

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Variabilidad espacio-temporal de vegetación de los distritos
colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR- CE provincia
San Martín durante el periodo 2009-2018**

Por:

Ricardo John Saavedra Rojas

Asesora:

Ing. Ivone Vásquez Briones

Tarapoto, junio de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Yo, *Ivone Vásquez Briones*, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "**VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE VEGETACIÓN DE LOS DISTRITOS COLINDANTES A LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DEL ACR-CE PROVINCIA SAN MARTÍN DURANTE EL PERIODO 2009-2018**", constituye la memoria que presenta el **Bachiller Saavedra Rojas, Ricardo John**; para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, que ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión, bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a losdías del mes de del año 2019



Asesora

Ing. Ivone Vásquez Briones

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE VEGETACIÓN DE LOS
DISTRITOS COLINDANTES A LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO
DEL ACR-CE PROVINCIA SAN MARTÍN DURANTE EL PERIODO
2009-2018


TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. Delbert Eleasil Condori Moreno
Presidente



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra
Secretario



Mstra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo
Vocal



Ing. Jessica Guipas Pezo
Vocal



Ing. Ivone Vázquez Briones
Asesor

Morales, 19 de junio de 2019

DEDICATORIA

La presente investigación va dedicado en primer lugar a Dios por todas las bendiciones y cuidados brindados a lo largo de estos años, a mis queridos padres Neil Edwin Saavedra Coral y Alegría Rojas Vela por el apoyo incondicional y sacrificio que realizaron para sacarme adelante, a mi hermano Neil Marcelo Saavedra Rojas para que sirva como ejemplo y modelo para luchar, esforzarse y dedicarse a los estudios, finalmente a mi abuelo Julián Saavedra Panduro por los consejos y lecciones de vida que ayudaron a forjarme como persona.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios por toda la fortaleza brindada para sobresalir de las pruebas puestas en mi camino de superación personal, por demostrarme su infinito amor hacia mi cada día.

En segundo lugar, a mis padres por brindarme su apoyo moral y económico, por brindarme su mano amiga cuando los ánimos estuvieron bajos, por esa motivación y amor otorgado.

En tercer lugar, a mi abuelo Julián Saavedra Panduro por ser un amigo y confidente, por sus sabios consejos, por su apoyo, motivación y amor para conmigo.

En cuarto lugar, a la Ing. Agrónoma Ivone Vásquez Briones, por el apoyo y tiempo brindado en la asesoría de esta Tesis, más que una buena docente, una gran amiga desde el primer día que inició la carrera universitaria.

Finalmente, agradecer a todas las personas que conocí en este proceso de aprendizaje, por las experiencias, anécdotas compartidas y por enriquecer mi aspecto cultural.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE MAPAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Presuposición filosófica.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.2. Bases teóricas	8
A. Conceptos generales.....	8
B. Conceptos de modelamiento.....	11
C. Cobertura vegetal.....	15
D. Cobertura forestal.....	17
E. Suelo	20
F. Uso de suelo	26
G. Geología	29
H. Clima	33
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. Descripción del área de estudio.....	35
3.2. Materiales y equipos.....	37
3.3. Metodología.....	38
3.4. Población y muestra	40
3.5. Instrumentos de recolección de datos	41
3.6. Técnicas de recolección de datos	41

3.7. Etapas de la investigación	42
3.8. Diseño de la investigación	44
3.9. Hipótesis	44
3.10. Variables	44
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
4.1. Resultados.....	45
4.1.1. Resultados del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ARC-CE en la región San Martín.....	46
4.1.2. Resultados de la variabilidad espacio-temporal de la cobertura boscosa de distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE en el periodo 2009-2018.....	49
4.1.3. Resultados de la cuantificación de la pérdida de vegetación de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ACR-CE en la región San Martín durante periodo 2009 – 2018.....	51
4.2. Discusiones	53
4.2.1. Respecto al Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).....	53
4.2.2. Respecto a la variabilidad espacio-temporal	54
4.2.3. Respecto a la cuantificación de la pérdida.....	55
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Imagen del satélite Landsat 8	11
Figura 2-Imagen del satélite Landsat 7	12
Figura 3-Portal web de la USGS.....	69
Figura 4-Imagen satelital antes de ser pre procesada en el software ENVI Classic + IDL	69
Figura 5-Imagen satelital pre procesada en el software ENVI Classic + IDL	70
Figura 6-Procesamiento de las imágenes satelitales en el software ArcMap 10.5	70

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1-Vegetación existente en la zona de estudio.....	16
Mapa 2-Especies forestal dentro de la zona de estudio	19
Mapa 3-Tipos de suelo existentes en la zona de estudio	25
Mapa 4-Uso de tierras de la zona de estudio	28
Mapa 5-Geología presente en la zona de estudio.....	32
Mapa 6-Clima existente en la zona de estudio.....	34
Mapa 7-Delimitación del ACR-CE con sus distritos colindantes.....	36
Mapa 8-Evaluación de la variabilidad de los distritos en 1000 m. de buffer.....	45
Mapa 9-Estudio del NDVI de los distritos colindantes al ACR CE 2009- 2018	47
Mapa 10-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2009	71
Mapa 11-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2010	72
Mapa 12-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2011	73
Mapa 13-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2012	74
Mapa 14-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2013.....	75
Mapa 15-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2014	76
Mapa 16-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2015.....	77
Mapa 17-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2016	78
Mapa 18-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2017	79
Mapa 19-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2018	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 -Comparación de satélites por bandas	39
Tabla 2 -Porcentaje del área abarcada en el estudio con respecto a la total	40
Tabla 3 -Resultados del análisis de NDVI 2009-2018	46
Tabla 4 -Análisis de variabilidad espacio-temporal de los distritos colindantes al ACR-CE.....	49
Tabla 5 -Cuantificación de la pérdida de cobertura vegetal total final.....	51
Tabla 6 -Cronograma de actividades del proyecto de investigación	81
Tabla 7 -Presupuesto del proyecto.....	82
Tabla 8 -Variables operacionales	83
Tabla 9 -Datos de delimitación del proyecto	80
Tabla 10 -Áreas de los distritos colindantes y el área abarcado por el proyecto	80
Tabla 11 -Conversión de pixel a metro - hectárea	81
Tabla 12 -Fechas de las capturas realizadas por los satélites	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Comparación de pérdida de cobertura vegetal 2009-2018.....	50
Gráfico 2-Repatición de pérdidas por distritos de la pérdida total	52

RESUMEN

La presente investigación evalúa la variabilidad espacio-temporal de vegetación tomando una determinada parte de los distritos de: Shapaja, Chazuta, Morales, Tarapoto, Cacatachi, Rumisapa, La Banda de Shilcayo, San Antonio, Lamas, Tabalosos, Alonso de Alvarado, Barranquita, San Roque de Cumbaza, Pinto Recodo, Caynarachi y Moyobamba, todos ellos colindantes a la zona de amortiguamiento del ARC-CE en la región San Martín.

Para llevar acabo esto se empleará la metodología NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada), índice que evalúa la cobertura vegetal existente y el cambio de este en un espacio determinado, de esta manera se podrá visualizar el estado en la que se encuentran los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento con respecto a su vegetación. Al obtener la información de la pérdida o reforestación de la cobertura boscosa de un periodo de diez años, se podrá determinar si está o no expuesta a la deforestación el ACN.

Por otra parte, los resultados de esta investigación servirán de base para el desarrollo e implementación de medidas o acciones de conservación y preservación del santuario natural Cerro Escalera que alberga flora, fauna y paisajes que diversifican el patrimonio cultural de la región, además de fuentes de agua que abastecen a esta.

Palabras claves: variabilidad, espacio, temporal, zona de amortiguamiento, distritos, colindantes, landsat, imagen satelital, NDVI.

ABSTRACT

This research evaluates the spatial-temporal variability of vegetation taking a certain part of the districts: Shapaja, Chazuta, Morales, Tarapoto, Cacatachi, Rumisapa, La Banda de Shilcayo, San Antonio, Lamas, Tabalosos, Alonso de Alvarado, Barranquita, San Roque de Cumbaza, Pinto Recubito, Caynarachi and Moyobamba, all of them adjacent to the ARC-CE buffer zone in the San Martín region.

To carry out this will be used the methodology NDVI (vegetation Index of difference standardized), index that evaluates the existing vegetation coverage and the change of this in a given space, in this way you can visualize the state in which the Districts adjacent to the buffer zone with respect to its vegetation. In obtaining information on the loss or reforestation of forest cover for a period of ten years, it will be possible to determine whether or not the ACR is exposed to deforestation.

On the other hand, the results of this research will serve as the basis for the development and implementation of measures or actions of conservation and preservation of the Cerro Escalera Natural sanctuary that houses flora, fauna and landscapes that diversify the heritage Culture of the region, as well as water sources that cater to this.

Key words: variability, space, temporal, buffer zone, districts, adjoining, landsat, satellite image, NDVI.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

La variabilidad de cobertura es un tema muy poco conocida, este engloba a un estudio de pérdida o ganancia boscosa, aunque la mayoría de veces el impacto es negativo por las diferentes actividades humanas que se realizan todos los días.

La pérdida de vegetación es atribuida en gran medida a las actividades antrópicas (migración de cultivos, minería informal, deforestación, el crecimiento poblacional desordenado (Milanés, Galbán & Olaya, 2017)) más que a causas naturales (incendios forestales, erosiones, deslizamientos) que conllevan a la degradación de la tierra y espacio donde suceden estos hechos.

El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP (2015) menciona que existe alrededor de ciento ochenta y tres (183) santuarios, comprendiendo un total de 22 733 279.93 hectáreas a lo largo y ancho del territorio nacional peruano, así como también incluyendo al Mar de Grau. Por otra parte, en su lista oficial áreas protegidas por el estado el SERNANP (2018) declara que el ARC-CE cuenta con una extensión territorial de 149 870.00 ha. Que atraviesa los distritos de Shapaja, Chazuta, Morales, Tarapoto, Cacatachi, Rumisapa, La Banda de Shilcayo, San Antonio, Lamas, Tabalosos, Alonso de Alvarado, Barranquita, San Roque de Cumbaza, Pinto Recodo, Caynarachi y Moyobamba sumando un total de 303147.951 ha de área de influencia. El PEHCBM (2010) indica que la zona de amortiguamiento de esta ANP comprende 247 155.10 ha, teniendo un perímetro de 390.764 km. Esta información fue extraída del satélite Landsat ortocertificadas en los años 2010 y 2011, adjuntando datos recolectados en campo”.

El portal periodístico Gestión (2018) indica que en la “Amazonía peruana se deforestaron alrededor de 23,000 ha de bosques durante la primera mitad del año” según el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, recalca que el 71% de la pérdida total se dio en las regiones de Loreto (5,500 ha.); Madre de Dios (4,300 ha.); Ucayali (3,700 ha) y San Martín (3,000 ha.)

La pérdida de cobertura boscosa por actividades antrópicas genera amenazas, estas son principalmente: cambios en los hábitats, tala de árboles a gran escala, variaciones de uso de suelos, polución y transmisión de especies invasoras que perjudican a las especies nativas (Agencia De Prensa Ambiental, 2011). Adicional a esto Rossi (2016) manifiesta que una vez realizadas practicas antropogénicas en coberturas boscosas los daños que acompañan a esta son negativos que, a su vez, repercute directa o indirectamente perdiendo los ecosistemas presentes.

Alonzo & Gonzáles (2010) estudiaron la “Pérdida de la cobertura vegetal como efecto de la Urbanización en Chetumal, Quintana Roo”, donde concluyen en que el crecimiento urbano está originando la pérdida de bosques a pesar de que existe un plan de urbanización de crecimiento; esto se debe al poco interés o desconocimiento que tienen las personas al momento de construir sus casas.

Álvarez & Agredo (2013) estudiaron la “Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico Andino, caso cuenca Urbana San Luis (Manizales)”, donde finalizan indicando que la principal pérdida de bosques se debe a la acción urbanística; además, esto ocasiona la extinción de biodiversidad y la reducción de su medio en el que viven.

El ACR-CE cuenta con varios distritos colindantes a su zona de amortiguamiento, estas poblaciones generan actividades antrópicas conllevando a la pérdida de vegetación por tal motivo se estudió la variabilidad de la cobertura boscosa que permitió observar cómo ha cambiado de manera positiva y negativa este espacio en un periodo de 10 años. Esta información sirve para la toma de decisiones de preservación y conservación de este santuario; así como, analizar el crecimiento que ha tenido esta problemática al pasar de años.

¿En qué medida la metodología NDVI determinará la cantidad de cobertura boscosa de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE, provincia San Martín, durante el periodo 2009-2018?

1.2. Justificación

La presente investigación estuvo enfocada a realizar un modelamiento en Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en los distritos colindantes al ACR- CE, por la preocupación que genera las actividades antrópicas de las poblaciones.

Proteger y conservar los bosques genera impactos positivos además de benéficos tales como conservar el área protegida, biodiversidad, agua, evita el cambio climático, materia prima y animales para las poblaciones indígenas que se encuentran dentro del área, recreación, entre otros (The Nature Conservancy, 2008).

Así mismo, este trabajo permitió obtener información real específica de la pérdida de cobertura boscosa en la última década. Por otra parte, los resultados de esta sirven como base para el desarrollo e implementación de medidas o acciones de conservación y preservación del área de conservación regional Cordillera Escalera.

Finalmente, la conservación de los recursos naturales tales como el ARC-CE debe ser una prioridad y esta información brinda un pronóstico de pérdida de cobertura boscosa a lo largo de los años. Esta zona es fuente principal de manantiales que sirven para el abastecimiento del servicio de agua potable al distrito de San Martín.

Adicional a esto el ACR-CE posee una gran diversidad ecológica, siendo el hogar de muchas especies de fauna y flora, como también posee destinos turísticos maravillosos abiertos al público.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la variabilidad espacio-temporal de vegetación de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ARC-CE en la región San Martín.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ARC-CE en la región San Martín.
- Identificar la variabilidad espacio-temporal de la cobertura vegetal de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE en el periodo 2009-2018.
- Cuantificar la pérdida de vegetación de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ACR-CE en la región San Martín durante periodo 2009 – 2018.

1.4. Presuposición filosófica

Desde el principio de los tiempos Dios ordenó y otorgó poder al hombre de administrar y cuidar la tierra, puso a la cabeza de toda la creación, no obstante, en la actualidad las practicas humanas resultan menos amigables con la tierra haciendo que se pierdan riquezas naturales de fauna, flora y afecciones a las poblaciones cercanas a estas zonas, por ende identificar, frenar y recuperar los territorios afectados no solo brinda una mejor calidad de vida, sino que también asegura un futuro para las siguientes generaciones. Además de esto protegemos el habitat del resto de especies con las que convivimos en este planeta.

1:28-29 dice: “Y los bendijo Dios, y les dijo: Fructificad y multiplicaos; llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra. Y dijo Dios: He aquí que os he dado toda planta que da semilla, que está sobre toda la tierra, y todo árbol en que hay fruto y que da semilla; os serán para comer”

Cuando el señor vuelva por segunda vez; pedirá cuenta de nuestros actos, de la tierra que nos dio a cuidar, y por ultimo si velamos por el interés de cada ser vivo de este planeta y cuidamos a todo ser que habita en él.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Tun-Dzul, Vester, Durán & Schmook en 2008 realizaron un estudio donde el objetivo fue “evaluar los cambios fenológicos de la vegetación desde el interior hasta la selva circundante y relacionarlos a la variabilidad de las imágenes descargar de satélite LandSat ETM en diferentes estaciones del año con el fin de observar cambios de vigor en la vegetación dependiendo de la estación. Ellos usaron la prueba ANOVA para observar diferencias significativas en la fisionomía general de la vegetación y para el análisis temporal se empleó el NDVI. Después de realizar la evaluación los resultados salieron a favor del ambiente sub húmedo que presentó una mayor cantidad especies vivas. Finalmente, concluyeron que en climas secos no existe mayor presencia de vida de microorganismos que ha comparación de climas húmedos.”

Tiedemanm en 2015 buscó “determinar los parámetros fenológicos (inicio, punto medio, fin, amplitud y base), para las estaciones de crecimiento, y así mejorar la productividad Pastoriles de Panicum maximun y observar si es que existe anomalías. Para esta investigación se usó el NDVI, dando como resultado una mejor producción en los meses enero, marzo y junio por lo que concluyeron brindando información útil para los productores y afirmar que la metodología sirvió en gran medida para el desarrollo de esta investigación.”

Beltrán en 2017 evaluó el “éxito de los procesos de restauración ecológica por medio de índices de vegetación utilizando imágenes satelitales, usando cuatro imágenes del satélite Landsat-8 y Sentinel-2 desde el 2014 al 2017 en el software QGIS, para luego aplicar los índices de vegetación del NDVI, SR, RVI, GI y SAVI a las imágenes corregidas. Al finalizar la investigación se concluyó que el “NDVI generaliza la superficie con cobertura vegetal y solo distingue los parches de suelo desnudo o con poca vegetación. Los índices SR y GI identifican la variación en superficies vegetales, observándose un comportamiento espectral diferente entre coberturas bajas y bosque denso.”

Meneses en 2011 estudió “El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque” en el cual se analizaron datos de teledetección juntamente con datos recogidos del lugar de estudio para su respectivo seguimiento con el fin de “observar la relación entre los indicadores de las funciones del bosque y el NDVI”, dado los resultados se puede presenciar un color verde en la cobertura, estos representan un indicador de buena salud de la vegetación. Por consiguiente, el autor menciona que con el “NDVI es posible hacer el seguimiento de los procesos de degradación.”

Rodríguez & Bullock en 2013 realizaron una “Comparación espacial y temporal de índices de la vegetación para verdor y humedad y aplicación para estimar LAI en el Desierto Sonorense**” para lo cual emplearon 4 índices de vegetación (NDVI, SAVI y TSAVI) y de humedad (NDII), así como 50 puntos de muestreo. Después de realizar la comparación se concluyó que el “NDVI y SAVI estuvieron muy correlacionados mientras que TSAVI fluctuó menos y NDII mostró fuertes variaciones estacionales.

de la Casa & Ovando en 2007 ejecutaron una investigación de “Integración del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) y del ciclo fenológico de maíz para estimar el rendimiento a escala departamental en Córdoba, Argentina” con el objetivo de “evaluar la relación entre el NDVI y el rendimiento de maíz en distintas etapas del ciclo del cultivo; analizar la influencia de la fecha de siembra, y desarrollar un modelo de pronóstico del rendimiento de maíz a escala departamental.” Llevado a cabo la experimentación se concluyó en que el “modelo de predicción explica alrededor del 80% de la variabilidad del rendimiento de maíz del Departamento Marcos Juárez en la Provincia de Córdoba, Argentina.”

Hernández, Escribano, & Tarquis en 2014 realizaron una “Comparación del índice de vegetación de diferencia normalizada obtenido a diferentes escalas en pastos de Dehesa” con finalidad de “establecer una comparación entre diferentes resoluciones, mediante los valores de NDVI obtenidos en diferentes épocas del año en las que la actividad fotosintética de las plantas varía.” Se concluye que “los resultados a diferentes escalas mostraron un comportamiento fractal del NDVI por lo que puede concluirse que las áreas de pasto herbáceo evaluadas presentan un comportamiento homogéneo.”

2.2. Bases teóricas

A. Conceptos generales

2.2.1. Áreas naturales protegidas por el estado

El estado peruano mediante ley de República (1997), indica que un “Área Natural Protegida es el medio continental o marino del territorio nacional, que es abiertamente reconocido y declarado santuario, además de clasificarlos en categorías y zonificaciones con el fin de proteger la diversidad de flora y fauna, la cultura, los paisajes, las investigaciones científicas, como también al progreso sostenible del Perú.”

2.2.2. Pérdida de cobertura boscosa

La Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente (2013) manifiesta que la pérdida de cobertura boscosa sucede cuando se elimina toda especie vegetal presente en un medio, adicional a esto, en su mayoría las zonas donde ocurre este desastre se convierten en infértiles o áridas, trayendo consigo la pérdida de la biodiversidad. En las coberturas boscosas se encuentran fuentes de agua u ojos de agua, como también múltiples microorganismos.

2.2.3. Actividades antrópicas

Ojeda & Santacruz (2017) mencionan que las actividades antrópicas son aquellos usos inapropiados a la tierra realizados por el hombre, esto conlleva a la eliminación de grandes masas boscosas que, a su vez, este impacto se refleja en la disminución de los caudales de los ríos, pérdida de fertilidad de suelos, extinción de especies de flora y fauna, erosión de suelos, entre otros.

El portal web Construmática (2018) sostiene que las actividades antrópicas son aquellas acciones o intervenciones ejecutadas por el hombre, por ejemplo: Deforestaciones, pesquería, agricultura, emisiones de gases, etc.

2.2.4. Modelamiento en sistemas de información geográfica(SIG)

Dávila (2013) menciona que “El modelamiento SIG es la combinación conformada por hardware, software, procedimientos y personal con el objetivo de

capturar, manejar, manipular, transformar, analizar y modelizar información geográfica, resolviendo problemas de gestión o planificación.”

2.2.5. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

En inglés Normalized Difference Vegetation Index, es un índice que se emplea para la evaluación de la vegetación y el cambio de cobertura. Esta metodología ha sido empleada por muchos años, como también su método de cálculo respecto al número y tipo de bandas que toma de los satélites. (Gidahatari, 2017)

2.2.6. Google earth pro

Collaborative Safety Research Center [CSRC] (2016) menciona que “Google earth pro es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía con base en la fotografía satelital; éste es un servicio de Google, con versión pública y gratuita de tecnología de búsqueda geográfica, una herramienta única que reúne búsquedas locales con vista satelital y mapas 3D satelitales del mundo.”

El portal web masadelante (2019) manifiesta que es una plataforma gratuita donde se puede encontrar toda la información geográfica del mundo a la facilidad de los usuarios, este programa puede ser usando como atlas, simulador de vuelos o enciclopedia. Dicha aplicación cuenta con imágenes 3D con una resolución alta, además de brindar una breve descripción de los lugares que se desees buscar.

Está disponible para PC y móviles en todos los sistemas operativos e idiomas.

2.2.7. Plataforma para visualizar imágenes (ENVI)

“Es un software especializado en el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales utilizado en todo el mundo. ENVI soporta imágenes obtenidas de numerosos tipos de satélites y sensores aerotransportados, además proporciona herramientas de pre proceso automático para obtener información de forma rápida y sencilla” ESRI (2018)

Geoservice (2004) menciona que “este software es soportado por la gran parte de las plataformas informáticas como: UNIX, PC/Windows o Linux, Macintosh, debido a su lenguaje de desarrollo independiente en la cual se esté

ejecutando. Además de su gran capacidad de procesar diferentes tipos de imágenes: de satélite, radar o aéreas, dentro de ellas SPOT, IKONOS, Landsat 7, Terra (ASTER, MISR, MODIS), ERS, SeaWiFs, ENVISAT, SPOT Végétation, HDF-EOS, Radarsat, TOPSAR, AIRSAR, E-SAR, GEOTIFF, AVIRIS, CASI”.

Debido a estas características es usado frecuentemente por investigadores que realizan análisis espaciales.

Este software fue creado por Exelis Visual Information Solutions en el año de 1977.

2.2.8. Servicios de descarga de datos:

Son plataformas web donde se almacena los datos de cada uno de los satélites en órbita, desde su lanzamiento hasta la actualidad o sea dado de baja, los servicios de descarga más resaltantes son:

- ❖ Servicio Geológico de los Estados Unidos o USGS

“Es una agencia científica creada para obtener información de cómo ayudar a solucionar problemas complejos relacionados a los recursos naturales a través de los Estados Unidos y alrededor del mundo, donde recopila, estudia, analiza y provee información científica sobre las condiciones, asuntos y problemas concernientes al ambiente” (USGS, 2001).

