



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Determinación de tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Huaytalla Rosales, Jackeline Jovana (ORCID: 0000-0002-7431-6687)

Valero Blancas, Diana Elizabeth Rosario (ORCID: 0000-0002-9620-730X)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia,
a mis padres Ywohana y Miguel, por
brindarme su apoyo en todo lo que necesito,
ser ese motivo diario y ese impulso para poder
seguir adelante en mi formación profesional y
en lo personal.

A mis hermanos Jener y Jerson; quienes
siempre estuvieron apoyándome en todo
momento, apostando por mí y dándome
fortaleza para cumplir mis metas.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, en especial a mi abuelita Lourdes quien fue la primera persona en impulsarme a lo largo de toda mi carrera universitaria; a mi madre por enseñarme a perseverar y darme la fortaleza necesaria; a mi esposo e hijo de 2 meses de nacido, quienes en esta última etapa de vida universitaria han sido mi motor y motivo y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por brindarme salud, por bendecirme en los momentos buenos y malos, y haber guiado mi camino para poder llegar hasta aquí.

A mi familia por su apoyo incondicional, quienes siempre estuvieron para alentarme y apoyarme en todo momento, gracias a ellos estoy aquí.

A los docentes de la escuela de ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, a quienes damos gracias por la paciencia y colaboración que tuvieron.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me ha dado salud, economía y fortaleza hasta el día de hoy y permitirme culminar una etapa de mi vida profesional.

A mi familia por su apoyo incondicional a pesar de las adversidades presentadas en el transcurso del tiempo.

A los docentes de la escuela de ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, quiénes aportaron con sus conocimientos, para mí formación en lo académico profesión.

Índice de contenidos

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGIA	19
3.1 Tipo y diseño de investigación	19
3.2 Variables y operacionalización	19
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	19
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5 Procedimientos.....	22
3.6 Método de análisis de datos	23
3.7 Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN	29
VI. CONCLUSIONES.....	31
VII. RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS.....	33
ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes a nivel nacional e internacional	12
Tabla 2 Características de imágenes SENTINEL 2	15
Tabla 3 Comparación de las características de SENTINEL 2 y otros satélites y/o misiones	16
Tabla 4 Puntos de georreferenciación y especies	26
Tabla 5 Identificación de coberturas vegetales	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de proceso de clasificación supervisada	18
Figura 2 Flujograma para la obtención de la cobertura vegetal y Grados de humedad	20
Figura 3 Mapa de tipos de vegetación de la Reserva Nacional de Lachay	27

RESUMEN

El objetivo principal de la presente tesis es determinar los tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección en la Reserva Nacional de Lachay; previo a la ejecución del trabajo de gabinete, se realizó la toma de datos in-situ (georreferenciación y fotografías de especies presentes en la visita) para poder aplicar el método de clasificación supervisada. Para el trabajo de gabinete; primero, se descargaron imágenes sentinel-2 en la página Copérnicus, las cuales pasaron por calibración atmosférica con la finalidad de adaptar los valores reales de cada pixel minimizando los fallos reflejados en el momento de la captura de la imagen; segundo, se aplicó la corrección atmosférica en el programa ENVI para reducir los efectos de distorsión de la imagen ocasionado por la presencia de nubes y/o neblina, teniendo como resultado una imagen de mejor calidad (nitidez), finalmente los índices espectrales (índice de vegetación de diferencia normalizada – NDVI y el índice de agua de diferencia normalizada – NDWI) trabajaron con los puntos de muestreo para el identificar las especies presentes en los diferentes tipos de cobertura vegetal.

Se determinó 17 especies vegetales, con las cuales se identificaron las coberturas vegetales en la Reserva Nacional de Lachay, los cuales son: desierto, loma de tillandsias, loma de nostoc, loma de stenomesson, loma de herbáceas, loma tipo parque, loma de paredes rocosas, loma de musgos y líquenes y loma de cactáceas.

Palabras claves: NDWI, NDVI, y cobertura vegetal.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to determine the types of vegetation cover through spectral indices using remote sensing in the Lachay National Reserve; prior to the execution of the office work, data was collected in-situ (georeferencing and photographs of species present in the visit) in order to apply the supervised classification method). For cabinet work; First, sentinel-2 images were downloaded on the Copernicus page, which underwent atmospheric calibration in order to adapt the real values of each pixel, minimizing the errors reflected at the time of image capture; Second, atmospheric correction was applied in the ENVI program to reduce the effects of image distortion caused by the presence of clouds and / or haze, resulting in a better quality image (sharpness), finally the spectral indices (index of normalized difference vegetation - NDVI and normalized difference water index - NDWI) worked with the sampling points to identify the species present in the different types of vegetation cover.

17 plant species were determined, with which the plant covers in the Lachay National Reserve were identified, which are: desert, tillandsias hill, nostoc hill, stenomesson hill, herbaceous hill, park-type hill, wall hill rocky, moss and lichens hill and cactus hill.

Keywords: NDWI, NDVI, and vegetation cover.

I. INTRODUCCIÓN

Las Lomas Costeras son ecosistemas estacionales formadas sobre las distintas series de cerros con dirección al mar, debido a que se relacionan el suelo, el clima y el relieve (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018, p. 4), engloban una gran variabilidad de flora y fauna silvestre, ya que dependen de la humedad de la niebla, la cual es arrastrada en dirección a las formaciones rocosas donde se condensa y se establece como recurso hídrico vital (Romero, Medina y Ocaña, 2018, p.1), que constituyen condiciones ecológicas especiales y reverdece durante el invierno. Del mismo modo, la vinculación de los pobladores a estos hábitats tiene múltiples potencialidades en relación al aprovechamiento del recurso para subsistir de los bienes ambientales.

Además, las lomas brindan diferentes beneficios como el servicio ecosistémico de provisión, regulación, recreación y cultural. Los ecosistemas de las lomas en épocas de verdor permiten la alimentación, descanso y reproducción de diversas especies de presencia temporal. Además, su cercanía a la ciudad, su estado de conservación y su representatividad resultan imprescindibles e indiscutibles para la investigación en materia ambiental, biológica, forestal, entre otros. De modo que, sirven como centro de instrucción ambiental y de turismo relacionados a la naturaleza e historia, además, albergan importantes evidencias arqueológicas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2018, p .6)

En nuestro país la conservación de las Lomas Costeras es un tema de interés a nivel nacional, teniendo como principales amenazas la deforestación, el sobrepastoreo y el crecimiento urbano. Este tipo de ecosistema se encuentra distribuido a lo largo de las laderas de la cordillera costa orientadas hacia el Mar, entre Trujillo (Perú) y Copiapó (Chile).

Hasta hace unos 60 años las lomas abarcaban 600,000 ha aproximadamente, en la actualidad sólo existen unas 100,000 ha (SERNANP, 2013).

En el Perú existen 67 lomas, de las cuales la Reserva Nacional de Lachay es considerada como la única Área Natural Protegida (ANP) a nivel Nacional, dado que abarca gran parte del ecosistema de lomas en el Perú. Sin embargo, esta Reserva se encuentra en situación vulnerable con el riesgo de extinción de especies y degradación del área, como consecuencia del turismo desordenado, sobrepastoreo, actos vandálicos,

la extracción de especies invasoras, la minería no metálica ilegal y el saqueo de restos arqueológicos.

A consecuencia de ello, se buscó el método más adecuado que no presentara limitaciones debido a que es un área natural protegida, la cual no se tiene un libre acceso, es por ello que se decidió el estudio del área a través de imágenes satelitales debido a su bajo costo, fácil accesibilidad y a su alta eficacia; teniendo como herramienta a la teledetección.

La teledetección consiste en reunir información sobre algunas características de un fenómeno u objeto, mediante un sensor que no se encuentra en contacto con el objeto en estudio, dicho sensor es capaz de medir la radiación electromagnética emitida por la superficie terrestre, cuyo resultado se registra en una imagen digital que está formada por pixeles (Balbontín et al., 2016, p. 9).

Conforme a la realidad problemática se planteó como **problema general**: ¿Cómo se determina los tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020?, a partir de ello se formuló los siguientes **problemas específicos**: ¿Cuáles son los índices de vegetación para la determinación de tipos de cobertura vegetal usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020? y ¿Cuál es el método de clasificación para la determinación de tipos de cobertura vegetal usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020?

La presente tesis tiene como **objetivo general**: Determinar los tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020; y como **objetivos específicos**: Identificar los índices de vegetación para la determinación de tipos de cobertura vegetal usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020 e Identificar el método de clasificación para la determinación de tipos de cobertura vegetal usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020.

La razón principal que impulso a realizar esta investigación es la importancia de la conservación y preservación de la Reserva Nacional de Lachay, debido a que, reúne un sinnúmero de beneficios hacia el ambiente y al ser humano; tales como: emisión de oxígeno, belleza paisajística, conservación de flora y fauna, ecoturismo, posibilidades de educación (in situ) y recreación, puntos claves de investigación científica, etc.

