

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

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



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO Y
COBERTURA VEGETAL EN LOS AÑOS 2001 – 2008 –
2016 EN EL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE
PÓMAC, EN LA PROVINCIA DE FERREÑAFE,
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
MIGUEL ELÍAS RUIZ ESPINOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

**ASESOR METODOLÓGICO
MAG. ING. JUAN MANUEL TUME RUIZ**

**PIURA – PERÚ
2018**

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO Y COBERTURA
VEGETAL EN LOS AÑOS 2001 – 2008 – 2016 EN EL
SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC, EN LA
PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE
LAMBAYEQUE”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
MIGUEL ELÍAS RUIZ ESPINOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

**ASESOR METODOLÓGICO
MAG.ING. JUAN MANUEL TUME RUIZ**

PIURA – PERÚ

2018

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO Y COBERTURA
VEGETAL EN LOS AÑOS 2001 – 2008 – 2016 EN EL SANTUARIO
HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC, EN LA PROVINCIA DE
FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”

MIGUEL ELÍAS RUIZ ESPINOZA

BACHILLER

MAG. ING. JUAN MANUEL TUME RUIZ

ASESOR METODOLÓGICO

PÁGINA DE FIRMAS

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO Y COBERTURA
VEGETAL EN LOS AÑOS 2001 – 2008 – 2016 EN EL SANTUARIO
HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC, EN LA PROVINCIA DE
FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”**

APROBADO EN CONTENIDO Y ESTILO

MAG. ING. VICTOR GERARDO RUIDIAS ÁLAMO
PRESIDENTE

MAG. ING. LUIS ANGEL VIGNOLO FARFAN
MIEMBRO/SECRETARIO

MAG. ING. JORGE LUIS FLORES LOPEZ
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios.

Por permitirme alcanzar esta meta y por haberme dado salud para lograr mis objetivos; reconozco que Dios tiene el absoluto control sobre todas las cosas, y le agradezco por su infinito amor, misericordia, y por inspirarme para la elaboración de mi proyecto de tesis y así poder concluirlo.

A mis padres Miguel y Alba.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, con principios cristianos.

Agradezco infinitamente por su amor.

A mis familiares.

A mis hermanos Levi y Benjamín por todas las vivencias y el apoyo que me brindaron; y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Miguel y Alba por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser unos excelentes ejemplos de vida a seguir.

A mis hermanos Levi y Benjamín; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me ha ayudado y conducido hasta donde estoy ahora.

De igual forma le agradezco a los profesores: Mayor FAP Joel Díaz Salinas, Ing. Jorge Flores López y a mi Asesor Ing. Juan Manuel Tume Ruiz, quienes me ayudaron haciendo correcciones precisas en materias que no conocía, también me brindaron apoyo constante durante la investigación.

A la Universidad Alas Peruanas y a la Facultad de Ingenierías y Arquitectura, carrera de Ingeniería Ambiental por la formación académica.

Al arqueólogo Antonio Gamonal Medina quien trabaja como jefe del Santuario Histórico Bosque de Pómac en el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Agradecer de igual manera a los guardabosques William Zeña y Crisóstomo Castro Tinedo, que han contribuido en la ejecución del presente trabajo de investigación. Gracias por la ayuda y confianza en mí depositada.

ESQUEMA DE CONTENIDOS

DECLARACION DE ORIGINALIDAD	i
PÁGINA DE FIRMAS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ESQUEMA DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE ABRAVIATURAS	ix
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO I	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.1. Descripción de la realidad problemática	22
1.1.1 Caracterización del problema	22
1.1.2 Definición del problema	24
1.2. Formulación del problema	24
1.2.1 Problema general	24
1.2.2 Problemas específicos	25
1.3. Objetivos de la investigación	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos	25

1.4.	Justificación de la investigación	26
1.4.1	Justificación teórica	26
1.4.2	Justificación metodológica	26
1.4.3	Justificación práctica	27
1.5.	Importancia	27
1.6.	Limitaciones	28
	CAPITULO II	29
	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.1	Marco referencial	29
2.1.1	Antecedentes de la investigación	29
2.1.2	Referencias históricas	34
2.2	Marco legal	35
2.3	Marco conceptual	41
2.4	Marco teórico	45
	CAPÍTULO III	57
	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	57
3.1	Tipo, nivel	57
3.1.1	Tipo de la investigación	57
3.1.2	Nivel de la investigación	58
3.2	Método	58
3.3	Diseño de la investigación	59
3.4	Hipótesis de la investigación	59
3.4.1	Hipótesis general	59
3.4.2	Hipótesis específicas	59