- ❖ LIBRA

Libra es un navegador de imágenes del satélite Landsat 8 abierta al público. Sirve para navegar, filtrar, ordenar y descargar imágenes del satélite mencionado. Este navegador fue desarrollado por Development SEED y DIGITAL ASTRO. DevelopmentSEED & DIGITAL (2019)

- ❖ Copernicus Open Access Hub

“Es un programa de observación de la Tierra por parte de la unión europea, este analiza el planeta y su entorno para el beneficio de todos los ciudadanos europeos. También ofrece servicios de información basados en la observación de la Tierra por satélite e información in situ.” Copernicus (2018)

B. Conceptos de modelamiento

2.2.9. Landsat

Landsat es un proyecto iniciado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos en conjunto con la NASA, este comprende la colección continua más larga de datos de teledetección mundial.

Durante las últimas cuatro décadas esta información ha sido de mucha utilidad para los diferentes campos de la infestación en las áreas de agricultura, geología, silvicultura, ciencias ambientales, educación, correlación e investigación del cambio global, así como también la respuesta inmediata y socorro en casos de desastre, así lo menciona Lyon (2015).

❖ Satélite Landsat 8

“Fue lanzado el 11 de febrero de 2013 desde la base Vandenberg Air Force, ubicado en California a bordo de un cohete Atlas-V 401, Los instrumentos de este satélite representa un avance evolutivo de tecnología empleada, ya que cuenta con el Operational Land Imager (OLI) y el Sensor Infrarrojo Térmico (TIRS). Estos dos sensores brindan una cobertura estacional de la masa terrestre global a una resolución espacial de 30 metros (visible, NIR, SWIR); 100 metros (térmica); y 15 metros (pancromática).” Así lo manifiestan Masek, Taylor, y Rocchio (2012) en el portal web NASA Landsat Science.

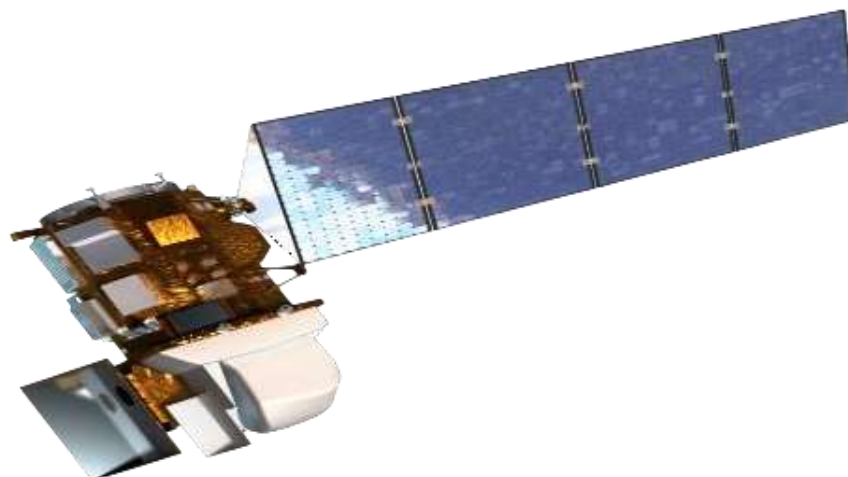


Figura 1-Imagen del satélite Landsat 8

Fuente: Masek, Taylor, & Rocchio (2012)

❖ Satélite Landsat 7

Fue lanzado con éxito el 15 de abril de 1999, desde el Western Test Range de la Base de la Fuerza Aérea de Vandenberg, California, en un vehículo de lanzamiento prescindible Delta-II. Este satélite es el mejor calibrado que sus antecesores, haciéndolo el más preciso al momento de observar la tierra siendo catalogado como "el instrumento de observación de la Tierra más estable y mejor caracterizado que se haya colocado en órbita" por contar con "una banda pancromática con resolución espacial de 15m., 5% de calibración radiométrica absoluta, un canal IR térmico con resolución espacial de 60m. y un registrador de datos a bordo", así lo mencionan Masek, Taylor y Rocchio (2012)



Figura 2-Imagen del satélite Landsat 7
Fuente: Nasa Science (2018)

2.2.10. Imagen satelital

El portal web EcuRed (2012) declara que "una imagen satelital es la representación visual capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen la información reflejada por la superficie de la tierra que es enviada a través de la atmosfera directo al satélite, que al procesarlo convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada."

2.2.11. Teledetección

Gonzaga (2014) menciona que “la teledetección es la técnica que nos permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. El sol ilumina la superficie terrestre, que refleja esa energía en función del tipo de cubierta presente sobre ella. Ese flujo reflejado se recoge por el sensor, que lo transmite posteriormente a las estaciones receptoras.”

2.2.12. Bandas espectrales

Geomática (2008) expresa que es la capacidad que posee un satélite para captar información, esos cuentan con rangos establecidos del espectro electromagnético. Las longitudes de las ondas son datos aproximados, además de que cada banda un uso, estas son:

- Azul, de 450 a 515 o 520 nm, utilizada para la obtención de imágenes de la atmósfera y el agua profunda, con la capacidad de alcance de 150 metros de profundidad en agua clara.
- Green, de 515 o 520 a 590 o 600 nm, utilizada para la obtención de imágenes de vegetación y las estructuras de aguas profundas, con la capacidad de alcance 27 metros aproximadamente en agua clara.
- Rojo, de 600, 690 o 630 a 680 nm, utilizada para la obtención de los objetos construidos por el hombre, con la capacidad de alcance hasta 30 metros de profundidad en el agua, el suelo y la vegetación.
- Infrarrojo cercano, de 750 hasta 900 nm, utilizada captar imágenes de la vegetación.
- Infrarrojo medio, de 1550 a 1750 nm, utilizado para las imágenes de vegetación, humedad del suelo e incendios forestales.
- Infrarrojo medio, de 2080 a 2350 nm, utilizado para las imágenes del suelo, humedad, características geológicas, silicatos, arcillas e incendios.
- Infrarrojo térmico, de 10.400 a 12.500 nm, usa radiación emitida del lugar u objeto apuntado, de esta forma obtiene imágenes de las estructuras geológicas, las diferencias térmicas en las corrientes de agua, incendios, y para estudios nocturnos.

2.2.13. Pre procesamiento de imágenes

Se refiere a la corrección de las imágenes que cuentan con anomalías, estas pueden ser, las franjas blancas, ubicación, radiometría de los píxeles entre otras que entorpecen la calidad de esta, así como el análisis de los índices.

Chuvienco (2008) manifiesta que las imágenes satelitales pueden alterarse debido a: distorsiones originadas por la plataforma, distorsiones provocadas por la rotación terrestre, distorsiones por el sensor y distorsiones provocadas por la atmósfera.

Esto se debe corregir para realizar el análisis ya que la misma imagen perjudica los resultados finales.

2.2.14. Índices de vegetación

Díaz (2015) menciona que “estos índices son medidas cuantitativas, en base a valores digitales, que calculan la biomasa vegetal. Un índice de vegetación es la unión de las bandas espectrales, resultando como producto de varios valores espectrales que son sumados, divididos, o multiplicados en una forma diseñada para brindar un valor simple donde se indique la cantidad o vitalidad de la vegetación dentro de un píxel.”

De esta forma se estima y evalúa el estado la vegetación existente en base a la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan.

C. Cobertura vegetal

Dentro de la zona de estudio se puede encontrar la siguiente vegetación según el ZEE 2013 aprobado por el MINAM:

2.2.15. Aguajales

Gonzáles & Torres (2010) explican que los aguajales es un tipo de palmera dioica que alcanzan la altura de 40 metros. El hábitat de esta especie son los pantanos y lugares con mal drenaje formando lagunas o manantiales a su alrededor, posee un fruto muy popular llamado aguaje que es muy consumido en la Amazonía peruana.

2.2.16. Renacales

Los renacos son otra variedad típico presente en esta parte de la selva, el portal web Naturale (2016) manifiesta que pueden llegar a crecer hasta los 100 metros, una de sus características resaltante son sus raíces aéreas que bajan desde las ramas hasta el suelo, con el pasar del tiempo a partir de esto se genera otra planta de renaco expandiéndose así hasta crear bosques grandes.

2.2.17. Matorrales

Según el EcologiaHoy (2013) los matorrales es la extensión vegetal conformado por arbustos principalmente césped, hiervas y plantas que no exceden más de 8 metros de altura. Dentro de esto se encuentran dos tipos de matorrales: los que se encuentran en zonas semisecas o secas y los matorrales mediterráneos, mientras en uno hay escases de agua el otro se encuentran muy cercas a las costas, ambas están adaptadas a su clima y espacio asegurando su supervivencia.

D. Cobertura forestal

2.2.18. Bosque húmedo

La Fundación Botánica y Zoológica de Barranquilla [FBZB] (2016) expresa que estos bosques se caracterizan por poseer precipitaciones que oscilan entre 900 mm y 1800 mm, además de contar con T° entre 18C° y 25°. Los suelos presentes en este bosque contienen abundante materia orgánica que a su vez acidifican la tierra por su descomposición continua.

Por otra instancia, en estos bosques existe una gran variedad de ecosistemas diversos que se adaptaron con el tiempo, siendo que no se puede especificar una época de lluvia y sequía fija.

2.2.19. Bosque seco

La Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA] (2018) define como bosque seco al ecosistema denso o semi denso de cobertura vegetal en el cual existe un prevaleciente clima seco y estaciones lluviosas breves siendo de sus principales características.

2.2.20. Bosque de montaña

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015) expresa que aquéllos bosques que estén situados a 2 500 metros o más por encima del nivel del mar o en tierras a 300 a 2 500 metros de altitud corresponden a bosques de montañas. También menciona que este tipo de bosque representa el 20% de la cobertura forestal global.

Por otra parte, estos tipos de bosque es considerado como los más vulnerables por estar sometidos a climas y frecuentes fenómenos meteorológicos extremos.

2.2.21. Bosque de terraza

Arévalo (2013) declara que estos bosques poseen una altura relativa sobre el nivel del río aproximadamente de 15 metros a más, cuentan con un buen drenaje haciendo que los árboles se muestren vigorosos.

Arévalo (2013) cita a (Malleux, 1982) mencionando que este “bosque es bueno para el aprovechamiento forestal, debido a sus condiciones edáficas y a su gran volumen maderable por unidad de área.”

2.2.22. Bosques de colina

Arévalo (2013) también manifiesta que este tipo de bosque presenta un buen contenido volumétrico, haciéndolo ideal para el aprovechamiento forestal por su suave pendiente y el alto vigor de la vegetación. Prueba de esto es que se encuentran con frecuencia valiosas especies maderables como *Cedrela* sp. *Swetenia* sp, *Cedrelinga* sp. y otros, siendo estos árboles que requieren de buenos suelos y bien drenados.”

2.2.23. Bosques achaparrados

Begazo (2018) en el portal web Avian Report menciona que este tipo de bosque cuenta con árboles y troncos retorcidos de 1 a 10 metros de altura, enmarañados entre todos haciendo complicado el acceso a este. A lo largo del bosque se puede encontrar musgo, líquenes, orquídeas y otras plantas epífitas.

2.2.24. Bosques mixtos

Reducción de las emisiones de la deforestación [REDD]; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], & Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo [CCAD] (2010) manifiestan que los bosques mixtos están conformados por bosques latifoliado y de coníferas. En otras palabras, es la mezcla de dos a más especies de árboles presentes en un mismo espacio. En algunas montañas se pueden encontrar más de dos tipos de especie o géneros de árboles, dada esta característica es que lleva el nombre de mixto.

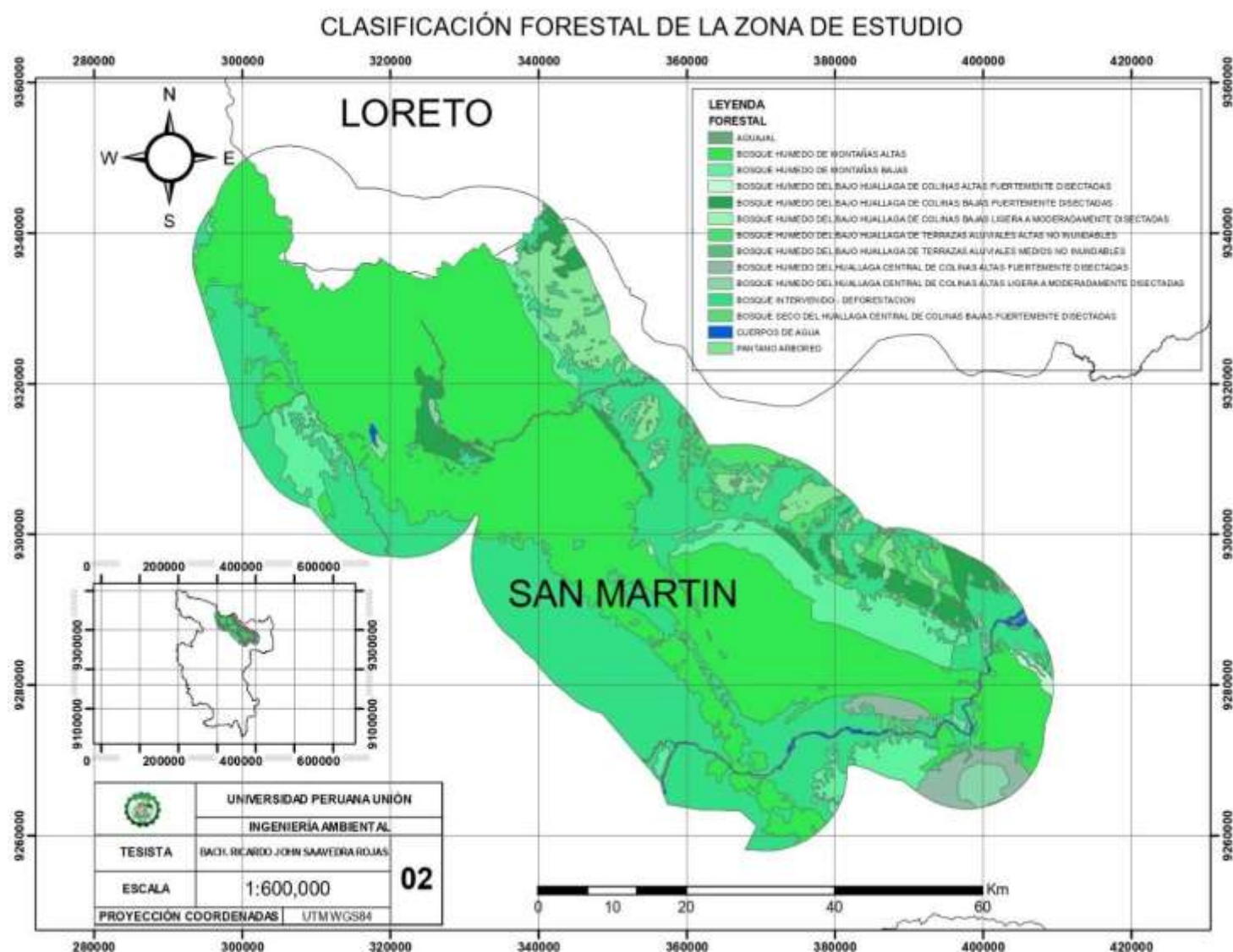
El portal web ConceptoDefinición (2017) define que los bosques mixtos cuentan con proporciones de igual tamaño de especies de gimnospermas y angiospermas. El clima existente es de tipo continental húmedo y en el suelo se puede encontrar con musgos en toda la extensión de esta, haciéndolo muy común ver este tipo de bosque en zonas con clima templado.

2.2.25. Pantanos arbóreos

En un trabajo conjunto el IIAP, AECID, & CTAR (2002), manifiestan que por lo general estos comprenden áreas depresionadas o cochas que no cuentan con una buena escorrentía. Estos contienen una mayor frecuencia de plantas altas como palmas y árboles con raíces zancos o fustes aletudos. A este tipo de bosque

se le ha otorgado el nombre regional de Renacal por la predominancia de árboles *Renaco Ficus sp.*

Mapa 2-Especies forestal dentro de la zona de estudio



Fuente: ZEE [Zonificación Ecológica y Económica] utilizando el programa ArcGis 10.5 (2005)

E. Suelo

Escobedo (2005) elaboró un informe de suelo y capacidad de uso mayor de las tierras ZEE, región San Martín, en dicho reporte describe las características de los suelos existentes, por lo cual se extrajo lo siguientes conceptos:

2.2.26. Aeropuerto

“Son suelos desarrollados de materiales de origen coluvio aluvial, situados en terrazas medias de drenaje bueno a moderado, cuenta con una topografía plana, tiene un color pardo rojizo y textura gruesa. Su aptitud potencial de estos suelos es para cultivo en limpio.” Escobedo (2005)

2.2.27. Aguajal

“Son suelos superficiales, limitados por la presencia de una napa freática fluctuantes, posee una capa tipo colchón de materia orgánica en diferentes estados de descomposición. La vegetación natural dominante es el aguaje, asociados con otra palmeras y especies hidrolíticas.” Escobedo (2005)

2.2.28. Arenoso pardo

“Están conformadas por suelos originados a partir de materiales aluviales antiguos, ubicados en terrazas altas y planas, son de matices de color que van de pardo grisáceo oscuro, amarillo pardusco y amarillo, posee textura gruesa. Estos suelos oscilan entre moderadamente a buen drenaje.” Escobedo (2005)

2.2.29. Betania

“Está constituida por suelos de reacción neutra a moderadamente alcalina originadas a partir de materiales residuales de Lutitas rojas de Jurásico Superior, poseen matices de color pardo rojizo oscuro sobre pardo rojizo y son de textura moderadamente fina. La capa superficial se caracteriza por presentar contenidos altos de materia orgánica. La fertilidad natural de los suelos es alta, siendo su limitación principal.” Escobedo (2005)

2.2.30. Calera

“Está conformada por suelos desarrollados sobre materiales residuales, originados a partir de arcillitas y lutitas calcáreas. Se ubican en áreas de fuerte pendiente de colinas altas y montañas principalmente.”

“Son suelos muy superficiales que cuentan con un buen drenaje, se puede encontrar un horizonte transicional a la roca, de escaso espesor y con predominio de material calcáreo. Al tener pendiente y profundidad estos suelos están orientados a fines exclusivos de protección.” Escobedo (2005)

2.2.31. Carretera

“Estos suelos están desarrollados de materiales de origen aluvial antiguos, situados en colinas altas, poseen un drenaje que ronda de bueno a moderado, tiene una topografía accidentada, es de color pardo amarillentos a rojo y de textura fina (arcillosos). La aptitud potencial de estos suelos es para cultivo permanente y producción forestal asociados con protección en las laderas con fuerte pendiente.” Escobedo (2005)

2.2.32. Cerro

“Son suelos originados a partir de depósitos coluvio - aluviales procedentes de areniscas ácidas, con una topografía ondulada a colinada de color pardo fuerte a pardo amarillento y textura moderadamente fina.” Escobedo (2005)

“Estos suelos están entre bien drenados a moderadamente bien drenados con una aptitud potencial apto para cultivo permanente asociados a producción forestal en el área de mayor pendiente.” Escobedo (2005)

2.2.33. Cerro amarillo

“Está Conformado por suelos desarrollados a partir de materiales derivados de areniscas. Están ubicadas en áreas topográficas moderadamente empinada, poseen colores pardos a pardo amarillento, con buen drenaje y de textura media a fina.”

“Este tipo de suelo posee un alto contenido de materia orgánica en la superficie y bajo contenido de fósforo y potasio.” Escobedo (2005)

2.2.34. Coparo

“Son suelos originados a partir de materiales derivados de limolitas o areniscas de naturaleza calcárea, están situadas en laderas de colina y montañas con una topografía empinada, posee un color que va de pardo rojizo oscuro a pardo rojizo y son de textura media a moderadamente fina. La aptitud potencial de estos suelos son protección asociados con producción forestal.” Escobedo (2005)

2.2.35. Huallaga

“Este agrupa a suelos originados a partir de sedimentos aluviales recientes con una topografía plana y de color pardo rojizo a pardo oscuro con una textura moderadamente fina.”

“Posee un alto contenido de carbonatos en la masa del suelo y contenido medio de fósforo, así como también de potasio. Son moderadamente drenados y su aptitud potencial de estos suelos son para cultivos en limpio.” Escobedo (2005)

2.2.36. Jerillo

“Se ubica en colinas bajas y altas con relieve (accidentado, con pendientes fuertemente inclinadas y extremadamente empinadas). Están constituidas con suelos de textura moderadamente gruesa a gruesa que han sido originados a partir de materiales residuales de areniscas del Cretáceo.”

Sus limitaciones están relacionadas al contenido del suelo (alta gravosidad, profundidad, elevada acidez, aluminio cambiante) y el factor topográfico. Este suelo está asignado para cultivo permanente con riesgos de erosión.” Escobedo (2005).

2.2.37. Miscelaneo

“Estas áreas corresponden a islas sin vegetación, playas y bancos de ríos de materiales gruesos. Por sus características y limitaciones, estas zonas están incluidas dentro de las tierras de protección.” Escobedo (2005)

2.2.38. Moparo

“Son aquellos que están originados a partir de materiales derivados de areniscas finas y limolitas, cuentan con una topografía entre inclinada a

moderadamente empinada con un color pardo amarillento oscuro, textura fina y drenaje moderado. Las aptitudes potenciales de estos suelos son para protección asociados con producción forestal.” Escobedo (2005)

2.2.39. Nipón

“Conformada por suelos derivados de materiales residuales ácidos con presencia de areniscas cuarzosas. Se ubican en áreas de fuerte pendiente de colinas altas y montañas. Son suelos muy superficiales de alta saturación de aluminio y baja saturación de bases.” Escobedo (2005)

2.2.40. Paraíso

“Son suelos desarrollados de materiales de origen aluvial reciente, que se sitúan en terrazas bajas de drenaje entre bueno a moderado, cuenta con una topografía plana, de color pardo oscuro y textura media a moderadamente gruesa. Sus aptitudes potenciales de estos suelos son para cultivo en limpio de corto periodo vegetativo.” Escobedo (2005)

2.2.41. Pongo isla

“Son suelos de origen residual situados en colinas altas de Cordillera Sub andina limitando por el llano amazónico, tiene un buen drenaje, es de topografía accidentada y oscila de gris rojizo oscuro a pardo amarillento oscuro. Su textura va de fina a moderadamente fina (franco franco arcillo arenoso). Su aptitud potencial de estos suelos es para producción forestal asociados con protección en las laderas con fuerte pendiente.” Escobedo (2005)

2.2.42. Unión

“Son suelos originados a partir de materiales gruesos de naturaleza calcárea, situados en terrazas medias con topografía plana a ligeramente ondulada. Son superficiales y de un color que va de pardo a pardo oscuro. Su textura es moderadamente gruesa y están excesivamente drenadas.”

