)	0.45-0.52 μm (B)
	0.52-0.59 μm (G)	0.52-0.59 μm (G)	1.55-1.75 μm (SWIR)	0.52-0.59 μm (G)
	0.63-0.69 μm (R)	0.63-0.69 μm (R)	2.08-2.35 μm (SWIR)	0.63-0.69 μm (R)
	0.77-0.89 μm (NIR)	0.77-0.89 μm (NIR)	10.40-12.50 μm (TH)	0.77-0.89 μm (NIR)
Resolución espacial	20 m	10 m / 5 m	40 / 80 m (TIR)	64 m
Ancho de banda	120 km	120 km	60 km	866 km
Resolución temporal	26 días	5 días	26 días	5 días

Fuente: Elaboración propia adaptado de INPE (2018).

Aplicaciones de las imágenes CBERS Cámaras CCD, PAN y MUX (INPE, 2018):

- **Vegetación:** identificación de áreas de bosques, alteraciones forestales en parques, reservas, bosques nativos o plantados, la cuantificación zona y cicatrices recientes incendios.
- **Medio Ambiente:** identificación de anomalías antropogénicas a lo largo de los canales de agua, embalses, bosques, barrios urbanos, carreteras; análisis de eventos episódicos naturales compatibles con la resolución de la cámara, mapeo de uso del suelo, expansiones urbanas.

F. Aplicaciones de la teledetección

a) Medio ambiente

- Control de superficies mineras.
- Cartografía y control de contaminación de aguas.
- Detección de contaminación del aire y sus efectos.
- Determinación de efectos de desastres naturales.
- Seguimiento de incendios forestales y sus efectos.

b) Recursos hídricos

- Cartografía de inundaciones.
- Determinación del área y límites de zonas nevadas.
- Delineación de campos irrigados.
- Clasificación de lagos.

c) Cartografía y planeamiento urbano

- Cartografía y actualización de mapas.
- Clasificación de la fertilidad de la tierra.
- Clasificación de zonas urbanas y rurales.
- Cartografía de redes de transporte.

d) Agricultura y bosques

- Discriminación de tipos de vegetación: tipos de cultivos, tipos de madera, etc.
- Cartografía e inventario de cultivos por especies.
- Realización de inventarios forestales, etc.

1.2.4. Marco legal

- El Artículo 68° de la Constitución Política del Perú establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas (Congreso de la República, 2017).
- La Resolución Legislativa N° 25353 (convenio relativo a humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, Convención de Ramsar) (Congreso de la República, 2010).
- Según el Artículo 99° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Estado reconoce la importancia de los humedales como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, adoptan medidas de protección especial para los ecosistemas frágiles que comprenden, entre otros, a los humedales (Congreso de la República, 2005).
- Mediante la Resolución Jefatural N° 054-96-INRENA, se aprobó la “Estrategia Nacional para la Conservación de Humedales en el Perú”, que tiene como objetivo general Establecer el marco de políticas y proponer actividades que promuevan el uso sostenible y la protección de los humedales y sus recursos como aporte al desarrollo integral del Perú (Resolución Jefatural N° 054-96-INRENA, 1996).
- El Decreto Supremo N° 004-2015 MINAM, que aprueba la Estrategia Nacional de humedales (MINAM, 2015).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo no experimental descriptiva; según Bernal (2010), este tipo de investigación es el punto de partida para la realización de futuras investigaciones. El uso de la metodología de tratamiento digital y visual permitió obtener resultados precisos.

2.1. LUGAR Y FECHA

La evaluación de las unidades de vegetación se realizó en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa, que se encuentra ubicado en el distrito de Chorrillos, provincia de Lima, departamento de Lima. La presente investigación se realizó entre los meses de mayo del 2018 hasta abril del año 2019.

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.2.1. Ubicación

El Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa es un sitio Ramsar ubicado en la zona marina costera del departamento de Lima, geográficamente se encuentra entre las coordenadas 12°10' - 12°13' S; 77° 01' - 77°02' W (Pulido y Bermúdez. 2018). Se caracteriza por sus lagunas, aguas salobres, vegetación emergente y es un ecosistema que alberga diversidad de especies de aves locales y 17 especies migratorias (Ramsar, 2014) (Figura 7); este humedal abarca 263 hectáreas (INRENA, 1998).

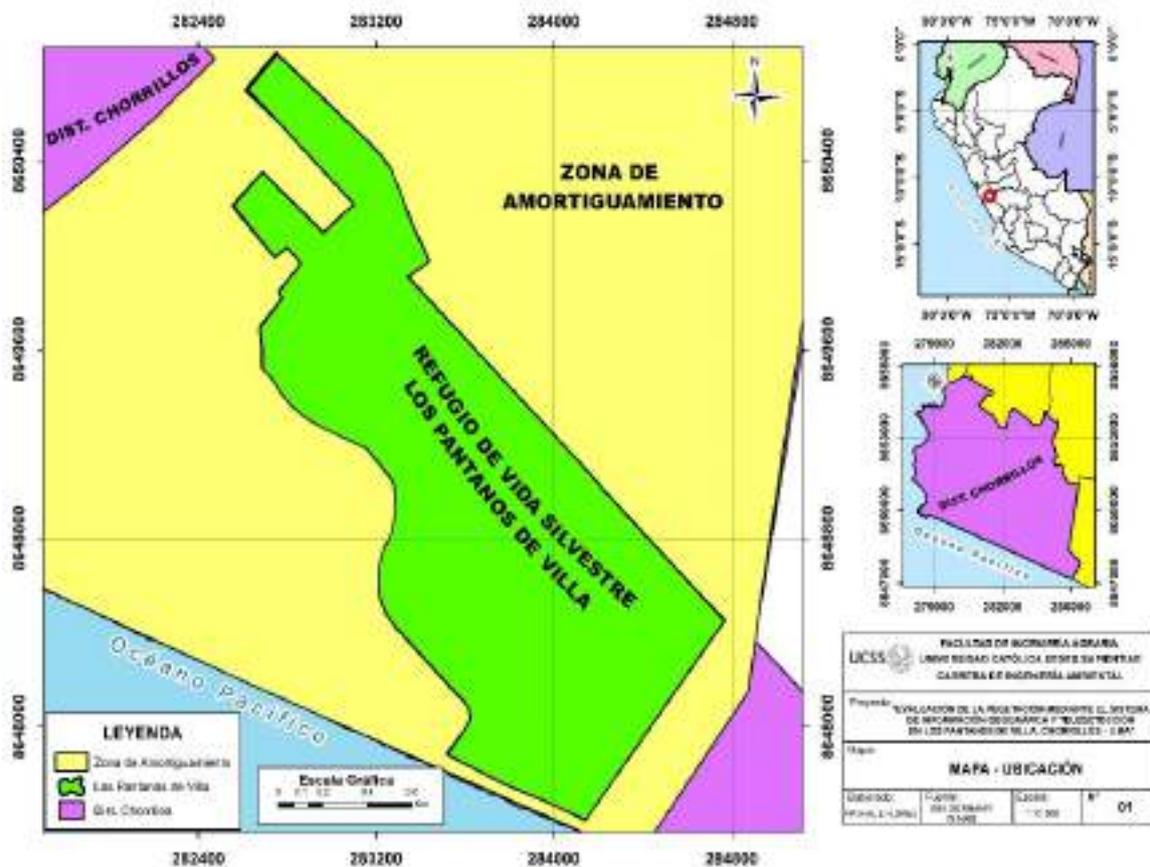


Figura 7. Ubicación del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Extensión y límites

Mediante el D.S. N° 055-2006 se precisa el área y el perímetro del RVSPV, estableciendo que la superficie es de 263.27 ha. Los límites señalados por INRENA (1998) son los siguientes:

- Por el Norte:** Asentamiento Humano La Sagrada Familia, Asentamiento Humano Las Garzas de Villa, Urb. Huertos de Villa y la Urb. la Encantada.
- Por el Sur:** Club Hípico del Perú.
- Por el Este:** Cerro las Delicias de Villa.
- Por el Oeste:** Océano Pacífico.

2.2.3. Zonas de vida

Según INRENA (1995) la zona de vida que corresponde a Los Pantanos de Villa está clasificada como desierto desecado subtropical (dd-S), presenta un promedio de precipitación total por año de 44 mm. El RVSPV constituye una de las maravillas de esta variedad de hábitat en toda la costa peruana. Muchos de estos ambientes requieren un cuidado y protección especial para satisfacer las necesidades de las generaciones futuras (MINAG, 1996).

Los pantanos de Villa tienen cuerpos de agua permanente de poca profundidad, a su alrededor crecen asociaciones vegetales como la “tatora” (*Typha dominguensis*), “junco” (*Scopus americanus*) y “hierba” (*Paspalum vaginatum*). También, existe una gran extensión de gramadal cubierto por “grama salada” (*Distichlis spicata*) y un área donde domina la vegetación arbustiva (MINAG, 1996).

2.2.4. Clima

MINAG (1996) señala que “la temperatura media anual es de 18.6 °C, con una humedad relativa entre el 85 y 99 %; asimismo, la precipitación en el lugar es escasa, alcanzando un promedio de 44 mm al año”.

2.2.5. Cuerpos de agua

Las Lagunas y Espejos de Agua varían en número y tamaño, de acuerdo a las fluctuaciones en el nivel de la capa freática, así como de los caudales de los canales que proveen agua a estas lagunas (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP], 2016). El RVSPV presenta cuatro lagunas principales como la laguna Mayor, laguna Sur, laguna Marvilla y la laguna Genesis (ver Apéndice 2).

2.2.6. Fauna

La fauna silvestre del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa se encuentra representada por una gran diversidad de aves, las cuales llegan en grandes cantidades durante

los meses de octubre a abril donde cubrirán una etapa de su ciclo anual, como la nidificación y cría, o la muda del plumaje (Iannacone *et al.*, 2007).

- **Mamíferos:** Se han registrado en total de ocho especies, cinco roedores y tres murciélagos (Pacheco, Zevallo y Cervantes, 2015).
- **Aves:** Presenta 211 especies, 97 residente y 114 de otras latitudes (Pulido, 2018).
- **Peces:** Cuenta con 13 especies, 60 % son introducidos (Castro y Bertochi, 1988).

En el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa se ha registrado 128 especies de protozoarios, 41 especies de insectos, 18 especies de arácnidos y 13 especies de peces, y sirven para la cadena alimentaria del humedal. Entre las especies identificadas en el Decreto Supremo N° 034-2004-AG, tenemos al “potoyunco peruano” (*Pelecanoides garmotii* Lesson) que se encuentra en peligro crítico; “Espátula rosada” (*Ajaia ajaja* Linnaeus), “Pelícano peruano” (*Pelecanus thagus* Molina) y “Piquero peruano” (*Sula variegata* Tschudi), las tres especies se encuentran en peligro (D.S. N° 055-2006-AG, 2006).

Pacheco *et al.* (2015), registraron el primer inventario de mamíferos donde se encontró 5 especies de roedores, 3 especies de murciélagos. En el total se registraron cuatro especies de roedores, de las cuales *Akodon* sp. (una potencial especie nueva para la ciencia) fue la más abundante.

2.2.7. Flora

En Los Pantanos de Villa, la flora presenta una amplia distribución. Las comunidades presentes por ejemplo son el totoral (donde predomina “totora enea”), juncal (donde predomina *Schoenoplectus americanus*), gramadal (donde predomina *Cynodon dactylon*) y zonas de ciperáceas (donde también predomina *Schoenoplectus americanus*) las cuales sirven de refugio y zonas de anidamiento de diversas especies de aves migratorias y residentes (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2006). Recientemente, Aponte, Ramírez y Lértora (2018) indican que esta vegetación está conformada principalmente por comunidades de juncales, gramadales, totorales, plantas acuáticas, carrizales, comunidades

dominadas por “corta-corta” (*Cladium jamaicense*) y zonas arbustivas con plantas nativas e introducidas.

Actualmente, existen 58 especies de flora vascular en Los Pantanos de Villa, 47 especies silvestres (81 %) y 11 cultivadas (19 %). El porcentaje de especies cultivadas es un indicador de la presión antrópica a la que está sometido el humedal. Con respecto al registro histórico, se conocen 72 especies silvestres documentadas con especímenes de herbario (Ramírez y Cano, 2010).

2.3. MATERIALES Y EQUIPOS

2.3.1. Materiales

Materiales cartográficos

- Carta Nacional identificado con el nombre Lurín y el código (25-j), es elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1: 100,000.
- Imagen multiespectral del Satélite Worldview-3 en formato digital.
- Imagen pancromática del Satélite CBERS-2 y 2B y CBERS-4 en formato digital.
- Mapa de ANP de SERNANP

Materiales de campo

- Libreta de campo.
- Útiles de escritorio (Lapicero, lápiz, borrador, etc.).
- Indumentaria (botas, gorro, guantes, repelentes, etc.).
- Mapa base del área en estudio.
- Imagen de satélite analógico.

2.3.2. Equipos y programas

- Computadora y laptop.
- GPS (Global Positioning System) Navegador Garmin – modelo 72 H.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.
- Software tales como: ARCGIS 10.5, Word y Excel.

2.4. METODOLOGÍA

La metodología empleada estuvo basada en la aplicación de técnicas de análisis digital y visual en las imágenes satelitales. Mediante la información obtenida del área en estudio, se discriminó los diferentes tipos de unidades de vegetación por las respuestas espectrales, además se estimó el índice de vegetación. Se tuvo en cuenta los siguientes pasos (Figura 8).

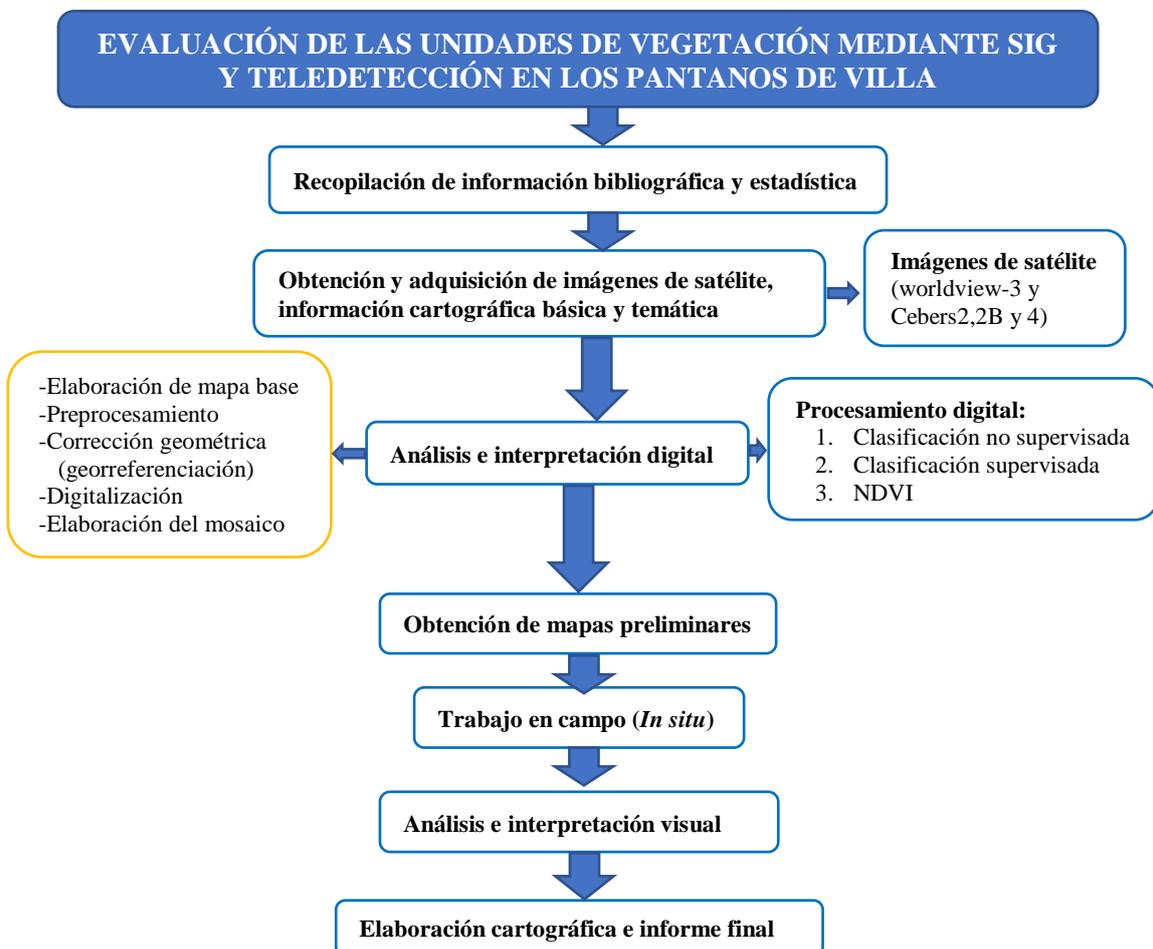


Figura 8. El proceso metodológico del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2.4.1. Recopilación de Información bibliográfica y estadística

Se realizó una búsqueda de información básica temática, bibliográfica de investigaciones existentes, base de datos cartográficos del lugar de estudio para el desarrollo de la investigación. Se identificaron libros, revistas y artículos con la finalidad de profundizar en los conceptos teóricos.

2.4.2. Obtención y adquisición de imágenes de satélite, información cartográfica básica y temática

Para la selección de imágenes satelitales fue importante tomar en cuenta:

- La nubosidad.
- La fecha de toma de cada una de las imágenes satelitales, es importante considerar la época de verano.

Se realizó la obtención y adquisición de las imágenes satelitales, a continuación, se mencionan los siguientes:

Imagen de satélite Worldview-3

La Imagen Worldview-3, es una imagen de alta resolución, que se obtuvo de manera gratuita y en formato ECW (enhanced Compression Wavelet) mediante el SASPLANET (Figura 10), esta imagen es proporcionado por servicios de mapas e imágenes satélite: DigitalGlobe, Google Maps y entre otros.

A continuación, se describe los pasos a seguir para obtener la imagen Worldview-3 (Figura 9):

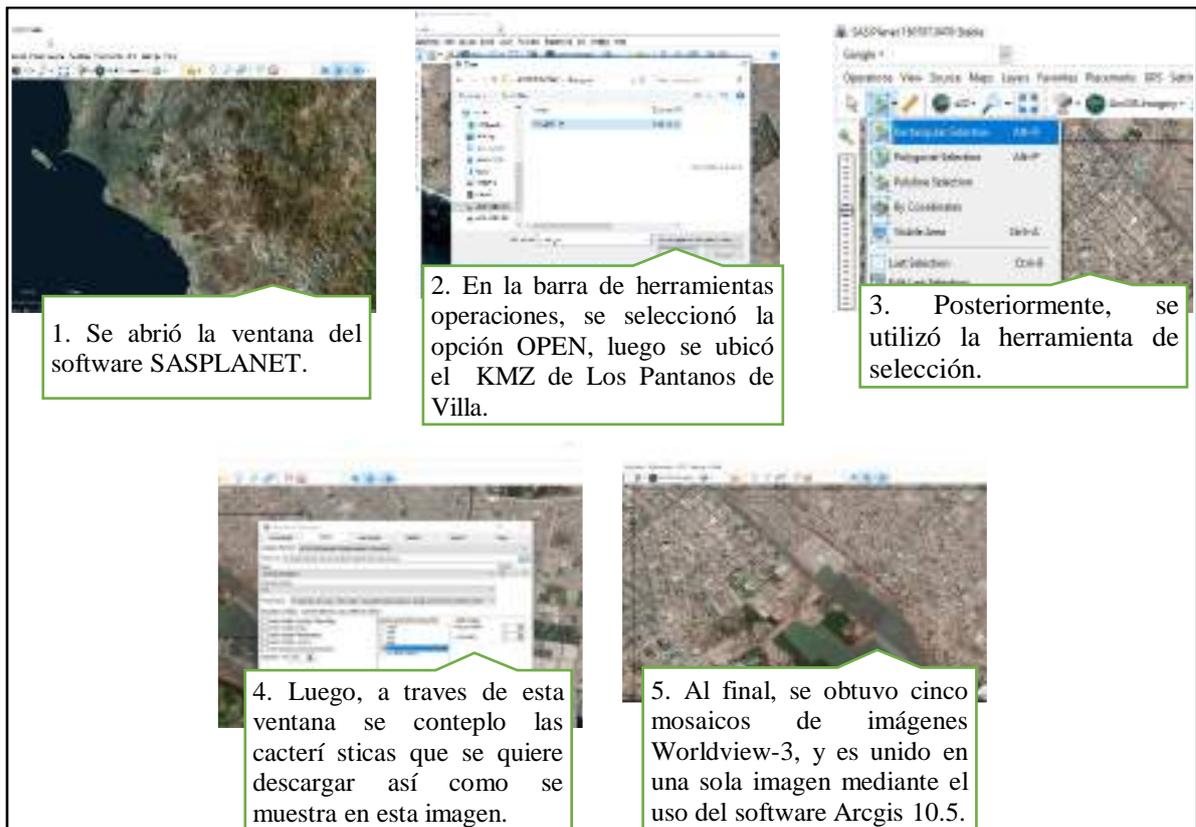


Figura 9. Pasos para obtener imagen Worldview-3. Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Imagen satelital Worldview-3. Fuente: (Sasplanet, 2018).