3.5	Variables	60
3.5.1	Variable independiente	60
3.5.2	Variable dependiente	60
3.6	Cobertura del estudio de investigación	61
3.6.1	Población	61
3.6.2	Muestra	61
3.6.3	Muestreo	61
3.7	Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos	61
3.7.1	Técnicas de la investigación	61
3.7.2	Instrumentos de la investigación	61
3.7.3	Fuentes de recolección de datos	68
3.7.3.1	Fuentes primarias	68
3.7.3.2	Fuentes secundarias	68
3.8	Procesamiento estadístico de la información	68
3.8.1	Estadísticos	68
3.8.2	Representación	68
3.8.3	Comprobación de la hipótesis	69
	CAPÍTULO IV	70
	ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
4.1	Presentación de resultados	70
4.1.1	Resultados Parciales	70
4.1.1.1	Área de estudio	70
4.1.1.2	Materiales y Metodos	98
4.1.1.3	Metodos	100

4.1.1.4	Revisión bibliográfica	101
4.1.1.5	Procesamiento de Información	101
4.1.2	Resultados generales	137
	AÑO 2001	137
	AÑO 2008	139
	AÑO 2016	141
4.2	Contrastación de hipótesis	149
4.3	Discusión de resultados	151
	CONCLUSIONES	157
	RECOMENDACIONES	159
	BIBLIOGRAFÍA	160
	ANEXOS	164

ÍNDICE DE ABRAVIATURAS

- **ANP** : Área natural protegida.
- **DRIS** : Desarrollo rural sustentable.
- **DN** : Digital number.
- **DOS** : Método de sustracción de píxeles oscuros
- **ESDI** : Earth Science Data Interface.
- **GEI** : Gases de efecto invernadero.
- **GLOVIS** : The Global Visualization Viewer.
- **INPE** : Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil.
- **LCM** : Land Change Modeler.
- **MINAM** : Ministerio del Ambiente de Perú.
- **PETT** : Proyecto Especial de Titulación de Tierras.
- **SERNANP** : Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.
- **SIG** : Sistemas de Información Geográfica.
- **USGS** : Servicio Geológico de los Estados Unidos.
- **ZA** : Zona de amortiguamiento.
- **SHBP** : Santuario Histórico Bosque de Pómac.
- **NDVI** : Normalized Difference Vegetation Index.
- **GBIF** : Global Biodiversity Information Facility.
- **GPS** : Global Positioning System.
- **BES** : Bosques Estacionalmente Secos.
- **ONERN** : Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- **UICN** : Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- **CITES** : Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
- **SHBP** : Santuario Histórico Bosque de Pómac

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	23
UBICACIÓN EN COORDENADAS UTM WGS 84 DEL ÁREA DE PROTECCIÓN	
CUADRO N° 2	45
USO DE IMÁGENES SATELITALES	
CUADRO N° 3	72
LÍMITES DEL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC	
CUADRO N° 4	72
LÍMITES DEL SHBP - OESTE	
CUADRO N° 5	73
RUTA DE ACCESO AL SHBP	
CUADRO N° 6	74
ACTIVIDADES DESARROLLADAS DENTRO DEL RECURSO TURÍSTICO	
CUADRO N° 7	79
ESPECIES VEGETALES ENDÉMICAS Y/O CON UN NIVEL DE AMENAZA EN SHBP	
CUADRO N° 8	82
AVES ENDÉMICAS Y AMENAZADAS DEL SHBP	
CUADRO N° 9	86
ESPECIES DE MAMÍFEROS DEL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC	
CUADRO N° 10	89
REPTILES Y ANFIBIOS ENDÉMICOS Y AMENAZADOS DEL SHBP	
CUADRO N° 11	92
IMPACTOS Y FUENTES DE PRESIÓN EN EL SHBP	
CUADRO N° 12	99
IMÁGENES ÓPTICAS UTILIZADAS EN LOS PROCESOS DE DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO Y COBERTURA VEGETAL	