“Cuentan con alto contenido de carbonatos libres en la masa del suelo, bajo contenido de fósforo y potasio, además de estar excesivamente drenados. Su aptitud potencial de estos suelos es para cultivos en limpio.” Escobedo (2005)

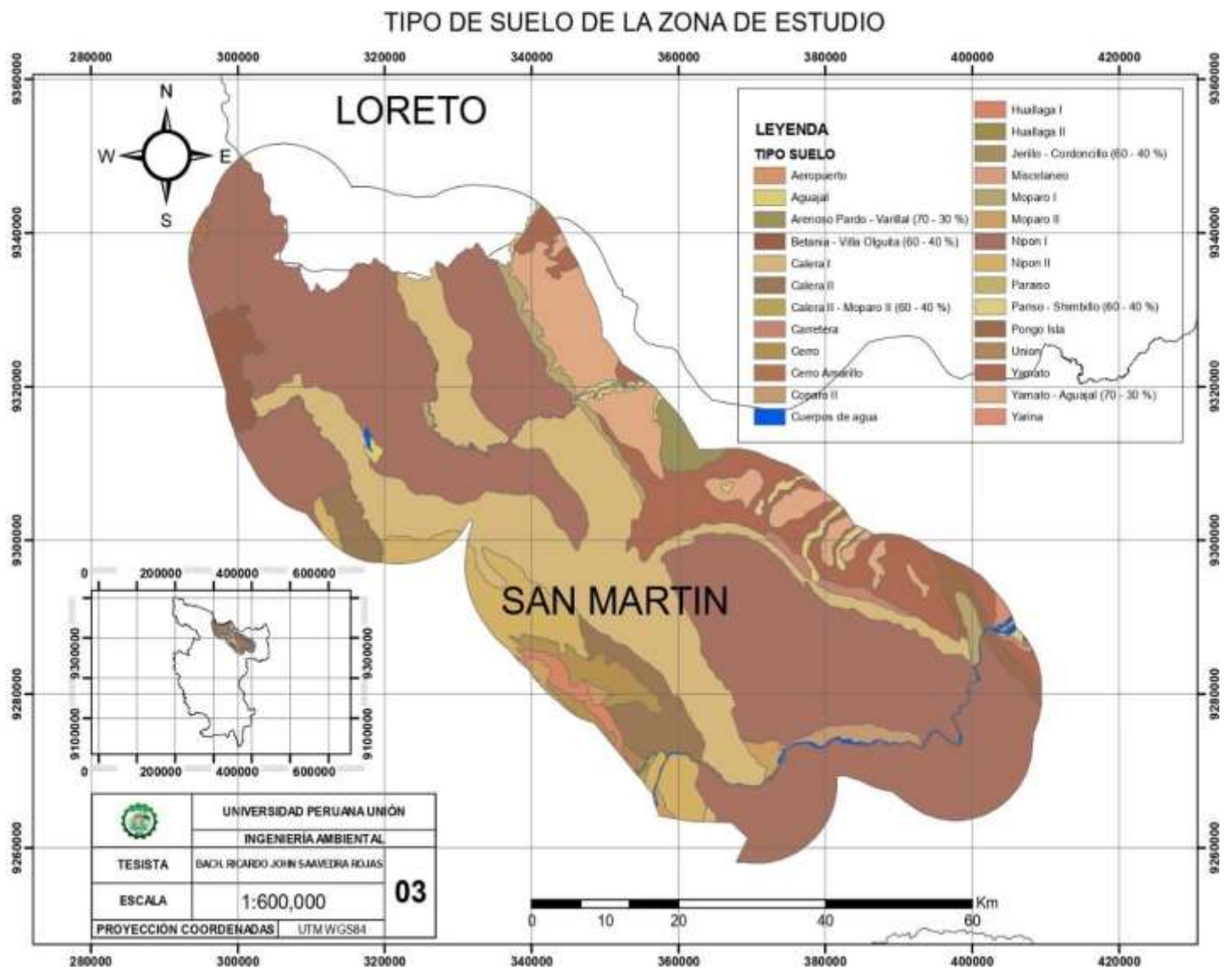
2.2.43. Yamato

“Estos suelos están desarrollados de materiales de origen aluvial antiguos situados en colinas bajas y altas, posee un drenaje que oscila entre bueno a moderado, tiene una topografía accidentada con un color pardo rojizo y textura moderadamente fina a fina. Sus aptitudes potenciales de estos suelos son para producción forestal y cultivo permanentes.” Escobedo (2005)

2.2.44. Yarina

“Están desarrollados de materiales de origen aluvial antigua situados en terrazas medias y altas de drenaje bueno a moderado, cuentan con topografía plana y un color que varía de pardo grisáceo oscuro a pardo amarillento claro, su textura es moderadamente fina a fina. Su aptitud potencial de este suelo es para cultivo en limpio.” Escobedo (2005)

Mapa 3-Tipos de suelo existentes en la zona de estudio



Fuente: ZEE [Zonificación Ecológica y Económica] utilizando el programa ArcGis 10.5 (2005)

F. Uso de suelo

Ramírez (2005) realizó una memoria descriptiva de la ZEE, región San Martín, donde describe lo siguiente sobre el uso actual de tierras:

2.2.45. Frente productivo de predominio arrocero

“Representa las áreas donde la actividad predominante es el cultivo de arroz bajo riego, es importante resaltar esta actividad por la gran cantidad de mano de obra directa e indirecta que ocupa en las diversas etapas de su proceso productivo. A lo largo de región existe una gran cantidad de productores que se dedican a esta actividad.” Ramírez (2005)

Por otra parte, la producción de arroz conlleva a la explotación de enormes extensiones de terreno para la obtención de este producto, lo cual origina la deforestación de los bosques, cabe resaltar que esta actividad produce dos campañas al año.

2.2.46. Frente productivo de predominio cafetalero

“Está constituida por áreas deforestadas ubicadas sobre los 1,000 m. de altitud, donde muestra mejor vigorosidad y desarrollo en condiciones óptimas de manejo, se pueden encontrar mayormente zonas de laderas de montañas y colinas altas.” Ramírez (2005)

El rendimiento óptimo por hectárea de este producto depende de algunos factores como: edad de las plantaciones, manejo adecuado del cultivo respecto al deshierbo, podas, abonamiento, control de sombra, plagas y enfermedades.

Otra característica de esta especie es su crecimiento óptimo cuando el régimen pluvial fluctúa entre 1500 a 2000 mm. Las temperaturas varían entre 18° a 22° °C, con los suelos drenados y ricos en materia orgánica.

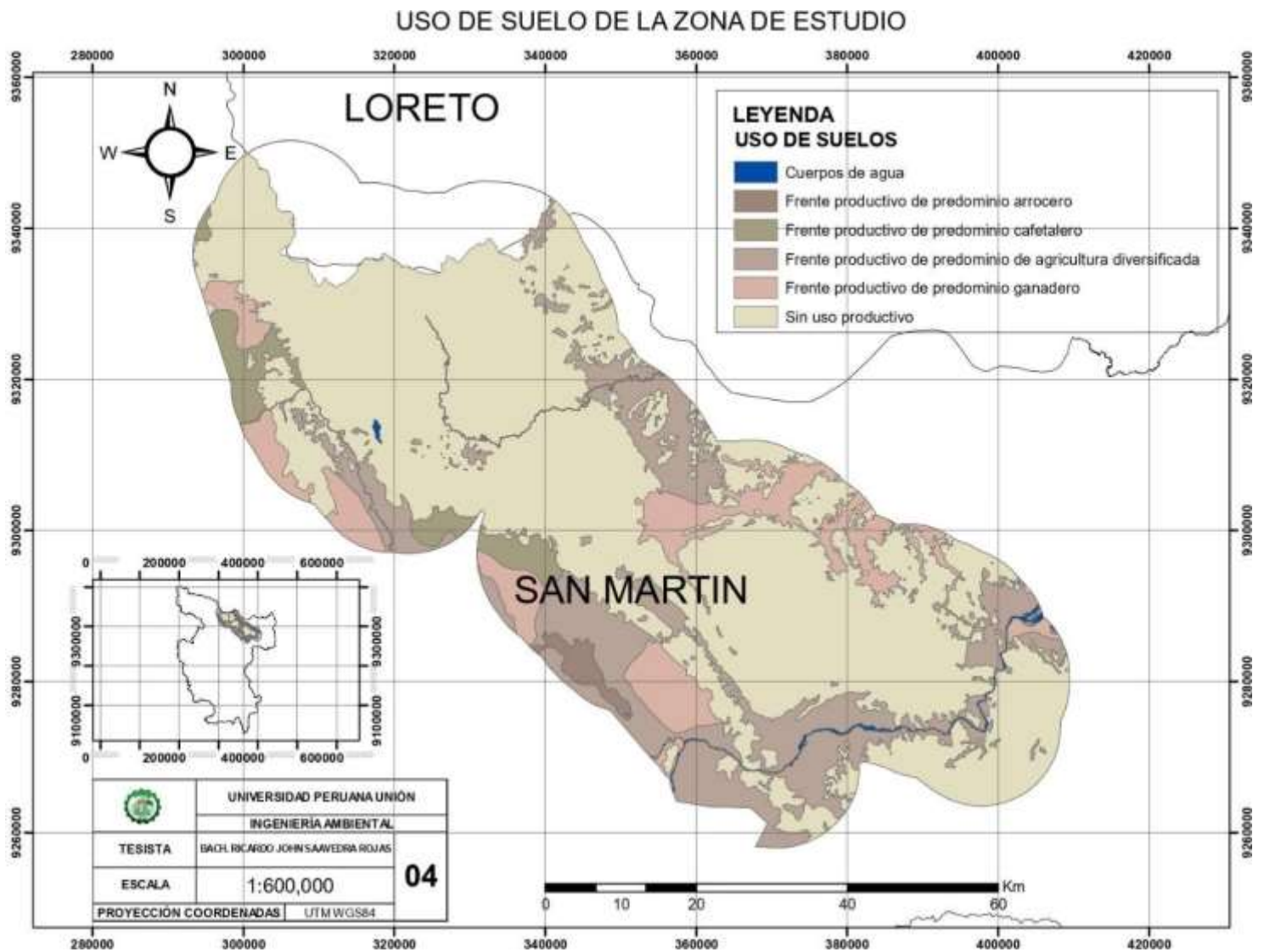
2.2.47. Frente productivo de predominio ganadero

“Esta actividad comprende espacios donde se reúne la actividad ganadera, esto tiene un rol significativo en la economía de la región que generalmente se desarrolla sobre paisajes colinosos y laderas de montaña, con pendientes largas y algunas terrazas altas donde no es factible realizar labores agrícolas por falta de agua.” Ramírez (2005)

2.2.48. Frente productivo de predominio de agricultura diversificada

“Esta productividad se distribuye en gran parte del área intervenida de la región que no forman parte de las actividades antes descritas. Se pueden ubicar generalmente junto a los centros poblados, márgenes de los ríos, vías carrozables y vecinales de la región. A esta actividad se adjuntan todas las áreas donde predominan los bosques secundarios que en su interior contienen algún tipo actividad agropecuaria de subsistencia que no son lo suficientemente extensos como para individualizarlos. Esto no significa que ellas son menos importantes económicamente, sino que, son zonas que no alcanzan una trascendencia económica al poblador, por lo que agrupa a todos aquellos cultivos que forman parte del abastecimiento de las familias rurales cuyos productos se ofertan en los mercados cercanos como: arroz de seco, maíz, frijoles, maní, yuca, plátano, hortalizas, frutales, etc.” Ramírez (2005)

Mapa 4-Uso de tierras de la zona de estudio



Fuente: ZEE [Zonificación Ecológica y Económica] utilizando el programa ArcGis 10.5 (2005)

G. Geología

2.2.49. Depósitos aluviales pleistocénicos

“Corresponden a sedimentos de origen aluviales de pie de monte, que han sido depositados producto de las grandes avenidas aluviales ocurridos durante el periodo Pleistoceno. Están constituidas por sedimentos heterogéneos que van desde conglomerados polimícticos moderadamente con gravas y gravillas de naturaleza variada. Adicionalmente a ellas se encuentran intercalaciones de arenas y limoarcillitas, algunas veces acumuladas en formas lenticulares.” Castro (2005)

2.2.50. Depósitos aluviales subrecientes

“Constituyen sedimentitas fluvioaluviales semiconsolidadas o inconsolidadas, que han sido depositadas desde el Pleistoceno superior hasta inicios del Holoceno. Las acumulaciones de estas secuencias se desarrollaron en un ambiente de dinámica fluvial bastante activa relacionada siempre a las fluctuaciones de los lechos de ríos y a los procesos de inundación, que en terrenos depresionados dejaban indicios de sedimentos fluviolacustres.” Castro (2005)

2.2.51. Depósitos fluviales

“Comprende las acumulaciones fluviales recientes, están depositadas bajo la influencia de los sistemas hídricos que drenan la región. Sedimentológicamente están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas no consolidadas. Conforman los lechos de los ríos, las planicies de inundación o las llamadas terrazas bajas inundables.” Castro (2005)

2.2.52. Domo

“Estos recursos no metálicos se encuentran ampliamente extendidos en cordilleras, su origen está asociado a los fallamientos regionales inversas y normales, además de las estructuras anticlinales. Debido a su baja densidad que caracteriza a estos materiales han salido a superficie, de esta manera se aprovecha los fracturamientos y emplazándose como verdaderos cuerpos intrusivos, que han dado lugar en algunos casos formas ovaladas.” Castro (2005)

2.2.53. Formación chambira

“Su litología está compuesta por arcillitas abigarradas, que pueden variar de tonalidad rojiza a marrón y moteadas de color gris verdoso, algunos casos se encuentran intercaladas con niveles de anhidrita. También presenta niveles de areniscas arcillosas de grano medio, algo calcáreas con estratificación sesgada, que se intercala con niveles carbonosos.” Castro (2005)

2.2.54. Formación chonta

“Litológicamente está constituida por secuencias calcáreas como calizas micriticas y bituminosas, margas y niveles pelíticos como lutitas y limoarcillitas gris verdosas. Estas se encuentran intercaladas con niveles delgados de areniscas cuarzosas blanquecinas a cremas, la cual se incrementa más hacia el este donde cambia de facies, depositado probablemente en un ambiente deltaico.” Castro (2005)

2.2.55. Formación ipururo

“Según su litología la sección inferior se encuentra constituida por arcillitas rojizas calcáreas graduando a limolitas, que se intercalan con areniscas finas gris claras a verdosas y lechos calcáreos. En la sección media incluye margas grises, areniscas rojizas de grano fino a medio, arcillitas rojas calcáreas y sedimentos volcánicos. La sección superior, comprende areniscas claras de color pardo, marrón, rojo y grisáceo con estratificación cruzada y granos poco coherentes, las cuales se intercalan con arcillitas rojizas.” Castro (2005)

2.2.56. Formación sarayaquillo

“Según su Litología está compuesta por areniscas cuarzosas y feldespáticas de tonalidad rojiza de grano fino a medio con estratificación cruzada, intercalados con niveles conglomerádicos. En algunos sectores se encuentran intercaladas esporádicamente con lutitas rojizas. Contienen estratos de gran espesor, en algunos casos de 3 a 8 metros.” Castro (2005)

2.2.57. Formación vivian

“Según su Litología está constituida por areniscas cuarzosas de tonalidad blanquecina de grano fino a medio, friables con estratificación sesgada, depositadas en capas gruesas a medianas. Se pueden encontrar intercalados ocasionalmente con guijas, guijarros y niveles laminares de arcillas y lutitas carbonosas de color gris oscuro.” Castro (2005)

2.2.58. Formación pucara

“Esta unidad geológica debido a sus características litoestratigráficas ha sido separada en 3 formaciones típicas:

- Formación Chambar-, secuencia carbonatada constituida por calizas grises a oscuras intercaladas con calizas bituminosas, y calizas dolomíticas.
- Formación Aramachay; compuesta por calizas y niveles de areniscas bituminosas intercaladas con lutitas, este segmento es rico en fósiles como los amonites.
- Formación Condorsinga; secuencia superior del grupo Pucar-, compuesto principalmente por niveles carbonatados, es decir calizas oscuras intercalados con niveles de margas de poco espesor, con abundantes fósiles y nódulos de cherts.” Castro (2005)

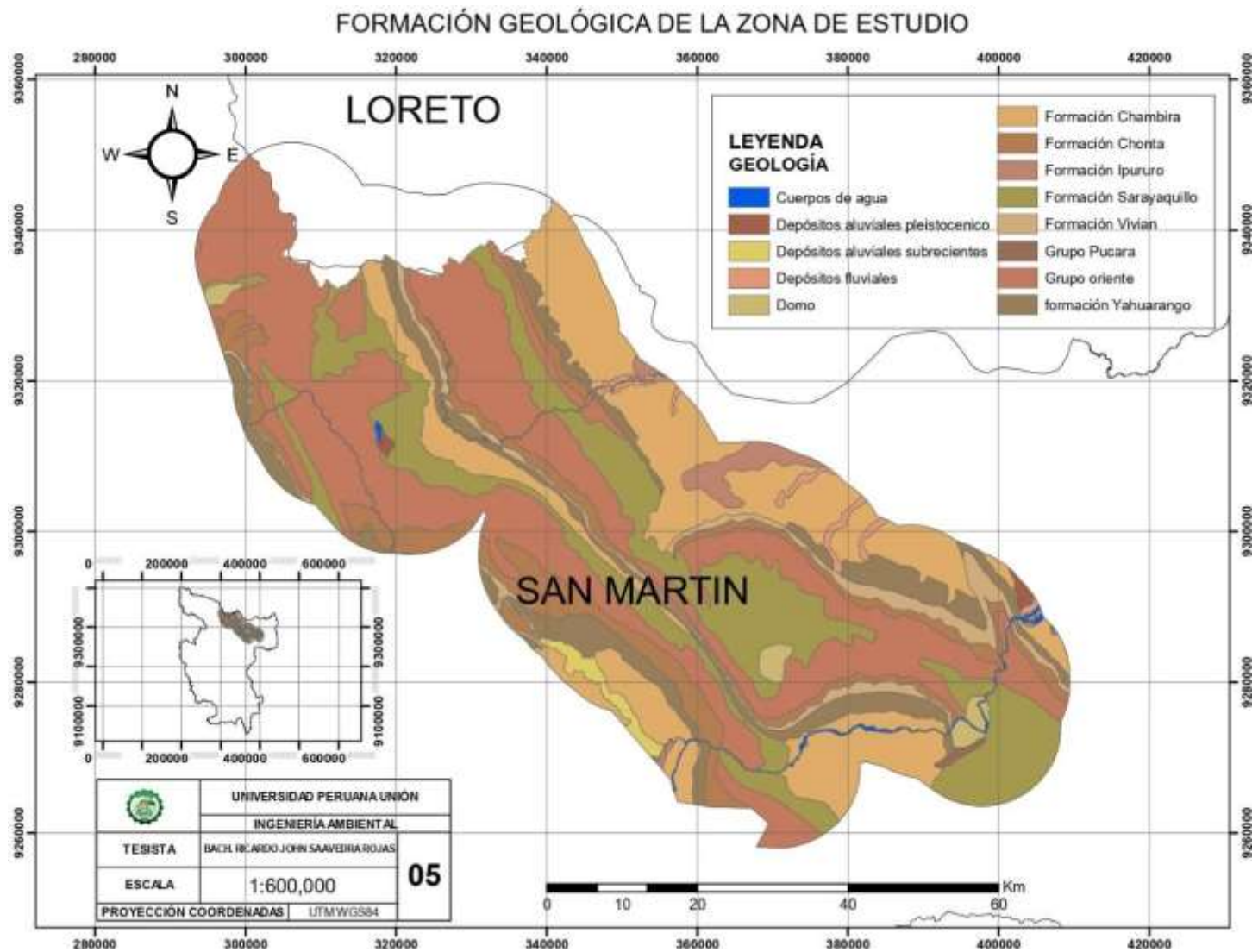
2.2.59. Formación oriente

“Litológicamente están representados por sedimentos pelíticos, predominando las lutitas y lodolitas rojizas; así como calizas grises a negras y limoarcillitas grises, en horizontes delgados.” Castro (2005)

2.2.60. Formación yahuarango

“Según su litología está conformado por lodolitas y arcillitas compactas de tonalidad rojo a marrón rojizo en ocasiones abigarrados. También se encuentran intercalados con limolita blanco-verdosas glauconíticas, material tifáceo, niveles calcáreos y areniscas rojizas con estratificación sesgada. Dentro de estas secuencias se presentan capas delgadas de yeso y anhidrita.” Castro (2005)

Mapa 5-Geología presente en la zona de estudio



Fuente: ZEE [Zonificación Ecológica y Económica] utilizando el programa ArcGis 10.5 (2005)

H. Clima

2.2.61. Húmedo

Sin falta de agua durante todo el año. Cálido, con baja concentración térmica durante el verano.

2.2.62. Húmedo - Semi cálido

Estimándose que en algunos meses se presentan excedentes de humedad.

2.2.63. Ligero a moderadamente húmedo

Sin falta de agua durante todo el año, Semi cálido con baja concentración térmica en verano.

2.2.64. Semi húmedo

Con una pequeña falta de agua durante el verano, Cálido con baja concentración térmica durante el verano.

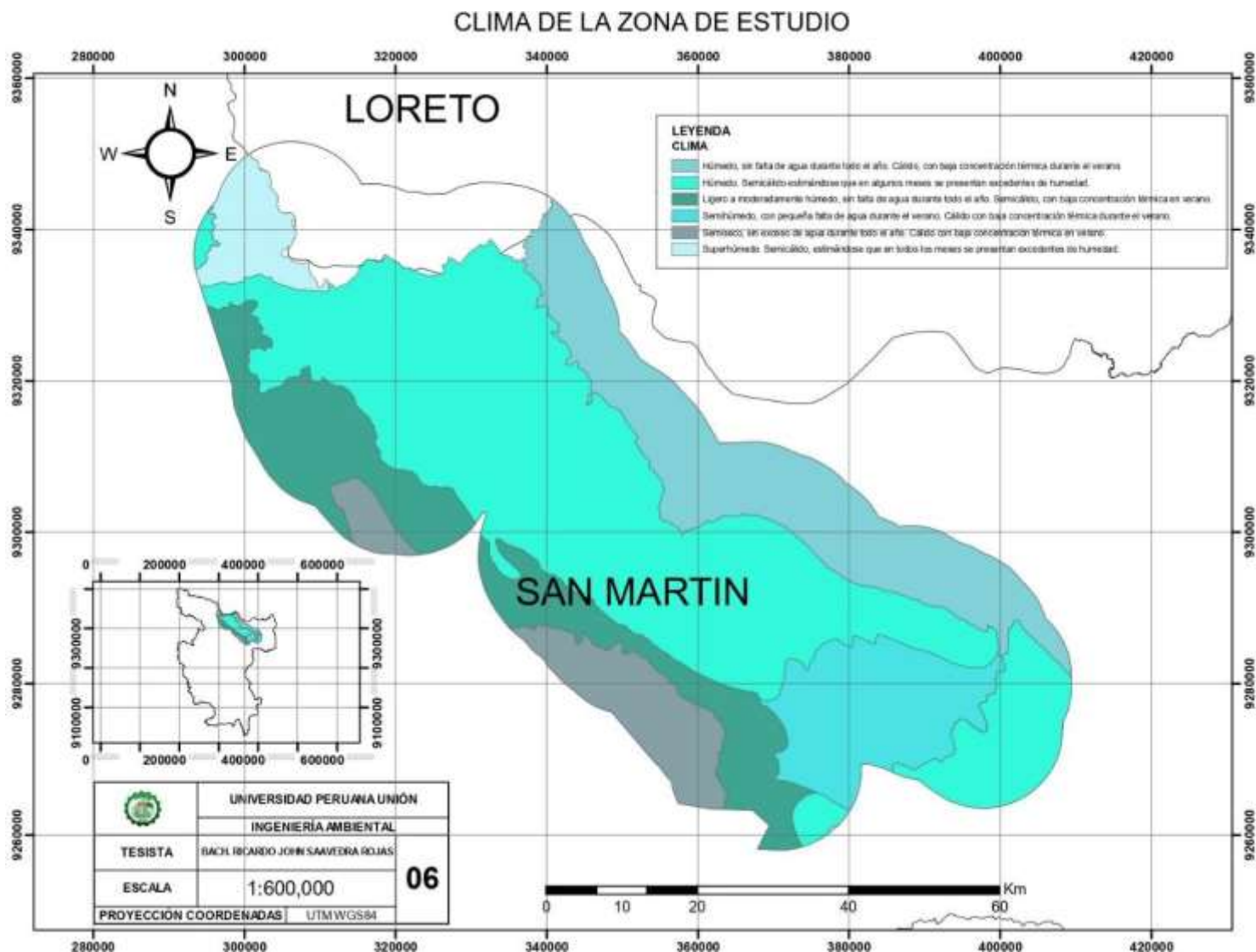
2.2.65. Semi seco

Sin exceso de agua durante todo el año, Cálido con baja concentración térmica en verano.