Imagen de satélite CBERS-2, 2B y 4

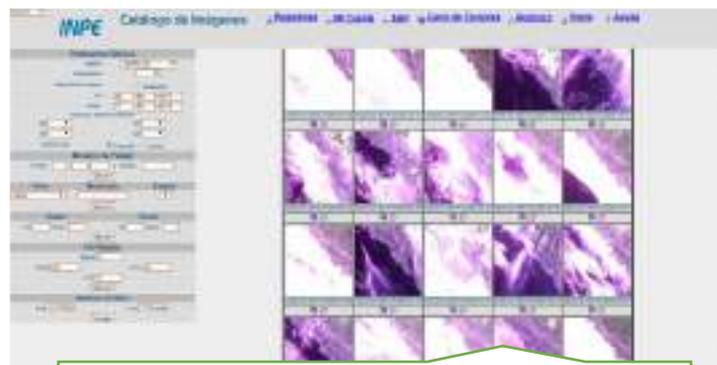
Las imágenes de estos satélites son gratuitas. La forma de envío de éstas es vía internet (vía correo electrónico). El usuario debe estar registrado para solicitar cualquier imagen satelital del Catálogo. Después de realizar la solicitud a través de un correo electrónico, esta es respondida en 5 días. Los pasos siguientes indican la obtención de la imagen (Figura 11 y 12).



1. Se ingresó al servidor del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil – INPE a la sección de catálogos de imágenes <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.



2. Se realizó la búsqueda de la imagen satelital haciendo uso una de las formas de búsquedas: por satélite y sensor (CBERS-2,2B y 4) y por municipio (Chorrillos, Lima - Perú).



3. La consulta al catálogo es libre, pero, para la descargar de las imágenes completas se procedió a completar la ficha de registro. Estas imágenes son enviados sin costo alguno vía correo electrónico para la descarga.

Figura 11. Pasos para obtener imagen Cbers. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Imagen satelital Cbers y sus características. Fuente: (INPE, 2018).

Se adquirió las siguientes imágenes CBERS en formato tif. (Tabla 6).

Tabla 6

Características de la adquisición de las imágenes CBERS-2, 2B y 4

N°	Imágenes CBERS	Cámara	Fecha de adquisición	Bandas espectrales
1	CBERS_2	CCD	24/02/2004	Banda 3: 0.63-0.69 μm (R)
2	CBERS_2B	CCD	30/03/2008	Banda 4: 0.77-0.89 μm (NIR)
3	CBERS_4	MUX	16/05/2018	Banda 7: 0.63-0.69 μm (R) Banda 8: 0.77-0.89 μm (NIR)

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3. Análisis e interpretación digital

A. Elaboración de mapa base

El mapa base fue elaborado mediante la interpretación visual presente en el área de estudio. La digitalización se realizó a escala 1:400 escala base para el desarrollo de la evaluación de la vegetación en el área de estudio.

Para la elaboración de mapa base se utilizó el software ARCGIS 10.5, en el cual se realizó la composición de los mosaicos de la imagen Worldview-3 (Figura 13). Posteriormente, se procedió al recorte del mosaico y se delimitó el área de estudio tomando como referencia el perímetro del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa delimitado por los 66 hitos ubicados en sistema de coordenadas PSAD 56 (ver Apéndice 3) (Resolución Ministerial N° 0909, 2000), lo cual fue reproyectado en el sistema de coordenada UTM del Datum WGS84 de la zona 18S (ver Apéndice 4). Para validar el perímetro también se utilizó las bases de datos del geoservidor del área natural protegida.

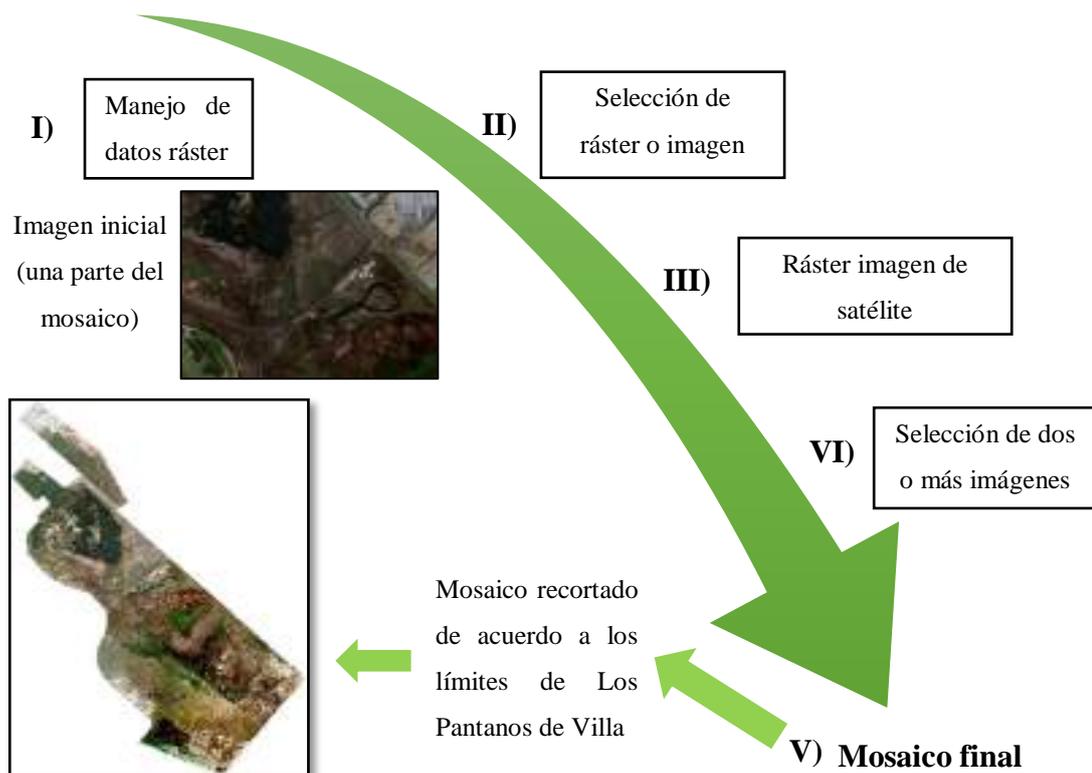


Figura 13. Pasos para obtener un solo mosaico. Fuente: Elaboración propia.

En la salida de campo se utilizó el mapa base para hacer el reconocimiento y cartografiado de las diferentes unidades de vegetación que conforman Los Pantanos de Villa y con la finalidad de georreferenciar las mismas, que fue de utilidad para validar el mapa de las unidades de vegetación del año 2018. Para esta actividad se dispuso de: imagen de Satélite Impresa, GPS Garmin y libreta de apuntes.

B. Georreferenciación de imágenes y digitalización de información

Se realizó la georreferenciación del mosaico Worldview-3, de forma que disminuyan los errores generados durante de la obtención, mediante el uso de los puntos de control que enmarca la Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG en DATUM PSAD 56 (66 hitos) convertidos al Sistema de coordenadas “Universal Transversal de Mercator” (UTM), y el Datum WGS 1984 de la zona 18S, de acuerdo al Instituto Geográfico Nacional, ente rector en cartografía nacional, de esta manera se minimicen las diferencias de posición relativas, permitiendo así su comparación píxel a píxel.

C. Aplicaciones de clasificación no supervisada (isocluster)

En este análisis, se utilizó el método sugerido por Chuvieco (1995), donde señala que los niveles digitales (ND) de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados (cluster). Estos equivalen a píxeles que definen clases temáticas que muchas veces da resultados de clases informacionales.

Fue uno de los primeros métodos que se realizó en gabinete, posteriormente sirvió como apoyo para la primera salida de campo. En el proceso de la clasificación no supervisada, se utilizó el algoritmo Iso Cluster Unsupervised Classification, y se obtuvieron 11 conglomerados (clusters) conformados por píxeles con comportamiento espectral homogéneo, a partir de estos fue posible extraer las clases temáticas de la zona de estudio sobre las cuales se obtuvieron las firmas espectrales correspondientes, asimismo se generó el mapa final (ver Apéndice 5).

D. Aplicación de la clasificación supervisada

Consiste en la toma de información de cada unidad de vegetación existen de la zona en estudio. En la presente investigación se utilizó el método de máxima verosimilitud para identificar las diferentes unidades de vegetación (Junco, Carrizo, Totorá, Corta corta, etc.).

Los datos obtenidos en campo mediante el equipo GPS se ingresaron al software Excel con el nombre “nuestras” (ver Apéndice 6) que se muestra en los anexos del presente documento. Seguidamente se procesó en el software ARCGIS 10.5 cuyos datos fueron identificados en la imagen.

Dado que los píxeles de una misma cobertura son diferentes, se hizo la identificación de la variabilidad de estos (distancia euclidiana), esto permite determinar la media y desviación típica y por consiguiente aplicar el método de clasificación de máxima verosimilitud.

En la clasificación realizada sobre la imagen, se analizó cada una de las 08 unidades de vegetación. Luego, se determinó el tipo de vegetación diferenciándolos por los colores y tonalidades, basándose en la información previa del área de estudio.

Las unidades de vegetación identificadas por la clasificación supervisada, fueron agrupadas en 8 unidades de vegetación y 22 subunidades de vegetación (Tabla 7). Por último, se utilizó el algoritmo máxima verosimilitud de la herramienta Spatial Analyst tools del software ARCGIS 10.5 para generar el mapa final, ya que es muy importante corroborar información de análisis digital, así como el análisis visual para tener una noción en siguientes estudios similares en otros humedales (ver Apéndice 7).

Tabla 7

Unidades de vegetación de la clasificación supervisada

CÓD.	UNIDAD DE VEGETACIÓN	SUB CÓDIGO	SUB-UNIDADES
I	JUNCAL	1	Juncal (Juvenil, Maduro)
		2	Juncal Senescente
		3	Junquillo
		4	Gramas
II	GRAMADAL	5	Gramas + arena
		6	Gramas + Junco Senescente
		7	Gramas + Junco
		8	Totora enea (<i>Typha domingensis</i>)
III	TOTAL	9	Totora disturbada (ocupada por aves)
		10	Totora + corta-corta
		11	Totora balsa (<i>Schoenoplectus californicus</i>)
		12	<i>Bacopa Monnieri</i>
IV	ACUÁTICA	13	Repollito de agua
		14	Sombbrero
V	CARRIZAL	15	Carrizo
VI	CORTA-CORTA	16	Corta-corta
VII	SALICORNIAL	17	Salicornial
VIII	ÁREA INTERVENIDA Y CUERPOS DE AGUA	18	Árboles introducidos
		19	Suelos desnudos y otros
		20	Infraestructuras y vías
		21	cerco vivo
		22	Cuerpos de agua

Fuente: Elaboración propia.

E. Procesamiento y obtención del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Los índices de vegetación son medidas cuantitativas que divide en píxeles entre el nivel digital almacenado en dos o más bandas de la misma imagen. Se emplea para mejorar la discriminación entre suelos y vegetaciones, además para reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación) en la caracterización espectral (Chuvieco, 1995).

El NDVI permite estimar y evaluar el estado de salud de la vegetación, en base a la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan. Altos valores de índices de vegetación identifican píxeles de vegetación saludable que sirve de ayuda en el monitoreo de la

vegetación. El cálculo del NDVI implica el uso de una fórmula con dos bandas, el Infrarrojo Cercano (NIR) y el rojo (RED) (Díaz, 2015):

$$NDVI = (\varphi NIR - \varphi RED) / (\varphi NIR + \varphi RED)$$

Los valores de este índice fluctúan entre -1 y +1, cuanto más alto sea el valor de este índice, las condiciones de vigor son mejores (Díaz, 2015). Por medio del NDVI se obtuvo el índice de los diversos tipos de vegetación del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. Las bandas 3 (rojo) y 4 (infrarrojo cercano) de la imagen Cbers-2 (24/02/2004) y 2B (30/03/2008), las bandas 7 (rojo) y 8 (infrarrojo cercano) que corresponden a la imagen Cbers-4 (16/05/2018), estas bandas son utilizadas para crear el NDVI. Se utilizó el módulo spatial analyst tools, map algebra y raster calculator que nos permitió ingresar la fórmula mencionada anteriormente. En el proceso se realizó una adopción de clasificación para el NDVI en tres (Figura 14).

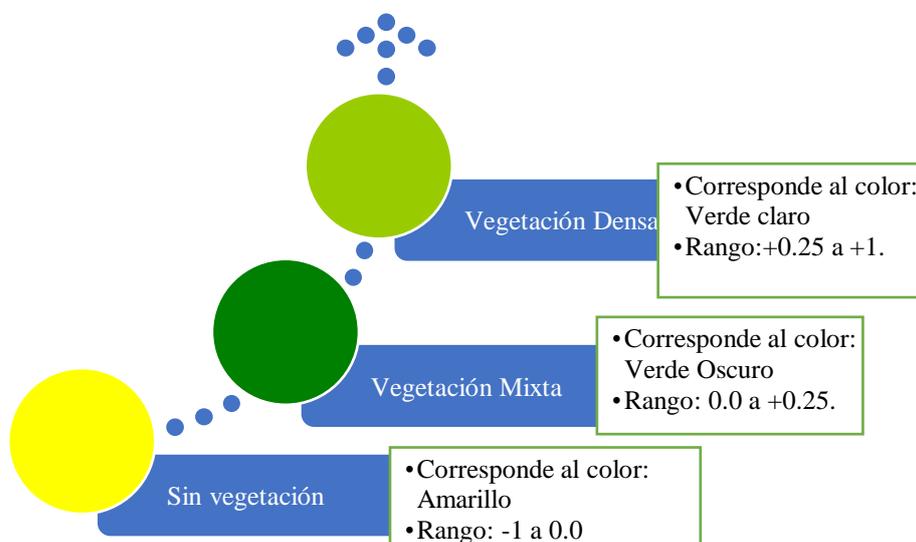


Figura 14. Clasificación del NDVI. Fuente: Elaboración propia.

2.4.4. Obtención de mapas preliminares

En esta etapa se elaboraron los mapas preliminares tomando como base la imagen de la clasificación no supervisada (Figura 15) y la digitalización en la imagen satelital WordView-3 (Figura 16), previa a las salidas de trabajo *in situ*, definiéndose las clases de ND que posteriormente fue de apoyo para las salidas de campo.

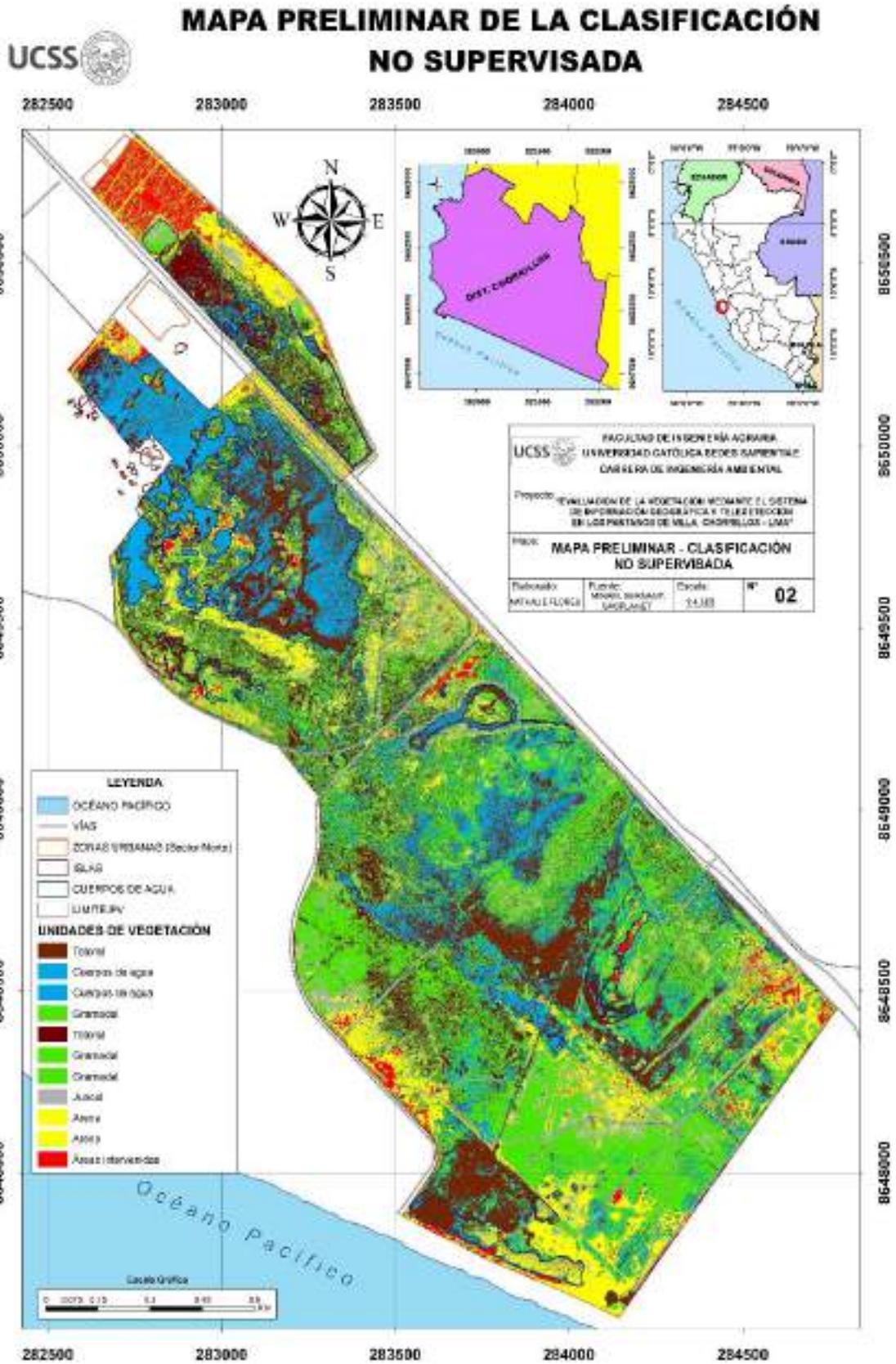


Figura 15. Mapa preliminar de la clasificación no supervisada. Fuente: Elaboración propia.