II. MARCO TEÓRICO

Tabla 1 Antecedentes a nivel nacional e internacional

ÍNDICES ESPECTRALES	MÉTODO UTILIZADO	REFERENCIA
NDVI	El estudio fue realizado en las Lomas de Atocongo se utilizaron 3 tipos de imágenes satelitales: SPOT de 20m de resolución espacial, IKONOS de 1m de resolución espacial y WORLD VIEW 0.5m de resolución espacial.	Cuya, O. (2016, pp. 26 - 38)
NDVI	La investigación fue realizada en las Lomas de Villa María del Triunfo, se utilizó imágenes satelitales tipo SPOT 5 y también el análisis de una imagen pancromática.	Miyasiro y Ortiz (2016, pp. 17-29)
NDVI, NDWI y MNDWI	Se utilizó imágenes satelitales LANDSAT con una resolución de 30m .	Szabó, Gácsi y Balázs (2016, pp. 194-202)
NDVI y NDWI	Se aplicó el uso de imágenes satelitales IRS LISS II con una resolución espacial de 23,5m.	Das, K. (2017, pp. 17-20)
NDWI	En la investigación se utilizó imágenes satelitales LANDSAT/TM evaluando los umbrales multispectrales (TM1, TM4, TM5).	Zhou, Zhao, Hao y Wang (2018, pp. 1-7)
NDWI	Se usaron dos tipos de imágenes satelitales LANDSAT y SPOT, a una resolución de 1km.	Jovanovic, García, Dh Bugar, Teich y Garcia (2014, pp. 1-8)
NDWI	Se utilizó imágenes satelitales LANDSAT 5 y el diseño del software empleado fue SAG 2.1 y QGIS 2.4.	Carvalho y Guasselli (2015, pp. 1-6)
NDVI	Para este estudio, se utilizó imágenes satelitales Sentinel-2 con una resolución espacial de 10m.	Spadoni, et al. (2020, pp. 1-10)

Fuente: Elaboración propia

▪ Ubicación

La Reserva Nacional (RN) de Lachay se ubica al Norte de Lima, en el kilómetro 105 de la panamericana norte, entre las provincias de Huaura y Huaral, en los distritos de Chancay y Huacho de la Región Lima. Teniendo una extensión de 5.070 hectáreas, comprendido entre los 100 y 500 msnm, cuyas coordenadas son: 11°21'30" S 77°22'10" O (SERNANP, 2013).

▪ **Clima**

El clima en la RN es estacional, ya que se encuentra dividida en dos periodos: el primer periodo está comprendido entre fines de Julio a mediados de octubre, teniendo una temperatura media inferior a los 15 °C generando lloviznas frecuentes, debido a la alta humedad relativa. Y el segundo periodo presenta una época seca desde el mes de diciembre a abril, de modo que en el transcurso de estos meses la precipitación es escasa o casi nula y se presentan las mayores temperaturas medias mensuales del año (20 ° C), originando una alta evapotranspiración (SERNANP, 2013).

▪ **Flora**

En la RN Lomas de Lachay existen 146 especies de plantas compuestas por árboles, matorrales, hierbas y cactáceas. Las cuales se encuentran sectorizadas en gran proporción mediante cuatro tipos de comunidades vegetales: loma con presencia de árboles con gran capacidad de captación de neblina; loma de herbáceas, con menos humedad que la anterior; loma de cactáceas con asociaciones de cactus; y por último el desierto, en las partes bajas, y grandes extensiones de arenales. Entre las especies que se pueden apreciar en la Reserva, destacan: el mito (*Carica canduchas*), el palillo (*Capparis prisca*), el tabaco silvestre o cimarrón (*Nicotiana paniculata*), la papa silvestre o de montaña (*Solanum phyllantum*), la begonia de las rocas (*Begonia geraniifolia*), la ortiga negra (*Loasa urens*), la flor de amancay (*Ismene amancae*), tara (*Caesalpinia spinosa*) y cactus pitajaya (*Haageocereus lachayensis*) (SERNANP, 2013).

▪ **Tipos de Cobertura Vegetal**

Según MINAM (2013), en la RN de Lachay existen nueve tipos de cobertura vegetal, los cuales los clasifican en relación a su gradiente altitudinal que varía desde los 100 a 800 msnm. A continuación, presentamos los tipos de cobertura vegetal:

- El Desierto. - Son grandes extensiones de arenales, con presencia ocasional de neblinas con escasa o nula cobertura vegetal, las cuales se extienden en las zonas más bajas de la Reserva.
- Loma de Tillandsias. - Se presenta en las zonas más bajas de la Reserva, con suelos arenosos, secos y escasa presencia de neblina.
- Loma de Nostoc. - Son áreas similares a la loma antes mencionada, con la diferencia que presenta mayor grado de neblina; la cual admite el crecimiento del alga *Nostoc commune*. Este tipo de alga tiene dos fases de transición; la

primera de aparición en tiempo húmedo, son presenciadas como masas gelatinosas, de color verde oliváceo o marrón y en tiempo seco pasan a ser láminas negras secas y su tamaño reducido.

- Loma de Stenomesson. - Son espacios arenosos con menor presencia de humedad, la cual se dividen en dos épocas; en la época húmeda florece la papa de las lomas (*Solanum phyllantum*) mientras que en la época con menor humedad crece la lengua de perro (*Cistanthe paniculata*).
- Loma de Herbáceas. - Son áreas con mayor presencia de especies endémicas, las cuales corresponden a los géneros, *Chenopodium*, *Croton*, *Nicotiana*, *Salvia*, etc. Con mayor visualización en época húmeda.
- Loma tipo Parque. -Se caracteriza por albergar diferentes tipos de árboles, permitiendo una mayor de captación de neblina.
- Loma de paredes rocosas. - Debido a su ubicación en la pendiente, cuenta con mayor presencia de neblina. Se encuentran cubiertas por diferentes tipos de plantas, una de ellas son las Begonias (*Begonia octopetala* y *Begonia geraniifolia*). A causa de la erosión de suelos se evidencia el crecimiento de arbustos.
- Loma de musgos y líquenes. - Son terrenos rocosos con capas densas y compactas, con alta capacidad de retención de humedad; formando micro hábitats favorables para animales invertebrados.
- Loma de cactáceas. - Son zonas secas con baja incidencia de neblina, presentan especies derivadas del cactus; las cuales crean mánchales (concentraciones de árboles) en las partes bajas y pedregosas.

▪ **Teledetección**

Es la obtención de radiación electromagnética a distancia, expresadas por diferentes longitudes de ondas (según el objeto de estudio) emitidos a través de sensores localizados en plataformas móviles, sin contacto directo con el objeto en estudio, transformando los datos obtenidos mediante técnicas de interpretación y reconocimiento de superficies (SCHOMWANDT, 2015).

▪ **Sentinel 2**

Es un satélite con acceso a imágenes multispectrales de máxima resolución espacial (10m) y una resolución temporal de 5 días; el cual está formado por dos satélites:

Sentinel 2A y 2B; su trabajo en conjunto permite menor grado de error en la imagen. El Sentinel 2 tiene un escáner multiespectral, el cual está conformado por dos longitudes de onda (infrarrojo y visible), ellos cuentan con 12 detectores, teniendo un total de 450.000 píxeles; de tal manera que se puede verificar los cambios en la tierra y en la vegetación ocurridos a través del tiempo. Es necesario saber que estas imágenes se encuentran.

Tabla 2 Características de imágenes SENTINEL 2

BANDAS SENTINEL - 2	SENSOR	LONGITUD DE ONDA CENTRAL (micrómetros)	RESOLUCIÓN (metros)
Banda 1 - Costero / aerosol	VNIR	0.443	60
Banda 2 – Azul		0.49	10
Banda 3 – Verde		0.56	10
Banda 4 – Rojo		0.665	10
Banda 5 - Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)		0.705	20
Banda 6 - Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)		0.74	20
Banda 7 - Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)		0.783	20
Banda 8 - Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)		0.842	10
Banda 8A - Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)		0.865	20
Banda 9 - Vapor de Agua		0.945	60
Banda 10 – Cirrus	SWIR	1.375	60
Banda 11 - Onda Corta Infrarroja (SWIR)		1.61	20
Banda 12 - Onda Corta Infrarroja (SWIR)		2.19	20

Fuente: Descripción, Descarga y Manipulación de Productos Sentinel-2, LEÓN 2015.

Si bien es cierto existe una cantidad de satélites en el espacio y cada uno de ellos cuenta con objetivos distintos, por ello en el presente estudio se empleará el uso del Sentinel-2, debido a que se podrá asegurar la cobertura tanto frecuente como sistemática del lugar, al mismo tiempo ha sido creada para poderse adaptar y modificar, dependiendo del área de estudio trabajada.

Tabla 3 Comparación de las características de SENTINEL 2 y otros satélites y/o misiones

Descripción	LANDSAT 1-8	SPOT	RAPIDEYE	SENTINEL - 2
Vida de la Misión	1972 - Presente	1986 - Presente	2009 - Presente	2015 - Presente
Instrumento Principal	Scanner	Pushbroom	Pushbroom	Pushbroom
Repetición de Ciclos (días)	16	26	Diario	5*
Ancho de franja (km)	185	2 x 60	77	290
Bandas Espectrales	7	4	5	13
Resolución Espacial (metros)	30, 60	2.5, 10, 20	5	10, 20, 60
Costo	Gratuito	Pago	Pago	Gratuito

Fuente: Descripción, Descarga y Manipulación de Productos Sentinel-2, LEÓN 2015.

Como se puede visualizar en la tabla N° 02, el Sentinel-2 con respecto al monitoreo de la vegetación y humedad existente en la presente área de estudio, nos brinda mayor accesibilidad, debido a que, su barrido recorre una franja de 290 km, contiene 13 bandas espectrales (mayor uso de índices), así mismo, tiene 3 tipos de resoluciones espaciales determinados en metros (10, 20 y 60) y por último, la repetición de ciclos de capturas de imágenes es de cada 5 días generando una mayor precisión, ya que cuenta con dos sensores (A y B).