2.2.66. Super húmedo – Semi cálido

Estimándose que en todos los meses se presentan excedentes de humedad.

Mapa 6-Clima existente en la zona de estudio



Fuente: ZEE [Zonificación Ecológica y Económica] utilizando el programa ArcGis 10.5 (2005)

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación política

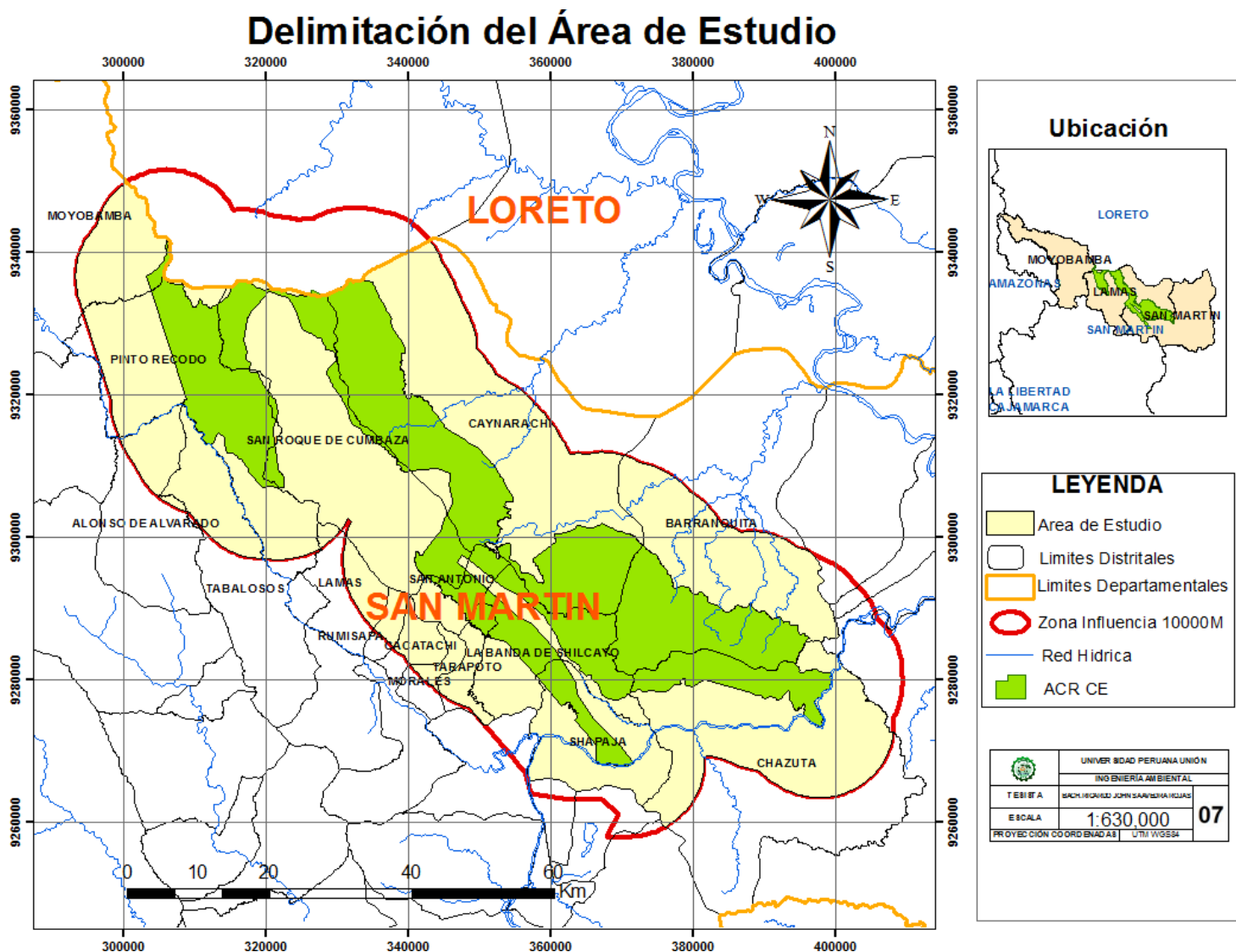
Este proyecto de investigación se llevó a cabo en los distritos de Shapaja, Chazuta, Morales, Tarapoto, Cacatachi, Rumisapa, La Banda de Shilcayo, San Antonio, Lamas, Tabalosos, Alonso de Alvarado, Barranquita, San Roque de Cumbaza, Pinto Recodo, Caynarachi y Moyobamba, de la Región San Martín. Pertenecientes al departamento de San Martín; ya que son los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE.

3.1.2. Ubicación geográfica

Coordenadas UTM de los distritos colindantes:

- Tarapoto : X= 349629.27, Y= 9282675.79
- Pinto Recodo : X= 322547.80, Y= 9294573.84
- San Roque de Cumbaza : X= 341177.18, Y= 9293916.07
- San Antonio : X= 344463.80, Y= 9291356.17
- Caynarachi : X= 357940.93, Y= 9300079.37
- La Banda de Shilcayo : X= 350238.32, Y= 9282372.06
- Shapaja : X= 360122.79, Y= 9272717.16
- Barranquita : X= 385716.92, Y= 9308848.43
- Chazuta : X= 374181.97, Y= 9273233.00
- Morales : X= 347020.21, Y= 9283658.65
- Cacatachi : X= 339495.84, Y= 9285456.33
- Rumisapa : X= 337291.21, Y= 9286957.59
- Lamas : X= 332321.08, Y= 9289917.01
- Tabalosos : X= 319242.19, Y= 9293434.91
- Alonso de Alvarado : X= 303686.73, Y= 9297142.28
- Moyobamba : X= 281431.12, Y= 9332556.22

Mapa 7-Delimitación del ACR-CE con sus distritos colindantes



Fuente: PEHCBM [Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo] utilizando el programa ArcGis 10.5 (2010)

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Lapicero
- Folder
- Memoria USB Kingston 16 GB
- Cuaderno

3.2.2. Equipos

- Laptop Lenovo G480.

3.2.3. Programas

- ArcGis 10.5
- Google Earth Pro
- USGS, página web
- Envi classic 5.3 + IDL

3.3. Metodología

3.3.1. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

“Se emplea para calcular la cantidad, calidad y desarrollo de la cobertura vegetal, empleando sensores instalados en la plataforma espacial, en donde, la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite serán captas por los detectores. Además, son las que se emplean más en el estudio de cobertura vegetal”, así lo indica (Martorell, 2017)

Esta metodología se basa en función a la fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

Fuente: Lillesand, et al , (2004)

Dónde:

VIS = Rojo Visible

NIR = Infrarrojo Cercano

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es una herramienta del software ArcGIS que permite detectar la cantidad y estado en la que se encuentra una zona con respecto a su vegetación, Ramos (2015) menciona que “el NDVI funciona a través de la intensidad de la radiación de bandas del espectro electromagnético que la vegetación refleja, recibe esta información y procesa otorgando una muestra visible de la cobertura evaluada.”

Tabla 1-Comparación de satélites por bandas

Landsat 7			Landsat 8		
Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)	Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
Band 1 Blue	0.45 - 0.52	30	Band 1 Coastal	0.43 - 0.45	30
Band 2 Green	0.52 - 0.60	30	Band 2 Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 Red	0.63 - 0.69	30	Band 3 Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 NIR	0.77 - 0.90	30	Band 4 Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 SWIR1	1.55 - 1.75	30	Band 5 NIR	0.85 - 0.88	30
Band 7 SWIR2	2.09 - 2.35	30	Band 6 SWIR1	1.57 - 1.65	30
Band 8 Pan	0.52 - 0.90	15	Band 7 SWIR2	2.11 - 2.29	30
Band 6 TIR	10.40 - 12.50	30/60	Band 8 Pan	0.50 - 0.68	15
			Band 9 Cirrus	1.36 - 1.38	30
			Band 10	10.6	
			TIRS1	-	100
				11.1	
				9	
			Band 11	11.5	
			TIRS2	-	100
				12.5	
				1	

Fuente: Gidahatari (2017)

Se descargaron imágenes de los Satélites LANDSAT-8 y LANDSAT-7 desde el 2009 al 2018, de cada año se bajaron 2 fotos satelitales para tener un contraste de perdida originado durante ese año, cada imagen debe contar con una buena resolución y calidad, esto influye en los resultados del cálculo algebraico.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

El Área de Conservación Regional Cerro Escalera con una extensión territorial de 147454.8995 ha.

3.4.2. Muestra

Para obtener la muestra se dibujó un área de influencia de 10000 metros, dicha área final de estudio es de 303147.951 ha. Los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE son: Shapaja, Chazuta, Morales, Tarapoto, Cacatachi, Rumisapa, La Banda de Shilcayo, San Antonio, Lamas, Tabalosos, Alonso de Alvarado, Barranquita, San Roque de Cumbaza, Pinto Recodo, Caynarachi y Moyobamba, en el Departamento de San Martín.

En cada distrito se abarcó un área determinado lo cual se ve reflejado en el siguiente cuadro con el porcentaje correspondiente a cada uno.

Tabla 2-Porcentaje del área abarcada en el estudio con respecto a la total

N°	DISTRITOS	%
1	Rumisapa	65.79
2	Barranquita	33.78
3	Lamas	37.91
4	Morales	47.03
5	Cacatachi	77.04
6	Moyobamba	5.35
7	Chazuta	47.68
8	Pinto recodo	53.49
9	Caynarachi	46.42
10	San roque de Cumbaza	76.01
11	Tarapoto	72.98
12	La banda de Shilcayo	45.97
13	San Antonio	51.32
14	Shapaja	78.39

15	Alonso de Alvarado	23.34
16	Tabalosos	33.33

Fuente: Elaboración propia (2019)

3.5. Instrumentos de recolección de datos

- Software ArcGIS 10.5.
- Google Earth Pro.
- USGS (U.S. Geological Survey): science for a changing world.
- Software ENVI classic 5.3 + IDL.
- Microsoft Excel

3.6. Técnicas de recolección de datos

- Delimitar áreas, uso del ArcGIS 10.5 para la creación de la zona de influencia al ACR, así como uso del Google Earth Pro para lograr convertir el área obtenida en el ArcGIS 10.5 en un polígono que contenga menos de 30 puntos.
- Imágenes satelitales bajadas de la plataforma USGS, usando dos satélites: Landsat 7 y Landsat 8, en un rango de 10 años empezando desde el 2009 al 2018. Se usaron ambos satélites debido a que el satélite Landsat 8 fue lanzado el año 2013 y no existían los datos necesarios para crear la data en el periodo de tiempo establecido.
- Corrección de imágenes con el software ENVI classic 5.3 + IDL, el satélite Landsat 7 presenta errores en los píxeles como franjas blancas que perjudican al geoprocesamiento en el momento de calcular el NDVI, por lo cual el software mencionado corrige el error mejorando la calidad y resolución de los píxeles.
- Geoprocesamiento de las imágenes satelitales para calcular el NDVI. Uso del Modelo Builder para hacer de manera sistemática el análisis multicriterio.

3.7. Etapas de la investigación

3.7.1. Etapa de gabinete inicial

En esta etapa se desarrolló el proyecto de investigación donde se revisaron fuentes bibliográficas para la obtención de conocimientos respecto al tema, así como, la identificación de variables y los métodos que fueron utilizados desde la etapa inicial hasta la etapa final.

Adicional a esto se elaborará soluciones de respaldo en caso de imprevistos en el desarrollo de la investigación.

3.7.2. Etapa laboratorio

Esta etapa está comprendida por los siguientes

procesos: 1°: Procesamiento Inicial

Uso del software ArcGIS para realizar la delimitación del área de estudio y creación de la capa que servirá como base para la descarga de las imágenes satelitales. Luego con la ayuda del Google Earth Pro se procedió a usar la capa antes creada para dibujar un nuevo polígono que conste de 30 puntos como máximo, esto con el fin de que no presente errores cuando se proceda a usar el USGS.

2°: Descarga de imágenes satelitales

Se descargaron las imágenes de cada año buscando las de mejor resolución y calidad, al mismo tiempo se creó una base de datos donde está toda la información necesaria. Así mismo se debe de recalcar que se empleó dos tipos de satélites, con la única diferencia existen entre ellos el número de bandas que se usaron en el análisis NDVI.

3°: Corrección de imágenes y extracción de las bandas

Las imágenes satelitales del Landsat 7 presentan fallas en los píxeles, como las franjas blancas o la presencia de nubosidad que entorpezcan la resolución, para esto se empleó el programa ENVI classic + IDL, el cual, al ser un software

especial para imágenes, es de gran ayuda para este tipo de correcciones, ya que corrige estos errores.

Se extrajo las bandas que permiten realizar el cálculo de las imágenes correspondientes al satélite del cual fueron descargadas. Las bandas del Landsat 7 son la 3 y 4, mientras que las del Landsat 8 es el 4 y 5.

4°: Análisis del NDVI

Para realizar el análisis del NDVI se recomienda tener precaución, debido a que, si el cálculo algebraico de mapas realizado en el software ArcGIS contiene algún dato o carácter erróneo o por demás, este otorga valores nulos. Para realizar este proceso se usa la herramienta algebra de mapas, esta herramienta se debe de usar en cada año y por cada imagen.

5°: Análisis Multicriterio – Modelo Builder

En este análisis se obtiene los valores por cada distrito y año con la cantidad de hectáreas deforestadas, la cobertura vegetal y las fuentes de agua. El Modelo Builder es un proceso que permite replicar las veces que sea necesario los comandos y configuraciones necesarias para obtener resultados de manera automática, haciendo que el trabajo de análisis resulte sencillo.

❖ Resumen del proceso realizado en la etapa de laboratorio:

Imágenes Satelital Sentinel 7/8 corregida en ENVI classic + IDL (2 Bandas)>>Calculadora Ráster [ArcToolBox>Análisis Espacial>Algebra de Mapas]>>Extracción por mascara [ArcToolBox>Análisis Espacial>Extracción]>>Segunda Extracción por mascara [ArcToolBox>Análisis Espacial>Extracción]>>Calculadora de Campo (Píxeles a ha).

3.7.3. Etapa de gabinete final

En esta etapa se procedió a hacer los análisis en Microsoft Excel para facilitar la comparación de los resultados obtenidos y crear graficas dinámicas, así como redactar los resultados juntamente con las discusiones para finalmente dar las

conclusiones y las recomendaciones; así como, el levantamiento de observaciones que se pudieran dar en el proceso.

3.8. Diseño de la investigación

No experimental de tipo predictivo

3.9. Hipótesis

El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) determinará la variabilidad espacio-temporal de vegetación de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE en el periodo 2009-2018.

3.10. Variables

3.10.1. Variable independiente

Cobertura boscosa, es toda la biomasa vegetal que cubre el suelo.

3.10.2. Variable dependiente

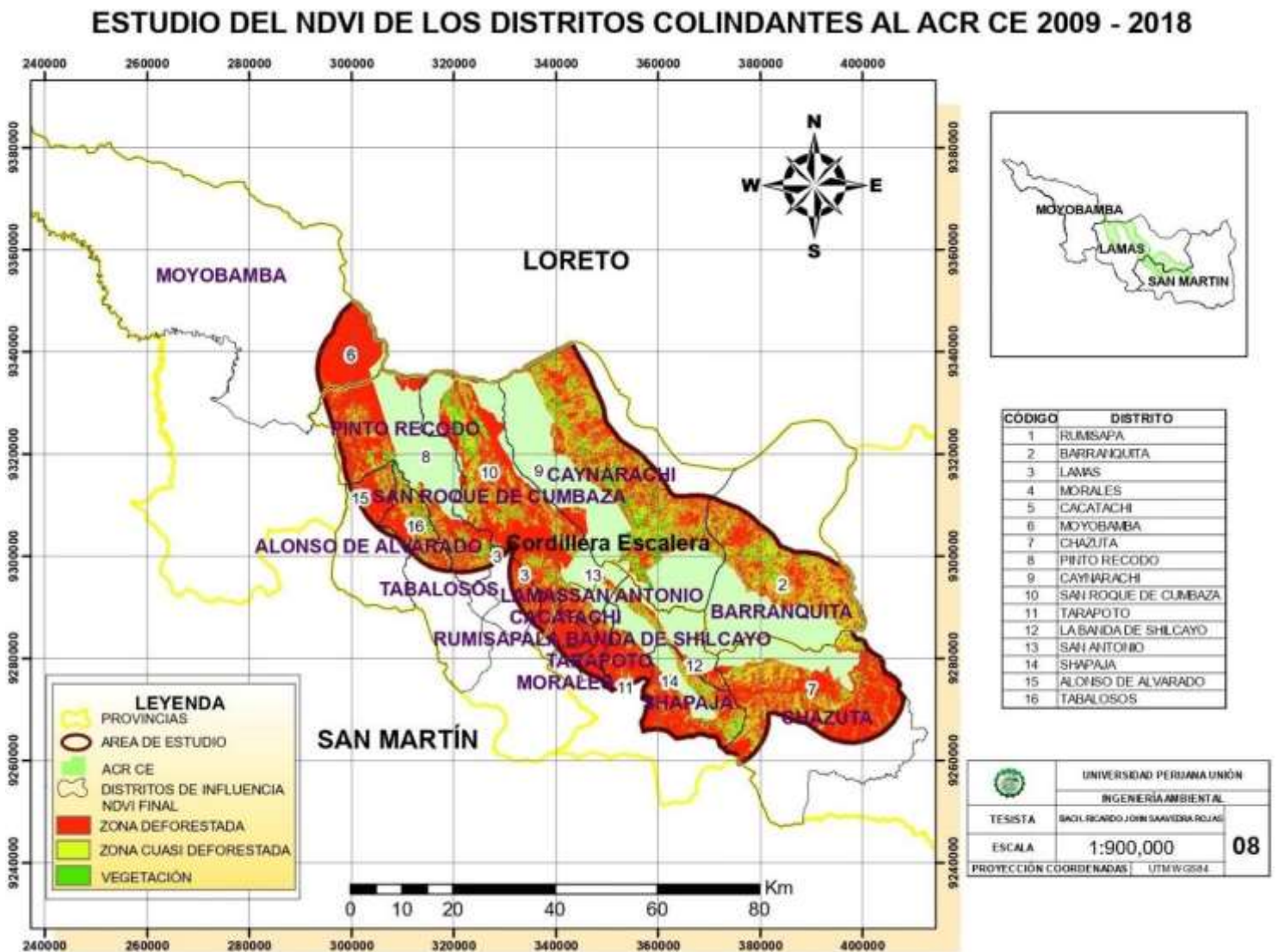
Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

Para evaluar la variabilidad espacio-temporal de vegetación de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ARC-CE en la región San Martín, el NDVI realiza un buffer de 1 000 metros, para lo cual toma cantidades de ha. diferentes en cada distrito (ver tabla 02). En el siguiente mapa se observa lo abarcado para realizar el trabajo de investigación.

Mapa 8-Evaluación de la variabilidad de los distritos en 1000 m. de buffer



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Al realizar la evaluación con los datos obtenidos se puede apreciar resultados alarmantes en lo que respecta a pérdida de cobertura vegetal. Viendo que el color rojo con leyenda a zona deforestada, predomina con más frecuencia en el mapa mostrado.

Por otra parte, esta cantidad de espacio abarcado no afecta a los resultados finales, ya que se promedian para compararse entre ellos como se reflejan a continuación:

4.1.1. Resultados del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ARC-CE en la región San Martín.

Tabla 3-Resultados del análisis de NDVI 2009-2018

DISTRITOS	AÑOS DEL ESTUDIO DEL NDVI									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
RUMISAPA	359.19	126.36	963.72	289.71	275.22	556.11	33.93	164.52	775.71	126.36
BARRANQUITA	27726.8	18640.89	29767.9	23575	10625	9127.9	3414.8	2272.5	28259.6	5248.7
LAMAS	2407.59	188.19	3018.24	1509.7	1212.39	2472.3	329.04	380.97	3096.09	667.53
MORALES	262.44	27.45	640.35	108	123.39	261.27	29.34	76.5	647.64	44.28
CACATACHI	480.42	74.88	1637.73	362.52	202.05	1024.8	21.78	102.69	1533.51	121.5
MOYOBAMBA	545.85	72.81	3427.74	2733.1	791.82	907.92	360.36	144.72	7143.84	570.87
CHAZUTA	19278.5	16921.35	22721.9	24383	12139.2	15744	1963.6	7511.9	32529.8	4887
PINTO										
RECODO	10656.4	9853.2	16291.8	10947	7179.66	10224	2401.5	1549.8	18800.1	3312.1
CAYNARACHI	38275.7	28963.08	47347.6	42466	25310.3	18355	12773	5305.9	37728	15580
SAN ROQUE DE										
CUMBAZA	26931.2	16918.92	34161.9	32630	11704.3	11903	7896.2	2495.6	28820.3	6659.4
TARAPOTO	718.83	69.21	1368.54	433.8	318.51	600.39	34.38	104.22	104.22	118.17
LA BANDA DE										
SHILCAYO	5139.18	1989.09	5859.81	3826.7	2961.72	4025.3	904.95	881.55	6302.52	1086.8
SAN ANTONIO	2549.61	344.97	3056.58	1832.2	1197.27	2012.6	262.08	607.59	2662.74	501.12
SHAPAJA	9269.46	3217.59	10790.1	9301.6	4777.56	9556.8	2780.5	2236.1	9348.48	2896.9
ALONSO DE										
ALVARADO	2753.37	2037.42	3997.53	2582.7	1497.33	2348.4	437.13	73.08	2987.73	751.68
TABALOSOS	6670.44	4392.09	8858.16	6168.2	5260.41	6459.2	1933.3	1099.9	6726.78	3391.7

Fuente: Elaboración propia (2019)

En esta tabla se puede apreciar la variabilidad espacio-temporal de la cobertura vegetal de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ARC-CE desde el año 2009 donde se iniciaron las evaluaciones para esta investigación, al 2018 donde termina. También se puede apreciar los siguientes casos: de color

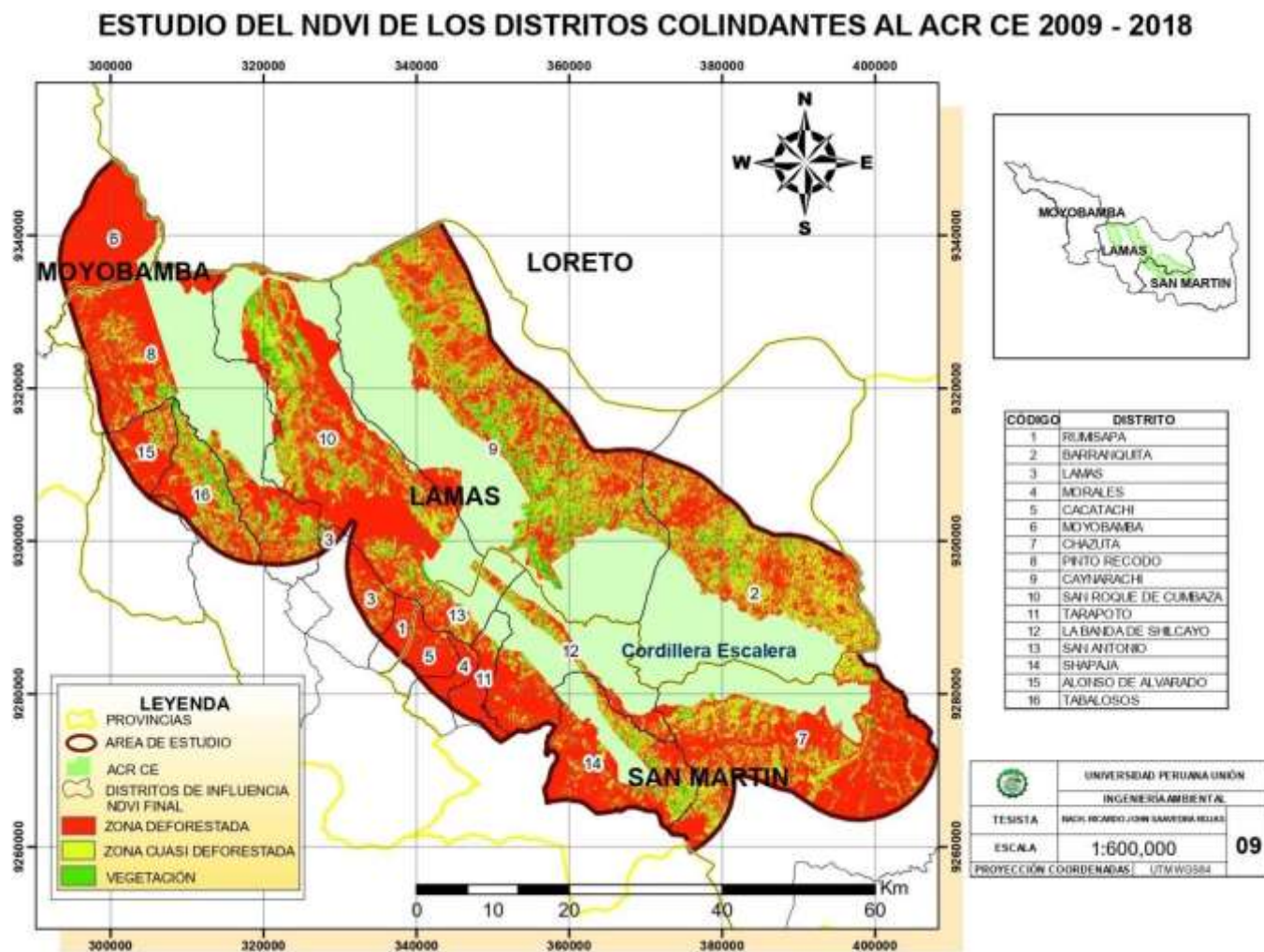
rojo sombreado se encuentra el distrito que más cobertura vegetal perdió (Tarpoto), de color marrón sombreado el distrito que perdió menos cobertura vegetal (Tabalosos) y de color verde el distrito que ganó cobertura vegetal (Moyobamba).