MAPA PRELIMINAR - DIGITALIZACIÓN

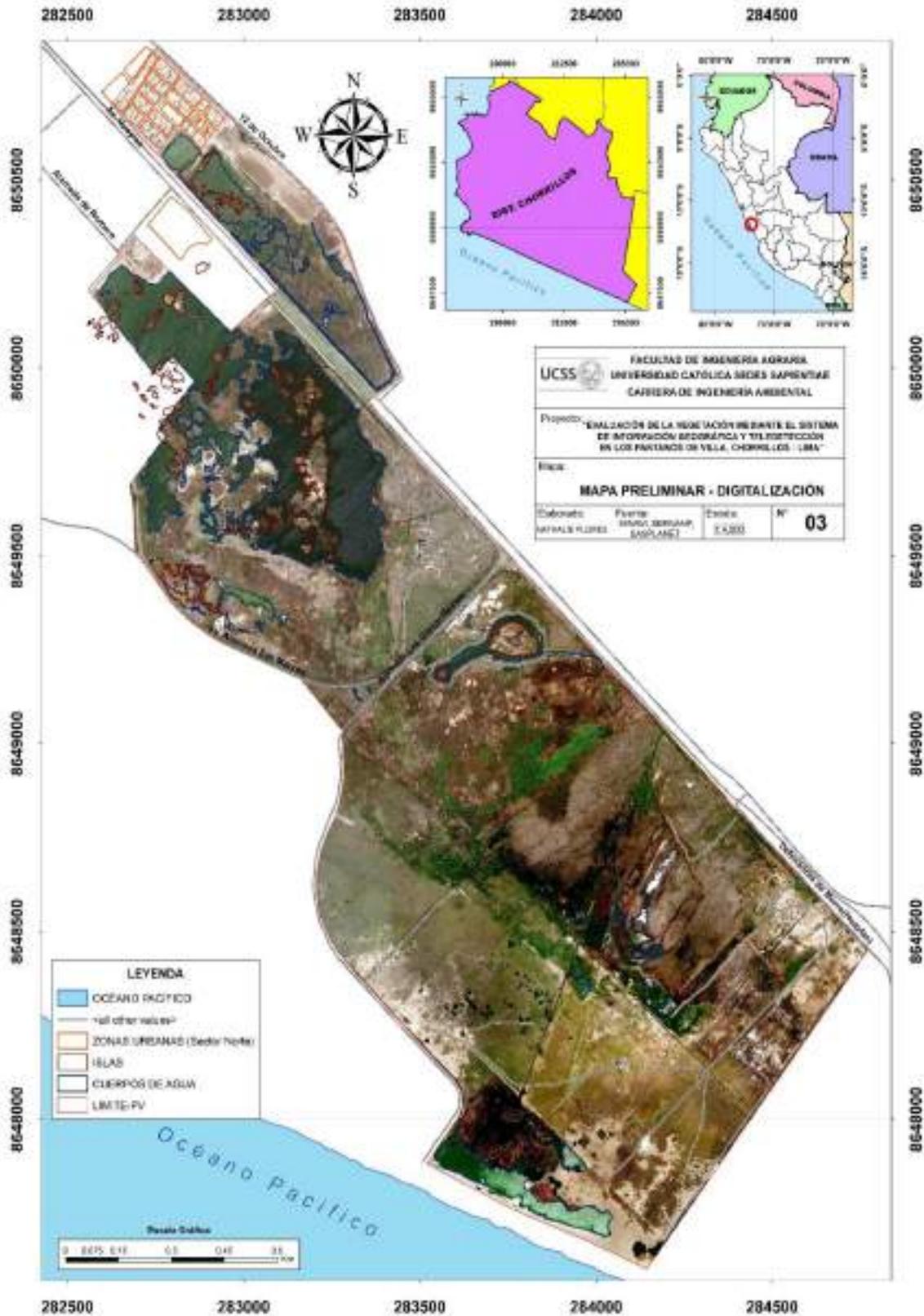


Figura 16. Mapa preliminar de la digitalización en la imagen satelital WordView-3. Fuente: Elaboración propia.

2.4.5. Trabajo de campo

El trabajo de campo estuvo organizado por visitas a la zona de estudio que fueron 6 salidas de campo (Tabla 8 y Apéndice 8), los recorridos cubrieron toda el área de estudio y el acceso se realizó sin restricciones mediante un permiso para acceder a toda el área, incluyendo los lugares no autorizados.

Tabla 8

Descripción de los trabajos de campo

NÚMERO Y FECHA DEL TRABAJO DE CAMPO	SECTORES	OBSERVACIONES
1 = 12/05/2018 6 = 20/10/2018	Identificación de las unidades de vegetación en el Sector Nor-Este.	Se observó las unidades de vegetación como Juncal, Carrizal, Salicornial, Acuática, Área Intervenida y cuerpos de agua, cada uno de las unidades presentan en menor cantidad. Así como la unidad Totoral y Gramadal si abarcan una mayor cantidad de extensión.
2 = 10/06/2018	Identificación de las unidades en el Sector Sur.	En general se identificó la presencia en mayor cantidad de las unidades el Gramadal, Juncal, Carrizal, Salicornial, Acuática y Área Intervenida.
3 = 05/07/2018	Identificación de las unidades en los Sectores Sur-Oeste, Nor-Este y Oeste.	En la laguna Marvilla, laguna Genesis, laguna Mayor y otros cuerpos de agua donde se observó una gran diversidad de aves locales y migratorias.
4 = 24/07/2018 5 = 30/09/2018	Identificación de las unidades en el Sector Sur-Centro y la laguna Génesis.	Al momento de realizar el mapeo del sector circundante a la laguna Marvilla se observó áreas intervenidas colindantes a la zona del propietario, hay presencia de los perros, caballos, desmontes.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6. Análisis e interpretación visual

Mediante esta metodología se logró mejorar la información obtenida del análisis digital, debido a las confusiones que presentaban los sectores por contener una alta humedad en suelo y espejos de agua temporales.

El análisis visual tiene ventajas sobre el digital cuando se trata de evaluar áreas de gran heterogeneidad. El análisis digital está basado en los valores digitales registrados por cada píxel en cada una de las bandas, mientras que, la interpretación visual utiliza otros elementos, además de los datos espectrales, tales como forma, tamaño, ubicación, textura, etc., permitiendo un mejor análisis e interpretación en humedales como la zona de estudio.

Se elaboraron las claves de interpretación, considerando las características de las unidades y las subunidades de vegetación. Se tomó en cuenta las características de la imagen (tonalidad, textura y forma/limite) (Tabla 9).

Tabla 9

Claves de interpretación del Satélite WordView-3, bandas espectrales 1,2 y 3

Unidad de vegetación	Subunidades	Tonalidad	Textura	Forma / Límite	Ubicación y Descripción
JUNCAL	Juncal (Juvenil, Maduro)	Verde medio marrón medio gris	Media	Irregular	Se ubica en el sector Sur-Este con mayor extensión.
	Juncal Senescente	Verde medio opaco	Media	Irregular	Se encuentra ubicado en el sector Nor-Oeste, en el intermedio de la carretera, en el borde.
	Junquillo	Verde medio	Media	Irregular	Se encontró un área muy pequeña en el Sector Sur en la Zona Silvestre.
CARRIZAL	Carrizo	Verde medio brillante	Medio a rugoso	Irregular	Se ubica en el Nor-Oeste en una pequeña área de la Zona de Protección Estricta y al Sur-Este se encuentra cercano al borde o límite de la Zona Silvestre.

(continuación): Claves de interpretación en imagen de Satélite WordView-3, bandas 1, 2 y 3

CORTA-CORTA	Corta-corta	Verde oscuro medio	Medio a rugoso	Irregular	Se ubica en el área colindante con grama + junco senescente en el sector Nor-Este y Sur Este el borde de la zona silvestre.
	Gramadal	Marrón claro, Verde claro a verde medio brillante	Medio a rugoso	Irregular	Se ubica en áreas extensas mayormente en el sector Sur-Oeste y Sur-Este.
GRAMADA	Gramas + arena	Gris, verde medio	Medio a rugoso	Irregular	Está ubicado en el sector Sur-Oeste cerca al cerco vivo, está dentro de la Zona de Recuperación.
	Gramadal + Juncal senescente	Gris, marrón medio más verde medio	Media	Irregular	Se ubica en el Nor-Este (zona de uso turístico y recreación), Norte extremo con un área de 248m ² aprox. (zona de recuperación) y al Sur-Oeste (zona de recuperación)
L	Gramadal + Junco	marrón medio + verde medio	Media	Irregular	Está ubicado en el sector Nor-este, cercano al límite.
	Totora enea (<i>Typha domingensis</i>)	Marrón claro a marrón oscuro	Medio a rugoso	Irregular	Está ubicado en zonas extensas, abarca toda el RVSPV.
	Totora disturbada (ocupada por aves)	Marrón Oscuro a Marrón claro	Media	Irregular	Está ubicado en la zona Nor-Este en el interior de la Laguna Mayor, sirve de refugio para las aves.
	Totora balsa (<i>Schoenoplectus californicus</i>)	Marrón Oscuro verdoso	Media	Irregular	Está ubicado en la zona céntrica como muestra para diferenciar con la totora enea.
TOTAL	Totora + Corta-corta	Verde oscuro medio	Media	Irregular	Se encuentra ubicado en el sector Norte en una mínima extensión de área.
	Salicornial	Rojo oscuro a Rojo medio	Rugosa	Irregular	Está ubicado en mayor parte en el sector Sur.
SALICORNIAL	<i>Bacopa monnieri</i>	Verde oscuro medio	Media	Irregular	Se encuentra ubicado en el Sur en parte céntrica en pequeñas extensiones de área (Zona de Recuperación y Zona Silvestre).
	Sombrero y repollito de agua	Verde oscuro	Media	Irregular	En pequeñas áreas se encuentra al borde de la Laguna Mayor, también, en el sector Sur-Este en la salida del cuerpo de agua de la laguna Génesis y en el interior de la acequia.
ACUÁTICA					

(continuación): Claves de interpretación en imagen de Satélite WordView-3, bandas 1,2 y 3

	Árboles introducidos	Negro medio, verde oscuro, verde medio	Media	Irregular	Se encuentra ubicado en sectores dispersas mayormente en el Sur y en los bordes de Los Pantanos de Villa
ÁREA INTERVENIDA Y CUERPOS DE AGUA	Instalaciones urbanas y vías (Infraestructuras)	Gris claro y blanco	Medio a Lisa	Regular	Está ubicado en el Nor-Este con mayor área, en el límite con sector urbano (zona de uso especial), también, está en la parte céntrica (zona de uso turístico y recreacional) y en la Zona Sur-Este (zona de recuperación).
	cercos vivos	Verde oscuro a medio	Media	Irregular	Se encuentra ubicado en todo el borde del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. Permite identificar con mayor facilidad y se encuentra representado por la Laguna Mayor – Sector Norte-Este y Oeste. Las otras lagunas menores y espejos de agua temporales se encuentran en el Sector Sur-Este y Oeste.
	Cuerpos de agua	Azul oscuro, verde oscuro medio, verde claro y blanco.	Rugoso a Lisa	Irregular	Está ubicado en el interior de Los Pantanos de Villa en el sector Nor-Este y Sur-Este.
	Suelo desnudo y otros (sales, desmontes y arena)	Blanco (sales) Marrón medio a gris (desmonte)	Media a lisa Rugosa	Irregular	Está ubicado en el Sector Nor-Este y en pequeñas áreas en el sector Sur-Oeste. Está ubicado en el Sector Sur-Este cercano a límite, abarca una parte de la Zona de Recuperación.
		Gris claro a Gris oscuro (arena)	Lisa		Se encuentra ubicado en el Sur-Este y Oeste (Zona de Recuperación y Zona Silvestre).

Fuente: Elaboración propia.

2.4.7. Elaboración cartográfica e informe final

Después de la obtención de los datos de campo, se procedió a corregir la clasificación de cada unidad ya que no genero una buena separabilidad espectral. Asimismo, se logró obtener el mapa final de las 08 unidades de vegetación (ver Apéndice 9), y el mapa final de las 22 subunidades de vegetación (ver Apéndice 10). Finalmente, la elaboración de la redacción final.

La elaboración del mapa final de las unidades de vegetación corresponde al sistema de coordenada proyectada UTM del datum WGS84 de la zona 18S, comprende a una escala de 1:4500, con su respectiva leyenda de cada unidad.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Una vez realizado el procesamiento digital y visual de las imágenes, se obtuvo los siguientes resultados:

3.1. Unidades de vegetación en los Pantanos de Villa

Las unidades de vegetación obtenidos fueron 8, se mencionan los siguientes: Juncal, Carrizal, Corta-Corta, Gramadal, Totoral, Salicornial, Acuática, Área Intervenida y cuerpos de agua (Tabla 10). En el apéndice 11 se aprecia las diversas denominaciones que son similares a la denominación utilizada “unidades de vegetación”.

3.1.1. Resultado de las unidades de vegetación

Tabla 10

Resultados de las unidades y subunidades de vegetación

CÓD.	UNIDAD DE VEGETACIÓN	SUB CÓD.	SUB-UNIDADES	ÁREA (ha)	%	ÁREA TOTAL (ha)	%
I	JUNCAL	1	Juncal (Juvenil, Maduro)	30.218	11.478	30.348	11.527
		2	Juncal Senescente	0.118	0.045		
		3	Junquillo	0.012	0.005		
II	GRAMADAL	4	Gramma	70.024	26.598	84.436	32.072
		5	Gramma más arena	4.008	1.522		
		6	Gramma + Junco Senescente	9.252	3.514		
		7	Gramma + Junco	1.152	0.438		
		8	Totora enea (<i>Typha domingensis</i>)	73.058	27.751		
III	TOTORAL	9	Totora disturbada (ocupada por aves)	0.840	0.319	74.338	28.237
		10	Totora + corta-corta	0.349	0.133		
		11	Totora balsa (<i>Schoenoplectus californicus</i>)	0.091	0.035		

<i>(Continuación:) Resultados de las unidades y subunidades de vegetación</i>							
		12	<i>Bacopa monnieri</i>	1.453	0.552		
IV	ACUÁTICA	13	Repollito de agua	0.029	0.011	1.706	0.648
		14	Sombrerito	0.224	0.085		
V	CARRIZAL	15	Carrizo	1.290	0.490	1.290	0.490
VI	CORTA-CORTA	16	Corta-corta	4.270	1.622	4.270	1.622
VII	SALICORNIAL	17	Salicornial	0.677	0.257	0.677	0.257
		18	Árboles introducidos	1.755	0.667		
	ÁREA INTERVENIDA Y CUERPOS DE AGUA	19	Suelos desnudos y otros	18.775	7.132		
VIII		20	Infraestructuras y vías	8.712	3.309	66.202	25.146
		21	cerco vivo	1.572	0.597		
		22	Cuerpos de agua	35.388	13.442		
		ÁREA TOTAL		263.27	100.000	263.27	100.000

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Descripción de las unidades de vegetación

Se identificó 08 unidades de vegetación entre las cuales figuran: Juncal, Carrizal, Corta-Corta, Gramadal, Totoral, Salicornial, Acuática y el Área Intervenida-cuerpos de agua (Tabla 10). Asimismo, las unidades encontradas se subdividen en 22 subunidades. Las unidades de vegetación en el estudio se describen a continuación:

I. Juncal

Juncal es la unidad de vegetación que está conformada por la especie “Junco” (*Schoenoplectus americanus*), es la más dominante en el sector Sur del presente estudio. El Juncal está acompañado por “junquillo” (*Cyperus laevigatus*) y las áreas más secas están asociadas con la “grama salada” (*Distichlis spicata*, *Sporobolus virginicus*) o “grama dulce” (*Paspalum vaginatum*) (Aponte *et al.*, 2018).

El Juncal es característico por tener suelos húmedos e inundables. Sirve de hábitat para los artrópodos, especialmente arañas (SERNANP, 2016) y las aves que son insectívoras como *Pleocryptes* sp., *Troglodytes aedan* y *Sturnella belicosa* (Young, 1998).

El juncal abarca una extensión de 30.348 ha que comprende al 11.527 % del área total en estudio.

En esta unidad se ha diferenciado tres subunidades:

a) Juncal juvenil y maduro

Juncal Juvenil

Es el junco que ha sido desarrollado después del brote del junco senescente, las características que presenta son las hojas de color verde claro y delgado, con una altura de 1 m aprox., y tiene mayor desarrollo de raíces y rizomas medianas.

Juncal Maduro

Su fenología tiende entre 5 a 7 meses después del rebrote, presentan hojas verdes, fibrosas y gruesas, las cuales llegan a desarrollarse hasta los 2 m, con mayor crecimiento radicular y rizomatosas.

Tiene una extensión de 30.218 ha y representa el 11.478 % del área total (Figura 17).



Figura 17. Subunidad de vegetación: Juncal juvenil y maduro. Fuente: Elaboración propia.

b) Juncal Senescente

Es el junco que no ha sido extraído en periodos muy largos, de la misma forma, genera una cobertura gruesa en proceso de descomposición y materia orgánica muerta. Representa una extensión de 0.118 ha, que comprende el 0.045 % que es un área muy pequeña del total (Figura 18).



Figura 18. Subunidad de vegetación: Juncal Senescente. Fuente: Elaboración propia.

c) Junquillo

El “junquillo” (*Cyperus laevigatus*) es una vegetación que reside en áreas húmedas, presenta un crecimiento hasta 45 cm aproximadamente. Las hojas son de color verdoso con una inflorescencia en el tallo. La subunidad de vegetación ocupa 0.012 ha, representa 0.005 % siendo un área muy pequeña de la extensión total en la zona de estudio (Figura 19).



Figura 19. Subunidad de vegetación: Junquillo. Fuente: Elaboración propia.

II. Gramadal

La unidad de vegetación Gramadal comprende un área de 84.436 ha, que es el 32.072 % del área total de Los Pantanos de Villa.

En esta unidad se ha diferenciado en cuatro subunidades:

a) Grama

Es la unidad de vegetación más extensa en la zona de estudio, dominada por la “grama salada” (*Distichlis spicata*), la menos frecuente (*Sporobolus virginicus*). En el sector Sur en forma de pequeños parches está acompañada por “salicornia” (*Sarcocornia neei*), “colita de escorpión” (*Heliotropium curassavicum*) (ver Apéndice 12), entre otros (Aponte *et al.*, 2018).

Es la unidad de vegetación con mayor extensión 70.024 ha representa al 26.598 % del área total (Figura 20).

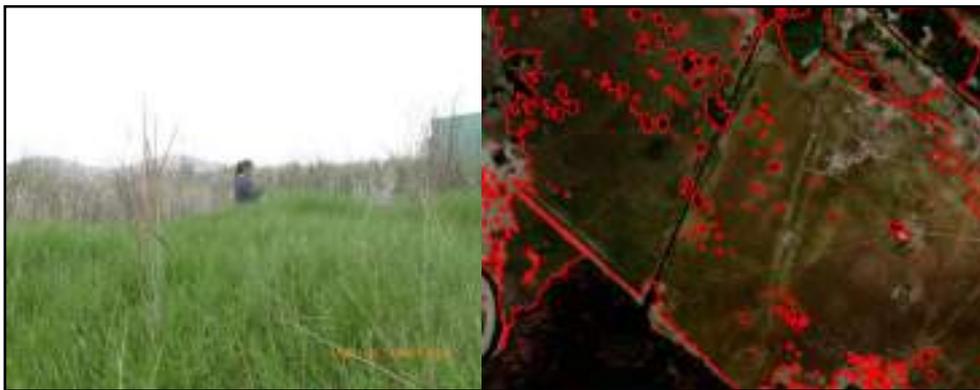


Figura 20. Subunidad de vegetación: Grama. Fuente: Elaboración propia.

b) Grama + arena

En ciertos sectores, la arena es llevada por el viento y se queda atrapada por la grama salada, formando pequeños montículos o dunas de 50 cm a 1 m de altura y es evidente en el sector Sur-Oeste. Sirve de hábitat para las arañas rastreras (como la *Latrodectus mactans* y otras de la familia salticidae), los reptiles (las lagartijas y algunas serpientes pequeñas) (Aponte *et*

al., 2018). Tiene un área de 4.008 ha, que comprende el 1.522 % del área en estudio (Figura 21).



Figura 21. Subunidad de vegetación: Grama + arena. Fuente: Elaboración propia.

c) Grama + Junco Senescente

Es la grama asociada al junco senescente que no ha sido extraído por varios años, una de las características son las hojas que presentan un color verde calor (grama) y plomo oscuro (junco senescente). Representa una extensión 9.252 ha, que equivale a 3.514 % del área total (Figura 22).



Figura 22. Subunidad de vegetación: Grama + junco senescente. Fuente: Elaboración propia.

d) Grama + Junco

Es la grama que está asociada con el junco que ha sido desarrollado después del brote del junco senescente, las características que presentan son las hojas de color verde claro a oscuro. Tiene una extensión de 1.152 ha que comprende el 0.438 % del área total (Figura 23).



Figura 23. Subunidad de vegetación: Grama + junco. Fuente: Elaboración propia.

III. Totoral

Esta Unidad de Vegetación es dominada por “totoria enea” (*Typha domingensis*), que se caracteriza por crecer en zonas inundadas. Las especies acompañantes son “sombbrero del abad” (*Hidrocotyle ranunculoides*, *H. bonariensis*), “grama dulce” (*Paspalum vaginatum*), entre otros (Aponte *et al.*, 2018).

Los totorales presentan una distribución restringida a los cuerpos de agua, en mayor extensión encontramos en la laguna mayor, en la laguna Marvilla y cercanos al centro de interpretación. Actualmente por el sector Sur-Este que límite con la autopista, los totorales son extraídos constantemente con fines artesanales y presenta un estado de sucesión temprana con un crecimiento muy rápido.

Los totorales son muy fáciles de diferenciar en el sector Norte mientras que el sector Sur-Este, se tiende a confundir con el junco senescente, debido a las características similares en la reflectancia.

El área total de esta unidad es de 74.338 ha y comprende el 28.237 % del área total de Los Pantanos de Villa.

En esta unidad se ha diferenciado en cuatro subunidades:

a) Totora enea (*Typha domingensis*)

En esta área se observa dominancia de la subunidad de vegetación “totora enea” (*Typha domingensis*), con gran presencia en Los Pantanos de Villa. En el sector sur cercano a la laguna Génesis es aprovechada en actividades de artesanía y genera ingreso económico. Se distribuye en una superficie que abarca 73.058 ha y representa un 27.751 % del área total en estudio (Figura 24).