CUADRO N° 13	104
MODELO DE DATOS APLICADO EN SPRING	
CUADRO N° 14	115
MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TEST 2001	
CUADRO N° 15	116
MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TEST 2008	
CUADRO N° 16	117
MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TEST 2016	
CUADRO N° 17	120
VALORES DE REFLECTANCIA SELECCIONADOS PARA LOS COMPONENTES PUROS DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL	
CUADRO N° 18	129
CRUCES POR AÑOS	
CUADRO N° 19	131
TABULACIONES CRUZADAS 2001 - 2008	
CUADRO N° 20	133
TABULACIONES CRUZADAS 2008 – 2016	
CUADRO N° 21	135
MATRIZ DE LOS AÑOS 2001 – 2008	
CUADRO N° 22	135
MATRIZ DE LOS AÑOS 2008 – 2016	
CUADRO N° 23	136
MATRIZ DE LOS AÑOS 2016 – 2021	
CUADRO N° 24	137
MEDIDA DE CLASES DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES DEL AÑO 2001	
CUADRO N° 25	138
MATRIZ DE CONFUSIÓN Y EXACTITUD DE LA CLASIFICACIÓN DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2001	

CUADRO N° 26	139
MEDIDA DE CLASES DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES DEL AÑO 2008	
CUADRO N° 27	140
MATRIZ DE CONFUSIÓN Y EXACTITUD DE LA CLASIFICACIÓN DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2008	
CUADRO N° 28	141
MEDIDA DE CLASES DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES DEL AÑO 2016	
CUADRO N° 29	142
MATRIZ DE CONFUSIÓN Y EXACTITUD DE LA CLASIFICACIÓN DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2016	
CUADRO N° 30	143
MEDIDA DE CLASES DE LA CUANTIFICACIÓN DE LOS AÑOS 2001, 2008 Y 2016	
CUADRO N° 31	144
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	48
REPRESENTACIÓN DE LA MEZCLA ESPECTRAL EN UN SOLO PIXEL	
FIGURA N° 2	63
VENTANA PRINCIPAL	
FIGURA N° 3	64
INGRESO DE COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	
FIGURA N° 4	65
SELECCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE SATÉLITES	
FIGURA N° 5	66
LISTADO DE IMÁGENES SATELITALES DISPONIBLES	
FIGURA N° 6	67
VENTANA EMERGENTE PARA SELECCIÓN DE FORMATO DE LA IMAGEN	
FIGURA N° 7	71
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
FIGURA N° 8	75
TEMPERATURA MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA ABSOLUTAS	
FIGURA N° 9	102
MUESTRA DE LA CREACIÓN DEL BANCO DE DATOS	
FIGURA N° 10	104
MUESTRA DE LA CREACIÓN DEL PROYECTO	
FIGURA N° 11	110
IMAGEN CON RGB Y VECTOR QUE REPRESENTA EL ÁREA DE ESTUDIO	
FIGURA N° 12	112
IMÁGENES SEGMENTADAS	
FIGURA N° 13	114
IMÁGENES CLASIFICADAS	

FIGURA N° 14	119
VENTANA DE MODELO DE MEZCLA	
FIGURA N° 15	121
COMPORTAMIENTO ESPECTRAL IMAGEN TM/LANDSAT AÑO 2001	
FIGURA N° 16	121
COMPORTAMIENTO ESPECTRAL IMAGEN TM/LANDSAT AÑO 2008	
FIGURA N° 17	122
COMPORTAMIENTO ESPECTRAL IMAGEN TM/LANDSAT AÑO 2016	
FIGURA N° 18	123
MUESTRA DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL OBTENIDO DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2001	
FIGURA N° 19	124
MUESTRA DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL OBTENIDO DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2008	
FIGURA N° 20	125
MUESTRA DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL OBTENIDO DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2016	
FIGURA N° 21	127
TABULACIÓN CRUZADA DEL AÑO 2001 – 2008	
FIGURA N° 22	128
TABULACIÓN CRUZADA DEL AÑO 2008 – 2016	
FIGURA N° 23	146
MAPA DE USOS Y COBERTURA VEGETAL 2001	
FIGURA N° 24	147
MAPA DE USOS Y COBERTURA VEGETAL 2008	
FIGURA N° 25	148
MAPA DE USOS Y COBERTURA VEGETAL 2016	

ÍNDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA N° 1	62
METODOLOGÍA PARA CAPTURA DE IMÁGENES SATELITALES DESDE EARTH EXPLORER.	
ESQUEMA N° 2	100
METODOLOGÍA A REALIZAR	