En la mayoría de los distritos se puede apreciar una decreciente tasa de cobertura boscosa, lo cual genera alarma por hecho de que se encuentra cercano a la zona de amortiguamiento del ACR-CE, la pérdida estaría relacionado a causas, ya sea a crecimiento urbano, cultivos o ganadería.

Para una mejor visión de la tabla anterior y con el fin de tener resultados visuales más entendibles, se procese a sistematizar la información anterior en el software ArcMap, una vez realizado este proceso, se obtiene el siguiente mapa donde se refleja toda la información procesada de los distritos evaluados en 10 años.

Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 9-Estudio del NDVI de los distritos colindantes al ACR CE 2009- 2018



En este mapa se puede observar el estudio NDVI realizado a la zona de amortiguamiento de la cordillera escalera, al mismo tiempo se aprecia en la leyenda los colores del simbolizan algo concreto dentro del mapa.

Para la obtención de cada mapa se procesaron las imágenes satelitales para ser trabajadas en el software Arc Map, ya dentro de este se empleó la calculadora algebraica para la obtención de la información de NDVI cuya fórmula es:

$$\text{float}(Banda4 - Banda3) / \text{float}(banda4 + banda3)$$

Donde float representa a toda el área sombreado color negro del mapa. Para la obtención de este mapa se multiplica el estudio del NDVI 2018 con el del 2017, 2016 y así hasta el 2009.

Para la obtención del análisis de NDVI final, es decir el que conteniente todos los valores de los años estudiados, se procede a multiplicar en orden descendente, es decir:

$$NDVI_{final} = ndvi2018 * ndvi2017 * ndvi2016 * ndvi2015 * ndvi2014 \\ * ndvi2013 * ndvi2012 * ndvi2011 * ndvi2010 * ndvi2009$$

4.1.2. Resultados de la variabilidad espacio-temporal de la cobertura boscosa de distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE en el periodo 2009-2018.

Tabla 4-Análisis de variabilidad espacio-temporal de los distritos colindantes al ACR-CE

DISTRITOS	Hectáreas en 2009	Hectáreas en 2018	Total pérdida en hectáreas	% pérdida de cada distrito
RUMISAPA	359.19	126.36	232.83	64.82
BARRANQUITA	27726.84	5248.71	22478.13	81.07
LAMAS	2407.59	667.53	1740.06	72.27
MORALES	262.44	44.28	218.16	83.13
CACATACHI	480.42	121.5	358.92	74.71
CHAZUTA	19278.45	4887	14391.45	74.65
PINTO RECODO	10656.36	3312.09	7344.27	68.92
CAYNARACHI	38275.74	15579.45	22696.29	59.3
SAN ROQUE DE CUMBAZA	26931.15	6659.37	20271.78	75.27
TARAPOTO	718.83	118.17	600.66	83.56
LA BANDA DE SHILCAYO	5139.18	1086.84	4052.34	78.85
SAN ANTONIO	2549.61	501.12	2048.49	80.35
SHAPAJA	9269.46	2896.92	6372.54	68.75
ALONSO DE ALVARADO	2753.37	751.68	2001.69	72.7
TABALOSOS	6670.44	3391.65	3278.79	49.15
Total	153479.07	45392.67	108086.4	

Fuente: Elaboración propia (2019)

Nota: De los 16 distritos colindantes solo Moyobamba es el que ganó vegetación iniciando en el 2009 con 545.85 ha y terminando en el 2018 con 570.87 ha, esto podría estar influenciado a diversos factores como: reforestación, no deforestación cerca de la zona de amortiguamiento, siembra de cultivos, etc.

En este cuadro se puede apreciar el porcentaje de pérdida de cada distrito, donde el 100% representa a la cantidad de cobertura vegetal que tuvieron en el año 2009, del cual, se observa que Tarapoto es en que mayor pérdida tiene con un 83.56%, seguidos por los distritos de: Morales con 83.13%, Barranquita 81.07%, San

Antonio 80.35%, La Banda de Shilcayo 78.85%, San Roque de Cumbaza 75.27%, Cacatachi 74.71%, Chazuta 74,65%, Alonso de Alvarado 72.70%, Lamas 72.27%, Pinto Recodo 68.92%, Shapaja 68.75%, Rumisapa 64.82%, Pongo del Caynarachi 59.30% y al último Tabalosos con 49.15 %

Los datos de esta tabla se pueden resumir en la siguiente gráfica:

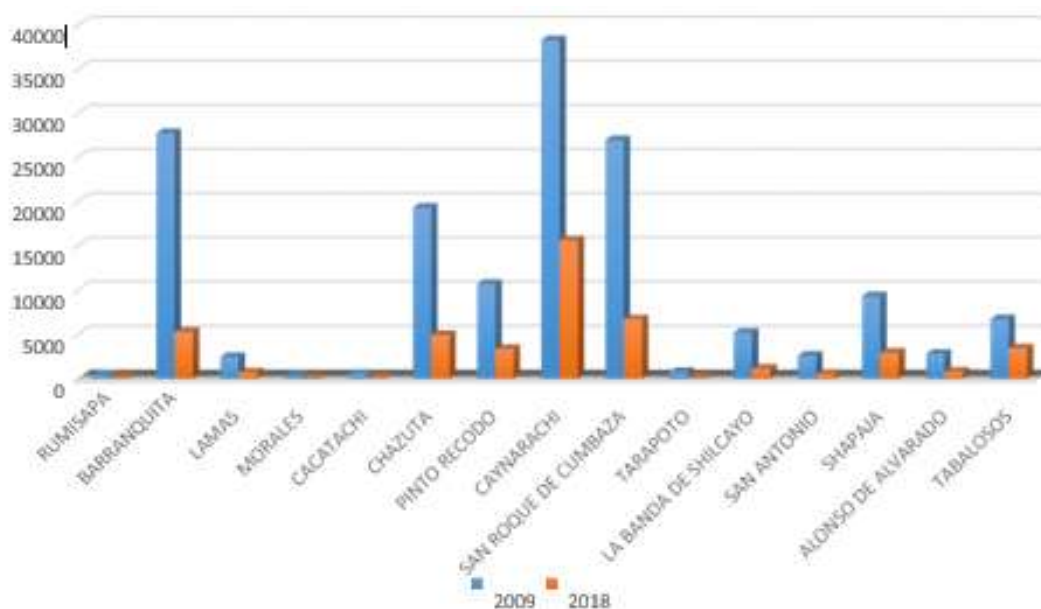


Gráfico 1-Comparación de pérdida de cobertura vegetal 2009-2018

Fuente: Elaboración propia (2019)

Este gráfico representa la variabilidad espacio-temporal de cada distrito colindante a la zona de amortiguamiento, donde las barras celestes representan la cobertura vegetal en el 2009 y las de color naranja las del 2018. Dado los resultados se observa que los resultados no son favorables, ya que casi en su totalidad los distritos presentan pérdidas, estos datos demuestran que las zonas de amortiguamiento están expuestas a las actividades antrópicas.

Algunos factores que pudieron influir en los resultados son: Climas soleados o sequía, deforestación en periodos donde se tomaron las imágenes, zonas inexploradas con pendiente y precipicios, montañas.

4.1.3. Resultados de la cuantificación de la pérdida de vegetación de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ACR-CE en la región San Martín durante periodo 2009 – 2018.

Tabla 5-Cuantificación de la pérdida de cobertura vegetal total final

DISTRITOS	% de pérdida de cobertura
MORALES	0.2
RUMISAPA	0.2
CACATACHI	0.3
TARAPOTO	0.6
LAMAS	1.6
ALONSO DE ALVARADO	1.9
SAN ANTONIO	1.9
TABALOSOS	3
LA BANDA DE SHILCAYO	3.7
SHAPAJA	5.9
PINTO RECODO	6.8
CHAZUTA	13.3
SAN ROQUE DE CUMBAZA	18.8
BARRANQUITA	20.8
CAYNARACHI	21
TOTAL	100

Fuente: Elaboración propia (2019)

Para la obtención de los porcentajes puestos en esta tabla, se prosiguió a multiplicar el área perdida de cada distrito por cien, dividido entre sumatoria de toda el área perdida, de esta manera se cuantifica los resultados que para su mejor interpretación son expuestos en la siguiente gráfica:

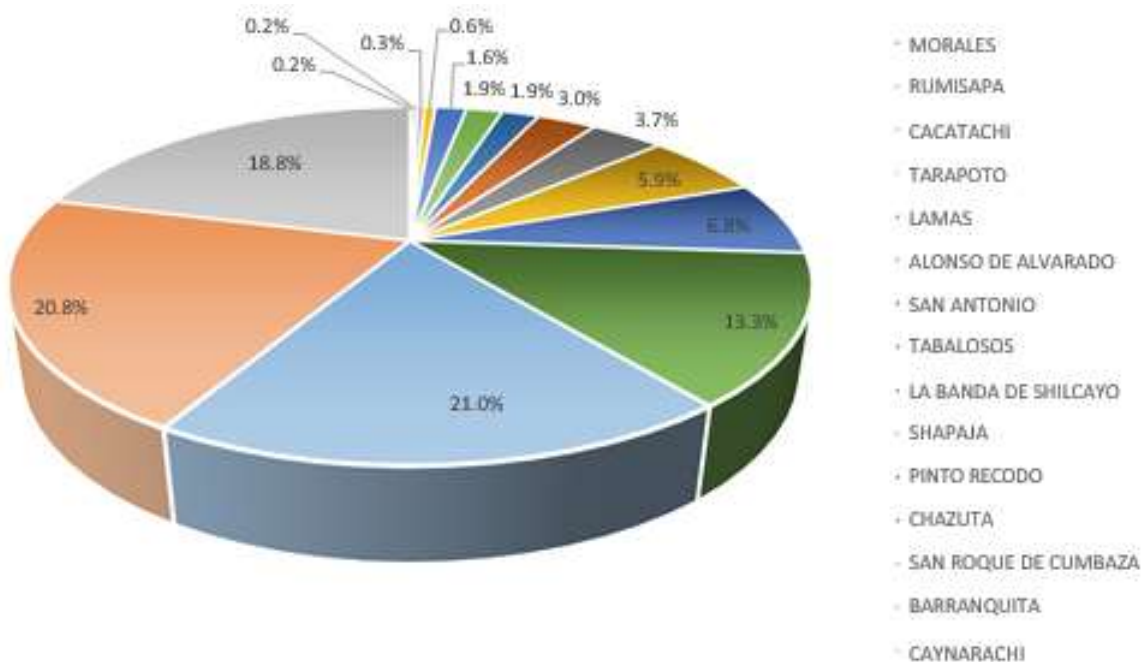


Gráfico 2-Repatición de pérdidas por distritos de la pérdida total

Fuente: Elaboración propia (2019)

En este grafico se presentan los porcentajes pertenecientes a cada distrito del 100% de deforestación realizada desde el año 2009 al 2018. En otras palabras, es la cantidad de cobertura vegetal perdida por distritos del total.

Como se observa, no precisamente el distrito con más deforestación (Tarapoto) fue el más porcentaje contribuyó a la perdida, esto se debe al buffer de 1000 metros tomados para la evaluación, lo que quiere decir que no a todos los distritos tiene la misma cantidad de hectáreas evaluadas, unas cuentan con más y otros menos.

De este modo se puede apreciar que el distrito de Pongo del Caynarachi es el que más contribuyó a la pérdida general de la cobertura vegetal con 21%, seguido de Barranquita con 20.8%, San Roque de Cumbaza 18.8%, Chazuta 13.3%, Pinto Recodo 6.8%, Shapaja 5.9%, La Banda de Shilcayo 3.7%, Tabalosos 3%, San Antonio 1.9%, Alonso de Alvarado 1.9%, Lamas 1.6%, Tarapoto 0.6%, Cacatachi 0.3%, Rumisapa 0.2% y Morales 0.2%.

Gran parte de la pérdida de cobertura vegetal está relacionada a la agricultura, este enunciado es confirmado por Fritts (2018), donde menciona que la “pérdida de cobertura vegetal en el mundo es producida en su mayoría por silvicultura con un 26 %; los incendios forestales y la agricultura suponen un 23 % y un 24 % respectivamente, también se atribuyen 1% de pérdida global por urbanización y otro 1 % causado por factores distintos de los ya mencionados.” Del mismo modo Geographic (2010) menciona que la pérdida de cobertura boscosa está relacionada en su totalidad a la agricultura, impulsada por la necesidad de los agricultores de llevar dinero y productos a sus viviendas.

4.2. Discusiones

4.2.1. Respecto al Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Gonzaga (2014) declara que el NDVI tiene por ventaja su gran sencillez de cálculo, así como de facilitar la interpretación directa de los parámetros de vegetación. También menciona que los datos obtenidos a partir de esta evaluación son comparados en su mayoría unos con otros por diferentes investigadores.

Esta afirmación es reflejada en esta investigación, ya que al procesar la información de la tabla 3, se pudo elaborar un mapa donde se aprecia de forma clara y sencilla la disminución de cobertura vegetal en 10 años. Los parámetros evaluados servirán para ser contrastados con futuras investigaciones sobre la misma área o como antecedente para otras investigaciones.

Cuya (2016) anuncia que el NDVI presenta una “gran capacidad para estimar la cobertura vegetal y su variación altitudinal, e indirectamente, es como un indicador de la calidad de sitio o productividad del suelo”.

Basado en esto el NDVI no solo es fácil de emplear, sino que, además, posee un gran rango para la estimación de cobertura vegetal, como también para observar diferentes tipos de plantaciones. Por otra parte, también se puede evaluar resultados de vegetación sometidas a diferentes tratamientos para su rápido crecimiento y producción.

El uso de este índice cuenta con la ventaja de reducción de tiempo y costo de obtener datos de cobertura vegetal. Los resultados obtenidos a partir de este índice sirven para diferentes fines como: planificación del uso de áreas,

estado actual de áreas, diferentes estudios relacionados a crecimiento de cultivos. Mismo que sirve en la toma de decisiones para la respuesta inmediata de acciones en protección, conservación o información.

Tun-Dzul et al. (2008) en su investigación realizada anuncia que el NDVI presentó valores menores en la época de secas y aumentó en épocas de lluvias, en otras palabras, la presencia de lluvia afecta los valores de este índice, además recomienda realizar la evaluación del NDVI con imágenes satelitales tomadas en épocas de secas para un mejor resultado.

Díaz (2015) recalca un dato importante del NDVI, el menciona que este índice evalúa específicamente el comportamiento radiométrico de la vegetación que a su vez relaciona a la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar la vigorosidad de la planta.

Relacionando los enunciados de arriba, se concluye en que las mediciones para este índice deben realizarse a partir de imágenes satelitales tomadas en épocas de sequías, ya que el agua aumenta la vigorosidad de las plantas, de esta manera se puede tener valores elevados en cuento a cobertura vegetal, perjudicando los resultados finales.

Para saber identificar si la imagen satelital es buena para realizar el estudio, es muy sencillo, ya que se puede apreciar nubes en esta, en otras palabras, si la imagen cuenta con abundancia de nubes no sirve para realizar el estudio. Esto estaría relacionado a periodos de clima lluvioso.

4.2.2. Respecto a la variabilidad espacio-temporal

Reaño (2018) declara que, de toda la cobertura boscosa deforestada en el Perú, San Martín se lleva el 20% del total. También menciona que los bosques primarios talados van cediendo espacio a cultivos de café, cacao, maíz, arroz y otros productos de la zona. Finalmente pese a haber perdido un 50% de bosques, este aún cuenta con un gran potencial forestal y un gran santuario de biodiversidad.

Esta información es reforzada con los resultados obtenidos, donde se observa que hay pérdida de cobertura vegetal. Por otra parte, como lo menciona el uso de suelo, la región es un foco potencial para agricultura, siendo los

principales arroz y café, también existen otras como maíz, cacao, naranja, pero a menor escala; y la ganadería, para lo cual se emplea grandes extensiones de terreno para el pastoreo de estos animales.

Dirección Regional de Agricultura San Martín [DRASAM] (2006) declara que “La Región posee excelentes suelos para el desarrollo de la agricultura, aunque en una proporción mínima en comparación con los suelos con aptitud forestal, y aún mucho menos con relación a los suelos destinados a las áreas de protección”.

En base esto, el ARC-CE es la única zona de protección que se encuentra en su totalidad en la región San Martín, del mismo modo, la cobertura forestal supera, como lo mencionan, a los suelos agrícolas, que pese a ser amplio no está siendo aprovechado en su totalidad.

Saavedra (2016), según su evaluación realizada, clasifica la zona agraria de San Martín en cuatro, estos son: Alto mayo con la producción de café, cacao, estevia, arroz y ganadería; Bajo Mayo – Bajo Huallaga con producción de café, cacao, sachá inchi, palma, palmito y ganadería; Huallaga Central con cacao, café, arroz, frutas, acuicultura y ganadería; y Alto Huallaga café, cacao, palma, acuicultura, ganadería.

Como se puede observar, en estas cuatro zonas el cultivo predominante extendido por toda la región es el café y el cacao, como también, la ganadería. Así mismo el ACR-CE se encuentra situado entre el Alto Mayo y Bajo Mayo - Bajo Huallaga, por lo que la pérdida de cobertura vegetal estaría relacionado a cultivos que se encuentran en estas dos zonas, en la parte alta por: café, cacao, estevia, arroz, ganadería; y la parte baja por café, cacao, sachá inchi, palma, palmito, ganadería.

4.2.3. Respecto a la cuantificación de la pérdida

El Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (2017) realizó un estudio en el que manifiesta que, de todo el Perú, San Martín muestra la mayor reducción con 1,512 ha de pérdida de bosque respecto al 2015 según las evaluaciones espacio-tiempo realizadas en un periodo de 10 años.

Al mencionar el ACR-CE se podría pensar que es una zona protegida pero lo más alarmante es que en efecto si hay presencia de pérdidas de cobertura

vegetal lo cual es preocupante y debería tomarse acciones inmediatas para conservar no solo esta área, sino que también, la fuente de agua que abastece a varios distritos alrededor de este.

El Ministerio de Agricultura y Riego[MINAGRI] (2016) menciona que “en San Martín se viene ejecutando una serie de obras de infraestructura económica y productiva que, de la mano con la inversión privada, mejoran la calidad de vida de cada poblador de la zona. De esta manera, es que se ha conseguido reforestar miles de hectáreas. La recuperación de zonas degradadas, como los bosques, han sido también otro de los principales objetivos del MINAGRI, así como la concientización ambiental ha permitido que todos entiendan que los recursos naturales se deben aprovechar responsablemente.”

Como se menciona a continuación el problema radica en el aprovechamiento responsable, ya que la gran parte de agricultores y ganaderos no cuentan con capacitaciones para mejorar de forma eco eficiente sus productos, por lo que, una vez agotado un suelo, se apropian de más áreas para convertirlas en chacras, dando paso a deforestación y la cadena de problemas ambientales que esto trae consigo.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Obtenidos y analizados los resultados en la sección anterior se concluye en que existe una alarmante deforestación de cobertura vegetal en los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del CE, lo que genera más preocupación es el hecho de que la zona evaluada es un área de conservación regional y pese a esto, se está viendo vulnerable a esta problemática, no obstante, también se puede concluir en que:

- ❖ El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) como menciona su concepto, es una herramienta muy útil para la estimación de cantidad, calidad y desarrollo de la cobertura vegetal, esto se debe a que usa como base la intensidad de la radiación de las bandas del espectro electromagnético reflejadas desde la tierra hasta los satélites producto de la radiación solar, todo esto es procesado para realizar la medición de esta, tal como se empleó para esta investigación.
- ❖ Dentro del análisis realizado, se observa que el distrito de Tarapoto cuenta con la mayor pérdida de cobertura vegetal representando un 83.56% de su total evaluado, esto significa que en 10 años tuvo un promedio de pérdida de 8.4% o 60.07 hectáreas anuales deforestadas.

Tabalosos es el que tuvo menor cantidad de pérdida de cobertura vegetal con respecto a los demás distritos evaluados con un 49.15% de su total que, a su vez representa un 4.9% o 327.9 hectáreas anuales aproximadamente.

Por otro lado, como se menciona en los resultados, el distrito de Moyobamba es el que ganó vegetación iniciando en el 2009 con 545.85 ha y llegando a

570.87 ha al 2018 con un total de 25.02 hectáreas en una década y 2.05 hectáreas crecimiento por año aproximadamente. Esto estaría vinculado a

diversos factores como: reforestación, inactividad cerca de la zona de amortiguamiento, agricultura, pendientes o terrenos accidentados, procesos biológicos de las plantas, ect.