Figura 24. Subunidad de vegetación: Totora enea (*Typha domingensis*). Fuente: Elaboración propia.

b) Totora balsa (*Schoenoplectus californicus*)

Totora balsa (*Schoenoplectus californicus*) es una vegetación que se reproduce rápidamente en forma clonal y está ubicado en las zonas pantanosas. En Los Pantanos de Villa se encuentra como una muestra de esta especie en un área muy restringida de 0.091 ha que representa el 0.035 % del área total de la zona en estudio (Figura 25).



Figura 25. Subunidad de vegetación: Totora balsa (*Schoenoplectus californicus*). Fuente: Elaboración propia.

c) Totora disturbada (ocupada por aves)

La subunidad totora disturbada es un espacio utilizado como una zona de anidamiento, reposo de las aves. Se encuentra en el sector Nor-Este en forma de islas dentro de la laguna Mayor con mayor extensión de las mismas. La extensión del área es de 0.840 ha, que comprende 0.319 % del área total de la zona de estudio (Figura 26).



Figura 26. Subunidad de vegetación: Totora disturbada (ocupada por aves). *Fuente:* Elaboración propia.

d) Totora + corta-corta

La totora + corta-corta es una subunidad de vegetación asociada, generalmente la podemos encontrar en la parte Nor-Este, cercano al primer mirador. Representa una extensión de 0.349 ha que comprende el 0.133 % del área total (Figura 27).



Figura 27. Subunidad de vegetación: Totora enea + corta-corta. *Fuente:* Elaboración propia.

IV. Acuáticas

Las plantas acuáticas se encuentran sumergidas o flotantes en cuerpos de agua superficial como canales y, menos frecuente en las lagunas. Entre las especies acuáticas flotantes tenemos “repollito de agua” (*Pistia stratiotes*), “jacinto de agua” (*Eichhornia crassipes*) ambos con distribución muy restringida, “trebol de agua” (*Limnobium laevigatum*) se encuentra en algunas canales, “lentejas de agua” (*Lemna* spp.) y “helechito de agua” (*Azolla filiculoides*), son capaces de incrementar su población bajo condiciones de eutrofización y llegar a cubrir grandes extensiones de los cuerpos de agua.

La unidad de vegetación acuática comprende un área total de 1.706 ha que representa el 0.648 %. Se subdivide en los siguientes:

Bacopa monnieri (Figura 28), Repollito de agua (comprende un área mínima de 0.029 ha de toda el área) y Sombrerito (Figura 29), se describe a continuación:

Bacopa monnieri

Es una planta acuática, sus hojas de color verde carnosas (Sacristán, 2012). En Los Pantanos de Villa se encuentra en pequeñas áreas acompañado del junco en el sector Sur-Este cercano a la vivienda que se encuentra dentro del área desde muchos años atrás. Se distribuye en un área de 1.453 ha, representando el 0.552 % de la zona de estudio.



Figura 28. Subunidad de vegetación: *Bacopa monnieri*. Fuente: Elaboración propia.

Sombrerito

La unidad Sombrerito (*Hydrocotyle ranunculoides*, *H. bonariensis*) en Los Pantanos de Villa se encuentra en pequeñas áreas acompañado de los totorales. Se ubica en sector Nor-Este en la laguna Mayor, cercano al primer Mirador y en el sector Sur-Este. Se distribuye en un área de 0.224 ha, que equivale a 0.085 %. Se encuentra en áreas muy pequeñas.



Figura 29. Subunidad de vegetación: Sombrerito. Fuente: Elaboración propia.

V. Carrizal

El carrizal se encuentra formado por una gramínea “carrizo” (*Phragmites australis*), las especies acompañantes como “tomatillo” (*Solanum pinpinellifolium*) y “lentejas de agua” (*Lemna* spp. y *Wolffia columbina*), son muy escasas (Aponte *et al.*, 2018).

Esta unidad de vegetación se ubica cercano al centro de interpretación por el sector Sur-Este y en pequeñas áreas en el sector Nor-Este, frente al segundo mirador turístico. Esta unidad de vegetación abarca una superficie de 1.290 ha, que ocupa el 0.490 % del área total en estudio, es la vegetación natural del RVSPV (Figura 30).



Figura 30. Subunidad de vegetación: Carrizal. Fuente: Elaboración propia.

VI. Corta-corta

La unidad de vegetación “corta-corta” (*Cladium Jamaicense*) (Figura 31), está acompañado de “totora” (*T. domingensis*), “junco” (*S. americanus*) y “grama” (*P. vaginatum*). Se ubica al Sur-Este del centro de interpretación con una superficie extensa, se puede reconocer de inmediato por la presencia de la inflorescencia en forma de espiga y por sus hojas largas aserradas capaces de cortar (Aponte *et al.*, 2018).

Representa un área de 4.270 ha. Comprende el 1.622 % del área total.



Figura 31. Subunidad de vegetación: Corta-corta. Fuente: Elaboración propia.

VII. Salicornial

La unidad de vegetación “Salicornial” (*Salicornia neei*) se encuentra en el sector Sur del humedal y crece en el interior del gramadal. El salicornial es una especie carnosa, de tallos suculentos y presenta inflorescencia de tipo espiga, tiene flores y frutos diminutos (Palomino

y Cabrera, 2007). Se desarrolla entre los espacios de la grama salada en suelos salinos, donde fluctúa la capa freática superficial. El estado maduro presenta una coloración rojiza (Aponte *et al.*, 2018). Se distribuye en un área de 0.677 ha., que representa el 0.257 % del área total en estudio (Figura 32).



Figura 32. Subunidad de vegetación: Salicornial. Fuente: Elaboración propia.

VIII. Áreas intervenidas y cuerpos de agua

La unidad de vegetación de área intervenida presenta una superficie de 66.202 ha, comprende el 25.146 % del área total de Los Pantanos de Villa y se dividen en cinco subunidades los cuales se describen a continuación:

Árboles introducidos (Eucalipto, Palmera, Casuarina, etc.)

La subunidad árboles introducidos está conformada por la *Casuarina equisetifolia* “casuarina”, *Schinus terebinthifolius* “molle brasileño”, *Eucalyptus* sp. “eucalipto”, *Washingtonia robusta* “palmera” y *Myoporum* sp. (Aponte *et al.*, 2018). En mayor extensión se ubica en el sector Sur. Se distribuye en un área de 1.755 ha, que representa el 0.667 % del área total de estudio (Figura 33).



Figura 33. Subunidad de vegetación: Árboles introducidos. Fuente: Elaboración propia.

Infraestructura (Instalaciones urbanas y vías)

Comprende la zona residencial, los asentamientos humanos y la autopista que intercepta con las zonas urbanas que limitan en Los Pantanos de Villa. La subunidad instalaciones urbanas se ubica en el sector Nor-Este con mayor extensión y en el sector Sur-Este (como la construcción del centro de interpretación en funcionamiento y la construcción de infraestructura abandonada), las viviendas y las carreteras o vías. Se distribuye en un área de 8.712 ha, representando el 3.309 % del área total de estudio (Figura 34).



Figura 34. Subunidad de vegetación: cerco vivo. Fuente: Elaboración propia.

Cerco vivo

Myoporum sp. es un arbusto de copa más o menos redondeada y compacta, de color verde brillante. En los Pantanos de Villa es utilizado como cerco vivo en los bordes por tener un crecimiento muy rápido, acompañado en algunos sectores por los totorales. Comprende una superficie de 1.572 ha, que equivale a 0.597 % (Figura 35).



Figura 35. Subunidad de vegetación: Miosporum. Fuente: Elaboración propia.

Cuerpos de agua

Los Pantanos de Villa está conformado por la laguna principal (laguna Mayor), las lagunas menores (laguna Marvilla, laguna Génesis, laguna Sur y laguna Pampa) y cuerpos de agua temporales (Tabla 11). La laguna Mayor se ubica en el sector Nor-Este, presenta un cuerpo de agua de tipo permanente y con mayor extensión.

Se distribuye en un área de 35.388 ha, que representa el 13.442 % del área total de estudio (Figura 36).



Figura 36. Subunidad: Cuerpos de agua. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Las principales lagunas del RVSPV

N°	Nombres	Extensión (ha)	%
1	Laguna Mayor	24.304	81.5
2	Laguna Sur	1.263	4.2
3	Laguna Marvilla	3.197	10.7
4	Laguna Génesis	1.042	3.5
	Área total	29.806	100

Fuente: Elaboración propia.

Suelo desnudo y otros (arena, sales y desmontes)

Es un componente de origen antropogénico. Comprende una extensión de 18.775 ha, representa 7.132 % del área total de Los Pantanos de Villa. La subunidad suelo desnudo es un área generado por la intervención del hombre como el sobrepastoreo, uso de camino de accesibilidades, entre otros (Figura 37).

Las subunidades otros como La arena (ubicada en el sector Sur-Oeste, Figura 38); las sales (se encuentran en el sector Nor-Este y en el sector Sur, situados en áreas pequeñas, y está acompañado por los gramadales y juncales, Figura 39) y el desmonte (son restos de construcciones que ha sido identificado en el sector Sur-Este y en los bordes colindante con la autopista, Figura 40).



Figura 37. Subunidad: Suelo desnudo. Fuente: Elaboración propia.

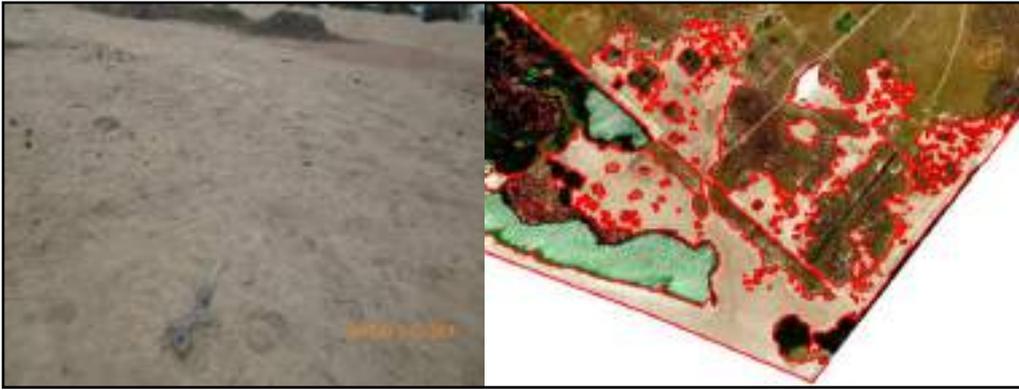


Figura 38. Subunidad: Arena. Fuente: Elaboración propia.



Figura 39. Subunidad: Sales. Fuente: Elaboración propia.



Figura 40. Subunidad: Desmonte. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI es el resultado del índice de las bandas espectrales generado por el satélite Cbers-2 y 2B que corresponden a las bandas 3 (rojo) y 4 (infrarrojo cercano) y del satélite Cbers-4 se utilizaron las bandas 7 (rojo) y 8 (infrarrojo cercano) para obtener los resultados del NDVI. Asimismo, permitió estimar la cantidad de área con vegetación que corresponde a cada año.

Se seleccionó tres imágenes del satélite Cbers-2, 2B y 4, correspondiente a las fechas 24/02/2004, 30/03/2008 y 16/05/2018. De acuerdo de la metodología de Chuvieco (2002), para estimar el NDVI se utilizó el rango -1 a +1.

Según lo informado por INRENA (1998), citado por Pulido y Bermúdez (2018, p. 682):

La mayor o menor existencia de agua en Los Pantanos de Villa está asociada a las épocas de avenidas y estiajes del río Rímac. En las épocas de avenida (enero, febrero y marzo), presenta mayor cantidad de agua en el río, y permitiendo el riego de las áreas agrícolas y parques, incrementándose la infiltración o recarga del acuífero. En épocas de estiaje, el canal Surco escasamente conduce agua y en los tramos finales de los canales laterales, estos pueden colectar aguas servidas, con la consecuente contaminación del suelo y plantas.

En el presente estudio a partir de la metodología se adoptó una clasificación considerando los rangos -1 a 0 que corresponde a la clase sin vegetación, el rango de 0 a +0.25 se denominó la clase vegetación mixta y el rango de +0.25 a +1 corresponde a la clase vegetación densa.

La Tabla 12 y la Figura 41 muestran el área correspondiente del NDVI de los años 2004, 2008 y 2018. Es importante señalar que los cuerpos de agua no han sido analizados en el presente estudio, esto es para no generar confusiones con la vegetación.

Tabla 12

Resultados del NDVI mediante imágenes Cbers

CLASE	IMAGEN CBERS-2B 24/02/2004		IMAGEN CBERS- 2B 30/03/2008		IMAGEN CBERS-4 16/05/2018	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
Sin vegetación	1.296	0.559	39.401	17.025	38.748	17.041
Vegetación mixta	100.240	43.266	160.380	69.299	148.344	65.241
Vegetación densa	130.146	56.174	31.652	13.677	40.285	17.717

Fuente: Elaboración Propia.

El resultado obtenido del NDVI según el rango -1 a 0 (Tabla 13) que corresponde a la clase sin vegetación correspondiente al año 2004 se estimó un área de 1.296 ha ubicados en el

sector Nor-Este que limita con la zona urbana; mientras que para el año 2008 hubo un incremento acelerado de 39.401 ha, que corresponde al Sector Nor-Este y al Sector Sur-Oeste, dentro del área se encuentra las unidades de vegetación descritas como área intervenida (zona urbana y vías), arena, arena + gramadal y una parte de los límites por el sector Sur-Este; en tanto que para el año 2018 disminuyó en área mínima de 38.748 ha, que corresponde a los sectores Nor-Este, Sur-Este y Sur-Oeste, pertenecientes a las mismas unidades de vegetación mencionados en el año 2008.

Seguidamente, el NDVI que corresponde a los rangos de 0 a +0.25 denominada como la clase vegetación mixta corresponden al año 2004 donde se obtuvo un resultado de 100.240 ha ubicados en el sector Nor-Este, Sur-Oeste y Sur-Este que limita con los cuerpos de agua de la laguna Mayor, Laguna Marvilla, abarca las unidades de vegetación como el gramadal (mayor extensión), totoral, áreas intervenidas y juncal; en tanto que para el año 2008 hubo un incremento acelerado de 160.380 ha, que corresponde al Sector Norte y Sur, dentro del área se encuentra las 08 unidades de vegetación descritas anteriormente; mientras que para el año 2018 disminuyó a 148.344 ha, que corresponde a los sectores Sur y Norte, siendo identificados las unidades de vegetación gramadal, totoral, juncal y otros.

Finalmente, el NDVI que corresponde al rango de +0.25 a +1 denominada la clase vegetación densa correspondiente al año 2004 en este periodo se estimó un área de 130.146 ha que estuvo ubicado en el sector Nor-Centro, Nor-Este, Sur-Centro y Sur-Este que limita con los cuerpos de agua de la laguna Mayor, Laguna Genesis y otros, abarca las 08 unidades de vegetación con mayor proporción es el gramadal, totoral, áreas intervenidas y juncal; en tanto que para el año 2008 hubo una disminución acelerada a 31.652 ha, que corresponde al Sector Nor-Este en pocas cantidades en el Sector Sur-Oeste y Sur-Este, dentro del área se encuentra las unidades de vegetación descritas como el gramadal; mientras que para el año 2018 aumentó a 40.285 ha, que corresponde a los sectores Sur y Norte, identificando las unidades de vegetación como el gramadal, totoral y juncal en áreas poco extensas.

INDICE DE VEGETACIÓN 2004 - 2018 DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRES LOS PANTANOS DE VILLA

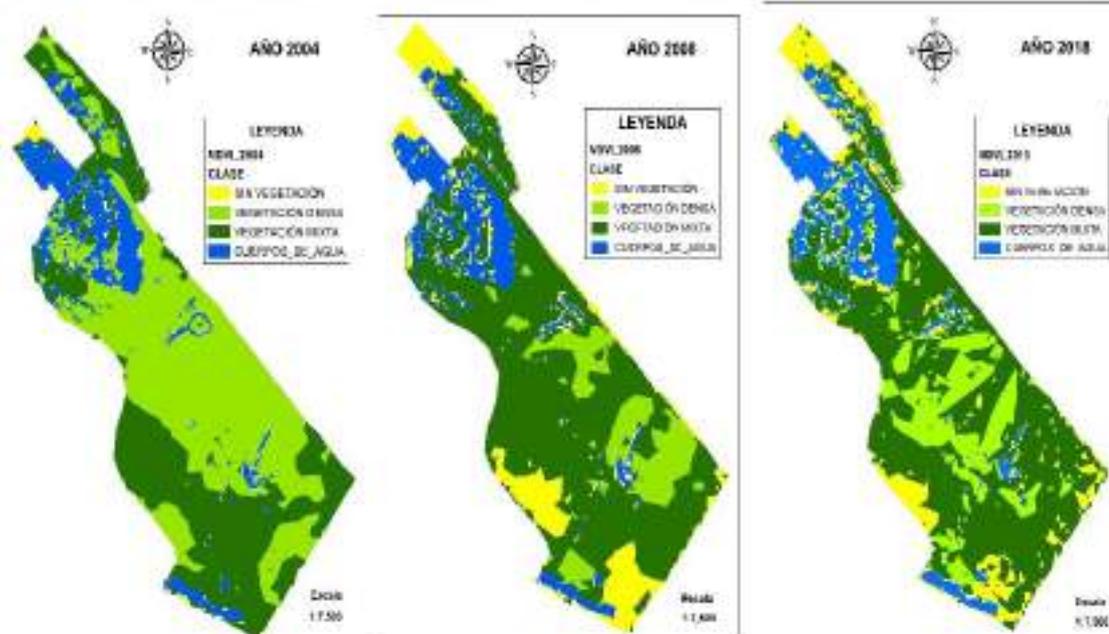


Figura 41. Mapa general de NDVI del año 2004 - 2018. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Rango y las clases del NDVI

N°	RANGO	CLASES SEGÚN NDVI
1	-1 a 0	Sin vegetación
2	0 a +0.25	Vegetación mixta
3	+0.25 a +1	Vegetación densa

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis del NDVI la clase sin vegetación año en año ha estado incrementando en diferentes áreas de Los Pantanos de Villa, la clase vegetación mixta varía por la presencia de las diversas unidades de vegetación que este en las zonas de estudio y la clase vegetación densa representa a las unidades de vegetación con mayor vigorosidad.

3.3. Información o base de datos para monitoreos futuros

El desarrollo de la presente investigación generó una amplia base de datos que se pone en disposición para futuros monitoreos de unidades de vegetación y otros, información disponible de mapas digitales (básicos y temáticos), imágenes de satélite Worldview-3 del año 2018 y Cbers de los años 2004, 2008 y 2018; además de las imágenes de intermedias y finales como resultado realizados.

Las Figuras 42 y 43, y las Tablas 14 y 15 muestran la base de datos disponibles y generados en el presente trabajo.

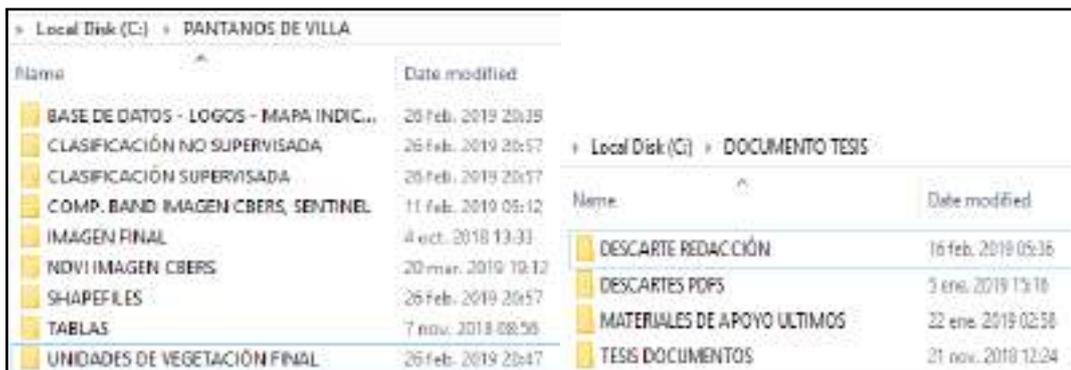


Figura 42. Estructura de la base de datos del proyecto de investigación. Fuente: Elaboración propia.