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta los procesos de deforestación del Santuario Histórico de Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, mediante el uso del Sistema de Información Geográfica, el cual da la pauta para el seguimiento en los procesos de cambios en la ocupación del suelo. Se usaron imágenes satelitales en los años 2001, 2008, 2016, y se les aplicó el modelo lineal de mezcla espectral obteniendo imágenes fracción vegetación, suelo y agua. Estas imágenes fracción fueron segmentadas con un algoritmo de crecimiento de regiones para luego realizar una clasificación supervisada. Se definieron las siguientes clases: bosque denso, bosque semi denso, bosque ralo, suelo Chaparral, deforestación, regeneración, hidrología, antigua deforestación.

Luego se cuantifico las áreas recuperadas a partir de los resultados encontrados del análisis multitemporal de la dinámica del uso y cobertura vegetal. Teniendo como resultado que la deforestación ocurrida en los años 2001, 2008 y 2016 fue de 2428,65 (ha) lo que representa el 41,26%. Las áreas de regeneración suman 2549,97 (ha) representando el 43.35% del total. Y finalmente se elaboraron mapas de la dinámica del uso y cobertura vegetal de los años 2001-2008-2016, así como el modelamiento para el año 2021.

El modelo desarrollado es una estructura de base de datos georreferenciada tanto gráfica como de atributo, que tiene muchas aplicaciones; por ejemplo en el

seguimiento de los cambios del Santuario Histórico de Bosque de Pómac para poder prevenir y controlar los riesgos.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, modelo lineal de mezcla espectral, clasificación supervisada, deforestación.

ABSTRACT

This research presents the processes of deforestation of the Historic Forest Sanctuary of Pómac, in the province of Ferreñafe, Department of Lambayeque, through the use of the Geographic Information System, which is the guideline to monitor the processes of change in Land occupation

Satellite images were used in 2001, 2008 and 2016, and the linear model of spectral mixing was applied, obtaining vegetation, soil and water fraction images. These images were segmented with a region growth algorithm to then perform a supervised classification. The following classes were defined: dense forest, semi-dense forest, sparse forest, Chaparral Soil, Deforestation, Regeneration, Hydrology, Old deforestation.

We then quantify the areas recovered from the results found in the multitemporal analysis of the use dynamics and the vegetation cover. As a result deforestation occurred in 2001, 2008 and 2016 was 2428.65 (ha) which represents 41.26%. The regeneration areas totaled 2549.97 (ha) representing 43.35% of the total. And lastly to elaborate the maps of use of the ground and the vegetal cover of the years 2001-2008-2016, as well as the modeling for the year 2021.

The model developed is a georeferenced database structure both graphical and attribute, which has many applications; For example, in the follow-up of the changes in the Historic Forest Sanctuary of Pómac to prevent and control the risks.

Key words: Geographic Information System, Linear model of spectral mixing, Supervised classification, Deforestation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha considerado al Perú como el segundo país en Sudamérica, después de Brasil, con gran variedad de áreas forestales, riqueza natural que está en constante amenaza debido a la deforestación, actividad que cada vez se realiza en mayores proporciones para diferentes fines de uso. El Perú tiene 73 millones de hectáreas de bosques que se caracterizan por una amplia diversidad, de la cual se distinguen los bosques amazónicos que comprenden la mayor superficie con 94% del área forestal, los bosques secos que abarcan el 5% y los bosques andinos con 0.5%. Tanto los bosques amazónicos como los no amazónicos experimentan fuertes presiones, ya que la deforestación afecta también las vertientes occidentales, oriental andina y laderas de valles interandinos. La dinámica de la deforestación en el país se da en primer lugar por la agricultura migratoria (apertura de terrenos agrícolas), la extracción ilegal (apertura de caminos y retiro de especies valiosas), y los incendios forestales (MINAM & MINAGRI, 2011).

Sin embargo, existen actualmente diferentes estudios que utilizan el procesamiento de imágenes de satélite para determinar la dinámica del uso de la cobertura del suelo debido a las diferentes actividades antropogénicas, siendo una de las principales la deforestación.