- ❖ Cuantificar la pérdida de cobertura vegetal final no es lo mismo que la cantidad de pérdida de cobertura vegetal de los distritos, esto se resumen en el total final de hectáreas perdidas en la última década que representa un todo de 100%, que a su vez esta cifra refleja un porcentaje por distrito que al sumar dan la cantidad final mencionada. Visto de otra forma es la pérdida de cobertura vegetal de cada distrito que al sumar dan el 100% del total, en este caso esta cifra representa las 108086.4 ha deforestadas en 10 años.

Una vez aclarado este punto se concluye diciendo que, del total de pérdida de cobertura vegetal en 10 años, el distrito del Pongo del Caynarachi posee el porcentaje más elevado que el resto, con 21% o 22478.13 ha. Por otra parte, los distritos que contribuyen menos a esto son Cacatachi 0.3%, Rumisapa 0.2% y Morales 0.2%.

Según los resultados obtenidos podemos clasificar a los distritos en dos grupos, el primero conformado por los que más porcentaje de pérdida de cobertura vegetal tienen, dentro de ellos están Pongo del Caynarachi con 21%, seguido de Barranquita con 20.8%, San Roque de Cumbaza 18.8%, Chazuta 13.3% y un segundo grupo en los que están los que cuentan con menor porcentaje, estos son; Pinto Recodo 6.8%, Shapaja 5.9%, La Banda de Shilcayo 3.7%, Tabalosos 3%, San Antonio 1.9%, Alonso de Alvarado 1.9%, Lamas 1.6%, Tarapoto 0.6%, Cacatachi 0.3%, Rumisapa 0.2% y Morales 0.2%.

5.2. Recomendaciones

Realizado la presente investigación se recomienda el uso de NDVI, como una herramienta de respuesta rápida para la toma de decisiones, además que este índice facilita en gran medida el tiempo y dinero en evaluaciones que se realizan in situ, también se recomienda:

- ❖ Realizar un seguimiento continuo mensual o anual de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ACR-CE, todo esto con la finalidad de preservar y conservar esta ANP de las actividades antrópicas que pudieran generar un riesgo a esto.
- ❖ Realizar un estudio de NDVI a cada uno de los distritos colindantes al ACR-CE, con el objetivo de observar la varianza de los niveles de cobertura vegetal y así clasificar a los que generan un peligro al ANP como también a los que son más propenso o vulnerables a la pérdida.
- ❖ Emplear otros índices de vegetación como el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI), índice de vegetación ajustado de suelo transformado (TSAVI), índice de vegetación ajustada de suelo modificado (MSAVI2) o el índice de vegetación perpendicular (PVI), todo esto con el fin de validar datos y compararlos.

REFERENCIAS

- AgenciaDePrensaAmbiental. (2011). Invasión de áreas naturales protegidas provoca pérdida irreversible de la biodiversidad Comentarios Deja un comentario. Retrieved November 26, 2018, from <http://www.inforegion.pe/112775/invasion-de-areas-naturales-protégidas-provoca-perdida-irreversible-de-la-biodiversidad/>
- Alonzo, L. A., & Gonzáles, M. A. (2010). Pérdida de la cobertura vegetal como efecto de la Urbanización en Chetumal, Quintana Roo. *Quivera*, 12(2), 1–19. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.4.5846>
- Álvarez, J., & Agredo, G. A. (2013). Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico Andino, caso cuenca Urbana San Luis (Manizales). *Revista Luna Azul*, 37(1909–2474), 30–48. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a04.pdf>
- Arévalo, M. A. (2013). *Caracterización de los bosques de terraza alta de vigor bajo, colina baja de vigor alto y medio. Nuevo Firmeza - río Tigre, Loreto-Perú*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Retrieved from [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2485/Caracterización de los bosques de terraza alta de vigor bajo%2C colina baja de vigor alto y medio. Nuevo Firmeza – río Tigre%2C Loreto-Perú..pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2485/Caracterización%20de%20los%20bosques%20de%20terrazza%20alta%20de%20vigor%20bajo%20colina%20baja%20de%20vigor%20alto%20y%20medio.%20Nuevo%20Firmeza%20-%20río%20Tigre%20Loreto-Perú..pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Begazo, A. (2018). Bosque Achaparrado. Retrieved October 4, 2019, from <https://es.avianreport.com/bosque-achaparrado/>
- Beltrán, D. H. (2017). *Aplicación de índices de vegetación para evaluar procesos de restauración ecológica en el Parque Forestal Embalse del Neusa*. Universidad Militar Nueva Granada. Retrieved from [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17210/BeltranHernandezDiegoHerna n2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0A](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17210/BeltranHernandezDiegoHerna%20n2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0A)
- Castro, W. (2005). *ZEE San Martín, Geología*. Moyobamba, Perú. Retrieved from http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/San_Martin/Memoria_Descriptiva_Geologia.pdf
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental La observación de la tierra desde el espacio* (3era ed.). Barcelona, España: Editorial Ariel S.A. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/0B0KUmy_fthbuX09sUE9RejJJX1U/view
- ConceptoDefinición. (2017). Definición de Bosque Mixto. Retrieved April 10, 2019, from <https://conceptoDefinicion.de/bosque-mixto/>

- Construmática. (2018). Actividad Antrópica. Retrieved December 19, 2018, from https://www.construmatica.com/construpedia/Actividad_Antrópica
- Copernicus. (2018). About Copernicus. Retrieved May 1, 2019, from <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus>
- CSRC, C. S. R. C. (2016). *Manual de uso y funcionamiento Google Earth*. Huixquilucan de Degollado, México. Retrieved from <https://deceniodeaccion.mx/wp-content/uploads/2017/01/Manual-GE.pdf>
- Cuya, O. A. (2016). *Variación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en relación con la gradiente altitudinal en las lomas de Atocongo (Lima – Perú)*. Universidad Ricardo Palma. Retrieved from http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/972/EGA_Cuya_MO.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Dávila, F. J. (2013). Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. In *Journal of Chemical*

Information and Modeling (Vol. 53, p. 39). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

de la Casa, A., & Ovando, G. (2007). INTEGRACIÓN DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE LA DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI) Y DEL CICLO FENOLÓGICO DE MAÍZ PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO A ESCALA DEPARTAMENTAL EN CÓRDOBA , ARGENTINA. *AGRICULTURA TÉCNICA*, 67(4), 362–371. Retrieved from <https://scielo.conicyt.cl/pdf/agrtec/v67n4/at04.pdf>

DevelopmentSEED, & DIGITAL, A. (2019). LIBRA. Retrieved May 1, 2019, from <https://libra.developmentseed.org/>

Díaz, J. J. (2015). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Universidad Complutense de Madrid. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.226603>

DRASAM, D. R. A. S. M. (2006). *DIAGNOSTICO REGIONAL DE LA PROBLEMÁTICA DEL SECTOR AGRARIO DE LA REGION SAN MARTIN*. Moyobamba, Perú. Retrieved from http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/san_martin/diagnostico_regional_agroindustrial_san_martin.pdf

EcologiaHoy. (2013). Los Matorrales. Retrieved April 8, 2019, from <https://www.ecologiahoy.com/matorrales>

EcuRed. (2012). Imagen satelital. Retrieved April 7, 2019, from https://www.ecured.cu/Imagen_satelital

Escobedo, R. (2005). *ZEE San Martín, Suelo y capacidad de uso mayor de las tierras*. Moyobamba, Perú. Retrieved from http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/San_Martin/Memoria_Descriptiva_Suelos_CUM.pdf

ESRI, I. E. S. R. (2018). ENVI. Retrieved March 20, 2019, from

<http://www.sigsa.info/productos/envi> FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2015). Bosques de montaña. Retrieved April 10, 2019, from

<http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/mountain-forests/basic-knowledge/es/>

FBZB, F. B. y Z. de B. (2016). El Bosque Húmedo. Retrieved April 10, 2019, from http://www.zoobaq.org/zoo/bosque_humedo.php

Fritts, R. (2018). ¿Qué está provocando la deforestación? Un nuevo estudio revela factores mundiales. Retrieved April 30, 2019, from <https://es.mongabay.com/2018/12/deforestacion-en-el-mundo/>

Geographic, R. N. (2010). Deforestación. Retrieved April 30, 2019, from <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/deforestacion>

- Geomática. (2008). Bandas espectrales. Retrieved April 8, 2019, from <https://sites.google.com/site/terminosdelageomatica/terminos/bandas-espectrales>
- Geoservice. (2004). Informacion tecnica– envi. Retrieved May 2, 2019, from http://www.gsp Peru.com/pdf/res_envi.pdf
- GerenciaRegionaldeRecursosNaturalesyGestióndelMedioAmbiente. (2013). *Recuperación y Mejoramiento de la Cobertura Forestal para Ampliar Servicios Ambientales en la Subcuenca Chicha, de la Provincia de Andahuaylas - Apurímac. ZEE*. Andahuaylas, Perú. Retrieved from http://ofi5.mef.gob.pe/appFs/Download.aspx?f=2792_OPIGRAP_2013624_152126.pdf
- Gidahatari. (2017). Cálculo del Índice de Vegetación NDVI de Imágenes Landsat 8 con QGIS. Retrieved February 24, 2019, from <http://gidahatari.com/ih-es/calculo-del-indice-de-vegetacion-ndvi-de-imagenes-landsat-8-con-qgis?fbclid=IwAR1ecVWEQ9bUmvztcpY2zLzAscV1f36Pn5xpjMkAuiZV4KObCktWtFIXr-I>

- Gonzaga, C. (2014). *Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador*. Universidad Nacional de la Plata. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34487/Documento_completo.pdf?sequence=1
- González, A., & Torres, G. M. (2010). *Cultivo de Aguaje mauritia flexuosa L. f.* Iquitos, Perú. Retrieved from http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/90/2/Coral_Libro_2010.pdf
- Hernández, C. G., Escribano, J. A., & Tarquis, A. Ma. (2014). COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA OBTENIDO A DIFERENTES ESCALAS EN PASTOS DE DEHESA. *PASTOS Y PAC*, 121–128. Retrieved from http://oa.upm.es/37488/1/INVE_MEM_2014_198432.pdf
- IIAP, I. de I. de la A. P., AECID, A. E. de C. I. para el D., & CTAR, C. T. de A. R. (2002). *Caracterización Biofísica de la Zona Pacaya - Samira*. Iquitos, Perú. Retrieved from <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/ZIN/Pacaya/vegetación.htm#5.1>. Generalidades
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2004). *Remote sensing and image interpretation*. Wiley.
- Lyon, A. (2015). Una breve introducción a un programa de código abierto de Sistemas de Información Geográfica (SIG). In *SERNANP QGIS Manual* (p. 6). Lima, Perú. Retrieved from <https://sernanpqqgis.wordpress.com/2015/09/28/el-programa-de-landsat/>
- Martorell, A. (2017). El NDVI o Índice de vegetación de diferencia normalizada. Retrieved December 18, 2018, from <https://geoinnova.org/blog-territorio/ndvi-indice-vegetacion/>
- Masadelante. (2019). ¿Qué es Google Earth? Retrieved April 7, 2019, from <http://www.masadelante.com/faqs/google-earth>
- Masek, J. G., Taylor, M. P., & Rocchio, L. (2012a). Landsat 7. Retrieved April 7, 2019, from <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/>
- Masek, J. G., Taylor, M. P., & Rocchio, L. (2012b). Landsat 8. Retrieved April 7, 2019, from <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>
- Meneses, C. L. (2011). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosques. *Unasyva*, 62, 39–46. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i2560s/i2560s07.pdf>
- Milanés, C., Galbán, L., & Olaya, N. j. (2017). *Amenazas, riesgos y desastres: Visión*

teórico- metodológica y experiencias reales (1st ed.). Barranquilla, Colombia.

Retrieved from

<http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/927/Amenazas>

[Riesgos y Desastres.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/927/AmenazasRiesgos%20y%20Desastres.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

MINAGRI, M. de A. y R. (2016). *SAN MARTÍN: COSECHANDO DESARROLLO EN EL CAMPO RESULTADOS 2011 - 2016*. Lima, Perú. Retrieved from

<http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/logros-minagri-2011->

[2016/sanmartin.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/logros-minagri-2011-2016/sanmartin.pdf)

Naturale, R. origine. (2016). Renaco el árbol del alma. Retrieved April 8,

2018, from <http://www.renacoitalia.net/es/il-gruppo/renaco-lalbero->

[dellanima/](http://www.renacoitalia.net/es/il-gruppo/renaco-lalbero-dellanima/)

Ojeda, A. del R., & Santacruz, A. R. (2017). *EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS QUE INCIDEN EN LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL AGUA DE LA QUEBRADA LA TORCAZA CORREGIMIENTO EL ENCANO, MUNICIPIO DE PASTO- NARIÑO*. Universidad

de Manizales. Retrieved from

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/3153/1/DOCUM>

[ENTO PRINCIPAL.pdf](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/3153/1/DOCUMENTO%20PRINCIPAL.pdf)

PEHCBM. (2010). Correo Intranet. Retrieved December 12, 2018, from

<http://www.pehcbm.gob.pe/dma/acrce.aspx>

Ramírez, J. M. (2005). *ZEE San Martín, Uso actual de las tierras*. Moyobamba, Perú. Retrieved from

http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/San_Martin/Memoria_Descriptiva_Uso_Actual.pdf

Ramos, A. (2015). NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS.

Retrieved from <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>

Reaño, G. (2018). La tierra prometida. Retrieved April 30, 2019, from

<https://es.mongabay.com/2018/03/peru-san-martin-bosques-zonificacion-forestal/>

RedacciónGestión. (2018, August 4). Amazonía peruana pierde 23,000 hectáreas de bosques en el primer semestre. *Gestión*, p. 1. Retrieved from

<https://gestion.pe/economia/amazonia-peruana-pierde-23-000-hectareas-bosques-primer-semester-240567>

REDD, GIZ, & CCAD. (2010). *TIPOS DE BOSQUES Y CONTEXTO DEL MAPEO DE LA COBERTURA FORESTAL EN CENTROAMÉRICA Y REPÚBLICA DOMINICANA. Reunión de*

los enlaces técnicos para la temática MRV del Programa REDD-CCAD-GIZ Antigua. Antigua Guatemala, Guatemala. Retrieved from http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1170376601.pdf

República, C. de la. Ley de Áreas Naturales Protegidas, El Peruano § (1997). Perú.

Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-Nº-26834.pdf>

Rodríguez, V. M., & Bullock, S. H. (2013). Comparación espacial y temporal de índices de la vegetación para verdor y humedad y aplicación para estimar LAI en el Desierto

Sonorense *. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 611–623. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n4/v4n4a10.pdf>

Rossi, E. Á. (2016). *ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA SOBRE EL USO DEL HÁBITAT A ESCALA LOCAL DEL MATACO (Tolypeutes matacus) EN EL CHACO*

ÁRIDO DE CÓRDOBA. Universidad Nacional de Córdoba. Retrieved from https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5433/Enzo_Rossi.pdf?sequence=1

Saavedra, J. (2016). ARTICULACIÓN DE LA POLÍTICA AGRARIA. In *TALLER*

MACROREGIONAL (p. 34). Tarapoto, Perú. Retrieved from

<http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/p-agraria/taller-macroregional-smartin2015.pdf>

SERNANP. (2018). *SISTEMA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL PERU ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE ADMINISTRACIÓN NACIONAL CON CATEGORIA*

DEFINITIVA CATEGORIAS. Lima, Perú. Retrieved from

http://www.sernanp.gob.pe/documents/10181/165150/Lista_Pagina_Web_OFICIAL_2018-12-11.pdf/8fe39508-0e9a-499b-a533-649481778346

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP. (2015). *Áreas Naturales Protegidas del Perú* (04 ed.). Lima, Perú. Retrieved from

<http://www.ibcperu.org/doc/isis/9532.pdf>

SNIFFS, S. N. de I. F. y de F. S. (2017). *DATOS OFICIALES DE BOSQUES Y PÉRDIDA DE LA COBERTURA DE BOSQUES HÚMEDOS AMAZÓNICOS - 2016*. Lima, Perú.

Retrieved from

<https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/Presentacion.pdf>

SPDA, S. P. de D. A. (2018). Bosques secos : una ecorregión que renace. Retrieved April 10, 2019, from <http://www.conservamospornaturaleza.org/noticia/semana-bosques-secos/>

The Nature Conservancy. (2008). *Valorando La Naturaleza: Beneficios De Las Áreas Protegidas*. Virginia, Estados Unidos. Retrieved from

<https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/35691/Valorandolanaturaleza.pdf>

Tiedemanm, J. L. (2015). FENOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA AÉREA DE SISTEMAS PASTORILES DE *Panicum maximun* EN EL DPTO. MORENO, SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA, DERIVADA DEL NDVI MODIS. *ECOLOGÍA APLICADA*.

Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34141082003>

Tun-Dzul, F. J., Vester, H., Durán, R., & Schmook, B. (2008). ESTRUCTURA ARBÓREA Y VARIABILIDAD TEMPORAL DEL NDVI EN LOS “BAJOS INUNDABLES” DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO. *POLIBOTÁNICA*, 69–90. Retrieved from

<http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n25/n25a6.pdf>

USGS, S. for a changing world. (2001). *Ciencia, Sociedad, Soluciones: Una Introduccion al USGS Ciencia*. Washington D. C, Estados Unidos. Retrieved from

<https://pubs.usgs.gov/fs/2001/0107/report.pdf>

ANEXOS

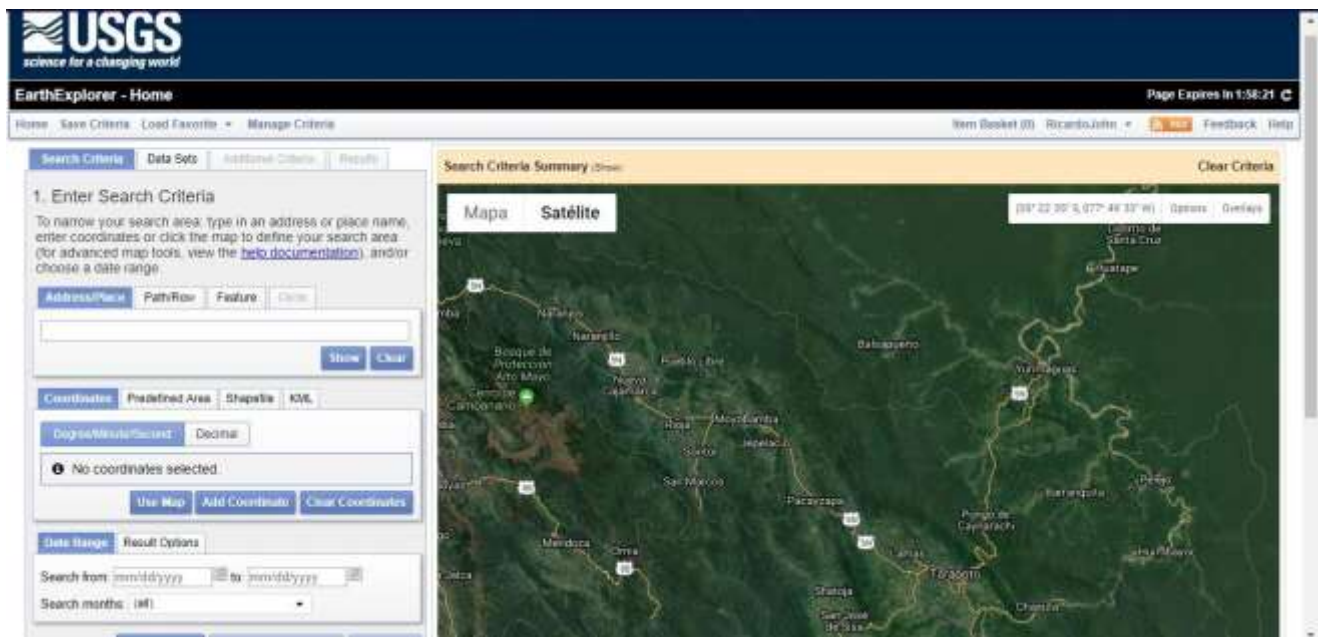


Figura 3-Portal web de la USGS

Fuente: Elaboración propia (2019)

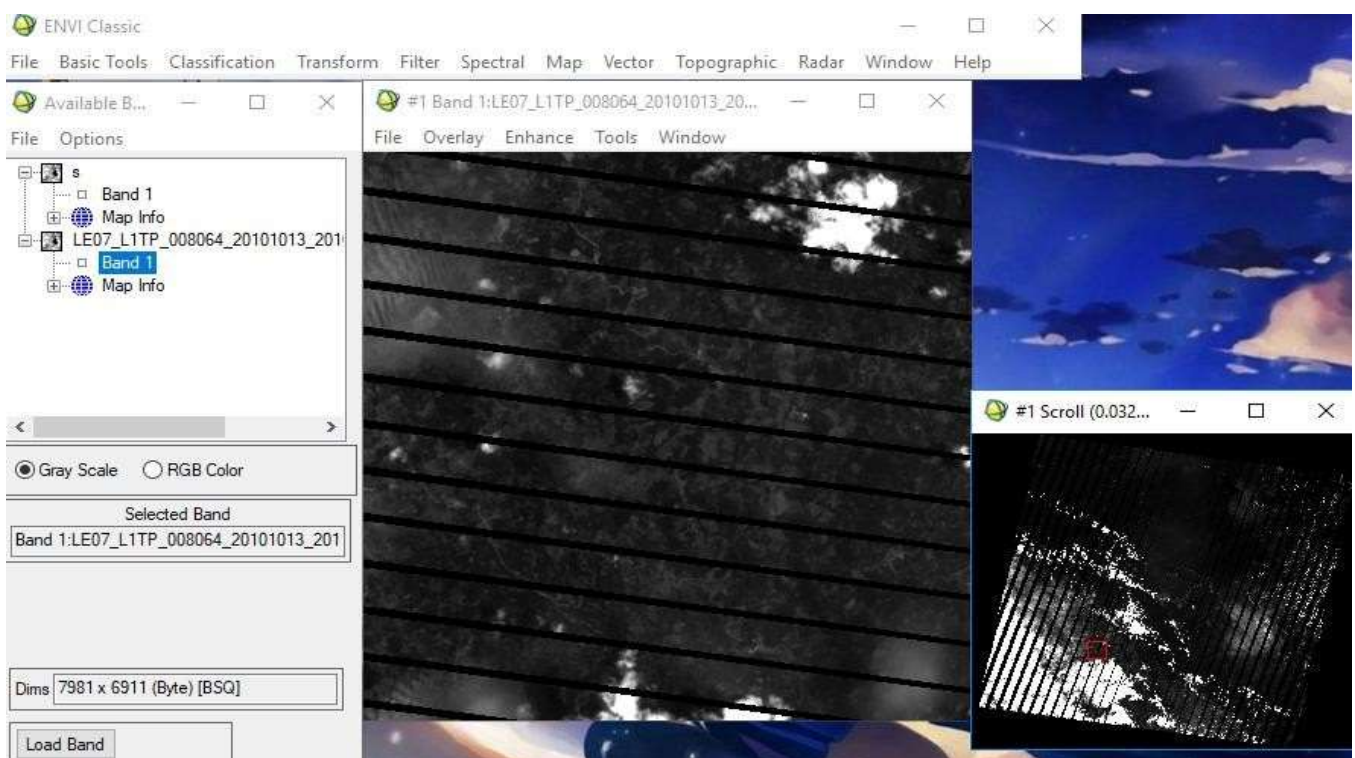


Figura 4-Imagen satelital antes de ser pre procesada en el software ENVI Classic + IDL

Fuente: Elaboración propia (2019)