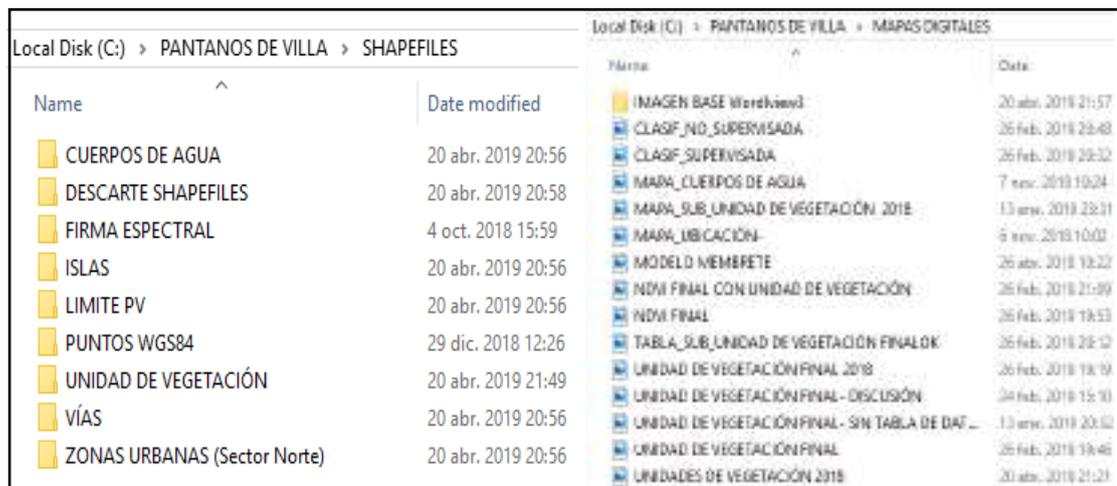


Figura 43. Contenido del subdirectorio shapefiles y mapas digitales. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Sub_directorio shapefiles de las unidades encontradas

Nº	SHAPEFILES	DESCRIPCIÓN
1	UNIDADES_DE_VEGETACIÓN_2018	Cobertura o mapa digital de las unidades de vegetación del año 2018, resultado de la interpretación digital/visual del RVSPV.
2	CUERPOS DE AGUA.shp	Mapa digital de los lagos y ríos de Los Pantanos de Villa, resultado de la digitalización.
3	Distrito.shp	Mapa base del distrito de Chorrillos para el uso en la ubicación del RVSPV.
4	ISLAS.shp	Islas ocupado por las aves en el área del totoral, resultado de la digitalización.
5	LIMITE-PV.shp	Mapa base de límite de Los Pantanos de Villa.
6	PUNTOS_DE_CONTROL.ROL.shp	Puntos de control generados por la base de datos generados en campo (de las 6 salidas de campo).
7	Vías.shp	Resultado de la digitalización las vías del interior y exterior del RVSPV.
8	zonas urbanas (Sector Norte).shp	Resultado de la digitalización inicial de áreas urbanas del sector Norte.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Sub_directorio mapas digitales de las unidades encontradas

Nº	MAPAS DIGITALES	DESCRIPCIÓN
1	UBICACIÓN.TIF	Mapa 01 resultado del área de ubicación del RVSPV
2	PVSNOCAS.TIF	Mapa 05, 06 y la figura 41 es el producto de la interpretación digital.
3	CLASSUPERV.TIF	
4	NDVI_FINAL.TIF	
5	CUERPOS_DE_AGUA.TIF	Mapa 02 resultado del análisis digital y visual.
6	MAPA_PRELIMINAR.TIF	Mapa 03 y 04 resultado del análisis digital preliminar
7	UNIDAD_DE_VEGETACIÓN_FINAL_2018.TIF	Mapa 07 y 08, es el resultado de la interpretación digital y visual.
8	SUB_UNIDAD_DE_VEGETACIÓN_2018.TIF	

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

4.1. LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN

Después de analizar las denominaciones o términos de las unidades de vegetación, González (1993), León *et al.* (1995), INRENA (1998), Arana y Salinas (2003), La Torre y Aponte (2009), SERNANP (2016), Pulido y Bermúdez (2018) y Aponte *et al.* (2018) hacen mención de las denominaciones que son comunes solo varían en el tipo de investigación que desarrollan. SERNANP (2016) y Aponte *et al.* (2018) hacen referencia de la denominación “comunidades vegetales” las cuales tenemos: totoral, gramadal, espejos de agua, juncal, corta-corta y litoral marino. En el estudio realizado de Castro *et al.* (2017) existe una similitud en la denominación unidad de vegetación mencionados en Los Pantanos de Villa.

En el presente estudio la aplicación de la clasificación no supervisada no generó buenos resultados, esto es debido a las confusiones en la discriminación de las unidades por el alto contenido de la humedad en el suelo que se refleja en el mosaico de WordView-3, aun así, fueron realizados para la primera salida de campo (Gandía y Meliá, 1991) menciona que esta metodología no siempre proporciona resultados satisfactorios. En la aplicación de la clasificación supervisada por el algoritmo Maximum Likelihood, los resultados de la discriminación de las unidades de vegetación del área fueron muy generales, esto debido a la presencia del agua que contribuía a generar cierta distorsión a la reflectancia espectral, generando confusiones en los niveles digitales (ND) del algoritmo, por lo que fue necesario realizar el levantamiento *in situ* de muestras representativas de la vegetación para afinar los resultados del algoritmo. La clasificación supervisada tuvo que reforzarse con trabajo de campo exhaustivo, realizándose seis salidas para afinar y verificar los resultados de mapa de vegetación, lo que llevo a recorrer la RVSPV al 100 % del área.

Willington, Nolasco y Bocco (2013) y Vargas-Sanabria y Campos-Vargas (2017) señalan que los mejores resultados se obtienen mediante el uso del algoritmo Maximum Likelihood perteneciente a la clasificación supervisada.

La interpretación visual de la imagen satelital Worldview-3 reforzó los resultados de la clasificación supervisada, ya que esta metodología analiza los aspectos de tonalidad, textura, forma y colores tradicionales presentes en la imagen satelital. La aplicación es más precisa, ya que requiere de mucho conocimiento de campo. En este caso el sensor es el ojo humano, esta metodología permitió obtener datos de las áreas que ocupa cada unidad resultante y la cuantificación porcentual del área. Basterra (2011) precisa que “el análisis visual es la interpretación de la realidad del paisaje de la superficie terrestre”, siendo más efectiva la interpretación con las imágenes de alta resolución y los datos denominados “muestras” realizados en el campo para corroborar la información.

En los estudios realizados por Aponte *et al.* (2018) señala que la unidad de vegetación “gramadal”, es la más impactada por la presión antrópica, así como las especies arbóreas introducidas (por ejemplo, como “eucaliptos”, “palmeras” y “casuarinas”). También es evidente la presión constante por la presencia de pastoreo de ganado equino en el sector Sur (ver Apéndice 13).

Los factores de afectación a las unidades de vegetación son el aprovechamiento de totora: incendios provocados (reduce la cobertura vegetal, pérdida de hábitat y la diversidad biológica); ingreso de caballos; cuatrimotos; perros; residuos de construcción (modificación de la estructura del suelo, pérdida de cuerpos de agua y posible contaminación); taponamiento de canales y drenes; vertimiento de aguas no tratadas (alteración de los ECAs del agua) (ver Apéndice 14) y la pesca ilegal (SERNANP, 2016).

La reducción de un área pequeña de cuatro unidades de vegetación: Juncal, Totoral, Carrizal y Corta-corta, ha sido producto del incendio que ocurrió en el año 2014, en Los Pantanos de

Villa, según investigación de Ramírez, Aponte, Lertóra y Gil (2018) (ver Apéndices 15 y 16), siendo el sector Sur centro el área más afectada.

Kotze (2013) menciona que después de los incendios ocurridos, puede haber variaciones en el área que ocupan ciertas especies reportado por Aponte, Ramírez y Vargas (2017).

4.2. Análisis del NDVI

Según los resultados obtenidos de los años 2004, 2008 y 2018 muestran que el área de la clase sin vegetación aumento de 0.559 % a 17.049 % debido a la presión antrópica, el crecimiento urbano y la existencia de las especies arbóreas introducidas que actúan como invasoras que están desplazando sobre todo al “gramadal” (Aponte *et al.*, 2018). En el sector Sur, las áreas del gramadal han disminuido considerablemente, incrementado las áreas ocupados por la arena donde aflora el suelo sin vegetación.

La adopción de la clase, fue el primer paso para la generación del mapa del NDVI con este índice de clasificación se buscó describir el número de clases necesarias para representar lo mejor posible las diferentes clases presente en la zona de estudio, considerándose el rango - 1 a +1 de acuerdo a la metodología aplicada. En este se decidió la agrupación de clases, debido a la resolución espacial del sensor Cbers de 20 metros y las clases que se plantearon fueron sin vegetación, vegetación mixta y vegetación densa.

Los estudios multitemporales son necesarios para caracterizar el territorio, especialmente en ambientes fluctuantes como los humedales, donde se requiere imágenes de satélite de diferentes periodos. Con ello se agiliza la obtención de información territorial de interés para el seguimiento y evolución de humedales y su entorno. El índice NDVI proporciona información consistente para el seguimiento de las unidades de vegetación a diferentes escalas de gestión del territorio, en espacios protegidos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del presente estudio se detallan a continuación:

1. Se identificaron 08 unidades (22 subunidades), de los cuales ocho corresponde a las unidades de vegetación como Gramadal 84.436 ha (32.072 %), Totoral 74.338 ha (28.237 %), Área intervenida-cuerpos de agua 66.202 ha (25.146 %), Juncal 30.348 ha (11.527 %), Corta-corta 4.270 ha (1.622 %), Acuática 1.706 ha (0.648 %), Carrizal 1.290 ha (0.490 %), y Salicornial 0.677 ha (0.257 %).
2. El NDVI de los rangos -1 a 0 se consideró la clase sin vegetación que corresponde al año 2004, comprendiendo al 1.296 ha (0.559 %) y para el año 2018 el área aumentó drásticamente a 38.748 ha (17.041 %) del área total, esto es debido a la presión antrópica, el crecimiento urbano, la existencia de las especies arbóreas introducidas que actúan como invasoras y que están desplazando sobre todo al gramadal; el rango de 0 a +0.25 se denominó la clase vegetación mixta que comprende para el año 2004 de 100.240 ha (43.266 %) y el año 2018 representa 148.344 ha (65.241 %) con mayor extensión en las unidades de vegetación gramadales y juncuales; y el rango de +0.25 a +1 corresponde a la vegetación densa que para el año 2004 es 130.146 ha (56.174 %) y para el año 2018 comprende un área de 40.285 ha (17.717 %) corresponde en su mayoría a los totorales y una cierta parte juncuales.
3. La investigación realizada muestra la utilidad de diferentes años mediante imágenes satelitales para analizar cambios en el funcionamiento ecosistémico de áreas protegidas. Los resultados presentados permitirán establecer prioridades en conservación respondiendo ciertas preguntas, ¿qué cambios se están produciendo?, ¿cómo afecta a la estabilidad del ecosistémico de un Área Natural Protegida?.

4. La aplicación de la teledetección y el sistema de información geográfica, permitió la superficie de cada unidad de vegetación, que servirá para mejorar el manejo adecuado del área natural protegida Los Pantanos de Villa, de forma más rápida y eficiente, también, permitirá el aprovechamiento de los recursos de manera sostenible. Asimismo, las bases de dato generados en la investigación serán de evidencia para los estudios a futuros anuales.

5. La base de datos e información generada en esta investigación, provee un marco para el análisis y consulta para los investigadores e instituciones con intereses en realizar estudios en este ecosistema y desarrollen investigaciones que tengan como objetivo la cuantificación de la vegetación y otros de diversos fines.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios anuales de las unidades de vegetación en el RVSPV en base a imágenes de satélite de alta resolución, tomando como base la información generada en esta investigación, para monitorear los cambios de la vegetación y el impacto producido por la actividad antrópica.
2. Replicar este tipo de estudios en otros humedales costeros con características similares, con la finalidad de aportar en la planificación y gestión de otras ANP y que pueda servir para la toma de decisiones.
3. Elaborar estudios sobre el impacto de la intervención antrópica urbana en la RVSPV, para establecer medidas que puedan mitigar las actividades humanas y que estén causando el deterioro de este ecosistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, G. G. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000 – 2016*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2277/GONZALES%20ALARCON%20GILMER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aponte, H., Ramírez D. W. y Lértora G. (2018). *Los Pantanos de Villa un Oasis de vida en Lima Metropolitana* (pp. 75-98). Universidad Científica del Sur.
- Aponte, H., Ramírez, D. y Vargas, R. (2017). Primeros estadios en la regeneración natural de la vegetación post-incendio en los humedales de Ventanilla (Lima-Perú). *Ecología Aplicada*. 16(1), 23-30. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v16n1/a04v16n1.pdf>
- Arana C. y Salinas, L. (2003). Flora vascular de los humedales de Chimbote, Perú. *Rev. Peru biol.* 10(2), 221-224. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/viewFile/2508/2201>
- Arango, M., Branch, J., y Botero, V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: “LANDSAT– ETM+.” *Facultad Nacional de Agricultura Medellín*. 58(1), 2611–2634. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914238003>
- Barbier, E. B., Acreman, M. C. y Knowler, D. (1997). *Valoración económica de los humedales: una guía para los formuladores y planificadores de políticas*. Recuperado de http://archive.ramsar.org/pdf/lib/lib_valuation_s.pdf
- Basterra, I. (2011). *Cátedra de fotointerpretación*. pp.16. Recuperado de <http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte01/pr.pdf>
- Beltrán, D. H. (2017). *Aplicación de Índices de Vegetación para evaluar procesos de restauración ecológica en el Parque Forestal Embalse del Neusa*. (Tesis de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17210/BeltranHernandezDiegoHernan2017.pdf;jsessionid=FE0CB83E5A6C2DED40596DBD676F0F77?sequence=1>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Tercera edición PEARSON EDUCACIÓN. Colombia.
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G. y Camps-Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2, A. *Revista de Teledetección*. 48, 55-66. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317715999_Clasificacion_de_usos_del_suelo_a_partir_de_imagenes_Sentinel-2
- Burrough, P. A. y McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information System*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/d8e0/b6b225b36cac23608b41a51e13ddb2746cbd.pdf>

- Castro, G., Myers, J. y Bertochi, L. (1988). Predadores del “playero blanco” (*Calidris alba*) en el Perú. *Boletín de Lima*. (58). 57-59.
- Castro, M. I., Mendoza C., W. y Suarez, M. (2017). Evaluación de las unidades de vegetación, mediante imágenes Wordlview3, en el Área de Conservación Regional Albufera de Medio Mundo, Huaura, Lima – Perú.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. 2da edición. Ediciones RIALP, S.A. Madrid. Recuperado de <http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio*. España. Ariel. S. A.
- Congreso de la República (2005). *Ley General del Ambiente – Ley N° 28611*. pp.46. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>.
- Congreso de la República (2017). Constitución política del Perú – promulgado el 29 de diciembre de 1993. pp. 18. Recuperado de <http://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>
- Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM. Aprueba la Estrategia Nacional de Humedales. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú. 24 de Enero del 2015, pp. 53.
- Decreto supremo N° 055-2006-AG. Disponen la categorización de la Zona Reservada Los Pantanos de Villa. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 01 de septiembre de 2006, pp. 327170 – 327171.
- Díaz M. P. B. (2015). *Caracterizaciones ecológicas de los Bofedales, como hábitat vital de las Vicuñas en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo con la aplicación de herramientas de SIG y teledetección*. (Tesis de doctorado). Universidad San Francisco de Quito. Colombia.
- Díaz, J. J. (2015). *Estudio de Índice de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. (Tesis de maestría). Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- DigitalGlobe. (2014). *WorldView3 Above+Beyond*. Recuperado de: <http://worldview3.digitalglobe.com/>
- Evaluación de los ecosistemas del Milenio (2005). *Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de síntesis*. World Resources Institute, Washington. Recuperado de http://millenniumassessment.org/documents/MA_WetlandsandWater_Spanish.pdf
- Ford, A. L. y Reedman, R. A. (2005). *Física universitaria: con física moderna*. México D. F: Pearson Educación.
- Gandía, F. S. y Meliá M. J. (1991). *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales: recursos renovables, agricultura* (pp. 430). Universidad de Valencia. Recuperado de

<https://books.google.com.pe/books?id=t8ZLSpM20m8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- García-Meléndez, E (2007). *Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2006/2007- Módulo VII: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección: análisis visual de imágenes.* pp. 1-15. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/file/18377/download?token=e0OxjHh3>
- González, M. O. E. (1993). *Estudio Comparativo de la Diversidad de Aves en Mejía y Punta de Bombón, Humedales Costeros de Arequipa.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Graciani, S. D. y Bortoluzzi, A. L. (2007). Aplicación de imágenes CBERS-2 CCD para la determinación de bosques nativos en un sector del norte de la Provincia de Santa Fe – Argentina. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* p. 911-915. Recuperado de <http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.23.43.58/doc/911-915.pdf>
- Gutiérrez, C. P. y Muñoz, Á. L. (2002). *Teledetección: nociones y aplicaciones.* Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Iannacone, J., Atasi, M., Bocanegra, T., Camacho, M., Montes, A., Santos, S., Zuñiga, H. y Alayo M. (2007). Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú: período 2004-2007. *Biota Neotrop.* 10(2), 296-304. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/bn/v10n2/31.pdf>
- INPE (2018). *Catálogo de imágenes.* Recuperado de <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>
- INRENA. (1995). *Guía explicativo: mapa ecológico del Perú.* pp. 271. Recuperado de <https://vdocuments.mx/guia-explicativa-del-mapa-ecologico-del-peru-1995.html>
- Instituto nacional de estadística y geográfica [INEG] (2014). Sistema de información geográfica. Recuperado de <https://www.inegi/spc/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (1998). *Plan maestro 1998-2003 Pantanos de Villa Refugio de Vida Silvestre.* Recuperado de: <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/8241/Plan%20maestro%201998-2003%20RVS%20Pantanos%20de%20Villa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Integrantes del departamento de SIG dirección provincial de ordenamiento urbano y territorial. (2011). *Sistema de información geográfica para el ordenamiento territorial Serie Documentos de Gestión Urbana.* Recuperado de http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/urbanoter/sig/Manual_SIG_UT.pdf
- Kotze, D. (2013). The effects of fire on wetland structure and functioning. *African Journal of Aquatic Science*, 38(3), 237-247.
- La Torre, M. y Aponte, H. (2009). Flora vascular y vegetación de los humedales de Puerto Viejo. *Rev. peru. biol.* 16(2), 215 – 217. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/209/200>

- Labrador, G. M., Évora, J. A. y Arbelo, P. M. (2012). *Satélite de teledetección para la gestión del territorio*. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. Recuperado de http://www.gmrcanarias.com/wp-content/uploads/2016/01/20_catalogo_satelites_es.pdf
- León, B., Cano, A. y Young, K. R. (1995). La flora de los Pantanos de Villa, Lima, Perú, Adiciones y Guía para las especies comunes. *Pub. Mus. Nat. UNMSM* (B), 1(38), 1-39. Lima – Perú.
- López, J. A., Vásquez, V. M., Gómez, L. R. y Priego, Á. G. (2002) *Humedales*. (pp. 229-248). Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9655/09HUMEDALESB.pdf;jsessionid=07CEF55412395C62C8A0253A1C4CE18A?sequence=1>
- López, T. L. (2015). *Diccionario de Geografía aplicada y profesional. Terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. (pp. 671). Universidad de León. Recuperado de https://www.uv.es/~javier/index_archivos/Diccionario_Geografia%20Aplicada.pdf
- Lowry, J. (2007). *La utilización de programas y datos de SIG de bajo costo para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales. Informe Técnico de Ramsar núm. 2*. Secretaría de la Convención de Ramsar. Suiza. ISBN 2-940073-30-9.
- Marcello, J., Padrón, Y., Martín-Esquivel, J. L., Rodríguez, D. y Eugenio, F. (2017). Evolución de la cobertura vegetal del Parque Nacional del Teide mediante el procesado de datos de teledetección multiplataforma. *Nuevas plataformas y sensores de teledetección. XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección*. 263-266. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/320471444_Evolucion_de_la_cobertura_vegetal_del_Parque_Nacional_del_Teide_mediante_el_procesado_de_datos_de_teledeteccion_multiplataforma
- Martínez, V. J. y Martín, M. P. (2010). Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente. *Red Nacional de Teledetección Ambiental*. Recuperado de http://www.aet.org.es/files/guia_teledeteccion_medio_ambiente.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (1996). Ficha técnica: Zona Reservada Los Pantanos de Villa, propuesta para su designación como sitio Ramsar. Recuperado de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/PE884RIS.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2006). Oficio N°888-2006-AG-SEGMA-AUD, Categorización de la Zona Reservada Los Pantanos de Villa como Refugio de Vida Silvestre los Pantanos de Villa, Perú, 27 de diciembre de 2006.
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2015). *El MINAM y la gestión de Humedales en el Perú*. Dirección General de Diversidad Biológica - MINAM. Lima.
- Moschella, M. P. (2012). *Variación y protección de humedales costeros frente a procesos costeros frente a procesos de urbanización: casos Ventanilla y Puerto Viejo*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4527/MOSCHELLA_MILOSLAVICH_PAOLA_VARIACION.pdf;sequence=1