El área de estudio se encuentra en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, ubicado en la cuenca baja del río La Leche, provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque, a 31.5 km de la ciudad de Chiclayo. Se escogió esta zona de estudio como proyecto, debido a la escasa información actualizada relacionada al tema. En el Perú existen instituciones como el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) que utilizan la teledetección o percepción remota en actividades relacionadas con la dinámica del uso de la cobertura del suelo en la zona antes mencionada, pero con ciertas limitaciones para realizar un seguimiento continuo de las actividades antropogénica que se realizan.

En esta investigación se analiza un conjunto de datos utilizando herramientas de análisis multitemporal, cuyo objetivo principal es determinar y analizar la dinámica del uso y cobertura vegetal en el Santuario Histórico Bosque de Pómac. El presente trabajo ha sido desarrollado en base a un problema identificado que se especifica en el Capítulo I: Planteamiento del Problema. Posteriormente se da a conocer los antecedentes, la normativa legal que ampara el desarrollo del presente y los conceptos claves que permitan entender esta tesis. Estos aspectos desarrollados en el Capítulo II: Fundamentos Teóricos de la Investigación.

En Capítulo III: Planteamiento Metodológico, se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la Investigación.

El Capítulo IV: Organización, Presentación y Análisis de Resultados presenta los resultados obtenidos de la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001 – 2008 – 2016 en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque”

Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo y se hacen recomendaciones para mejorar o desarrollar otros aspectos del trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

1.1.1. Caracterización del problema

En las últimas décadas del siglo XIX, la población de esta zona creció rápidamente debido al incremento poblacional, pero especialmente en las tres últimas décadas del siglo XX se presenta un desborde económico y demográfico en las áreas que limitan con el Santuario Histórico Bosque de Pómac.

Actualmente, las actividades antrópicas, tales como la actividad agropecuaria y la extracción maderera, entre otras, están originando cada año pérdidas significativas. Pérdidas, que no sólo incluyen la de cobertura vegetal en sus diferentes formas de vida (árboles, arbustos, herbáceas), sino que además ponen en peligro a la biodiversidad, los refugios de la fauna silvestre y los servicios

ambientales del bosque, además afectan nuestro patrimonio histórico, ya que en esta área se encuentran 36 pirámides de la Cultura Sicán (Plan Maestro Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011-2016).

Por otro lado, el pastoreo no dirigido puede ser considerado como el principal factor de deterioro del bosque seco, porque destruye la cobertura de matorral y sotobosque del área. En este sentido, transformar la cobertura de los bosques, por vegetación principalmente gramínea, causa en escala continental un aumento significativo en la temperatura superficial y la disminución de la evaporación y la precipitación.

La integridad del SHBP se vio afectada desde el 2001, año en que fue víctima de la invasión ilegal de pobladores foráneos que se establecieron en sus territorios. Los invasores talaron cientos de hectáreas de bosque (casi el 25% del área total del santuario) para utilizar el suelo principalmente en actividades agrícolas y para construir sus viviendas, así como trochas y caminos con el fin de movilizarse y comercializar sus productos (Plan Maestro Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011-2016).

En el cuadro N° 1 se puede apreciar las coordenadas centrales del área de estudio SHBP, así como el número de hectáreas que tiene.

CUADRO N° 1: UBICACIÓN EN COORDENADAS UTM WGS 84 DEL ÁREA DE PROTECCIÓN

PUNTOS	COORDENADAS UTM WGS 84		ÁREA (HA)
	ESTE	NORTE	
Punto geodésico Instituto Geofísico Nacional	629872 E;	9289785 N	5,887.38 has.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.2. Definición del problema

El Santuario Histórico Bosque de Pómac fue afectado por las invasiones realizadas en el valle del río La Leche, hecho que ha sido una amenaza constante. Las mafias que dirigen esta práctica se valen de todo tipo de influencias para hacerse de propiedades y mediante el inicio de largos juicios por la posesión de tierras buscan obtener beneficios por varios años. Estas invasiones conllevaron a la deforestación dentro del SHBP, además, esta actividad furtiva fue abriendo caminos al interior del SHBP para el desplazamiento de las carretas y acémilas, las cuales fragmentan el ecosistema lo que trajo como consecuencia los cambios del uso del suelo, una elevada pérdida de biodiversidad y la destrucción del patrimonio arqueológico.

Es por ello que se debe determinar la dinámica del uso y cobertura vegetal, así como la cuantificación de áreas deforestadas debido a las actividades antropogénicas realizadas en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, y de esta manera se pueda monitorear y tomar medidas preventivas para el cuidado y protección de este Santuario.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

En la actualidad no se ha determinado la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001, 2008, 2016 en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque.