▪ **Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)**

Es un índice procedente del satélite de los canales de infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR); la reflectancia SWIR muestra lo que sucede en el agua de la vegetación, la estructura mesófito en las marquesinas de vegetación; sin embargo, la reflectancia NIR nos brinda lo que contiene la estructura interna de la hoja y la materia seca de la hoja. La cantidad de agua disponible en la estructura de la hoja interna controla en gran medida la reflectancia espectral en el intervalo SWIR del espectro electromagnético. Por lo tanto, la reflectancia de SWIR se relaciona negativamente con el contenido de agua en las hojas (JRC EUROPEAN COMMISSION, 2011). Los valores potenciales obtenidos a partir del NDWI oscilan entre -1 y 1, de modo que, los valores menores a 0 indican la falta de vegetación y humedad, de ese modo los valores que son más altos que 0, representan áreas con agua y vegetación. El NDWI, junta los valores de reflectancia, optimizando el resultado del contenido de agua que existe en la vegetación.

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

Donde:

NIR : Reflectancia de la banda de infrarrojo cercano. *SWIR*: Reflectancia de la banda de infrarrojo medio.

El cual varía en el uso de bandas espectrales según el tipo de satélite (Sentinel-2):

$$NDWI = \frac{NIR_{B8A} - SWIR_{B11}}{NIR_{B8A} + SWIR_{B11}}$$

- **Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada (NDVI)**

Este índice permite medir la calidad, el desarrollo y la cantidad de la cobertura vegetal, en base a la diferencia entre las reflectancias de las bandas roja (RED) e infrarrojo cercano (NIR) (BRAVO, 2017). de tal manera, que proporciona información de los cambios espaciales y temporales en la repartición de dinámica, vegetación y productividad; de modo que se supervise la degradación del hábitat, y así poder brindar soluciones para la conservación (CUYA, 2016). Su fórmula general es la siguiente:

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

Donde:

NIR : Reflectancia de la banda de infrarrojo cercano. *RED*: Reflectancia de la banda roja.

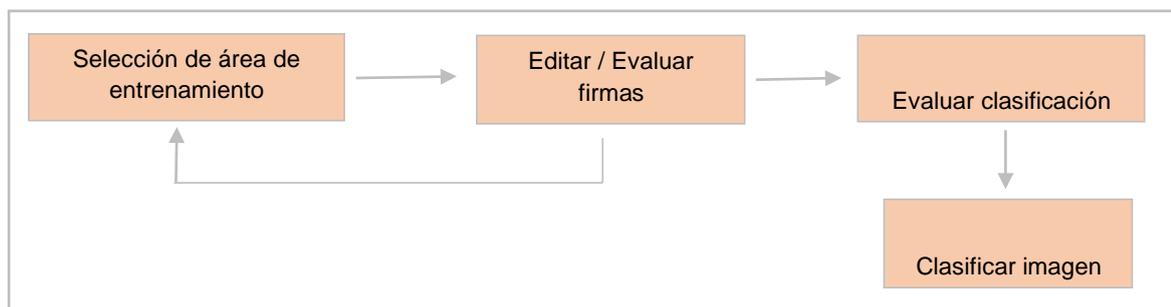
El cual varía en el uso de bandas espectrales según el tipo de satélite (Sentinel-2):

$$NDVI = \frac{NIR_{B8A} - RED_{B4}}{NIR_{B8A} + RED_{B4}}$$

▪ Clasificación Supervisada

El método de clasificación supervisada utiliza conocimiento de la zona de estudios, adquirido por trabajos previos o muestras de campo. Esto permite una mejor delimitación sobre la imagen, es decir, el manejo de áreas suficientemente representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda (CHUVIECO, 2002). Por ello, para realizar este método es importante definir el patrón o muestra de entrenamiento, el cual es necesario para estimar la función de probabilidad asociada a cada clase (QUIRÓS, 2009).

Figura 1 Diagrama de proceso de clasificación supervisada



Fuente: Elaboración propia

▪ Método de máxima probabilidad

Es un método que estima las cifras de niveles digitales (ND) de acuerdo a cada categoría que se ajuste a un tipo de distribución normal. Es decir, describe cada categoría en función a la probabilidad (QUIRÓS, 2009). A continuación, mostraremos el algoritmo que utilizan los softwares para determinar los píxeles con mayor probabilidad:

$$P(X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i = x_i) = \prod_{i=1}^n P(x_i|\theta) = l(\theta|(x_1, \dots, x_n)) \equiv l(\theta)$$

Donde:

- (X_1, \dots, X_n) es una variable discreta con distribución en $P(x|\theta)$ conocida sal por los parámetros θ .
- Luego se define un valor estimado para $\hat{\theta}$ del parámetro θ que maximice la probabilidad de la muestra.

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue aplicada. En relación a ello, Espinoza y Toscano (2015, p. 30), afirman que la investigación aplicada busca obtener conocimientos previos antes de actuar para dar una solución al problema de manera práctica, concreta, real y necesaria.

Además, es transversal debido a que recolecta datos por una única vez y en un solo momento, tiene como propósito detallar las variables e investigar la incidencia e interrelación en un solo momento (Cabezas, Andrade y Torres, 2018, p.79), y es descriptivo, ya que tiene como objetivo investigar la existencia de las categorías o niveles de las variables de una población y así poder brindar su descripción, llegando a ser estudios netamente descriptivos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.155).

3.2 Variables y operacionalización

- Variable 1: Cobertura Vegetal

- Variable 2: Índices Espectral

Ver ANEXO 1 (Matriz de Operacionalización de variables)

3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

- **Población**

La definición estadística de población, hace referencia al conjunto de individuos que cumplen ciertas propiedades y están definidas sobre la base de ciertas características, para posteriormente poder identificar y seleccionar elementos que puedan ser representativos (muestra) (TOMÁS, 2009). La superficie territorial de la RN de Lachay representa la población de la presente tesis, la cual cuenta con un total de 5070 hectáreas.

- **Muestra**

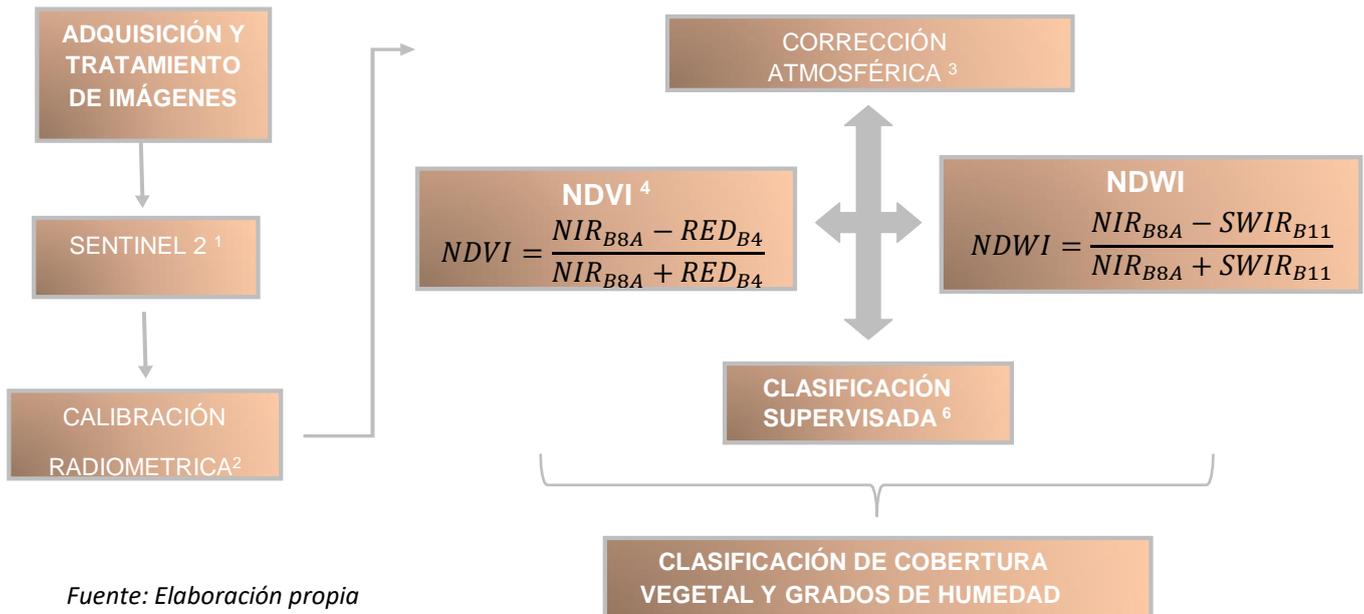
La muestra es un subconjunto de la población en el que se observa el fenómeno a estudiar y a partir de la cual se realiza una generalización al total de la población (TOMÁS, 2009). En el caso de la presente tesis, la muestra es de tipo censal, debido

a que el estudio se realizará con la población total, es decir con las 5070 hectáreas de la Reserva Nacional de Lachay.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Técnica de recolección de datos

Figura 2 Flujoograma para la obtención de la cobertura vegetal y Grados de humedad



Fuente: Elaboración propia

1. Imagen obtenida de <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
2. Se aplica con el objetivo de adaptar los valores de cada píxel debido a la influencia generada por la atmósfera durante la adquisición de datos y por los potenciales fallos debidos a la calibración de sensores.
3. Tiene como finalidad eliminar los efectos de la dispersión y absorción de la atmosfera, eliminación de objetos oscuros (corregir las perturbaciones atmosféricas).
4. NIR= Reflectancia de la banda de infrarrojo cercano; RED= Reflectancia de la banda roja.
5. NIR= Reflectancia de la banda de infrarrojo cercano; SWIR= Reflectancia de la banda de infrarrojo medio.