- Observatorio Regional de la Sociedad de la Información [ORSI]. (2009). *Sistema de localización e información geográfica*. Consejería de fomento. Recuperado de <https://www.tysmagazine.com/libro-gratuito-sistemas-de-localizacion-e-informacion-geografica/>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado de: https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Oñorbe, T. P. (2016). *Teledetección en general y aplicaciones en el sector medioambiental. CONAMA: Teledetección y Sensores Medioambientales*. Madrid. Recuperado de http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016//GTs%202016/14_final.pdf
- Ormeño, V. S. (2006). *Teledetección Fundamental*. Universidad Politécnica. 3 edición. pp. 344.
- Pacheco, V., Zevallos, A. y Cervantes, K. (2015). Mamíferos del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima – Perú. *Rev. Científica*. 12(1), 16.
- Palomino, C. D. y Cabrera, C. C. (2007). Estimación del servicio ambiental de captura del co2 en la flora de los humedales de Puerto Viejo. *Revista del Instituto de Investigaciones*. 10: 20, 49-59 UNMSM recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol10_n20/a07.pdf
- PARKS WATCH (2005). Perfil del Área Protegida – Perú Zona Reservada Pantanos de Villa. Strengthening Parks to Safeguard Biodiversity.
- Pérez, G. C. P. y Muñoz, Á. L. (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones*. Salamanca: Universidad de Salamanca. Recuperado de <https://mundocartogeo.files.wordpress.com/2015/03/teledeteccion-nocionesaplicaciones-2006publico.pdf>
- Porta Z., J. (2005). Clasificación de patrones: métodos supervisados. Recuperado de http://www.iula.upf.edu/materials/050418porta_4.pdf
- Pronaturaleza (2010). *Documento base para la elaboración de una estrategia de conservación de los Humedales de la Costa Peruana*. Recuperado de <http://191.98.188.189/Fulltext/13344.pdf>
- Pulido, C. V. M. y Bermúdez, D. L. (2018). Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa*. 25(2), 679 – 702. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n2/a19v25n2.pdf>
- Pulido, V. (2018). Ciento quince años de registro de aves en Pantanos de Villa. *Rev. Peruana de biología*. 25(3), 291-306. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/15212/13194>
- Ramírez, D. W. y Cano, A. (2010). Estado de la diversidad de la flora vascular de los Pantanos de Villa (Lima - Perú). *Rev. peru. biol.* 17(1), 111-114.
- Ramírez, D. W., Aponte, H., Lértora, G. y Gil, F. (2018). Incendios en el humedal Ramsar Los Pantanos de Villa (Lima-Perú): Avances en su conocimiento y perspectivas futuras. *Revista*

de *Investigaciones Altoandinas*. 20(3). Recuperado de:
<https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.398>

Ramsar. (2014). All Sites in Perú. Recuperado de <https://rsis.ramsar.org/es/ris/884>

Ramsar. (2016). An introduction to the Ramsar Convention on Wetlands. 5ta edición. International cooperation on wetlands.

Resolución Jefatural N° 054-96-INRENA. Aprueban la “Estrategia Nacional para la conservación de Humedales en el Perú”. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú. 12 de marzo de 1996.

Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG. Precisan perímetros de la Zona Reservada de Los Pantanos de Villa. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 03 de Diciembre del 2000, pp. 195526-195527.

Resolución legislativa N° 25353. Congreso de la República. Aprueban el Convenio relativo a Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, suscrito por Perú, así como su Protocolo Modificatorio, adoptado en París.

Rodríguez, CH. O. E. y Arredondo, B. H. A. (2005). *Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del Sensor remoto MODIS de la Nasa, aplicado en estudios de ingeniería civil*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D. C. Recuperado de <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis123.pdf>

Sacristán, R. A. N. (2012). *Baraima (Bacopa monnieri): sus usos como planta medicinal en América y en la medicina ayurvédica*. (Tesina). Tlahui. México. Recuperado de http://www.tlahui.com/educa/comunidad/tesinas/herbolaria_baraima_bacopa_monnieri.pdf

Salinas, C. W. E., Treviño, G. E. J., Jaramillo, T. J. G. y Campos, F. J. A. (2002). Identificación y clasificación de humedales interiores del estado de Tamaulipas por percepción remota y sistemas de información geográficas. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 49, 74-91.

Sandoval B., E. C. & García R., K. A. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación del Páramo de Sumapaz, por medio de imágenes Landsat TM y Landsat OLI/TIRS del año 2002 al 2017*. (Tesis de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

Sasplanet (2018). SAS.Planet.Release.160707.zip. Recuperado de:
https://bitbucket.org/sas_team/sas.planet.bin/src/default/

Sastre, O. P. (2010). *Sistemas de Información Geográfica (SIG) Técnicas básicas para estudios de biodiversidad*. (pp. 57). Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de <https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2018/08/Sistemas-de-Informaci%C3%B3n-Geogr%C3%A1fica-SIG-T%C3%A9cnicas-b%C3%A1sicas-para-estudios-de-biodiversidad.pdf>

Secretaría de la Convención de Ramsar. (2006). (Ed. 4a), *Manual de la Convención Ramsar: Guía a la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971)* (pp. 7-67). Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.

- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP]. (2019). Día mundial de los humedales: humedales para la reducción del riesgo de desastre. Recuperado de <http://www.sernanp.gob.pe/dia-mundial-de-humedales>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas [SERNANP]. (2016). *Plan maestro del Refugio de Vida Silvestre los Pantanos de Villa 2016-2020*. (pp. 73). Recuperado de http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2016/RP%20N%20169-2016-SERNANP.pdf
- Sobrino, J. A., Raissouni, N., Kerr, Y., Olisio, A., Lopez, M. J., Belaid, A., Kharraz, M.H., Cuenca, J. y Dempere, L. (2000). Teledetección. (Ed.). Universitat de València. Valencia (España). Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=Yb6xIldfoT0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Unión Europea (2007). *Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano-sistemas de información geográfica – SIG: Capítulo 5*. La Guajira. pp. 43 Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/SIG/SIG_Modulo.pdf
- Vargas, P. R. H. (2018). *Emisión de co2 e impacto en el suelo por un incendio en el Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa*. (Tesis de grado). Universidad Científica del Sur. Lima. Perú.
- Vargas-Sanabria, D. y Campos-Vargas, C. (2017). Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de onservación Guanacaste, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 31(1). 58-69. DOI: 10.18845/tm.v31i1.3497 Recuperado de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-58.pdf>
- Vázquez de la Torre, R. V. (2015). *Metodología para ajustar clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales, una contribución a la conservación del gorrión serrano (Xenospiza baileyi)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Waters, N. (2017). GIS: History. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/315385359_GIS_History/download
- Willington, E., Nolasco, M. y Bocco, M. (2013). *Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat*. CAI. Recuperado de <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/CAI/17.pdf>
- Young, K. (1998). El Ecosistema. En Los Pantanos de Villa: Biología y Conservación. *Serie de Divulgación*, 11. pp. 3-20.

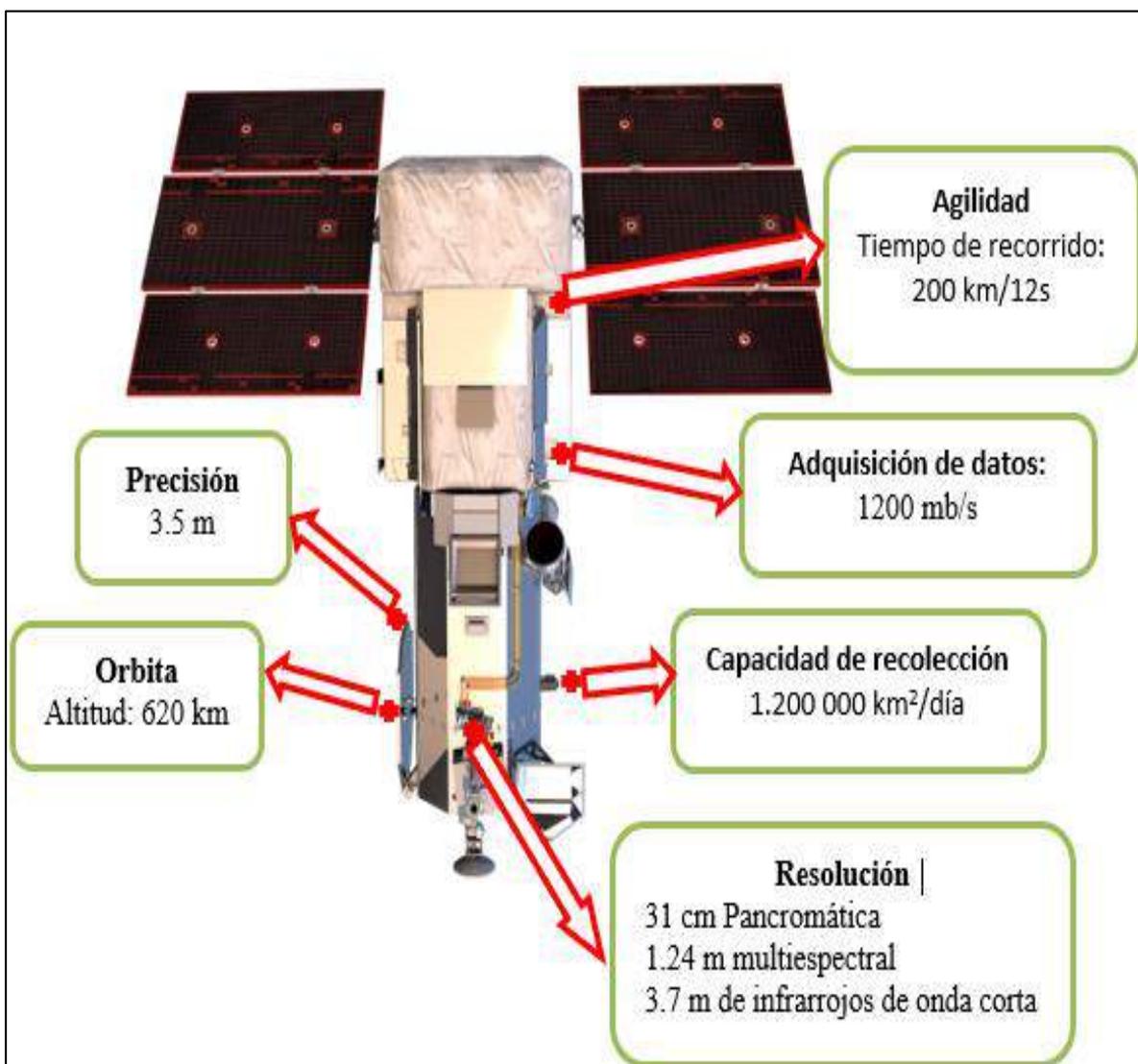
TERMINOLOGÍA

- **DigitalGlobe.** Porta folio de imágenes satelitales en cuatro familias de productos. (DigitalGlobe, 2014).
- **Unidades de vegetación.** define como un sinónimo de tipo de vegetación y constituye la unidad mínima de análisis y que es el producto del proceso de clasificación de la vegetación en sus diferentes ámbitos de detalle (MINAM, 2015).
- **Servicios de los ecosistemas.** Son los beneficios que humedales obtienen de los ecosistemas como los servicios de aprovisionamiento, servicios reguladores, servicios de apoyo, servicios culturales de tipo recreativo, espiritual, religioso y otros beneficios no materiales (Evaluación de los ecosistemas del Milenio, 2005).
- **Uso racional de los ecosistemas.** “Es el mantenimiento de sus características ecológicas dentro del contexto del desarrollo sostenible, logrado a través de su implementación” (Evaluación de los ecosistemas del Milenio, 2005).
- **Dato.** Se refiere a descripciones básicas de cosas, acontecimientos, actividades, transacciones que se registran, clasifican, y almacenan (Instituto Nacional de Estadística y Geográfica [INEG], 2014).
- **Información.** Corresponde a los datos que se han organizado de modo que tengan significado y valor para el receptor (INEG, 2014).
- **Dato geográfico.** Es un dato que ocupa un espacio cartográfico y que usualmente tiene una localización específica de acuerdo a un sistema de referencia o dirección (INEG, 2014).
- **Aves acuáticas.** “Son aves que dependen ecológicamente de los humedales” (Evaluación de los ecosistemas del Milenio, 2005).

- **Comunidad vegetal.** Conjunto de plantas de una o más especies que crecen en mismo lugar y que muestran cierta afinidad entre ellas, tanto en estructura como en forma de vida, patrón espacial, composición de especies, estado de sucesión o biomasa, entre otros (MINAM, 2015).
- **Tipo de vegetación.** Es una porción de la vegetación definida por su forma de vida vegetal, su composición florística y relacionada por el medio físico donde se desarrolla (MINAM, 2015).

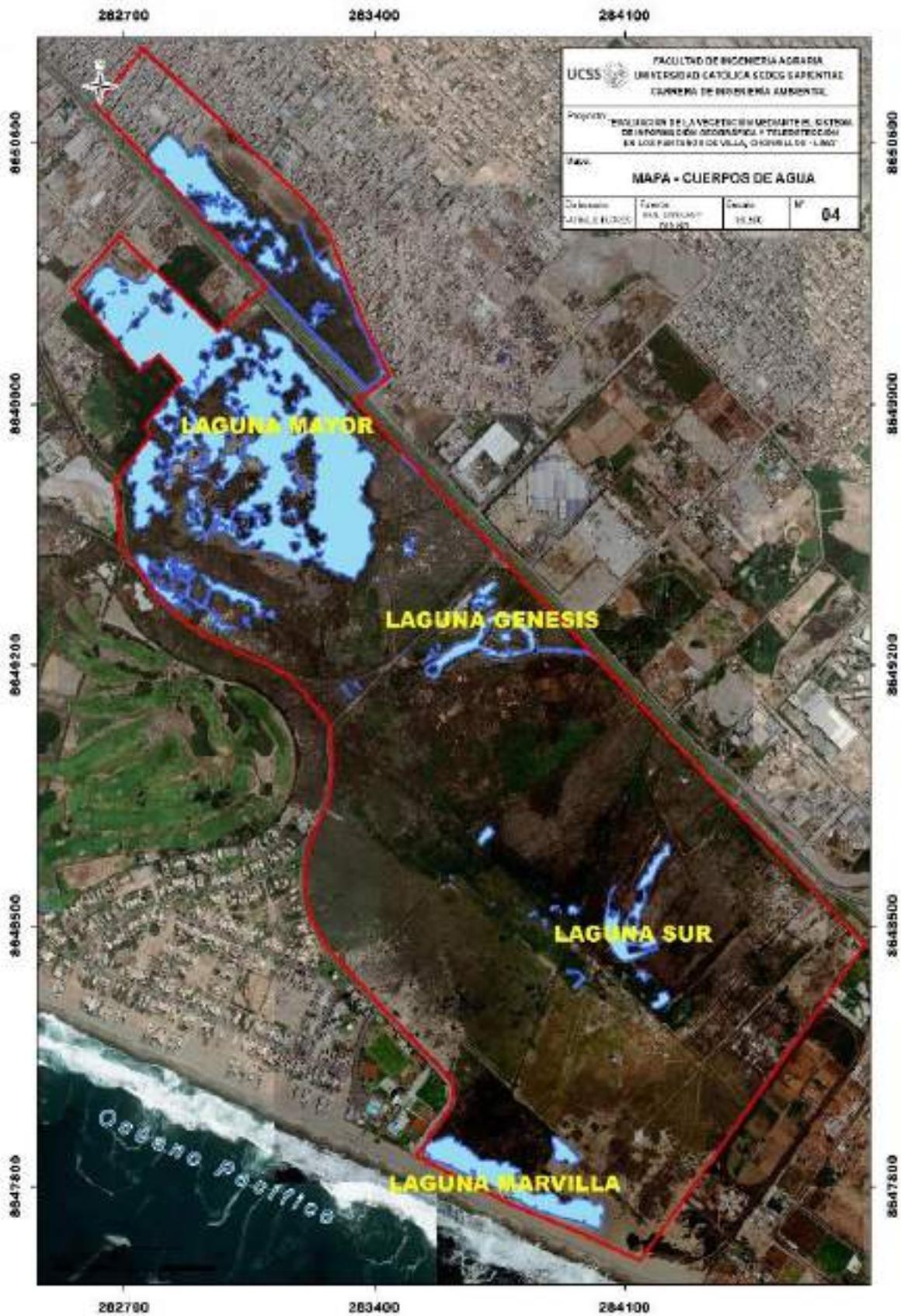
APÉNDICES

Apéndice 1. Gráfico de las características de la imagen satelital WordView-3



Fuente: Adaptado de DigitalGlobe (2014).

Apéndice 2. Las Lagunas principales del RVSPV (laguna Mayor, laguna Sur, laguna Marvilla y Laguna Genesis)



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 3. Perímetro de Los Pantanos de Villa aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG en DATUM PSAD 56 que se enmarca en los siguientes 66 hitos:

Punto	Coordenadas PSAD 56		Zona	Distancia entre vértices
	Este	Norte		
PU01	283662.787	8650342.718	18	16.81
PU02	283644.301	8650327.148	18	24.17
PU03	283601.854	8650297.050	18	52.03
PU04	283567.073	8650275.793	18	40.76
PU05	283999.254	8649834.608	18	617.60
PU06	284417.237	8649408.830	18	596.65
PU07	284448.036	8649370.134	18	49.46
PU08	284492.663	8649327.352	18	61.82
PU09	284628.915	8649186.475	18	195.99
PU10	284854.938	8648956.257	18	322.62
PU11	284991.514	8648818.005	18	194.34
PU12	284364.638	8647969.737	18	1054.77
PU13	284193.561	8648045.891	18	187.26
PU14	283992.199	8648125.781	18	216.63
PU15	283740.037	8648249.928	18	281.07
PU16	283821.889	8648361.658	18	138.50
PU17	283832.229	8648375.989	18	17.67
PU18	283842.337	8648403.654	18	29.45
PU19	283838.775	8648443.063	18	39.57
PU20	283818.059	8648474.162	18	37.36
PU21	283764.035	8648527.213	18	75.72
PU22	283514.816	8648783.052	18	357.16
PU23	283485.923	8648817.975	18	45.33
PU24	283465.928	8648848.286	18	36.31
PU25	283446.286	8648890.892	18	46.92
PU26	283436.859	8648913.984	18	24.94
PU27	283427.702	8648969.739	18	56.50

(continuación): Perímetro de la Zona Reservada de Los Pantanos de Villa aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG en DATUM PSAD 56 que se enmarca en los siguientes 66 hitos

PU28	283428.442	8649025.801	18	56.07
PU29	283440.136	8649084.280	18	59.64
PU30	283443.520	8649095.117	18	11.35
PU31	283456.615	8649127.590	18	35.01
PU32	283475.786	8649163.742	18	40.92
PU33	283491.522	8649205.197	18	44.34
PU34	283505.366	8649281.774	18	77.82
PU35	283502.448	8649359.000	18	77.42
PU36	283500.299	8649403.797	18	44.71
PU37	283378.696	8649546.140	18	187.21
PU38	283181.927	8649631.364	18	214.44
PU39	283124.055	8649662.592	18	65.76
PU40	283080.608	8649692.298	18	52.63
PU41	283033.422	8649733.725	18	62.79
PU42	283002.693	8649768.000	18	46.40
PU43	282946.161	8649849.136	18	98.49
PU44	282911.116	8649882.944	18	48.69
PU45	282909.072	8649975.783	18	92.86
PU46	282898.868	8650060.226	18	85.06
PU47	282997.911	8650185.886	18	160.00
PU48	282980.481	8650210.304	18	30.00
PU49	283082.517	8650333.546	18	160.00
PU50	283020.779	8650339.033	18	90.00
PU51	282965.351	8650356.282	18	70.00
PU52	282778.343	8650577.930	18	290.00
PU53	282910.335	8650721.468	18	195.00
PU54	283184.014	8650465.100	18	375.00
PU55	283290.395	8650558.235	18	141.39
PU56	283322.385	8650582.286	18	40.02
PU57	282983.484	8650927.985	18	484.11

(Continuación): Perímetro de la Zona Reservada de Los Pantanos de Villa aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG en DATUM PSAD 56 que se enmarca en los siguientes 66 hitos

PU56	283322.385	8650582.286	18	40.02
PU57	282983.484	8650927.985	18	484.11
PU58	282844.594	8651069.661	18	198.40
PU59	282975.598	8651222.096	18	200.99
PU60	283182.014	8651035.582	18	278.20
PU61	283393.615	8650844.383	18	285.19
PU62	283449.396	8650787.047	18	79.99
PU63	283487.905	8650735.352	18	64.46
PU64	283500.221	8650715.173	18	23.64
PU65	283587.928	8650496.406	18	235.69
PU66	283656.756	8650358.408	18	154.21

Fuente: Resolución Ministerial N° 0909-2000-AG

Apéndice 4. Perímetro de Los Pantanos de Villa enmarcado en el DATUM UTM WGS 84 de acuerdo a las normas cartográficas.