Ante este problema se formula la siguiente interrogante:

¿Cómo ha sido la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001, 2008, 2016 en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque?

1.2.2. Problemas específicos

- PE₁.** ¿Cómo el modelo lineal de mezcla espectral se puede utilizar en el estudio de la dinámica del uso y cobertura vegetal en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque?
- PE₂.** ¿Es necesario aplicar técnicas de cuantificación de las áreas recuperadas a partir de los resultados encontrados del análisis multitemporal de la dinámica del uso y cobertura vegetal?
- PE₃.** ¿Para el seguimiento de la dinámica del uso del suelo y cobertura vegetal no existen mapas de los años 2001-2008-2016, así como el Modelamiento para el año 2021?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la dinámica del uso y cobertura vegetal en El Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la Provincia de Ferreñafe, Departamento Lambayeque.

1.3.2. Objetivos específicos

- OE₁.** Aplicar el modelo lineal de mezcla espectral en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque utilizando imágenes satelitales en los años 2001-2008-2016.
- OE₂.** Cuantificar las áreas recuperadas a partir de los resultados encontrados del análisis multitemporal de la dinámica del uso y cobertura vegetal.

OE3. Elaborar mapas del uso y cobertura vegetal de los años 2001-2008-2016, así como el modelamiento para el año 2021.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

El presente proyecto de investigación “Determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque”, ha sido elaborado porque considero es necesario conocer su estado de deforestación, originado principalmente por la invasión ilegal de pobladores foráneos que se establecieron en sus territorios. Los invasores talaron cientos de hectáreas de bosque en un aproximado del 25% del área total del Santuario, con la finalidad de utilizar el suelo principalmente en actividades agrícolas y para construir sus viviendas, así como trochas y caminos con el fin de movilizarse y comercializar sus productos.

Esta determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal va a hacer posible obtener información acreditada y científica que me permita dar alternativas de solución objetivas; y esto debe conllevar al desarrollo económico, social y ambiental, posibilitando, de esta manera, el equilibrio y bienestar de la naturaleza y satisfaciendo las necesidades del ser humano, sin que el Santuario Histórico Bosque de Pómac se vean afectado.

1.4.2. Justificación metodológica

Se utilizó el Modelo Lineal de Mezcla Espectral, que me permitirá descomponer la imagen original en componentes, según el uso del suelo en cada pixel de la imagen, también la respuesta espectral contenida en un pixel es una mezcla de tres componentes principales: suelo, vegetación y sombra (o agua) (Moreira, 2007).

Utilicé el modelo de mezcla espectral porque transforma la información espectral en información física (valores de proporción de los componentes en el pixel). También porque la imagen fracción vegetación realza las áreas de cobertura vegetal, la imagen fracción suelo realza las áreas de suelo expuesto, en cuanto que la imagen fracción sombra/agua realza las áreas ocupadas por cuerpos de agua (ríos, lagos y otros) y también áreas quemadas, áreas inundadas, entre otros. Se considera como imagen fracción sombra o agua debido al hecho que esos dos blancos presentan respuestas espectrales semejantes (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

1.4.3. Justificación práctica

Durante el trabajo de campo se visitó el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque, donde se realizó la georreferenciación, por tres días, en los puntos al azar seleccionados por el impacto de la deforestación. En el procesamiento de información se creó banco de datos, creación del proyecto, creación de modelo de datos, importación de imágenes satelitales, segmentación, clasificación de las clases, realización del modelo lineal de mezcla espectral, luego de procesar la información, posteriormente se comparó los datos de los años 2001, 2008, 2016 de las imágenes satelitales que se han trabajado con el software Spring.

1.5. Importancia

Uno de los temas que presenta mayor preocupación es la falta de información detallada y actualizada del uso agropecuario, distribución y localización de la cobertura boscosa, así como de la expansión urbana.

Actualmente los avances tecnológicos y la disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución, permiten adquirir información a diferentes

escalas de manera detallada que las que tradicionalmente se han levantado.

Otros aspectos para los que estos datos resultan de gran utilidad son: diseño de políticas y planificación del sector forestal, gestión de áreas protegidas, cuencas hidrográficas, actualización de indicadores ambientales y económicos, planes de ordenamiento y desarrollo territorial a diferentes escalas y gestión de riesgo.