6. $P(X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n) \prod_{i=1}^n P\left(\frac{X_i}{\theta}\right) = l\left(\frac{\theta}{x_1 \dots x_n}\right) \equiv l(\theta)$

- **Instrumento de recolección de datos**

Ver ANEXO 2

- **Validez**

Los instrumentos que se utilizarán para la extracción de información y lograr el objetivo del presente proyecto de investigación son los siguientes:

- **Sentinel 2**

La elección de este satélite es debido a que, Sentinel 2 tiene múltiples aplicaciones, pues su alta resolución espacial, temporal, espectral y radiométrica brinda imágenes de alta resolución con frecuencias visitas, que ofrece imágenes que evidencian cambios en la superficie terrestre en tiempo real y así poder esquematizar futuros escenarios respecto al área y objeto en estudio. Ya que entrega información oportuna para diferentes aplicaciones prácticas, como el monitoreo del estado y calidad de la vegetación (que es la aplicación en el presente estudio) (SELPER, 2016).

La órbita Sentinel 2 está relacionada con el sol, y es utilizada para fijar el ángulo de la luz sobre la superficie terrestre para que esta se mantenga constante. Debido a ello, se reduce el impacto potencial de las sombras y reajusta los niveles de iluminación en el suelo. (LEÓN, 2015).

Además de lo descrito, la clave para evaluar el cambio en la vegetación es obtener imágenes del mismo lugar con frecuencia, por ello Sentinel 2 se basa en el trabajo en conjunto de dos satélites que orbitan a 180°, lo que junto a sus franjas de 290 km de ancho, permite cubrir las principales superficies terrestres de la tierra, con una probabilidad alta de obtención de imágenes sin nubes en una ubicación en particular, lo cual facilita la supervisión de los cambios (EUROPEAN SPACE AGENCY-ESA, 2015).

- **ArcGIS**

Es un sistema de información geográfica (SIG), de fácil manejo, el cual permite ingresar datos espaciales y tabulares; obteniendo como resultado tablas, gráficos y mapas (PUERTA, RENGIFO Y BRAVO, 2011). Asimismo, este sistema cuenta con una colección de productos de software creados por Environmental Systems Research Institute (Esri), el software Microsoft de GIS, que incluye productos de SIG de escritorio, servidor, móviles, alojados y en línea (HILLIER, 2011). ArcGIS Desktop, es

uno de los programas más utilizados para el análisis, edición, tratamiento, etc. (CARTOTECA, 2011).

➤ **ENVI**

Es un software con el cual se puede visualizar, analizar y presentar todo tipo de imagen satelital. Es un software con el cual se puede visualizar, analizar y presentar todo tipo de imagen satelital.

A diferencia de otros programas brinda diferentes tipos de instrumentos y procedimientos de trabajos automatizados, que pueden integrarse simultáneamente a las soluciones de ArcGIS, lo que lo convierte en un programa muy versátil y adaptable. Asimismo, admite diferentes tipos de imágenes satelitales (pancromáticas, multiespectrales, lidas térmico, etc.), obtenidas por distintos sensores (UEGPS, 2018).

ENVI es funcional para procesar diversos sensores satelitales disponibles actualmente en el mercado y brinda herramientas de pre-proceso automático que permiten obtener información fácil y rápida, mediante sencillos flujos de trabajo, de manera que posee suficientes herramientas para aplicar a todas las imágenes utilizadas, aplicando los pasos requeridos previos a la corrección atmosférica (AGUILAR, 2014).

ENVI utiliza un formato de datos ráster generalizado, el cual consiste en un simple archivo binario plano y un pequeño archivo de encabezado ASCII (texto) asociado; el cual permite poder usar cual tipo de imagen, incluso los que tienen su información propia en el encabezado. El procesamiento de imágenes en ENVI, se puede trabajar con ficheros de imágenes enteras, bandas individuales, o ambas. Al tener múltiples bandas en un solo fichero se puede seleccionar cualquier banda para hacer uso de forma individual o procesarlas todas juntas (CANELEO, 2010).

3.5 Procedimientos

En primera instancia, se optó por la búsqueda de material informativo en diferentes plataformas de investigación, seguidamente se seleccionó cierto material de investigación en relación al tema dado y así poder empezar con la redacción del trabajo final. Por otra parte, se realizó las coordinaciones previas con el personal encargado de la Reserva Nacional de Lachay, para la obtención del permiso (ANEXO 4) y así poder realizar el levantamiento de información in situ (georreferenciación e identificación de especies) en el área de estudio.

3.6 Método de análisis de datos

El trabajo de investigación se dividió en un proceso de (04) cuatro fases que fueron las siguientes:

- **Primera Etapa:**

En esta etapa consta en adquirir la imagen satelital (Sentinel 2) que será utilizada para el proceso de investigación, el lugar de descarga de la imagen es <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. La descarga de la imagen es totalmente gratuita no tiene ningún costo alguno, para obtener las imágenes solo tenemos que tener un usuario y contraseña que proporciona la misma página web.

- **Segunda Etapa:**

Para esta segunda etapa aplicaremos la calibración radiométrica, esta herramienta es bastante útil porque nos ayuda a corregir los principales errores potenciales que suceden debido a la calibración de los sensores en este caso el Sentinel 2, como resultado nos brinda la adaptación de los valores de cada pixel, en general esta etapa busca minimizar los fallos que influyen en el valor radiométrico de cada elemento captado en la escena.

- **Tercera Etapa:**

La corrección atmosférica es un proceso que se puede aplicar para la reducción de neblina y/o el enmascaramiento de nubes; previamente a ellos, se necesita investigar la imagen satelital ya descargada, de tal manera que se pueda verificar si existe nubosidad o no; posteriormente de aplicar este proceso, el resultado es una imagen que ha mejorado la separabilidad espectral de los objetos presentes que vienen a ser las coberturas de la tierra, de esta manera mejorando el proceso de clasificación digital.

- NDVI (Índice de Diferencia de Vegetación Normalizado)

El NDVI nos brinda información sobre la distribución de la vegetación, a través de un rango de valores que es de -1 a 1, los valores que se acercan a -1 indican agua; al cambio los valores que se encuentran próximos a cero -0.1 a 0.1 pueden referirse a áreas áridas ya sea rocas, arena o nieve; los valores bajos positivos significan arbustos y pastizales (0.2 a 0.4); los valores altos que se encuentran más próximos a 1 representan bosques tropicales templados. Dando como resultado una imagen donde

se acentúan ciertos píxeles que guardan relación con las características de las coberturas vegetales.

- NDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada)

Empleamos el uso del NDWI para poder hallar masas de agua y zonas de elevada saturación de humedad, de tal manera se utilizó el índice para identificar el grado de estrés hídrico en la cobertura vegetal, saturación de la humedad en el suelo o en todo caso delimitaciones de lagos y embalses; de igual manera que el NDVI tienen valores que van desde -1 a 1. La ventaja que tiene este índice es que debido a que puede identificar el estrés hídrico en la planta se puede garantizar una mejor gestión de agua, de tal manera que solo se irrigaría en las áreas donde las necesidades de agua de la planta ya no puedan satisfacerse.

- Clasificación Supervisada

La clasificación supervisada es un proceso en el cual se utiliza píxeles de identidad conocida y que se ubican en el área de estudio, para poder clasificar píxeles de origen desconocido, consta de tres etapas:

- Etapa de entrenamiento
- Selección del algoritmo de clasificación
- Operaciones post clasificación

- **Cuarta Etapa:**

En esta etapa final obtenemos el mapa con la clasificación de cobertura vegetal y grados de humedad, siendo el resultado final del trabajo de investigación.

3.7 Aspectos éticos

La realización de la presente tesis, está orientada hacia la ética ambiental, es decir comprometida a la relación que existe entre el ser humano y la naturaleza de manera armónica, mediante la aplicación de la moral ambiental, social e individual. Asimismo, damos fe y declaramos bajo juramento que los datos presentados en el presente proyecto de investigación son inéditos, verdaderos y fidedignos; de tal manera que, nos comprometemos a realizar el manejo adecuado y veraz de los resultados de los estudios ambientales y demográficos obtenidos en el lugar de estudio.

También testificamos bajo juramento que los datos que serán mostrados en la investigación serán exclusivamente elaborados por los propios investigadores,

respetando el derecho de autor y que en algún resumen o datos presentados que correspondan a autores distintos, será mencionando admitiendo su ayuda en esta investigación, conjuntamente con ello respetando la normativa que genera para efectos de investigación la Universidad Cesar Vallejo; teniendo como guía a la ISO 690.