VERTICES DEL PERÍMETRO				
Punto	Coordenadas WGS 84		Zona	Distancia entre vértices
	Este	Norte		
PU01	283441.775415	8649974.39537	18	16.81
PU02	283423.289711	8649958.82556	18	24.17
PU03	283380.843381	8649928.72790	18	52.03
PU04	283346.062922	8649907.47114	18	40.76
PU05	283778.238645	8649466.29338	18	617.60
PU06	284196.216536	8649040.52238	18	596.65
PU07	284227.015174	8649001.82700	18	49.46
PU08	284271.641623	8648959.04571	18	61.82
PU09	284407.891961	8648818.17102	18	195.99
PU10	284633.912195	8648587.95680	18	322.62
PU11	284770.486522	8648449.70707	18	194.34

(continuación): Perímetro de Los Pantanos de Villa enmarcado en el DATUM UTM WGS 84 de acuerdo a las normas cartográficas

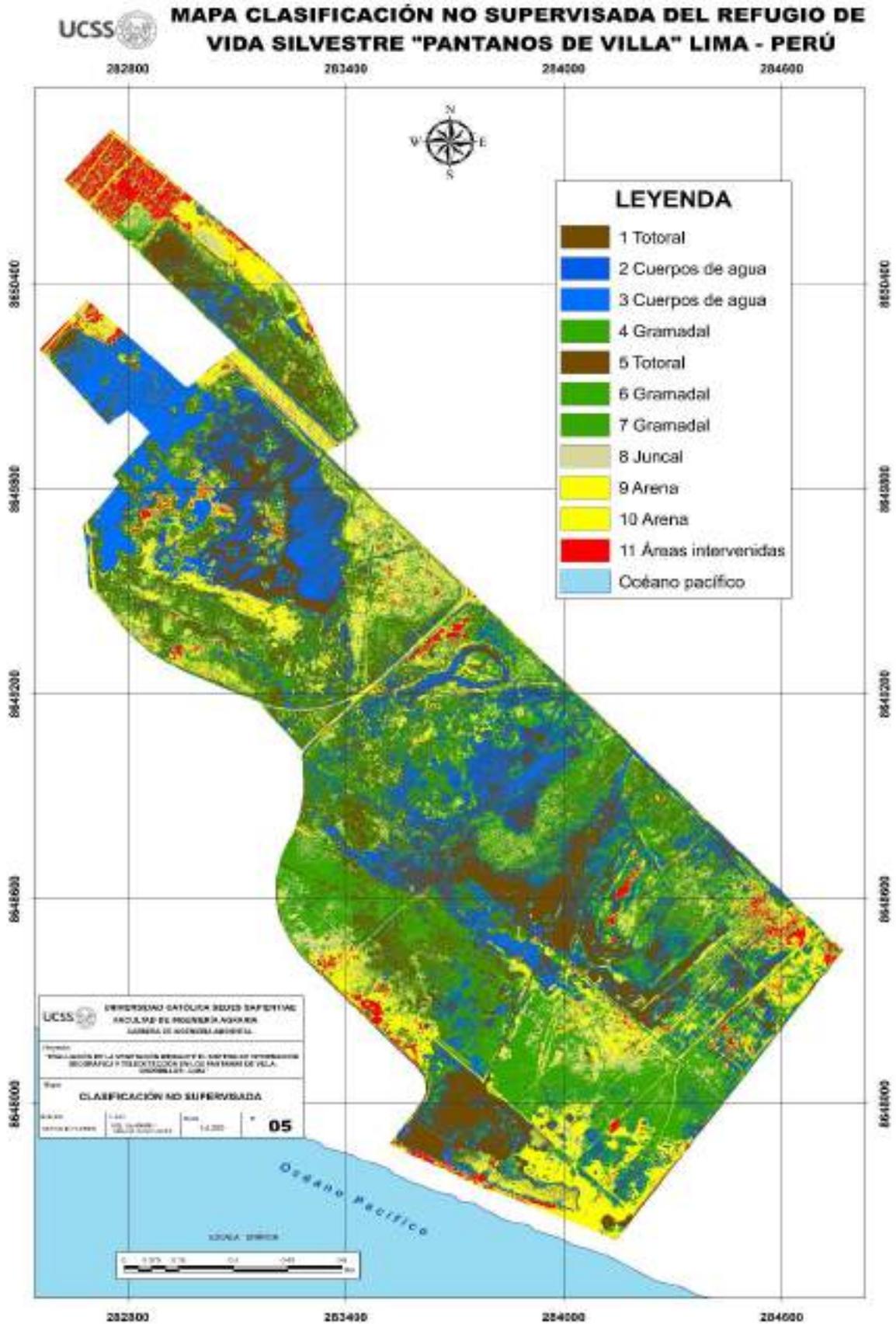
PU12	284143.621238	8647601.45003	18	1054.77
PU13	283972.546533	8647677.60258	18	187.26
PU14	283771.187254	8647757.49101	18	216.63
PU15	283519.028611	8647881.63570	18	281.07
PU16	283600.879209	8647993.36426	18	138.50
PU17	283611.219031	8648007.69507	18	17.67
PU18	283621.326830	8648035.35969	18	29.45
PU19	283617.764800	8648074.76812	18	39.57
PU20	283597.049033	8648105.86663	18	37.36
PU21	283543.025697	8648158.91675	18	75.72
PU22	283293.809741	8648414.75155	18	357.16
PU23	283264.917083	8648449.67399	18	45.33
PU24	283244.922306	8648479.98451	18	36.31
PU25	283225.280500	8648522.58985	18	46.92
PU26	283215.853588	8648545.68150	18	24.94
PU27	283206.696604	8648601.43568	18	56.50
PU28	283207.436478	8648657.49687	18	56.07
PU29	283219.130190	8648715.97505	18	59.64
PU30	283222.514119	8648726.81190	18	11.35
PU31	283235.608865	8648759.28446	18	35.01
PU32	283254.779516	8648795.43598	18	40.92
PU33	283270.515206	8648836.89041	18	44.34
PU34	283284.358850	8648913.46634	18	77.82
PU35	283281.440733	8648990.69122	18	77.42
PU36	283279.291671	8649035.48757	18	44.71
PU37	283157.690119	8649177.82827	18	187.21
PU38	282960.923760	8649263.05063	18	214.44
PU39	282903.052524	8649294.27806	18	65.76
PU40	282859.606084	8649323.98355	18	52.63
PU41	282812.420674	8649365.40985	18	62.79
PU42	282781.692043	8649399.68429	18	46.40

(continuación): Perímetro de Los Pantanos de Villa enmarcado en el DATUM UTM WGS 84 de acuerdo a las normas cartográficas

PU41	282812.420674	8649365.40985	18	62.79
PU42	282781.692043	8649399.68429	18	46.40
PU43	282725.160685	8649480.81901	18	98.49
PU44	282690.116117	8649514.62645	18	48.69
PU45	282688.071954	8649607.46411	18	92.86
PU46	282677.867926	8649691.90587	18	85.06
PU47	282776.909250	8649817.56426	18	160.00
PU48	282759.479449	8649841.98188	18	30.00
PU49	282861.513735	8649965.22231	18	160.00
PU50	282799.776607	8649970.70910	18	90.00
PU51	282744.349364	8649987.95774	18	70.00
PU52	282557.343582	8650209.60216	18	290.00
PU53	282689.333398	8650353.13837	18	195.00
PU54	282963.009012	8650096.77462	18	375.00
PU55	283069.388298	8650189.90850	18	141.39
PU56	283101.377791	8650213.95922	18	40.02
PU57	282762.480926	8650559.65254	18	484.11
PU58	282623.592619	8650701.32622	18	198.40
PU59	282754.594432	8650853.75929	18	200.99
PU60	282961.007865	8650667.24840	18	278.20
PU61	283172.606233	8650476.05259	18	285.19
PU62	283228.386553	8650418.71753	18	79.99
PU63	283266.895109	8650367.02336	18	64.46
PU64	283279.210974	8650346.84467	18	23.64
PU65	283366.917170	8650128.08100	18	235.69
PU66	283435.744469	8649990.08513	18	154.21

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 5. Mapa final de clasificación no supervisada



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 6. Puntos de control para realizar la clasificación supervisada

Puntos	ESTE	NORTE	UNIDAD ENCONTRADA	COD	SUB-UNIDAD
1	283949	8648345	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
2	283905	8648405	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
3	283905	8648409	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
4	283919	8648533	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
5	283918	8648538	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
6	283930	8648543	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
7	283942	8648545	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
8	283953	8648554	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
9	283912	8648550	Acuática	VII	<i>Bacopa Monnieri</i>
10	283919	8648376	Acuática	VII	Sombrerito
11	283927	8648380	Acuática	VII	Sombrerito
12	283980	8648537	Acuática	VII	Sombrerito
13	283580	8648305	Árboles introducidos	XI	Casuarina
14	283580	8648296	Árboles introducidos	XI	Casuarina
15	283602	8648277	Árboles introducidos	XI	Casuarina
16	283761	8648475	Árboles introducidos	XI	Casuarina
17	283503	8648360	Árboles introducidos	XI	Eucalipto
18	283516	8648364	Árboles introducidos	XI	Eucalipto
19	283678	8648198	Árboles introducidos	XI	Myosporum
20	283685	8648190	Árboles introducidos	XI	Myosporum
21	283700	8648184	Árboles introducidos	XI	Myosporum
22	283919	8648546	Árboles introducidos	XI	Palmera
23	283335	8649900	Carrizal	II	Carrizo
24	283323	8649918	Carrizal	II	Carrizo
25	283329	8649910	Carrizal	II	Carrizo
26	283332	8649910	Carrizal	II	Carrizo
27	283332	8649906	Carrizal	II	Carrizo
28	283332	8649905	Carrizal	II	Carrizo
29	283332	8649902	Carrizal	II	Carrizo + Grama Senescente
30	283459	8649435	Carrizal	II	Carrizo + Grama Senescente
31	283459	8649416	Carrizal	II	Carrizo + Grama y Junco
32	283300	8648805	Gramadal	IV	Gramadal
33	283302	8648797	Gramadal	IV	Gramadal
34	284184	8648977	Gramadal	IV	Gramadal
35	284190	8648978	Gramadal	IV	Gramadal
36	283453	8649522	Gramadal	IV	Gramadal
37	283476	8649548	Gramadal	IV	Gramadal
38	283452	8649574	Gramadal	IV	Gramadal
39	283444	8649563	Gramadal	IV	Gramadal
40	283446	8649568	Gramadal	IV	Gramadal
41	283451	8649573	Gramadal	IV	Gramadal
42	283456	8649570	Gramadal	IV	Gramadal

43	283454	8649556	Gramadal	IV	Gramadal
<i>(continuación):</i> Puntos de control para realizar la clasificación supervisada					
44	283454	8649584	Gramadal	IV	Gramadal
45	283415	8649811	Gramadal	IV	Gramadal
46	283413	8649815	Gramadal	IV	Gramadal
47	283347	8649882	Gramadal	IV	Gramadal
48	283348	8649881	Gramadal	IV	Gramadal
49	283959	8648559	Gramadal	IV	Gramadal
50	283969	8648563	Gramadal	IV	Gramadal
51	283967	8648552	Gramadal	IV	Gramadal
52	283851	8648576	Gramadal	IV	Gramadal
53	283825	8648504	Gramadal	IV	Gramadal
54	283763	8648528	Gramadal	IV	Gramadal
55	283709	8648574	Gramadal	IV	Gramadal
56	283603	8648720	Gramadal	IV	Gramadal
57	283593	8648709	Gramadal	IV	Gramadal
58	283573	8648741	Gramadal	IV	Gramadal
59	283574	8648745	Gramadal	IV	Gramadal
60	283279	8648728	Gramadal	IV	Gramadal
61	283356	8648723	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
62	283339	8648715	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
63	283324	8648711	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
64	283291	8648714	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
65	283272	8648736	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
66	283245	8648751	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
67	283260	8648777	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
68	283866	8648556	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
69	283874	8648573	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
70	283391	8648725	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
71	283386	8648725	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
72	283648	8648648	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
73	283423	8648716	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
74	283393	8648732	Gramadal	IV	Gramadal + Junco
75	282810	8649369	Otros	XI	Hito
76	283156	8649182	Otros	XI	Hito (limite totora y junco)
77	283333	8649975	Otros	XI	Inicio de junco + totora
78	284442	8648263	Otros	XI	Inicio junco
79	283447	8649451	Juncal	I	Junco Senescente
80	283437	8649417	Juncal	I	Junco Senescente
81	283467	8649253	Juncal	I	Junco Senescente + Grama
82	283442	8649339	Juncal	I	Junco Senescente + Grama
83	283459	8649349	Juncal	I	Junco Senescente + Grama
84	283964	8648572	Juncal	I	Junco
85	283951	8648572	Juncal	I	Junco
86	283879	8648449	Juncal	I	Junco
87	283623	8648640	Juncal	I	Junco + Junquillo

88	283519	8648796	Juncal	I	Junco Senescente
<i>(continuación):</i> Puntos de control para realizar la clasificación supervisada					
89	283903	8648490	Juncal	I	Junquillo
90	283920	8648541	Juncal	I	Junquillo
91	283925	8648524	Juncal	I	Junquillo
92	283915	8648551	Juncal	I	Junquillo
93	283898	8648542	Juncal	I	Junquillo
94	283625	8648636	Juncal	I	Junquillo
95	283616	8648626	Juncal	I	Junquillo
96	283610	8648625	Juncal	I	Junquillo
97	283607	8648624	Juncal	I	Junquillo
98	283611	8648620	Juncal	I	Junquillo
99	283609	8648617	Juncal	I	Junquillo
100	283604	8648616	Juncal	I	Junquillo
101	283596	8648614	Juncal	I	Junquillo
102	283591	8648620	Juncal	I	Junquillo
103	283585	8648626	Juncal	I	Junquillo
104	283585	8648719	Juncal	I	Junco
105	283284	8648986	Juncal	I	Junco
106	283314	8648967	Juncal	I	Junco
107	284195	8648900	Juncal	I	Junco
108	284197	8648996	Juncal	I	Junco
109	283625	8648582	Juncal	I	Junco Senescente + Grama
110	283620	8648580	Juncal	I	Junco Senescente + Grama
111	283587	8648580	Juncal	I	Junco Senescente + Grama
112	283674	8647928	Total	V	Total
113	284492	8648753	Otros	XI	Limite junco
114	283609	8647942	Otros	XI	Limite totora
115	283296	8650322	Otros	XI	Limite totora
116	283661	8648665	Otros	XI	Limite totora y junco
117	283872	8648513	Otros	XI	Cuerpo de agua
118	283896	8648542	Otros	XI	Cuerpo de agua
119	283836	8648529	Otros	XI	Cuerpo de agua
120	283606	8647984	Otros	XI	Limite totora
121	283487	8649506	Otros	XI	Cuerpo de agua
122	283498	8649517	Otros	XI	Cuerpo de agua
123	283492	8649487	Otros	XI	Cuerpo de agua
124	283504	8649486	Otros	XI	Cuerpo de agua
125	283507	8649487	Otros	XI	Cuerpo de agua
126	283515	8649536	Otros	XI	Cuerpo de agua
127	283514	8649536	Otros	XI	Cuerpo de agua
128	283522	8649566	Otros	XI	Cuerpo de agua
129	283518	8649577	Otros	XI	Cuerpo de agua
130	283320	8649902	Otros	XI	Mirador 1
131	283433	8649518	Otros	XI	Mirador 2
132	283522	8649543	Otros	XI	Sales

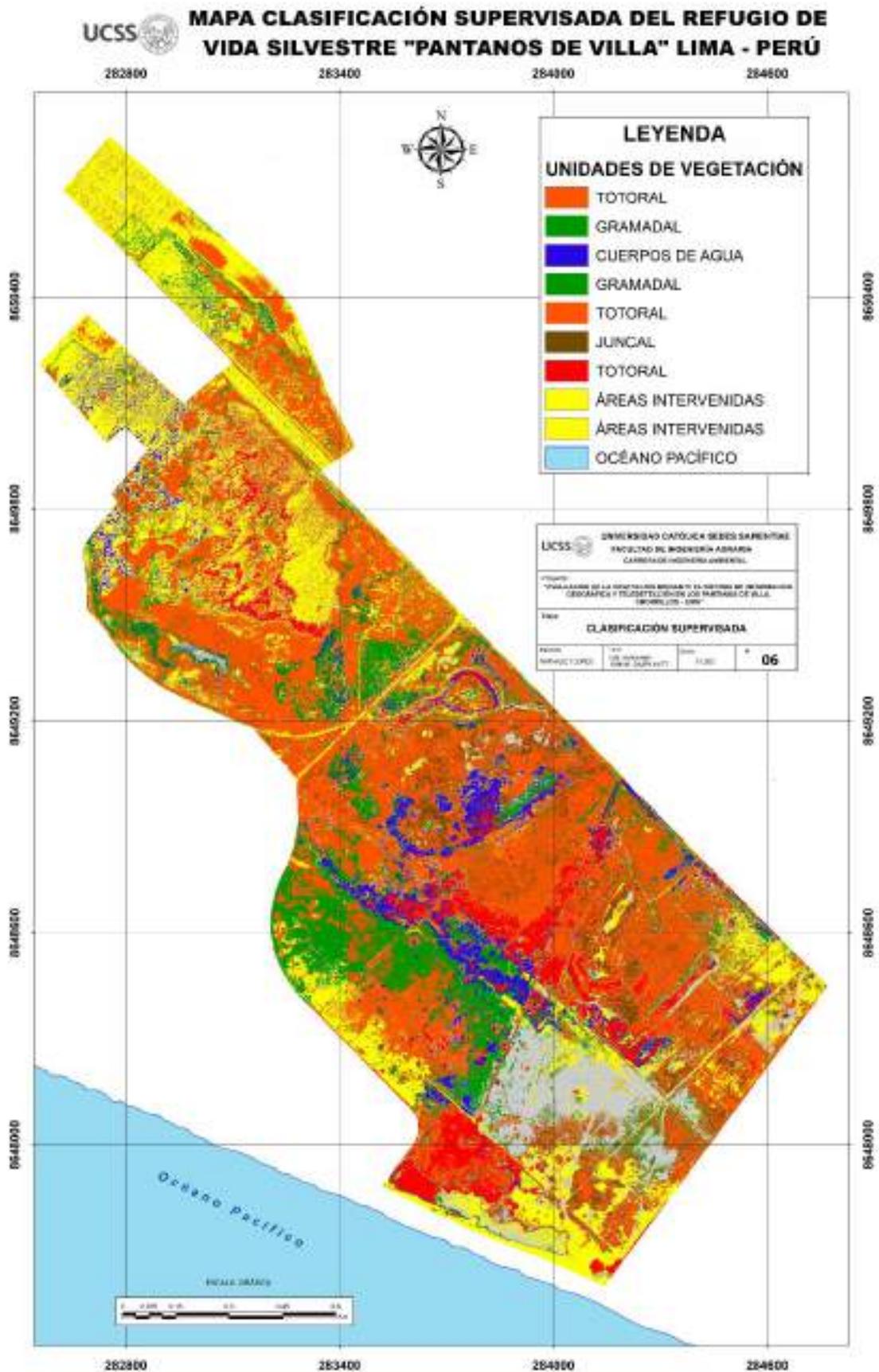
133	283535	8649542	Otros	XI	Sales
<i>(continuación):</i> Puntos de control para realizar la clasificación supervisada					
134	283528	8649554	Otros	XI	Sales
135	283460	8649381	Otros	XI	Sales + Agua
136	283530	8649563	Otros	XI	Sales + Agua
137	283622	8648231	Otros	XI	Cuerpo de agua
138	283905	8648550	Otros	XI	Cuerpo de agua
139	283733	8648556	Otros	XI	Cuerpo de agua
140	283616	8648632	Otros	XI	Cuerpo de agua
141	283867	8648575	Otros	XI	Sales
142	283839	8648510	Otros	XI	Sales
143	283627	8648603	Otros	XI	Sales
144	283624	8648606	Otros	XI	Sales
145	283620	8648612	Otros	XI	Sales
146	283596	8648721	Otros	XI	Sales
147	283593	8648722	Otros	XI	Sales
148	283612	8648625	Salicornial	VI	Salicornia
149	283836	8648506	Salicornial	VI	Salicornia
150	283834	8648495	Salicornial	VI	Salicornia
151	283817	8648504	Salicornial	VI	Salicornia
152	283800	8648461	Salicornial	VI	Salicornia
153	283829	8648515	Salicornial	VI	Salicornia
154	283832	8648512	Salicornial	VI	Salicornia
155	283749	8648493	Salicornial	VI	Salicornia
156	283791	8648521	Salicornial	VI	Salicornia
157	283742	8648542	Salicornial	VI	Salicornia
158	283743	8648550	Salicornial	VI	Salicornia
159	283763	8648546	Salicornial	VI	Salicornia
160	283761	8648537	Salicornial	VI	Salicornia
161	283764	8648531	Salicornial	VI	Salicornia
162	283770	8648531	Salicornial	VI	Salicornia
163	283771	8648536	Salicornial	VI	Salicornia
164	283777	8648534	Salicornial	VI	Salicornia
165	283780	8648527	Salicornial	VI	Salicornia
166	283773	8648523	Salicornial	VI	Salicornia
167	283764	8648522	Salicornial	VI	Salicornia
168	283722	8648568	Salicornial	VI	Salicornia
169	283638	8648588	Salicornial	VI	Salicornia
170	283631	8648591	Salicornial	VI	Salicornia
171	283631	8648600	Salicornial	VI	Salicornia
172	283625	8648609	Salicornial	VI	Salicornia
173	283616	8648616	Salicornial	VI	Salicornia
174	283807	8648463	Salicornial	VI	Salicornia
175	283814	8648455	Salicornial	VI	Salicornia
176	283822	8648450	Salicornial	VI	Salicornia
177	283816	8648446	Salicornial	VI	Salicornia