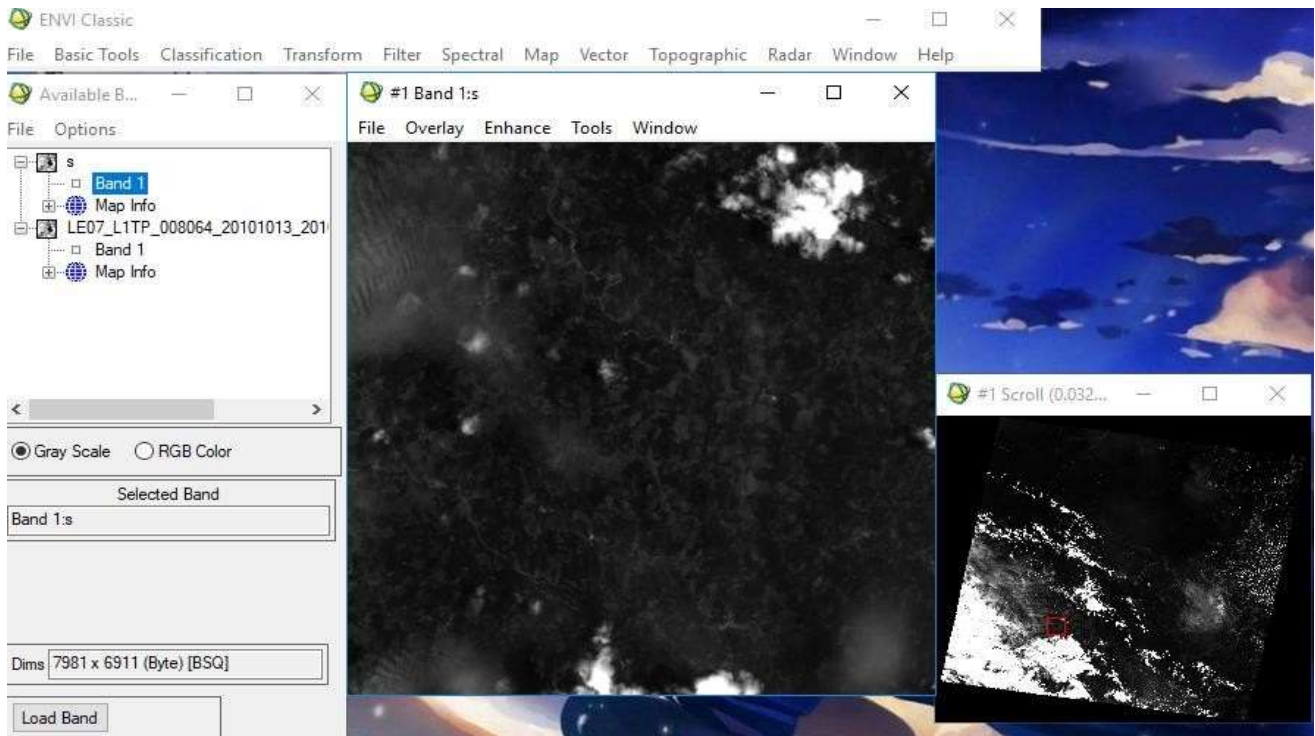


Figura 5-Imagen satelital pre procesada en el software ENVI Classic + IDL

Fuente: Elaboración propia (2019)

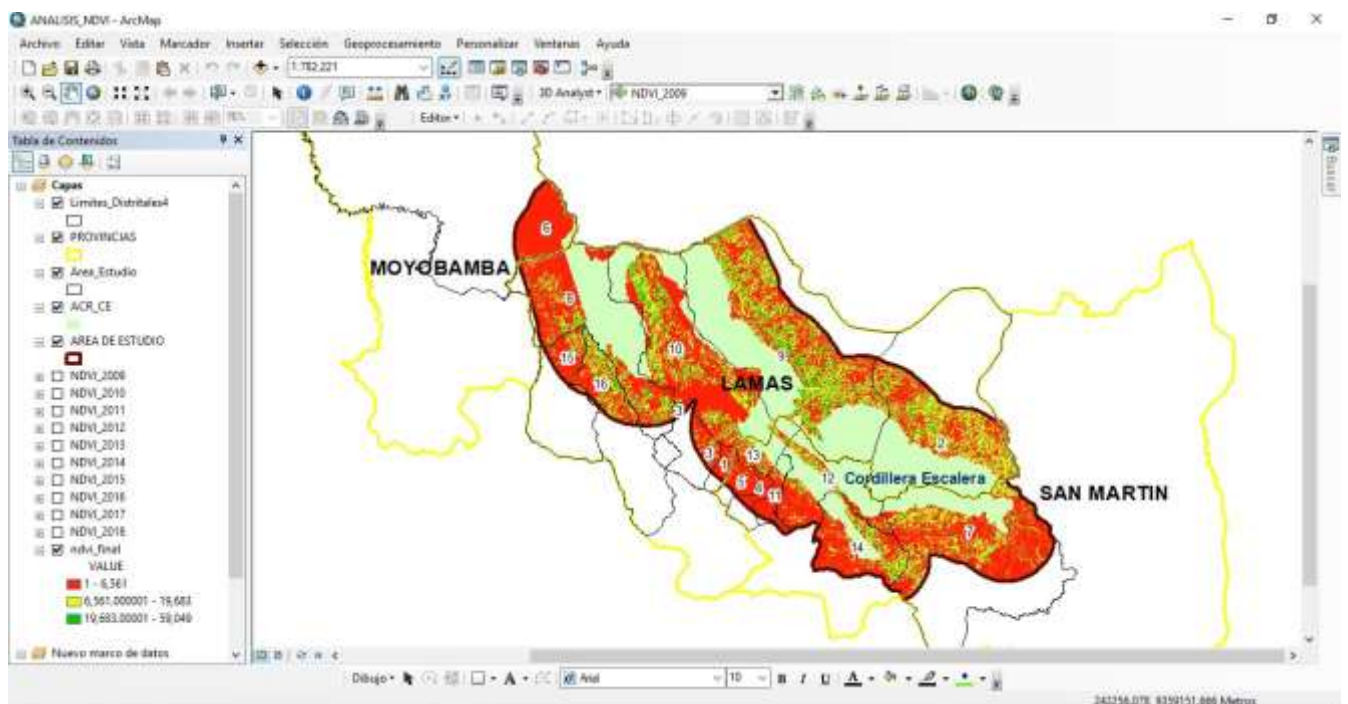
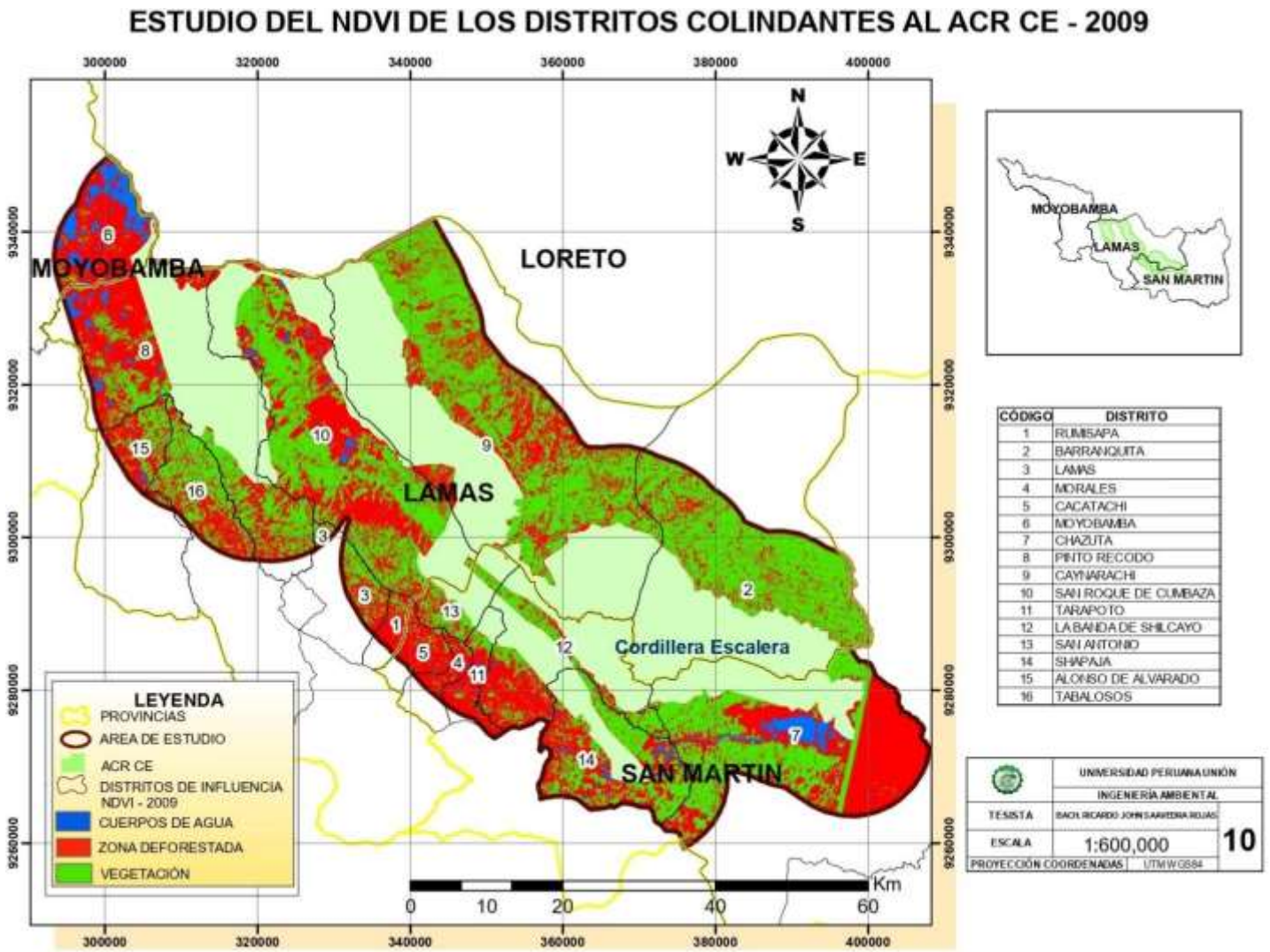


Figura 6-Procesamiento de las imágenes satelitales en el software ArcMap 10.5

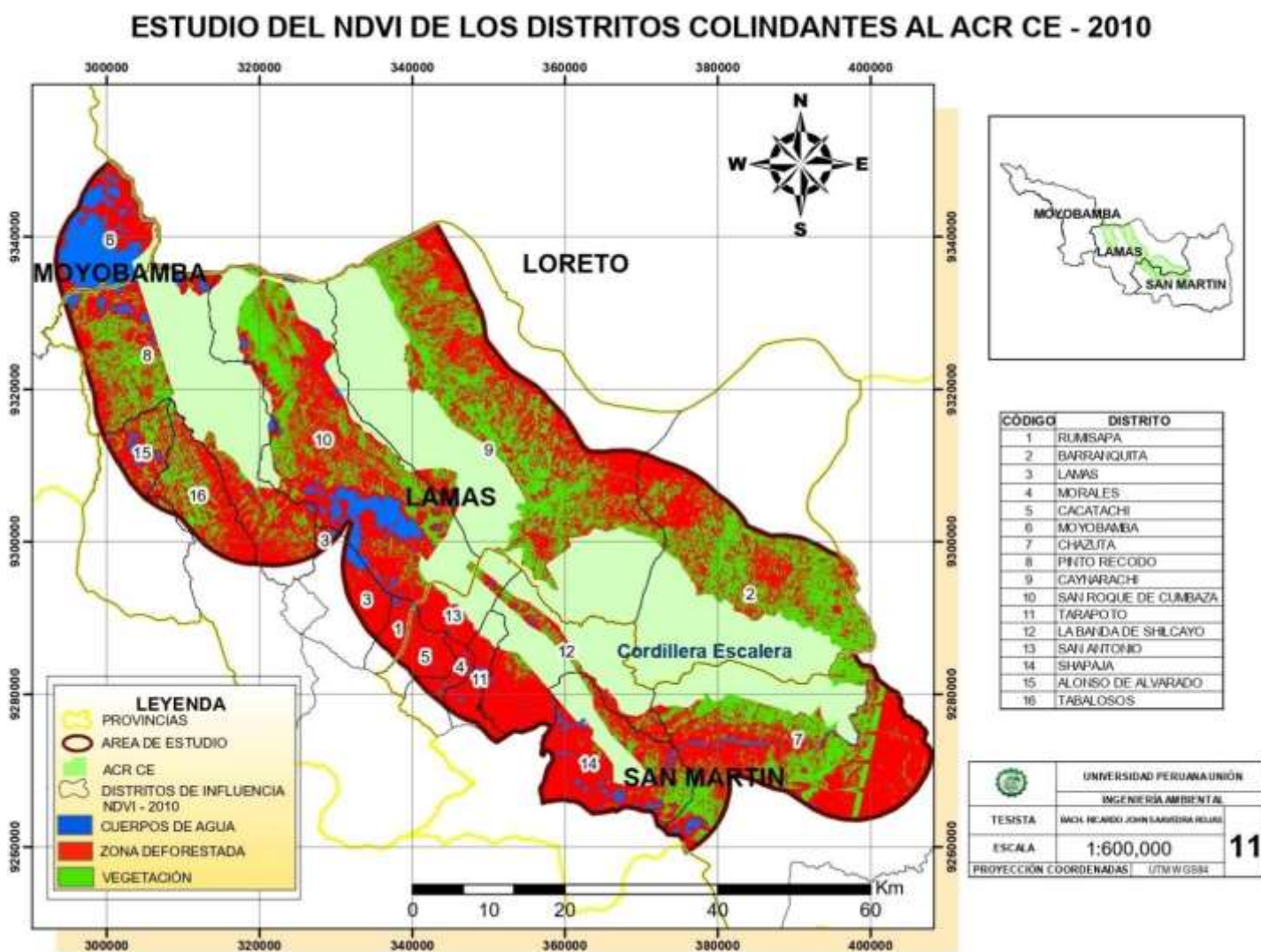
Fuente: Elaboración propia (2019)

Mapa 10-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2009



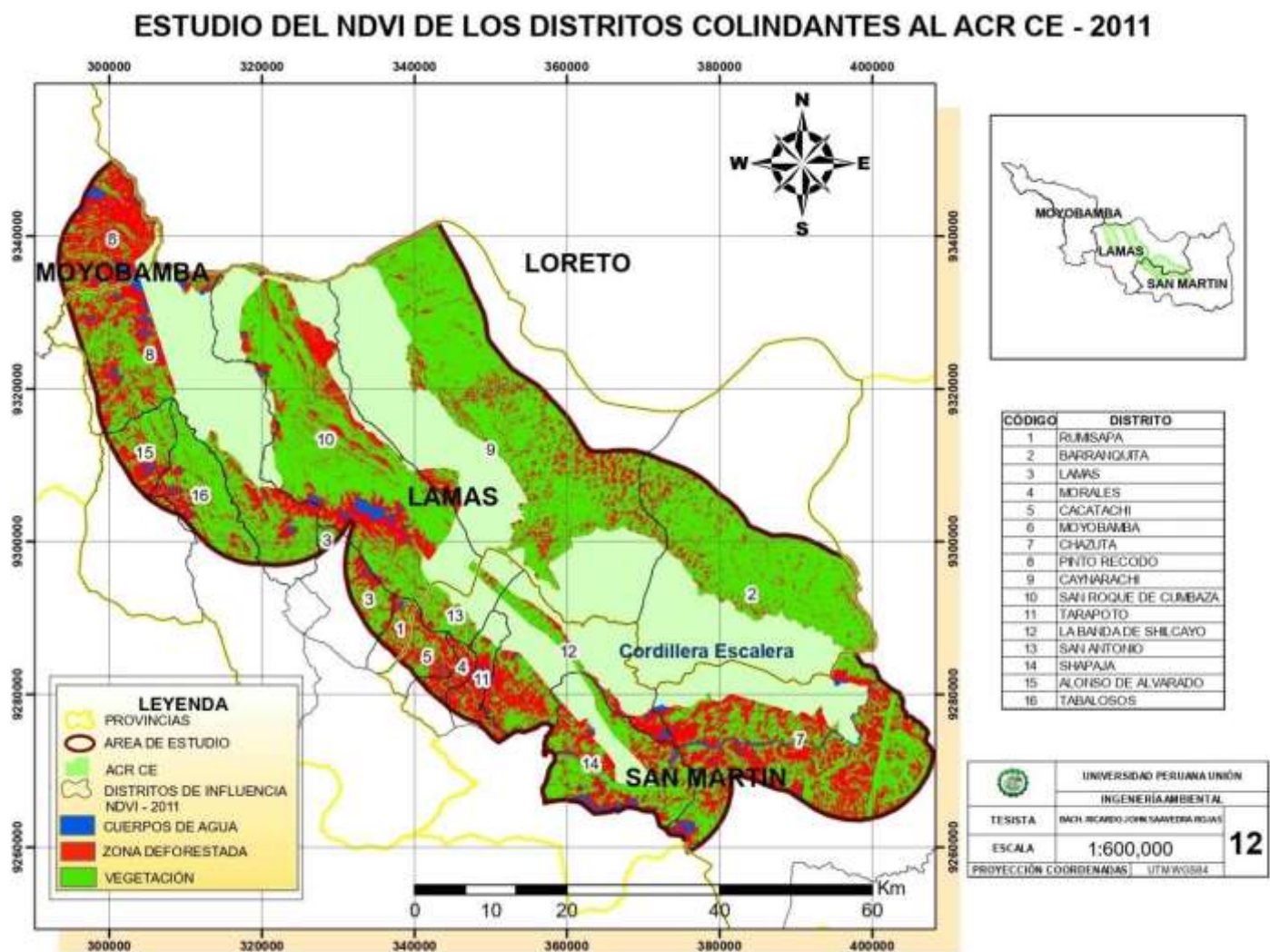
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 11-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2010



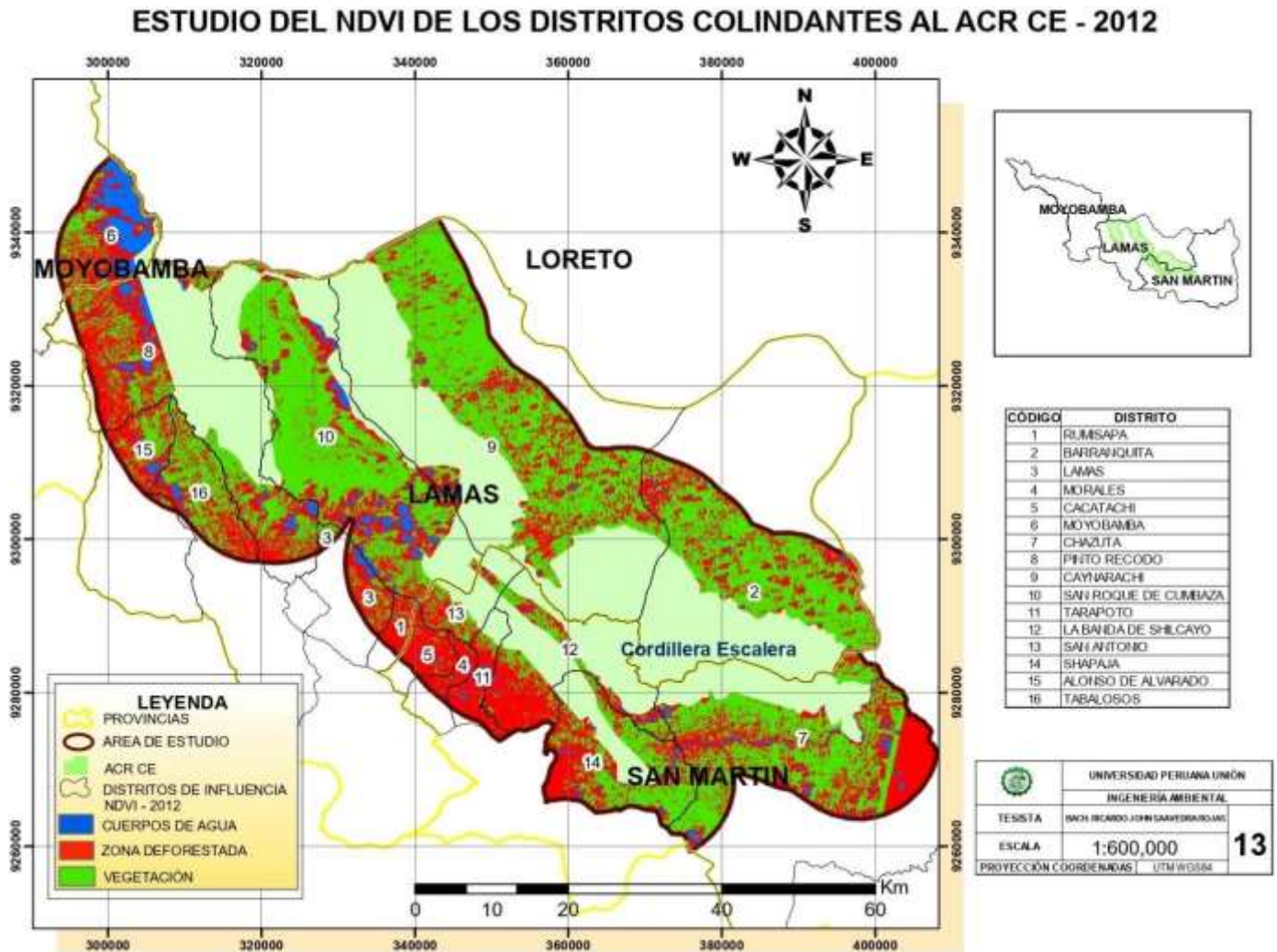
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 12-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2011