IV. RESULTADOS

4.1 Toma de muestra in-situ

A fines de un mejor resultado de los objetivos planteados se tomó 17 puntos de georreferenciación, en los cuales mediante clasificación supervisada se identificaron las siguientes especies:

Tabla 4 Puntos de georreferenciación y especies

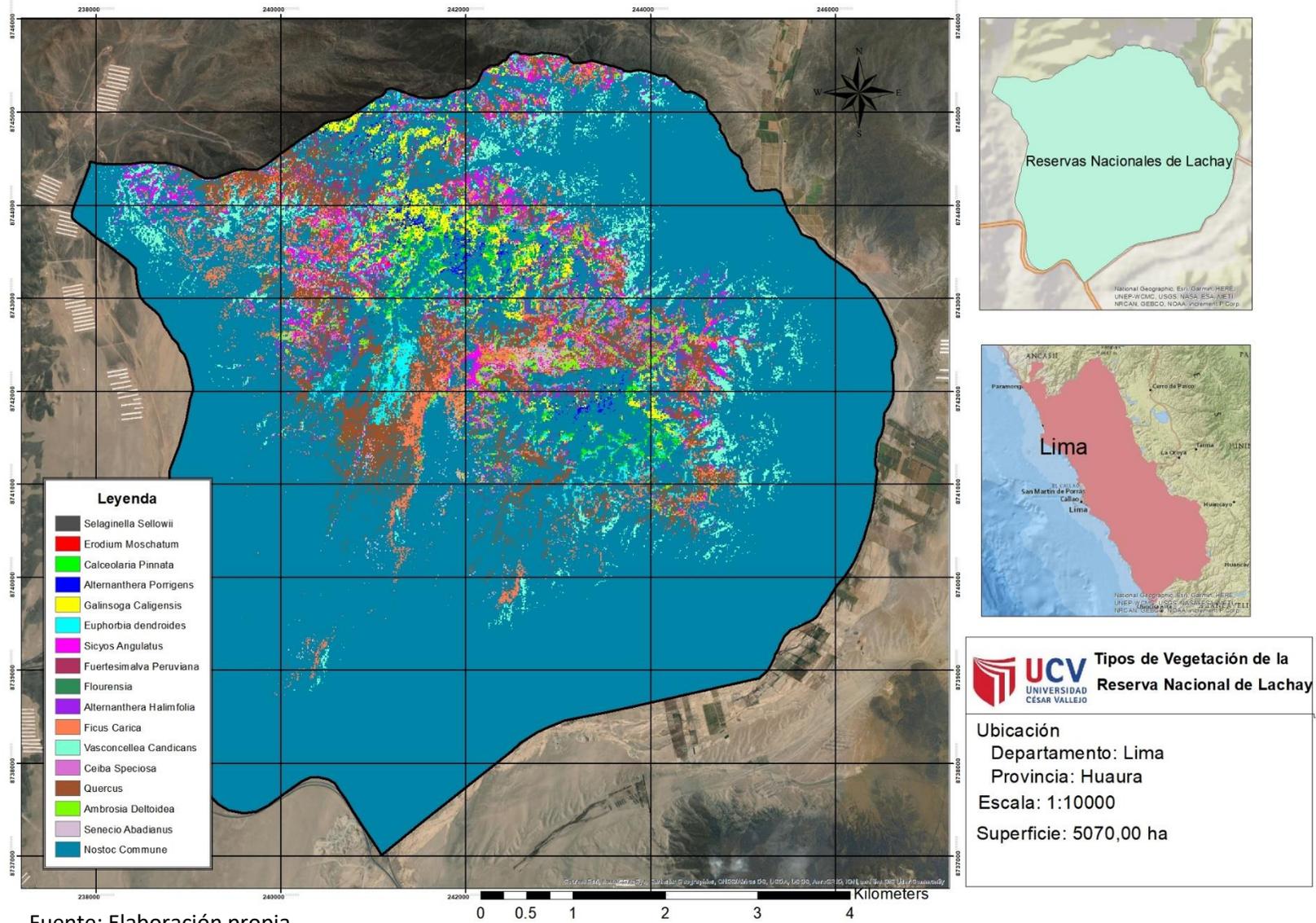
ITEMS	COORDENADAS		PLANTA	
	X	Y	Nombre científico	Nombre común
P1	241046	8743040	<i>Selaginella Sellowii</i>	Bioderma de aishpapel
P2	241193	8743322	<i>Erodium Moschatum</i>	Alfiler
P3	241345	8743564	<i>Calceolaria Pinnata</i>	Zapatito de bebe
P4	241553	8743691	<i>Alternanthera Porrigens</i>	Moradilla
P5	241703	8743821	<i>Galinsoga Caligensis</i>	Galinsoga
P6	241952	8743917	<i>Euphorbia dendroides</i>	Lechetrezna arbórea
P7	242573	8743882	<i>Sicyos Angulatus</i>	Pepino estrella
P8	242833	8743824	<i>Fuertesimalva Peruviana</i>	Malva
P9	243163	8743617	<i>Flourensia Campestris</i>	Hoja ancha
P10	243409	8743515	<i>Alternanthera Halimfolia</i>	Hierva Blanca
P11	243593	8743266	<i>Ficus Carica</i>	Higuera
P12	243778	8743001	<i>Vasconcellea Candicans</i>	Mito
P13	243883	8742704	<i>Ceiba Speciosa</i>	Arbol botella
P14	243675	8742306	<i>Quercus Alba</i>	Encinos
P15	243197	8742303	<i>Ambrosia Deltoidea</i>	Altamisa
P16	242835	8742292	<i>Senecio Abadianus</i>	Senecio
P17	242553	8742411	<i>Nostoc Commune</i>	Cushuro

Fuente: Elaboración propia

Las especies halladas, fueron insertadas en el programa Envi, para poder confirmar su existencia mediante la teledetección, posterior a ello, poder identificar los tipos de coberturas vegetal existentes.

4.2 Identificación de tipos de vegetación

Figura 3 Mapa de tipos de vegetación de la Reserva Nacional de Lachay



Fuente: Elaboración propia

En el mapa se puede apreciar los tipos de vegetación existentes en la Reserva Nacional de Lachay gracias al programa ENVI, que también nos brinda una fiabilidad, para que podamos verificar si estos datos son reales o no.

Tabla 5 Identificación de coberturas vegetales

Especies	Tipos de Coberturas Vegetales
Suelo desnudo	Desierto
Flourensia	Loma de Tillandsias
Nostoc Commune	Loma de Nostoc
Fuertesimalva Peruviana	Loma de Stenomesson
Senecio Abadianus	
Alternanthera Porrigens	
Erodium Moschatum	
Senecio Abadianus	Loma de Herbáceas
Galinsoga Caligensis	
Calceolaria Pinnata	
Quercus	Loma tipo Parque
Ceiba Speciosa	
Ficus Carica	
Euphorbia dendroides	
Vasconcellea Candicans	
Alternanthera Halimfolia	Loma de paredes rocosas
Selaginella sellowii	Loma de musgos y líquenes
Sicyos Angulatus	Loma de cactáceas

Fuente: Elaboración propia

Para poder relacionar las especies con los tipos de cobertura vegetal, tuvimos que apoyarnos de las distintas características que tienen estos tipos de cobertura vegetal,

también verificar la fiabilidad que nos brinda el programa ENVI, debido a que, si falla dicha fiabilidad indicaría que esas especies no pertenecían a la Reserva Nacional de Lachay. Una herramienta que fue primordial para poder hallar los tipos de especies fue la clasificación supervisada, ya que este método nos pudo brindar las especies in situ, ya con ello pudimos empezar a reconocer los tipos de coberturas vegetales.

V. DISCUSIÓN

Mediante la técnica de la teledetección se demostró la existencia de 9 tipos de cobertura vegetal en la Reserva Nacional de Lachay, sin embargo, para el SERNANP (como se citó en Romero, Medina y Ocaña, 2018), hasta el 2002 solo existían ocho tipos de cobertura: loma tipo parque, loma de herbáceas, loma arenosa, loma de Nostoc, loma de Stenomesson, loma de cactus, loma de paredes rocosas con musgos y líquenes y loma pedregosa. No obstante, el MINAM (2013) identifica y clasifica la reserva en nueve tipos de cobertura vegetal en relación a la gradiente altitudinal que varía desde los 100 a 800 msnm. Ambos estudios fueron experimentales, es decir realizaron toma de muestra de las especies in-situ trabajando de manera mecánica.

Para este tipo de estudio la teledetección brinda diferentes beneficios (reducción de costos, tiempo y facilidad de manipulación de datos).

La elección del tipo de índice e imagen idónea para la investigación dependerá del lugar y objeto de estudio. Por ello, para CUYA (2016) el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) es el índice con mayor efectividad para la identificación de vegetación en lomas, sin embargo, la efectividad de este índice dependerá del tipo de imagen satelital a usar, ya que, el autor realizó el estudio de las Lomas de Atocongo con imágenes brindadas por las siguientes plataformas: SPOT, IKONOS, ASTER Y WORLD VIEW, teniendo como resultado cierto grado de dificultad en el acceso de imágenes con buena calidad en relación a su resolución espacial y la cobertura del área por nubes durante la época de verdor. Dichas plataformas fueron creadas para diferentes finalidades, sin embargo, el autor las utilizó por su antigüedad y por su resolución temporal, generando una deficiencia en la aplicación del NDVI, debido a la baja resolución espacial creando dificultad para identificar el total de existencia de cobertura vegetal.

A diferencia de SPADONI G [et al.] (2020), aplicó el NDVI en imágenes multiespectrales SENTINEL 2, ya que fue elegida debido a que este índice es el más

útil para distinguir la vegetación de otros tipos de cobertura terrestre, el cual resulta de la combinación de bandas roja (R) e infrarroja cercana (NIR) que están condicionadas por la presencia de clorofila teniendo un mayor detalle debido a su alta resolución espacial (10 m) y temporal (5 días) (SPADONI G, [et al.] 2020). La combinación de ambos recursos generó un trabajo con mayor utilidad y caracterización de especies, discriminando la geomorfología del área. Si bien es cierto, existen imágenes con mayor resolución temporal como el MODIS, pero su desventaja es su baja resolución espacial (250 m a 1000m).