178	283818	8648454	Salicornial	VI	Salicornia
<i>(continuación):</i> Puntos de control para realizar la clasificación supervisada					
179	283745	8648539	Salicornial	VI	Salicornia
180	283745	8648532	Salicornial	VI	Salicornia
181	283757	8648528	Salicornial	VI	Salicornia
182	283768	8648523	Salicornial	VI	Salicornia
183	283370	8648531	Gramadal	IV	Gramadal
184	283804	8648512	Salicornial	VI	Salicornia
185	283813	8648505	Salicornial	VI	Salicornia
186	283830	8648510	Salicornial	VI	Salicornia
187	283834	8648494	Salicornial	VI	Salicornia
188	284335	8648167	Salicornial	VI	Salicornia
189	284332	8648172	Salicornial	VI	Salicornia
190	284320	8648203	Salicornial	VI	Salicornia
191	283447	8649533	Salicornial	VI	Salicornia
192	283445	8649533	Salicornial	VI	Salicornia
193	283480	8649503	Salicornial	VI	Salicornia
194	283488	8649490	Salicornial	VI	Salicornia
195	283504	8649530	Salicornial	VI	Salicornia
196	283500	8649529	Salicornial	VI	Salicornia
197	283498	8649518	Salicornial	VI	Salicornia
198	283515	8649541	Salicornial	VI	Salicornia
199	283513	8649542	Salicornial	VI	Salicornia
200	283413	8649801	Salicornial	VI	Salicornia
201	283413	8649799	Salicornial	VI	Salicornia
202	283415	8649799	Salicornial	VI	Salicornia
203	283417	8649801	Salicornial	VI	Salicornia
204	283671	8649298	Salicornial	VI	Salicornia
205	283674	8649298	Salicornial	VI	Salicornia
206	283677	8649291	Salicornial	VI	Salicornia
207	283686	8649298	Salicornial	VI	Salicornia
208	283686	8649286	Salicornial	VI	Salicornia
209	283677	8649275	Salicornial	VI	Salicornia
210	283663	8649275	Salicornial	VI	Salicornia
211	283648	8649271	Salicornial	VI	Salicornia
212	283647	8649266	Salicornial	VI	Salicornia
213	283640	8649267	Salicornial	VI	Salicornia
214	283626	8649258	Salicornial	VI	Salicornia
215	283624	8649260	Salicornial	VI	Salicornia
216	283611	8649245	Salicornial	VI	Salicornia
217	283602	8649241	Salicornial	VI	Salicornia
218	283591	8649230	Salicornial	VI	Salicornia
219	283583	8649231	Salicornial	VI	Salicornia
220	283583	8649234	Salicornial	VI	Salicornia
221	283611	8647973	Otros	XI	Tomatillo + Gramadal
222	283610	8647969	Otros	XI	Tomatillo + Gramadal

223	283928	8648223	Totoral	V	Totoral
<i>(continuación):</i> Puntos de control para realizar la clasificación supervisada					
224	283926	8648219	Totoral	V	Totoral
225	283467	8649574	Totoral	V	Totoral
226	283439	8649539	Totoral	V	Totoral
227	283438	8649537	Totoral	V	Totoral
228	283497	8649520	Totoral	V	Totoral
229	283433	8649531	Totoral	V	Totoral
230	283423	8649530	Totoral	V	Totoral
231	283422	8649534	Totoral	V	Totoral
232	283430	8649537	Totoral	V	Totoral
233	283402	8649522	Totoral	V	Totoral
234	283401	8649533	Totoral	V	Totoral
235	283400	8649537	Totoral	V	Totoral
236	283507	8648345	Totoral	V	Totoral
237	283951	8648535	Totoral	V	Totoral
238	283959	8648536	Totoral	V	Totoral
239	283952	8648546	Totoral	V	Totoral
240	283956	8648562	Totoral	V	Totoral
241	283945	8648560	Totoral	V	Totoral
242	283911	8648556	Totoral	V	Totoral
243	283886	8648534	Totoral	V	Totoral
244	283875	8648544	Totoral	V	Totoral
245	283863	8648556	Totoral	V	Totoral
246	283877	8648573	Totoral	V	Totoral
247	283848	8648590	Totoral	V	Totoral
248	283840	8648572	Totoral	V	Totoral
249	283646	8648670	Totoral	V	Totoral
250	283397	8648682	Totoral	V	Totoral
251	283587	8648721	Totoral	V	Totoral
252	283611	8648729	Totoral	V	Totoral
253	283513	8648799	Totoral	V	Totoral
254	283456	8648742	Totoral	V	Totoral
255	283969	8648537	Otros	XI	Amarantaceas
256	283954	8648534	Otros	XI	Amarantaceas

Fuente: Elaboración Propia.

Apéndice 7. Mapa final de clasificación supervisada



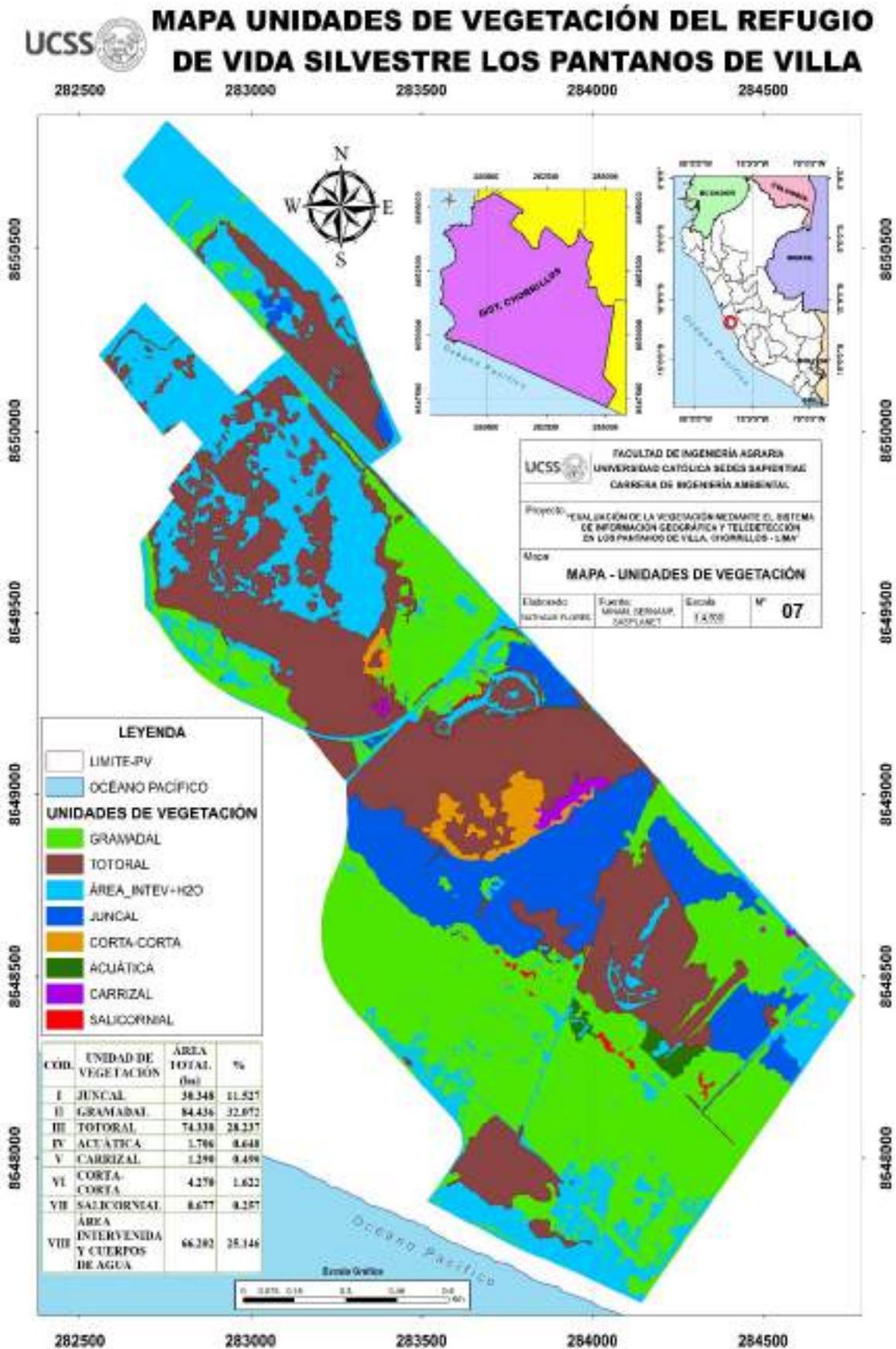
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 8. Fotografías de las salidas de campo



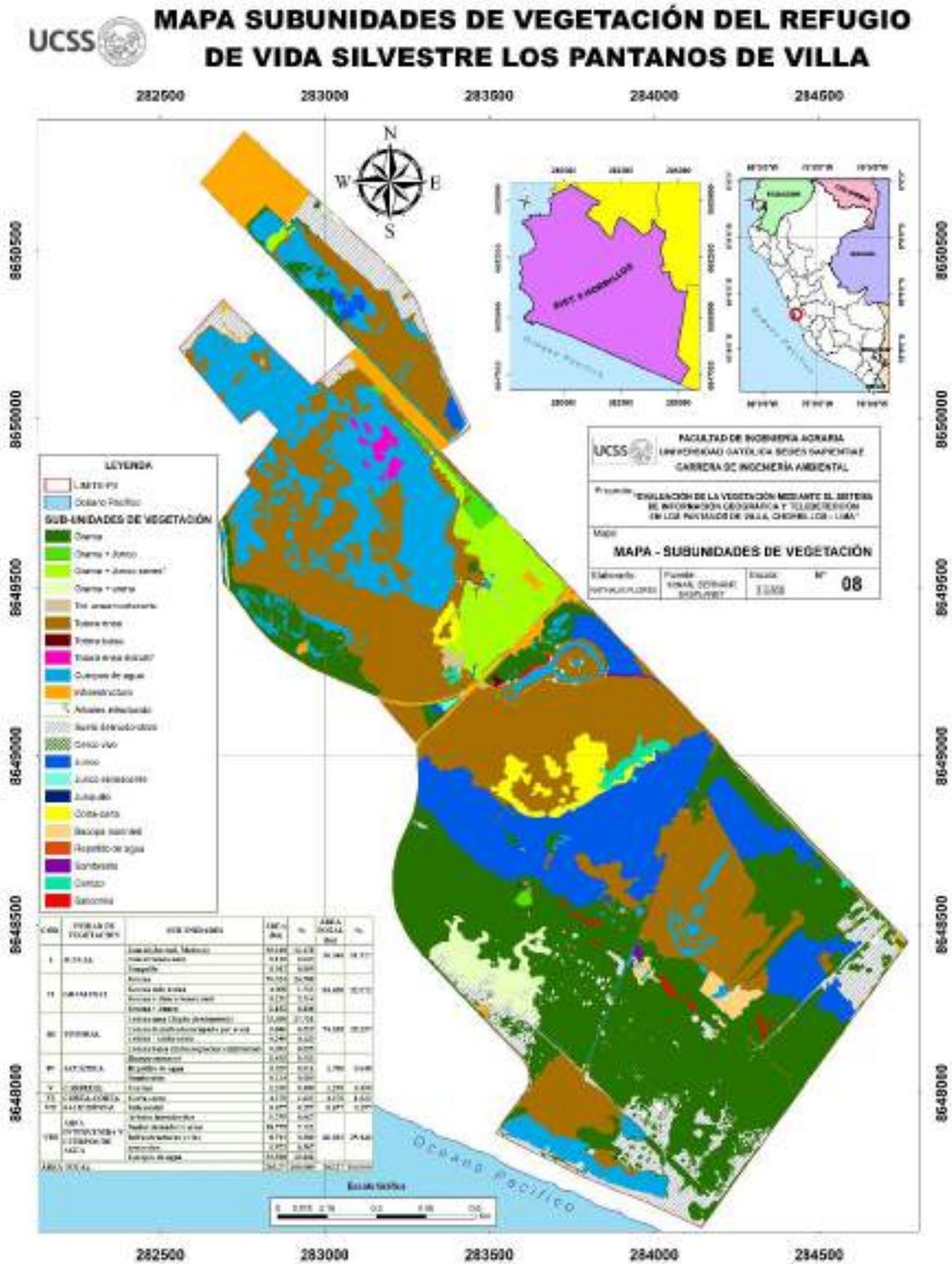
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 9. Mapa final de las unidades de vegetación



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 10. Mapa final de las Sub-unidades de vegetación



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 11. Denominaciones de las unidades de vegetación en diversos estudios.

AUTOR	Gonzalez (1993)	León, Cano & Young (1995)	INRENA (1998)	Arana y Salinas (2003)	La Torre y Aponte (2009)	SERNANP (2016)	Pulido y Bermúdez (2018)	Aponte <i>et al.</i> (2018)
Lugar de estudio	Humedales Costeros de Arequipa	Pantanos de Villa	Pantanos de Villa	Humedales de Chimbote	Puerto Viejo	Pantanos de Villa	Pantanos de Villa	Pantanos de Villa
Denominación	Biotopo	zonas ecológicas o ambientes	Asociaciones vegetales	Tipos de vegetación	Formaciones vegetales	Comunidades vegetales/ hábitat	Hábitats	Comunidades vegetales
	Espejo de agua	Espejo de agua, canales y depresiones	-	Cuerpos de agua	-	-	Espejo de agua, canales y depresiones	Plantas acuáticas
	Totoral Gramadal	Totorales Gramadal	Totorales Gramadal	Totorales Gramadales	Totorales Gramadal	Totorales Gramadal	Totorales Gramadal	Totorales Gramadales
		Vega de ciperáceas	Vega de ciperáceas	Vega de ciperáceas	-	Juncal – vega ciperácea	Vega de ciperáceas	-
Ejemplo	Barrizal inundable	-	-	-	Juncal	-	-	Juncales
	Playa y mar litoral	-	-	-	-	Playa	Litoral Marino	-
	-	zona arbustiva	zona arbustiva	-	-	Zona arbustiva, zona intervenida	Zona arbustiva, parques y jardines	Zona arbustiva (plantas nativas y plantas introducidas)
	Campo aéreo	-	-	-	-	-	-	Corta-corta

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 12. Unidad de vegetación “cola de escorpión”



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 13. Pastoreo en el área natural protegida en el sector Sur-Oeste



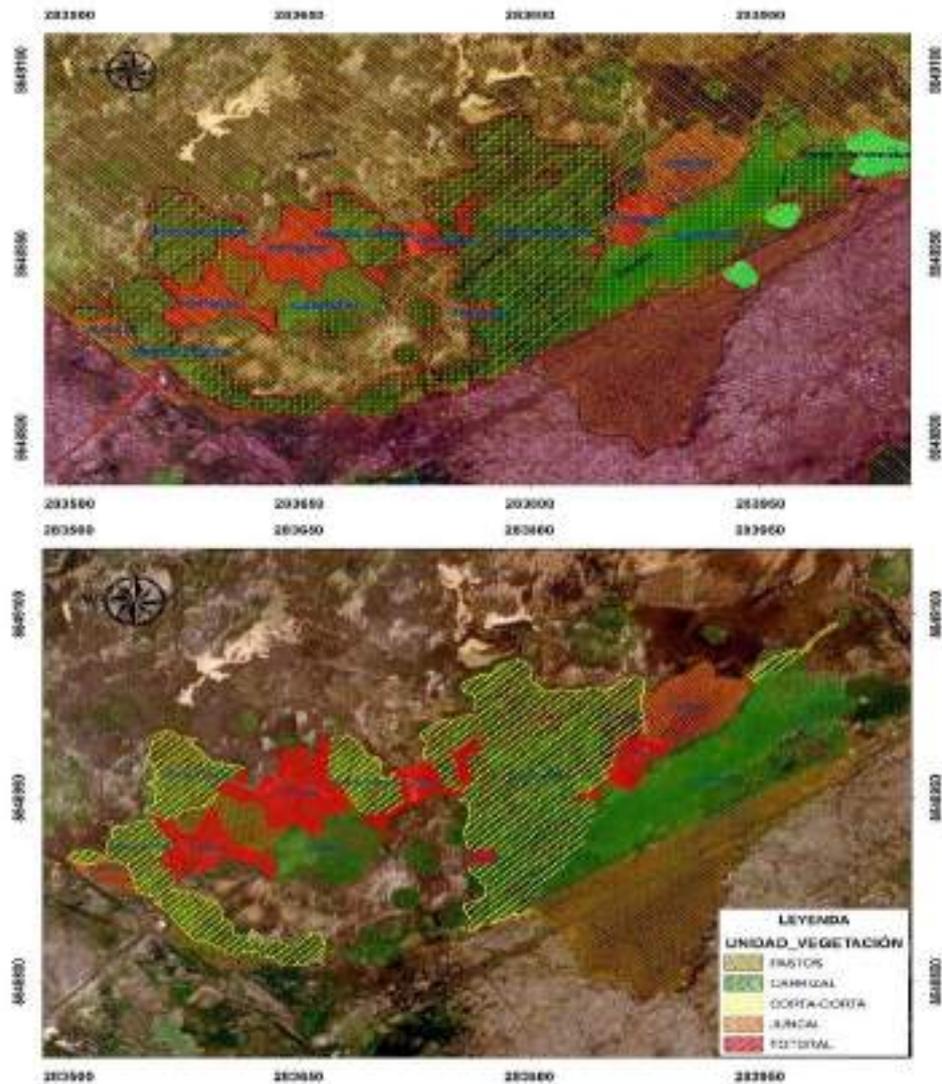
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 14. Vertimiento de aguas no tratadas del sector Nor-Este



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 15. Mapa de las unidades de vegetación afectados por el incendio en el 2014



Fuente: Elaboración propia adaptado de Vargas (2018).

Apéndice 16. Resumen de los incendios ocurridos durante el periodo del año 2006 – 2014 en Los Pantanos de Villa

Fecha	Área	Unidades de vegetación afectados
30/05/2006	1.27 ha = 0.48 %	Juncal (<i>Schoenoplectus americanus</i>)
13/01/2009	0.47 ha = 0.18 %	Juncal (<i>Schoenoplectus americanus</i>)
22/03/2009	0.77 ha = 0.29 %	Juncal (<i>Schoenoplectus americanus</i>)
		Juncal (<i>Schoenoplectus americanus</i>) = 1.73 ha
28/11/2014	7.00 ha = 2.56 %	Totalal (<i>Typha domingensis</i>) = 0.77 ha
		Carrizal (<i>Phragmites australis</i>) = 1.42 ha
		Corta-corta (<i>Cladium jamicense</i>) = 2.82 ha
Área total afectado	9.25 ha = 3.51 %	

Fuente: Elaboración propia adaptado de Vargas (2018).