El análisis de los datos permitirá para futuras investigaciones, entre otros productos, análisis sobre la dinámica de utilización del suelo y para determinar si la utilización del suelo es adecuada o conflictiva de acuerdo a su capacidad productiva. De esta forma creo de especial importancia la realización de esta investigación en el área de estudio, en este caso el Santuario Histórico Bosque de Pómac, ya que proyectos similares se están desarrollando en diversos países de Sudamérica, ya sea el caso de Chile, México, Brasil y Argentina.

1.6. Limitaciones

Las limitaciones para la realización de la presente investigación son las siguientes:

- Falta de información detallada y el difícil acceso a la base de datos exactos para realizar la metodología de modelo de mezcla espectral.
- Escasa disponibilidad de recursos económicos para desarrollar y culminar satisfactoriamente el proceso de investigación.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco referencial

2.1.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1.1 Internacionales

- Estudio de uso y cobertura del suelo, Santo Domingo (2012).

Autor: Lic. Pérez Ceballos Mariana; y equipo de trabajo. En el 2012 se realizó un estudio de uso y cobertura del suelo, por la Dirección de Información ambiental y de Recursos Naturales, la cual se ejecutó en Santo Domingo, cuyo objetivo fue disponer de datos actualizados sobre la distribución geográfica y las superficies ocupadas por los distintos usos y cobertura vegetal del suelo; los cuales constituyen la línea base de información para el diseño de políticas de los sectores ambiental, agrícola, ganadero,

económico y social, además para la elaboración e implementación de los planes de ordenamiento y desarrollo territorial, la gestión de riesgo y el monitoreo de los indicadores ambientales y económicos consignados en estrategias y los convenios nacionales e internacionales.

- Análisis de la deforestación, fragmentación y cambio de uso de suelo en los bosques del Altiplano Central de Chiapas, México (2013).

Autor: Lc. Morales Luque Gabriel.

En el 2013 se realizó el presente trabajo con el objetivo de observar los patrones espaciales de deforestación y cambio de uso de suelo en el Altiplano Central de Chiapas-México, e identificar las causas relacionadas con ellos bajo un contexto histórico y socioeconómico. Se analizaron los cambios de cobertura y uso del suelo de dos periodos contrastantes por la entidad: 1992 – 2002 y 2002 – 2007, realizando un análisis de fermentación mediante índices métricos del paisaje para el bosque templado y el bosque mesófilo de montaña. Así se identificó las transiciones sistemáticas por medio de matrices de transición generadas a través del cruce de mapas, y se usó la persistencia para la generación de ganancias y pérdidas netas, cambio neto e intercambio de áreas.

- Aplicación de la teledetección y sistemas de información geográfica al inventario forestal a nivel predial, en Santa Lucía provincia de Neuquén, Argentina (2012).

Autores: Letourneau, Fabio; López, Carlos.

En el 2012, se realizó un estudio en el establecimiento Santa Lucía en la provincia del Neuquén, en el cual se detalló un inventario forestal y de suelos, con el objetivo de contar con información para la toma de futuras decisiones de manejo forestal. Se utilizaron fotografías aéreas (escala 1:7.500), se realizaron dos mosaicos, georeferenciados y rectificadas (ERDAS).

A partir de la fotointerpretación de las coberturas, los suelos y las parcelas forestadas, se realizaron en campo las verificaciones, descripciones, mediciones y controles forestales correspondientes. Los resultados obtenidos fueron digitalizados (ERDAS) en monitor sobre los mosaicos escaneados, obteniéndose las siguientes expresiones cartográficas: uso de la tierra, suelos, aptitud de los suelos para forestar e inventario forestal.

2.1.1.2 Nacionales

- Teledetección y sistema de información geográfico en las concesiones forestales de los bosques de producción permanente del Perú (2011).

Autores: Organismo de Supervisión de Recursos Forestales.

En el 2011, se realizó este estudio con el objetivo de identificar previamente las áreas boscosas con ayuda de imágenes de satélite Landsat TM, evitando cualquier sobreposición con comunidades nativas, predios agrícolas y áreas naturales protegidas. Hasta el momento, el Ministerio de Agricultura ha creado 12 millones de hectáreas de bosques de producción permanente, que incluyen a los departamentos de Madre de Dios, Ucayali

y Loreto, faltando aún los departamentos de Huánuco, San Martín, Junín, Cusco, Ayacucho y Puno. Dentro de estos bosques se establecen las unidades de aprovechamiento, a las que podrán acceder pequeños y medianos empresarios para concursar a concesiones forestales maderables que van de 5000 ha a 10,000 ha, llegando un mismo concesionario a acceder hasta 50 000 ha en concesión por 40 años renovables.