Dentro de sus beneficios del NDVI MIYASURO L y ORTIZ H (2016), aseguran que es un índice de fácil manejo y discrimina mejor la cobertura vegetal que otros tipos de índices, debido a que sus resultados tienen solo un rango de variación entre -1 y +1 (siendo los valores más cercanos a -1 suelos desnudos o de baja cobertura vegetal y +1 con mayor presencia de vegetación), añadiendo a ello la clasificación supervisada (georreferenciación) para obtener un mejor resultado con mayor nivel de confianza. El cual trabajando en conjunto con el NDWI generan un mejor resultado. Tal como lo mencionan JOVANOVIĆ N [et al.], quienes utilizaron el NDWI y el NDVI para vincular la vegetación y la evapotranspiración, siendo el NDWI uno de los mejores índices para estimar o calcular el contenido de agua en la vegetación (2014). Así como, CARVALHO V y GUASSELLI L (2015), quienes aplicaron el NDWI para diferenciar cuerpos de agua de la vegetación, dando como resultado la maximización de la reflectancia (capacidad de reflejar calor) típica del agua usando la longitud de onda verde, minimización de la baja reflectancia de masas de agua en el infrarrojo cercano y optimizar el contraste entre el agua y la cobertura vegetal dado por el infrarrojo cercano.

Sin embargo, para SZABÓ, GÁRCSI y BALÁZS (2016), el índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) usado como filtro para la discriminación del agua presente en la biomasa no es eficiente, debido a la similitud en el valor del pixel de cuerpos diferentes que proyectó en su investigación. De igual manera, ZHOUD [et al.], asegura que el uso de este índice no elimina los píxeles de confusión del terreno y objetos de fondo, siendo la menos indicada para su aplicación áreas de menor extensión (2018). Discrepando con los enunciados, la efectividad de la aplicación de los índices dependerá del conocimiento y manejo del investigador, ya que cada índice e imagen satelital fue creado con un fin distinto o quizás en común, pero con diferentes

procedimientos, tal como lo menciona DAS (2017), quien afirma que para la efectividad del trabajo en conjunto de estos dos índices (NDVI y el NDWI), es necesario identificar el satélite que obtenga una mayor resolución espacial y temporal.

VI. CONCLUSIONES

- 1) De acuerdo al análisis realizado mediante los índices espectrales y la técnica de la teledetección, se determinó 9 tipos de cobertura vegetal, los cuales son: desierto, loma de tillandsias, loma de nosctoc, loma de stenomesson, loma de Herbáceas, loma tipo parque, loma de paredes rocosas, loma de musgos y líquenes y loma de cactáceas.
- 2) Por consiguiente, los índices de vegetación que se utilizaron para determinar los tipos de cobertura vegetal fueron: el NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) el cual permite identificar el tipo de vegetación y el NDWI (índice diferencial normalizado de agua) este índice permitió brindar información sobre la hidratación de la vegetación y la humedad del suelo; los cuales al combinarse permiten brindar una mejor clasificación de tipos de cobertura vegetal.
- 3) La clasificación supervisada, es el método usado para la determinación de los tipos de cobertura vegetal; es un proceso en el cual se puede identificar los valores de cada pixel, de cada banda utilizada; la cual crea y/o evalúa las firmas (clases), teniendo como resultado un mapa de uso del suelo o en nuestro caso de cobertura vegetal.

VII. RECOMENDACIONES

Para la determinación de tipos de cobertura vegetal en lomas ha sido eficiente el uso de los índices NDVI y NDWI en imágenes SENTINEL 2. Sin embargo, se recomienda:

- Continuar con el análisis de los tipos de cobertura vegetal mediante un estudio longitudinal en la Reserva Nacional de Lachay con los mismos índices y tipo de imagen, para observar el comportamiento y/o migración de nuevas especies durante todo el año.

- Realizar una revisión bibliográfica en relación a las plataformas de acceso de imágenes satelitales (aplicaciones, resolución espacial, resolución temporal, costos, número de bandas, ancho de franja, etc.), para identificar el más apropiado para la investigación.
- La dificultad del análisis de imágenes satelitales en lomas es mayor, debido a su alto grado de humedad en su época de verdor, son cubiertas por nubes y alteraciones atmosféricas; para ello se recomienda el uso adicional de índices espectrales según la dificultad o necesidad de corrección de la imagen.
- Realizar estudios en relación a la variación de humedad y el efecto del fenómeno del niño y de la niña presente en la reserva, para realizar acciones que prevengan su deterioro.
- Para el cuidado y conservación de la Reserva Nacional de Lachay, se recomienda generar un portal de transparencia y/o capacitaciones al público para la denuncia de actos que atenten a la alteración física de la Reserva.

REFERENCIAS

- AGUILAR, Heileen [et. al]. Metodología para la Corrección Atmosférica de Imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el Módulo Flaash de Software ENVI [en línea]. Costa Rica: Setiembre, 2014 [Fecha de consulta: 27 noviembre 2018].

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/277343027_METODOLOGIA_PARA_LA_CORRECCION_ATMOSFERICA_DE_IMAGENES_ASTER_RAPIDEYE_SPOT_2_Y_LANDSAT_8_CON_EL_MODULO_FLAAH_DEL_SOFTWARE_ENVI_ATMOSPHERIC_CORRECTION_METHODODOLOGY_FOR_ASTER_RAPIDEYE_SPOT_2_AND_LANDSAT

ISSN: 1011-48X

- AMBROSIO, Gregorio, GONZÁLES, Javier y ARÉVALO, Vicente. Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal [en línea]. España: Málaga [Fecha de consulta: 27 Noviembre 2018].

Disponible en: <http://mapir.isa.uma.es/varevalo/drafts/ambrosio2002crg.pdf>

- APONTE, Héctor. Nuevo Registro de flora para las Lomas de Lachay (Lima, Perú): Primer Reporte de *Lenna minuta* Kunth (ARACEAE) [en línea]. Lima, Perú: 2016 [Fecha de consulta: 1 Octubre 2018].

Disponible

en:

<http://www.redalyc.org/pdf/341/34146613007.pdf>

ISSN:

1726-2216

- BALBONTÍN, Claudio, ODI, Magali, POBLETE, Rodolfo, GARRILLO, Jesus, CAMPOS, Isidro y CALERA, Alfonso. Uso de Herramienta de teledetección y SIG para el manejo del riego en los cultivos. La SERENE: Instituto de Investigación Agropecuarias [en línea]. 2016. Pag.50, [fecha de consulta: 15 de septiembre del 2020]. Disponible en

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40534.pdf>

ISSN 017-4829, ISSN 0717-4829

- BRAVO, Nino. Teledetección Espacial Landsat, Sentinel 2, Aster L1T y MODIS [en línea]. Huánuco, Perú: Geomática Ambiental S.R.L., 2017 [Fecha de consulta: 4 Octubre 2018].
Disponible en: https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf

- CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018 [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2020]
Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
ISBN: 9789942765444

- CACHORRO, V. Estudio de la influencia de los aerosoles sobre la reflectancia de los canales 1 y 2 del sensor AVHRR NOAA y el NDVI [en línea]. Junio, 2000 [Fecha de consulta: 08 Octubre 2018].
Disponible en: http://telenet.fa1.cie.uva.es/promotores/revista/revista_13/AET13_2.pdf

- CANELEO, Pilar. Sensoramiento Remoto de Imágenes Satelitales. Tesis (Ingeniería Civil en Electricidad). Punta Arenas, Chile: Universidad de Magallanes, 2010. 101 p.

- CARTOTECA, Rafael. Tutorial (nivel básico) para la elaboración de mapas con ArcGIS [en línea]. España: Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2011 [Fecha de consulta: 28 Noviembre 2018].
Disponible en: https://biblioteca.uam.es/cartoteca/documentos/CURSO_SIG_BASIC0_I.pdf

- CARVALHO, Viviane y ANTONIO, Laurindo. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil [en línea]. Brasil: Abril, 2015 [Fecha de consulta: 06 Octubre 2018].
Disponible en: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0727.pdf>

- CUYA Matos, Oscar A. Variación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en relación con la gradiente altitudinal en lomas de

- Atocongo. Tesis (Magister en Ecología y Gestión Ambiental). Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, Escuela de Postgrado, 2016. 276 p.
- CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. España: Vicente Morales, 2002. 604 p.
ISBN: 8434480476
 - DAS, Krishna. NDVI and NDWI based Change Detection Analysis of Bordoibam Beelmukh Wetlandscape, Assam using IRS LISS III data [en línea]. vol. 6. India: Julio, 2017 [Fecha de consulta: 06 Octubre 2018].
Disponible en: <http://journals.dbuniversity.ac.in/ojs/index.php/AJET/article/view/337> ISSN: 2348-7305
 - ESPINOZA, Eduardo y TOSCANO, Darwin. Metodologia de Investigacion Educativa y Tecnica [en línea]. Ecuador: Universidad Tecnica de Machala, 2015 [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2020]
Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6704/1/38%20METODO%20LOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20TECNICA%20Y%20EDUCATIVA.pdf>
ISBN: 9789978316474
 - EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). Sentinel – 2. Colour Vision for Copernicus [en línea]. Francia: París, 2015 [Fecha de consulta: 27 Noviembre 2018].
Disponible en: https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/Sentinel-2_Colour_visions_brosch%C3%BCre_eng.pdf
ISBN: 9789292210892
 - HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISYA, María. Metodología de la Investigación [en línea]. 6.a ed. México: México D.F., 2014 [Fecha de consulta: 04 de septiembre de 2020].
Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/descargas/perfeccionamiento/PLAN%20LECTOR%20PROGRAMA%20ALTO%20MANDO%20NAVAL%202020/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

ISBN: 9781456223960

- HILLIER, Amy. Manual for working with ArcGIS 10 [en línea]. Pensilvania: Universidad de Pensilvania, Filadelfia, 2011 [Fecha de consulta: 28 Noviembre 2018]. Disponible en:

<ftp://ftp.puce.edu.ec/Facultades/CienciasExactas/Geoinformatica/MANUALES%20PORA%20LA%20OPTATIVA/MANUAL%20ARCGIS%2010/Manual%20ArcGis%2010.pdf>

- JOVANOVIC, Nebo. Validation of remotely-sensed evapotranspiration and NDWI using ground measurements at Riverlands, South Africa [en línea]. Argentina: Abril, 2014 [Fecha de consulta: 04 Octubre 2018]. Disponible en:

<http://www.scielo.org.za/pdf/wsa/v40n2/03.pdf>

ISSN: 1816-7950

- JRC EUROPEAN COMMISSION. NDWI: Normalized Difference Water Index [en línea]. Europa: 2011 [Fecha de consulta: 29 Septiembre 2018]. Disponible en: http://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/factsheets/factsheet_ndwi.pdf
- LAUGHINGHOUSE, H. Dail [et. al]. Biología y Manejo de Nostoc (Cyanobacteria) en Viveros e Invernaderos [en línea]. Abril, 2019. [Fecha de consulta: 08 de Noviembre 2020]. Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG43200.pdf>
- LEÓN, Andrés. Descripción, Descarga y Manipulación de Productos Sentinel-2 [en línea]. Lima, Perú: 2015 [Fecha de consulta: 4 Octubre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/295661863/Guia-Sentinel-2-V1-0>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). El Rol del agua de las neblinas en la conservación y manejo de la biodiversidad de los ecosistemas de lomas [en línea]. Arequipa, Perú: 2013 [Fecha de consulta: 2 Octubre 2018]. Disponible en: http://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/factsheets/factsheet_ndwi.pdf
- MIYASIRO, María y ORTIZ, Martín. Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la Expansión urbana y minera (1986 – 2014). Tesis (Para optar por el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo). Lima, Perú: Universidad Mayor de

San Marcos, Escuela Académica Profesional d Ingeniería Geográfica, 2016.
172 p.

- PICONE, Natasha. Comparación de Imágenes Satelitales Sentinel 2 Y Landsat 8 en el Estudio de Áreas Urbanas [en línea]. Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2017 [Fecha de consulta: 27 Noviembre 2018].

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/320705706_COMPARACION_DE_IMAGENES_SATELITALES_SENTINEL_2_Y_LANDSAT_8_EN_EL_ESTUDIO_DE_AREAS_URBANAS

- PONCE, Ernesto. Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica [en línea]. N° 32. 23, Marzo del 2014. [Fecha de consulta: 29 de Octubre 2020].

Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n2/art15.pdf>

- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Proyecto EbA Lomas. Retos y oportunidades en la conservación de las lomas de Lima Metropolitana [en línea]. Lima, Perú: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2018 [Fecha de consulta: 01 Octubre 2018].

Disponible

en:

http://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones%20medio%20ambiente/Brochure_24PP_FINAL.pdf

- PUERTA, Ronald, RENGIFO, Juan y BRAVO, Nino. ArcGIS Básico 10 [en línea]. Perú: Tingo María, 2011 [Fecha de consulta: 27 Noviembre 2018].

Disponible en: <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>

- QUIRÓS Rosado, Elia M. Clasificación de imágenes multiespectrales ASTER mediante funciones adaptivas. Tesis (Doctorado en Expresión Gráfica). Cáceres, España: Universidad de Extremadura, 2009. 214 p.
- ROMERO, Adriana, MEDINA, Max y OCAÑA, Juan. Caracterización biológica durante el fenómeno “El Niño” en el ecosistema de las Lomas de Lachay. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6794819.pdf>

ISSN: 2519-7398

- SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAUTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación [en línea]. México: Jesús Mares Chacón, 2010 [Fecha de consulta: 20 Septiembre 2018].
 Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
 ISBN: 9786071502919
- SCHOMWANDT, David. Teledetección Aplicada a las Ciencias Agrónomas y Recursos Naturales [en línea]. Buenos Aires, Argentina: 2015 [Fecha de consulta: 29 Septiembre 2018].
 Disponible en: <https://docplayer.es/31911141-Teledeteccion-aplicada-a-las-ciencias-agronicas-y-recursos-naturales.html>
 ISBN: 9789873366871
- SERVICIO NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL Estado (SERNANP). Guía Oficial de Áreas Naturales Protegidas del Perú. Lima, Perú: Ricardo Espinoza, 2010. 331. P.
 ISBN: 9786124567513
- Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER). Geotecnologías, herramientas para la construcción de una visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible [en línea]. Argentina: Buenos Aires, 2016. 1126 p [Fecha de consulta: 27 Noviembre 2018].
 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311572244_Aplicaciones_de_Sentinel-2_a_estudios_de_vegetacion_y_calidad_de_aguas_continetales
 ISBN: 9789873941146
- SPADONI, G., CAVALLI, A., CONGEDO, L. y MUNAFO, M., Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) multi-temporal series for the production of forest cartography [en línea]. Septiembre, 2020. [Fecha de consulta: 04 de octubre].

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938520302858?via%3Dihub>.

ISBN: 23529385

- SZILÁRD, Szabó, ZOLTÁN, Gácsi y BOGLÁRKA, Balázs. SPECIFIC FEATURES OF NDVI, NDWI AND MNDWI AS REFLECTED IN LAND COVER CATEGORIES

[en línea]. Septiembre, 2016 [Fecha de consulta: 02 Octubre 2018].

- VIERA, Samuel. Etnobotánica de las especies del monte ribereño en el Río Chira, Sullana. Tesis (para optar por el Título Profesional de Biólogo). Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas, 2015. 126 pp.

Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/265/BIO-RAY-VIE-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tema: “Determinación de tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020”										
	PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	
GENERAL	¿Cómo se determina los tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020 ?	Determinar los tipos de cobertura vegetal mediante índices espectrales usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020.	VARIABLE 1	COBERTURA VEGETAL	Una cobertura vegetal- también se conoce a veces como cubiertas ecológicas, tejados ajardinados o cubiertas verdes, además de distinguen entre cubiertas vegetales extensivas o intensesias (MINAM,2013)	Estos tipos de cubierta vegetal ya se encuentran definidos, pero se corroborara el tipo de cubierta vegetal presentes en la actualidad	Tipos de cubierta vegetal	Desierto	m2	
								Loma de Tillandsias	m2	
								Loma de Nostoc	m2	
								Loma de Stenomesson	m2	
								Loma de Herbáceas	m2	
								Loma tipo Parque	m2	
								Loma de paredes rocosas	m2	
								Loma de musgos y líquines	m2	
ESPECIFICOS	¿Cuáles son los índices de vegetación para la determinación de tipos de cobertura vegetal usando teledetección Reserva Nacional de Lachay, 2020 ?	Identificar los índices de vegetación para la determinación de tipos de cobertura vegetal usando teledetección, Reserva Nacional de Lachay, 2020	VARIABLE 2	ÍNDICES ESPECTRALES	Los índices espectrales son una herramienta que provee información rápida y de manera no destructiva en extensiones territoriales grandes con una resolución espacial moderada y temporal alta (BUZZI, M., RUETER, B., GHERMANDI,L.,2017)	Estos índices de vegetación se utilizaran con el fin de detectar el grado de humedad y tipos de cubierta vegetal	Tipos de índices de vegetación	NDWI	m2	
								NDVI	m2	
								Algoritmo de máxima probabilidad	Bandas multiespectrales Sentinel 2 (2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 y 12)	m2

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			FECHA: ___/___/___			
	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN - RESERVA NACIONAL DE LACHAY						
GEORREFERENCIACIÓN							
ITEMS	COORDENADAS			MARGEN DE ERROR	PLANTA		Observaciones
	X	Y	Z		Nombre Común	Nombre Científico	
P1							
P2							
P3							
P4							
P5							
P6							
P7							
P8							
P9							
P10							
P11							
P12							
P13							
P14							
P15							

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3 FIABILIDAD

FIABILIDAD																		
Overall Accuracy = (130054/130054) 100.0000%																		
Kappa Coefficient = 1.0000																		
Class	Selaginella Sellowii	Erodium Moschatum	Calceolaria Pinnata	Alternanthera Porrigenis	Galinsoga Caligensis	Euphorbia dendroides	Sicyos Angulatus	Fuertesimalva Peruviana	Flourensia Campestris	Alternanthera Halimfolia	Ficus Carica	Vasconcellea Candicans	Ceiba Speciosa	Quercus Alba	Ambrosia Deltoidea	Senecio Abadianus	Nostoc Commune	Total
Selaginella Sellowii	327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327
Erodium Moschatum	0	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166
Calceolaria Pinnata	0	0	2691	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2691
Alternanthera Porrigenis	0	0	0	1746	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1746
Galinsoga Caligensis	0	0	0	0	9340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9340
Euphorbia dendroides	0	0	0	0	0	8677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8677
Sicyos Angulatus	0	0	0	0	0	0	15931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15931
Fuertesimalva Peruviana	0	0	0	0	0	0	0	5065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5065
Flourensia Campestris	0	0	0	0	0	0	0	0	1822	0	0	0	0	0	0	0	0	1822
Alternanthera Halimfolia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2451	0	0	0	0	0	0	0	2451
Ficus Carica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20167	0	0	0	0	0	0	20167
Vasconcellea Candicans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20386	0	0	0	0	0	20386
Ceiba Speciosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4823	0	0	0	0	4823
Quercus Alba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3966	0	0	0	3966
Ambrosia Deltoidea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4088	0	0	4088
Senecio Abadianus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28408	0	28408
Nostoc Commune	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1958	1958
Total	327	166	2691	1746	9340	8677	15931	5065	1822	2451	20167	20386	4823	3966	4088	28408	1958	132012

ANEXO 4

Documentación para el acceso al área de estudio

Formulario de SOLICITUD DE APROBACIÓN AUTOMÁTICA

Sumilla: Autorización para realizar investigación científica en Áreas Naturales Protegidas del SINANPE, hasta por el periodo de dos (02) años

A LA JEFATURA / DIRECCION DE GESTION DE LAS AREAS NATURALES PROTEGIDAS LOMAS DE LACHAY.