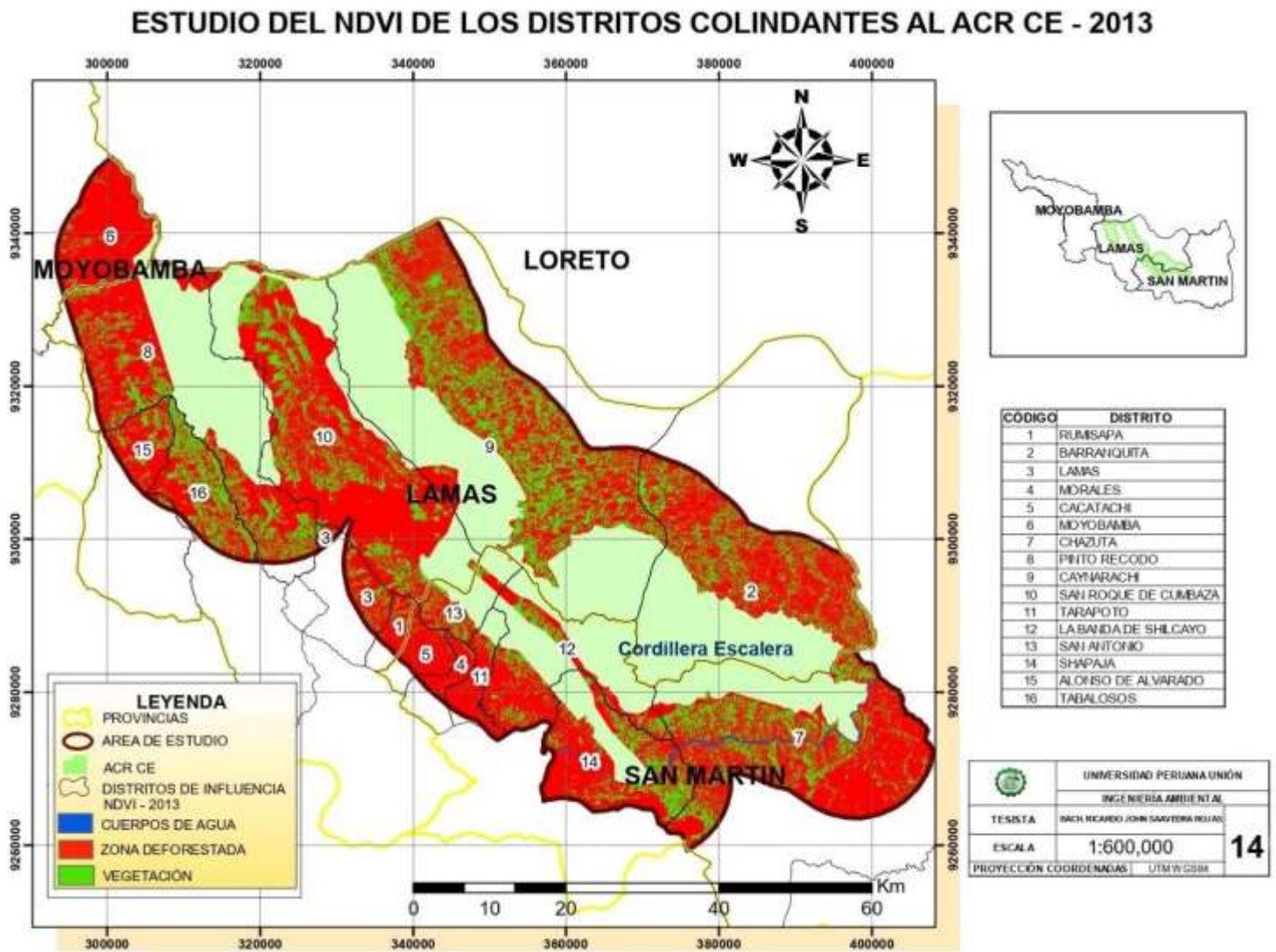
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 13-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2012



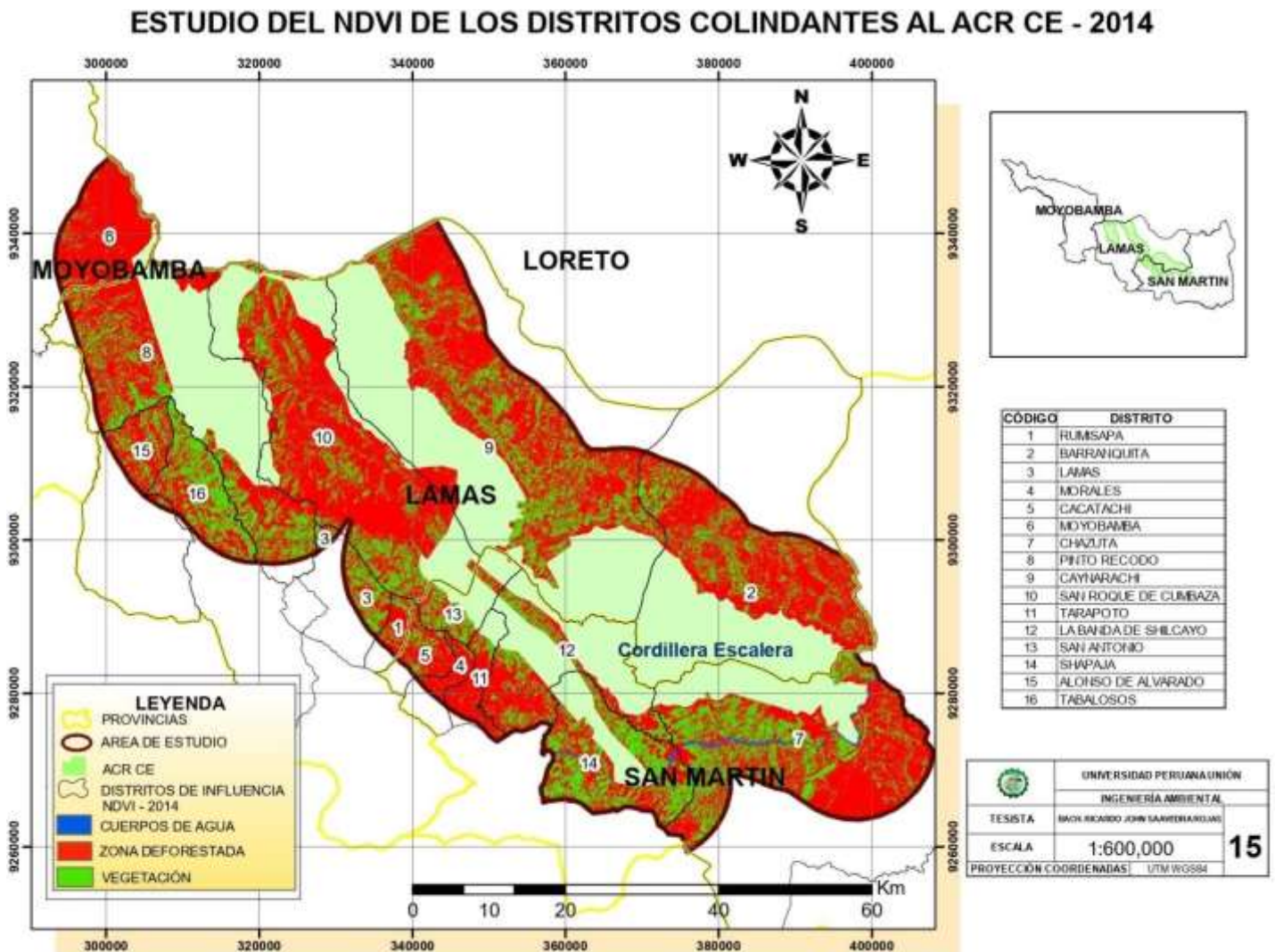
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 14-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2013



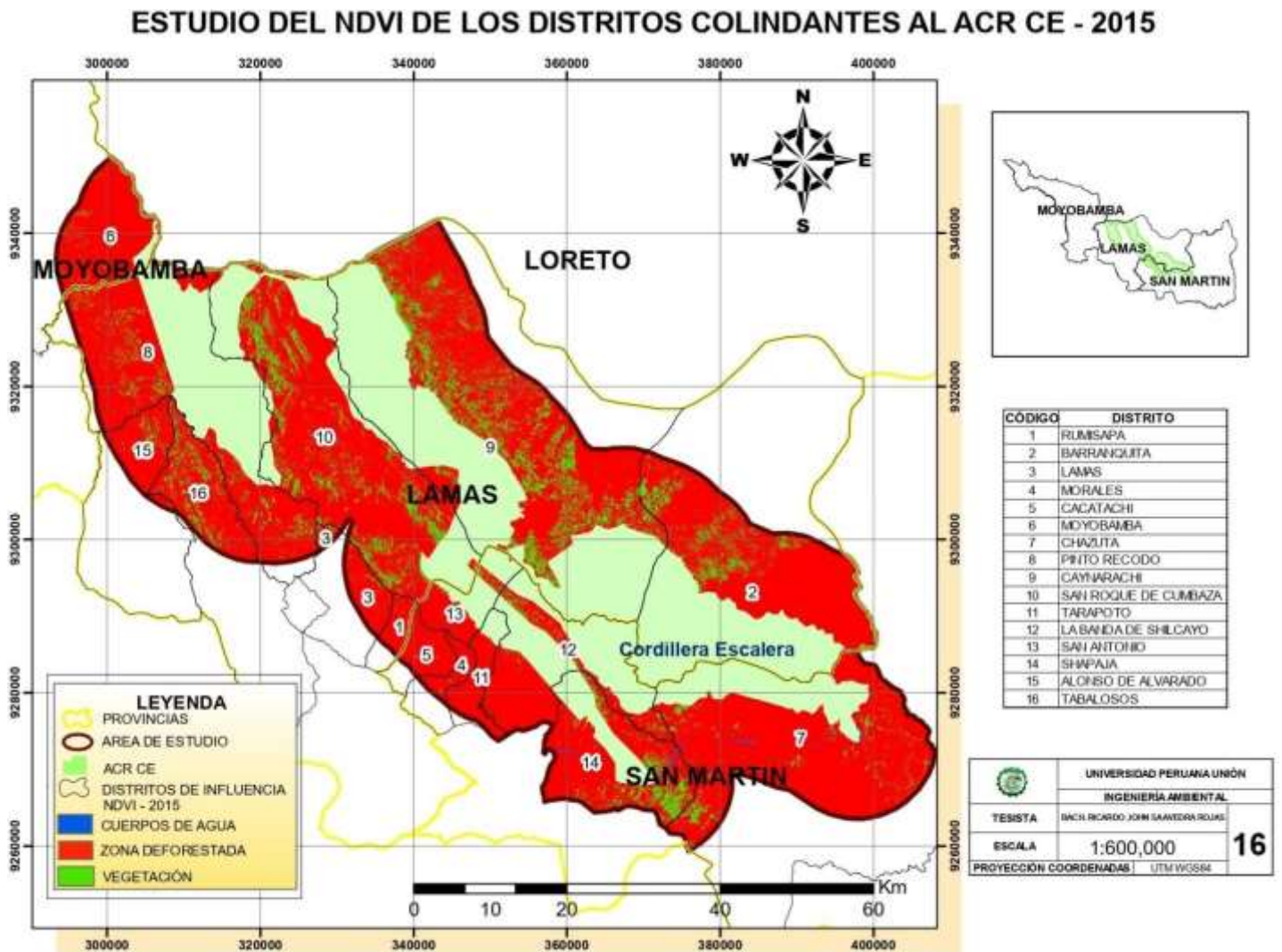
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 15-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2014



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 16-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2015



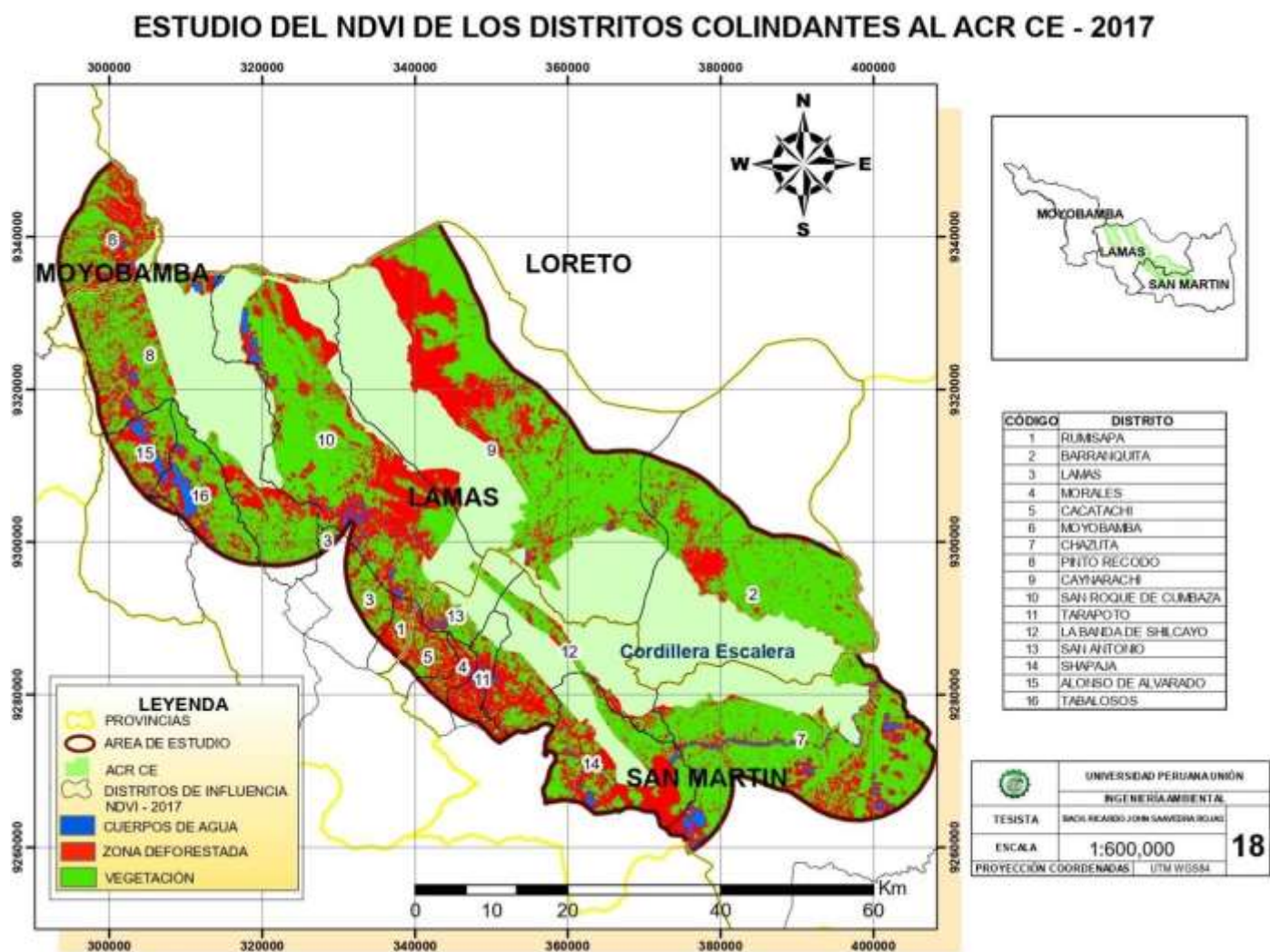
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 17-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2016



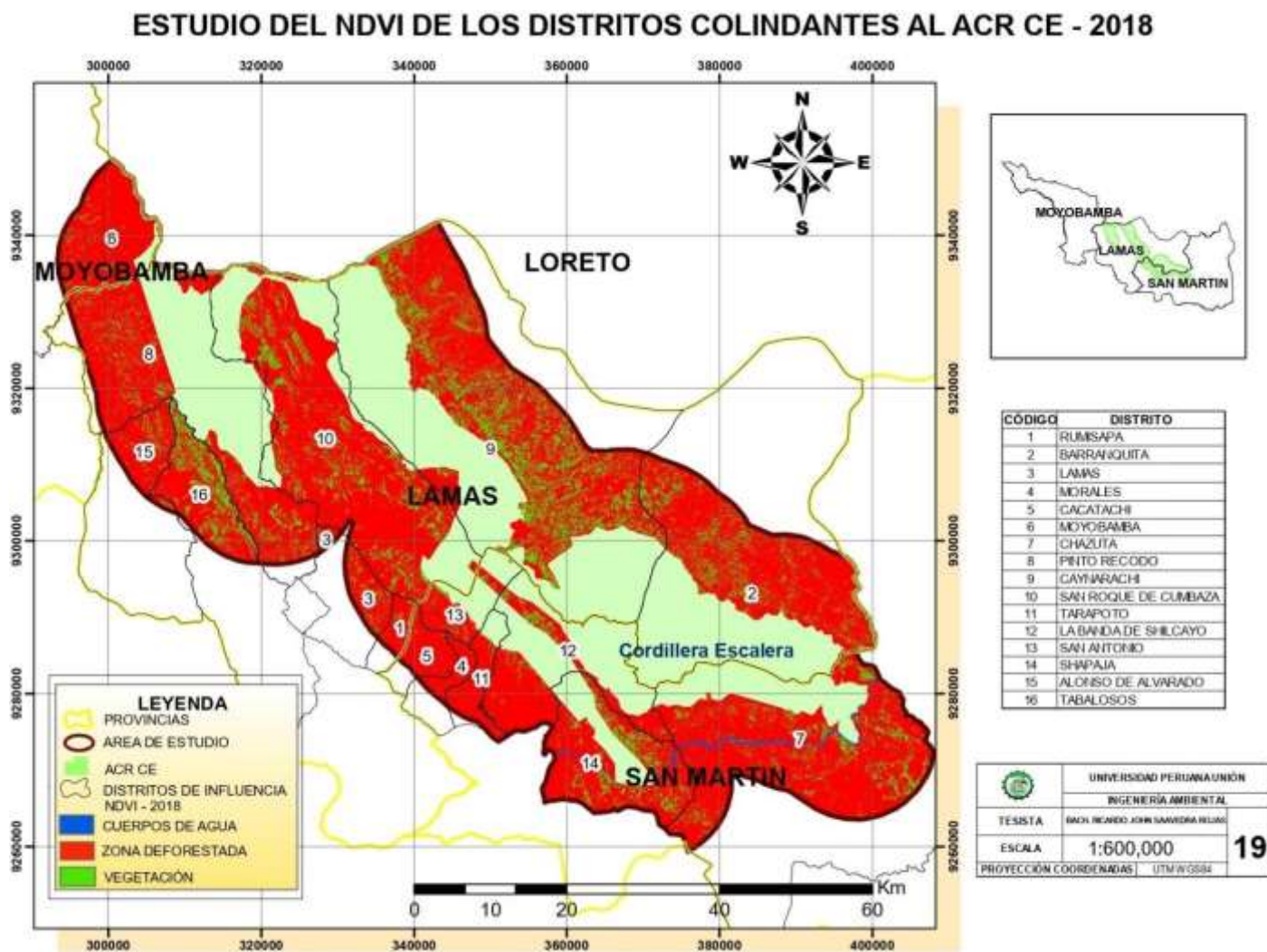
Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 18-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2017



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Mapa 19-Análisis del NDVI de los distritos colindantes al ACR-CE 2018



Fuente: Elaboración propia utilizando el programa ArcGis 10.5 (2019)

Tabla 6-Cronograma de actividades del proyecto de investigación

ACTIVIDADES	2018						2019																
	Noviembre		Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				
	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	
Designación de tema de investigación	X																						
Búsqueda de información del tema a estudiar(base de datos)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Elaboración del proyecto de tesis.		X	X	X																			
Trámites administrativos					X	X																	
Elaboración de línea base					X	X	X	X															
Descarga de imágenes satelitales								X	X														
Preparación de materiales para la elaboración de mapas									X	X													
Elaboración de mapas											X	X	X	X	X								
Análisis e interpretación de datos															X	X	X	X					
Culminación del proyecto																		X	X				
Trámites finales																				X	X		
Sustentación de Tesis																							X

Fuente: Elaboración propia (2018)

Tabla 7 -Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO DEL PROYECTO						
ITEM	ACTIVIDAD Y OBJETO DEL GASTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL S/.	COSTO TOTAL S/
1	Recursos Humanos					
	Investigador	Person a				
	Colaborador	Person a	1	80.00	80.00	80.00
	SUB TOTAL					80.00
2	Materiales y Equipos de campo					
	Folder	UNI	2	5.00	10.00	10.00
	Celular MOTOROLA MOTO G5s+	UNI	1	750.00	750.00	750.00
	Lápiz	UNI	3	0.50	1.50	1.50
	Cuaderno	UNI	1	5.00	5.00	5.00
	Impresiones(Encuestas)	UNI	400	0.10	40.00	40.00
	Tableros	UNI	2	2.50	5.00	5.00
	SUB TOTAL					811.50
3	Materiales y Equipos de Escritorio					
	Laptop LENOVO 480	UNI	1	2500.00	2500.00	2500.00
	Memoria USB Kingston 16 GB	UNI	1	20.00	20.00	20.00
	Impresiones múltiples	UNI	200	20.00	20.00	20.00
	SUB TOTAL					2540.00
	SUB TOTAL					S/ 3431.50
	TOTAL					S/ 3431.50
	IMPREVISTOS 10 %					S/ 343.15
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO					S/ 3774.65

Fuente: Elaboración propia (2018)

Tabla 8-VARIABLES OPERACIONALES

Resumen Narrativo		Indicadores	Medios de verificación	Condiciones de éxitos
Justificación	Pronosticar la pérdida de cobertura boscosa cerca al ARC-CE	Estudio de variabilidad de cobertura boscosa	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	Acciones o medidas de protección y conservación del área
Objetivo General	Evaluar la variabilidad espacio-temporal de vegetación de los distritos colindantes a la zona de amortiguamiento del ARC-CE	Variabilidad espacio-temporal	Análisis de la variabilidad de la cobertura boscosa desde el 2009- 2018	Diseñar mapas reales y confiables
Objetivos específicos	Identificar los distritos con más pérdidas de cobertura boscosa en el periodo 2009-2018.	Delimitación de la zona	Separación por distritos	Realizar una interpretación minuciosa para tener los resultados más exactos.
	Cuantificar la pérdida de vegetación de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ACR-CE	Mapas elaborados	Análisis de los datos	Calcular por distrito donde se originó mayor pérdida de vegetación boscosa
	Determinar el NDVI de los distritos colindantes en la zona de amortiguamiento del ARC-CE	Crear una data	Uso de imágenes de los cuadrantes donde se encuentre el lugar de estudio	Sumar las zonas de vegetación pérdidas en un periodo de 10 años
Recursos	ArcGis 10.5, ENVI 5.3, Satélite LANDSAT-7 LandSat 8, Laptop Lenovo G480, Lapicero, Folder, Memoria USB Kingston 16 GB, Cuaderno.	Presupuesto	Aprobación del proyecto	Tener todas las imágenes satelitales y shapes necesarios para la elaboración de los mapas
Fuente: Elaboración propia (2018)				Financiamiento Aprobación del proyecto

Tabla 9-*Datos de delimitación del proyecto*

Área de delimitación del proyecto		
Buffer 1000 m	450089.699	ha
Área del proyecto libre del ACR-CE	303147.951	ha
Área del ARC-CE	147454.9	ha
TOTAL	450602.851	ha

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Tabla 10-*Áreas de los distritos colindantes y el área abarcado por el proyecto*

Áreas de los distritos colindantes y el área abarcado por el proyecto			
Distritos	Área abarcada libre del ACR- CE (ha)	Área Total (ha)	Porcentaje del área abarcada respecto al total (%)
Rumisapa	2186.994	3324.432	66
Barranquita	34212.556	101276.525	34
Lamas	4913.921	12961.575	38
Morales	2382.439	5065.427	47
Cacatachi	4040.091	5243.991	77
Moyobamba	14452.28	270266.367	5
Chazuta	45375.703	95162.016	48
Pinto Recodo	29924.441	55948.726	53
Caynarachi	58475.26	125965.042	46
San Roque de Cumbaza	49036.373	64511.135	76
Tarapoto	4260.721	5837.959	73
La banda de Shilcayo	12289.366	26735.535	46
San Antonio	4017.978	7829.306	51
Shapaja	18599.835	23728.549	78
Alonso de Alvarado	6914.269	29624.612	23
Tabalosos	12065.723	36199.418	33
Total	303147.951	869680.616	

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Tabla 11-Conversión de pixel a metro - hectárea

AÑO EJEMPLO	Conversión de pixel a metro		HECTAREA
	PIXEL	METRO	
2009	114196	102776400	
	1535600	1382040000	
	1711679	1540511100	
		3025327500	302532.75

Fuente: Elaboración Propia (2019)

NOTA:

- Para la conversión de pixel a metro se multiplica la cantidad de pixeles x 900 (30*30).

Tabla 12-Fechas de las capturas realizadas por los satélites

Satélite	Fecha de captura de imágenes por el satélite		
	Año	Fecha	
		Captura 1	Captura 2
Landsat 7	2009	20/11/2009	29/12/2009
	2010	19/08/2010	13/10/2010
	2011	12/07/2011	7/09/2011
	2012	16/09/2012	11/10/2012
	2013	19/08/2013	27/09/2013
	2014	7/09/2014	19/12/2014
Landsat 8	2015	8/09/2015	17/09/2015
	2016	1/07/2016	30/10/2016
	2017	12/07/2017	9/10/2017
	2018	24/08/2018	10/09/2018

Fuente: Elaboración Propia (2019)