Jackeline Jovana Huaytalla Rosales y Diana Elizabeth Rosario Valero Blancas, identificado con N° DNI 70024085 y 78290588 respectivamente, con domicilio para estos efectos en Mz. K5 Lt4 Urbanización Mariscal Cáceres, San Juan de Lurigancho, Lima – Lima y Calle Junin 195 Los Perales, Santa Anita, Lima – Lima.

De conformidad con el procedimiento N° 4 del Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del SERNANP, solicito autorización para realizar investigación científica titulada "Determinación de tipos de cobertura vegetal a través de los índices de vegetación mediante técnicas de teledetección en la Reserva Nacional Lomas de Lachay - 2020", la misma que no se encuentra en los supuestos:

- a) El ingreso a ámbitos de acceso restringido
- b) La colecta de muestras biológicas
- c) Alteración del entorno o instalación de infraestructura en el caso de áreas naturales protegidas de administración nacional.
- d) Uso de equipo o infraestructura de ANP de administración nacional.
- e) Investigación en predios privados

Dicha investigación se realizara en el ANP Lomas de Lachay, por el plazo de 04 meses comprendidos desde el mes de Septiembre hasta Diciembre del presente año, para lo cual se adjunta a la presente solicitud el Plan de investigación respectivo y la(s) fichas de datos de las personas que ingresarán a realizar la investigación .

Finalmente, declaro bajo juramento que no tengo impedimento ni inhabilitación administrativa y/o judicial para contratar con el estado y tengo pleno conocimiento de los alcances del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM y las Disposiciones del SERNANP, por ende declaro dar fiel cumplimiento a las obligaciones y compromisos que se despendan de la emisión de la autorización.

Por lo expuesto, agradeceré a usted acceder a lo solicitado.

Lima, 30 de Septiembre del 2020

(Firma)

Contactarme a
Correos Electrónicos : jjhr.17.22@gmail.com / dvalerob13@gmail.com
Teléfono : 920889924 / 928923093

**CONTENIDO BASICO DEL PLAN DE INVESTIGACION DE SOLICITUD DE
APROBACION AUTOMATICA:**

1. Título de la investigación a desarrollar.

"Determinación de tipos de cobertura vegetal a través de los índices de vegetación mediante técnicas de teledetección en la Reserva Nacional Lomas de Lachay - 2020"

2. Objetivos de la Investigación.

Objetivo General:

Analizar los tipos de cobertura vegetal y su influencia en los índices de vegetación mediante técnicas de teledetección en la RN Lomas de Lachay, 2020.

Objetivos Específicos:

- Aplicar el algoritmo de máxima probabilidad en los tipos de cobertura vegetal mediante técnicas de teledetección en la RN Lomas de Lachay, 2020.
- Demostrar los tipos de cobertura vegetal a través de los índices de vegetación mediante técnicas de teledetección en la RN Lomas de Lachay, 2020.

3. Ambito geográfico sobre el cual se desarrollará la Investigación (Incluir un mapa de la zona y ruta a seguir, con coordenadas UTM datum WGS84.

- La ruta que se ira a seguir es el circuito de la Tara



7. Cronograma de visitas y número de días por ingresar al ANP

FECHA DE VISITA	Nº DE PERSONAS	ANP
03 Octubre 2020	2	RN Lomas de Lachay
24 Octubre 2020	2	RN Lomas de Lachay
07 Noviembre 2020	2	RN Lomas de Lachay
21 Noviembre 2020	2	RN Lomas de Lachay

5. Relación del personal involucrado en el desarrollo del Plan de Investigación, que ingresará al Área Natural Protegida, indicando el DNI de cada persona.

ANEXO 5

*FICHA DE DATOS DEL PERSONAL INVOLUCRADO

Nombres		Jackeline Jovana							
Apellidos		Huaytalla Rosales							
Nacionalidad		Peruana							
Identificación	Documento (**)	DNI							
	Nro.	70024085							
Domicilio		Mz. K5 Lt4 Urbanización mariscal Cáceres, San Juan de Lurigancho, Lima – Lima							
Teléfono	Cód. País	+51							
	Cód. Ciudad								
	Número	920889924							
Correo Electrónico		hr.17.22@gmail.com							
Profesión u Ocupación y Especialización		Estudiante de Ingeniería Ambiental							
Organización		Universidad César Vallejo							
Cargo en la Organización (#)		Responsable	<input type="checkbox"/>	Colaborador	<input type="checkbox"/>	Asistente	<input type="checkbox"/>	Voluntario	<input type="checkbox"/>

(*) La ficha de datos es el formato para los dos tipos de solicitudes.

(**) Indicar tipo de documento (DNI, Pasaporte, Carné de Extranjería)

Reproducir según el Nº de participantes.

*FICHA DE DATOS DEL PERSONAL INVOLUCRADO

Nombres		Diana Elizabeth Rosario							
Apellidos		Valero Blancas							
Nacionalidad		Peruana							
Identificación	Documento (**)	DNI							
	Nro.	78299566							
Domicilio		Calle Junín 195, Los Perales, Santa Anita, Lima - Lima							
Teléfono	Cód. País	+51							
	Cód. Ciudad								
	Número	928923093							
Correo Electrónico		dvalerob13@gmail.com							
Profesión u Ocupación y Especialización		Estudiante de Ingeniería Ambiental							
Organización		Universidad César Vallejo							
Cargo en la Organización (#)		Responsable		Colaborador		Asistente		Voluntario	

(*) La ficha de datos es el formato para los dos tipos de solicitudes.

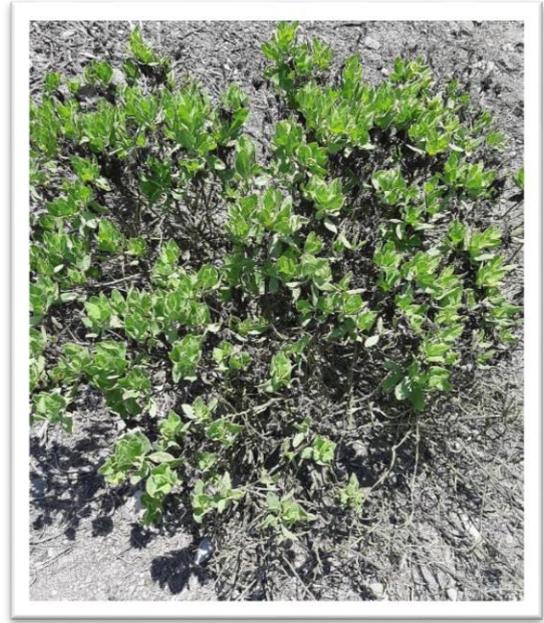
(**) Indicar tipo de documento (DNI, Pasaporte, Carné de Extranjería)

Reproducir según el N° de participantes.

ANEXO 4 Fotografías



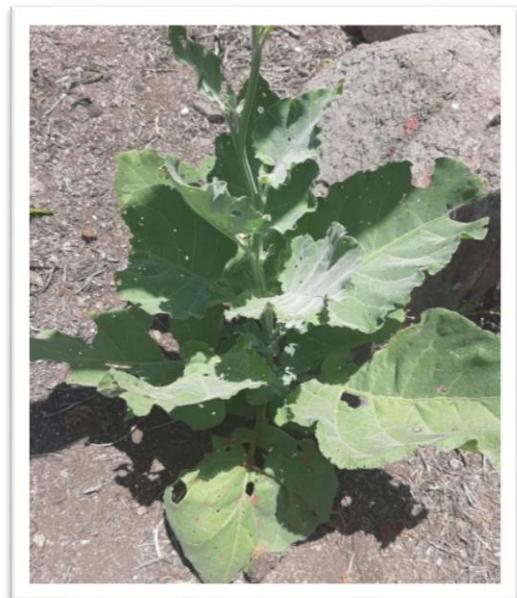
Selaginella sellowii



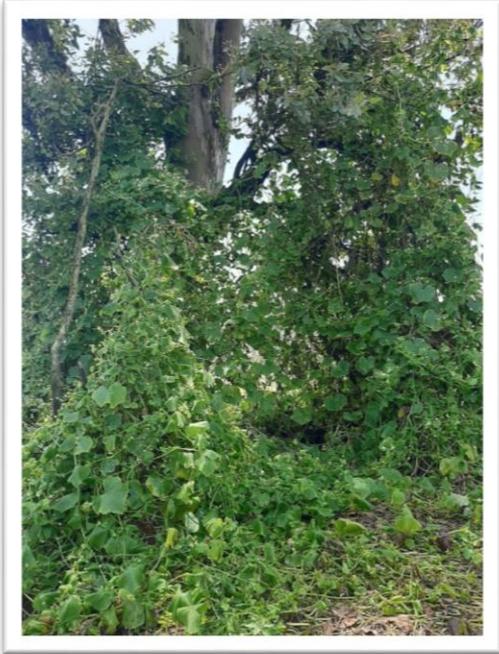
Alternanthera porrigens



Senecio abadianus



Balsamorhiza sagittata



Sicyos angulatus



Ficus carica



Euphoria dendroides



Galisonga caligensis