Luego del establecimiento del bosque de producción permanente, se debe de cuantificar su recurso forestal. Para ello se hace una interpretación forestal de las imágenes de satélite Landsat, bandas 345, realizadas con georreferenciados y rectificadas ERDAS e interpretadas en ARC VIEW, siguiendo un criterio fisiográfico – florístico.

- Cuantificación de áreas deforestadas en la zona de influencia de la carretera Iñapari-Iberia en la región Madre de Dios, Perú (2008).

Autores: Diaz Salinas Joel; Pardi Lacruz María.

En el 2008, se realizó este estudio con el objetivo de probar una metodología usando imágenes de satélite que pueda ser utilizada por las instituciones locales encargadas de la cuantificación de áreas deforestadas en la Amazonía peruana. Se usaron imágenes ópticas del año 2000 y 2006, las cuales fueron transformadas a factor de reflectancia bidireccional aparente y se les aplicó el modelo lineal de mezcla espectral obteniendo imágenes fracción vegetación, suelo y sombra. Se definieron las siguientes clases: bosque, regeneración inicial, regeneración avanzada, pasto seco, pasto verde, suelo,

área urbana, hidrología y quemadas. Como resultado se pudo apreciar que la deforestación ocupó un área de 5.328,54 ha, las áreas de reusó del suelo 5.704,20 ha y las áreas de confusión entre el bosque y la regeneración avanzada 6.766,29 ha.

2.1.1.3 Locales

- Establecimiento de un sistema de monitoreo hidrológico del páramo andino como base para la determinación de medidas de adaptación al cambio climático (2013).

Autor: Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina.

En el 2013 el Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA) tuvo como objetivo reforzar la resiliencia de los ecosistemas y economías locales ante los impactos del retroceso glaciar de los Andes Tropicales a través de la implementación de actividades pilotos que muestren los costos y beneficios de la adaptación al cambio climático en cuencas seleccionadas en Bolivia, Ecuador y Perú.

Adicionalmente a la implementación de acciones piloto con las poblaciones involucradas y el retroceso acelerado de glaciares de los andes, genera información técnica científica como insumo para la toma de decisiones a fin de mejorar los procesos de planificación del desarrollo local y regional tomando en cuenta el enfoque de adaptación al cambio climático.

2.1.2 Referencias históricas

- “Análisis de cambios en la cobertura arbolada en nueve comunidades del norte del estado de Oaxaca, México y su relación con la acción colectiva para la conservación del bosque, el manejo y uso del suelo”

Autor: Mg. Velasco Murguía Abril (2011).

Este trabajo se realizó el 2011 con el objetivo de analizar la dinámica del bosque en un periodo de tiempo y permitir reconocer al menos dos tendencias básicas; la reducción o el aumento de la superficie de bosque o de la cobertura arbolada. Por sus implicaciones y su prevalencia, la deforestación ha recibido más atención (Lambin, 1997), aunque la recuperación de cobertura inducida o natural es un fenómeno que también se puede reconocer. La determinación de los cambios en la cobertura de bosque y los usos del suelo ha sido fuertemente apoyado por los avances tecnológicos en percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG). En Oaxaca, a pesar de no ser un patrón generalizado, existen frentes de deforestación y alteración de bosques. Afrontar esta situación a nivel nacional, estatal o local, hace necesario documentar mejor el fenómeno de pérdida de bosque donde sea que esta ocurra, así como reconocer sus factores causales.

- Evaluación de áreas deforestadas y humedales en los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de dios al año 2011.

Autores: Organismo de Supervisión de Recursos Forestales.

En el año 2011, se realizó la evaluación teniendo como objetivo la delimitación de la cobertura de humedales y deforestación utilizando imágenes satelitales Landsat TM5 del año 2011; identificando y estimando la pérdida de la cobertura forestal por prácticas

agropecuarias y crecimiento urbano generalmente; asimismo, es importante evaluar la presencia de humedales para determinar la presencia o no de especies maderables. Los resultados obtenidos son analizados mediante superposición espacial con las concesiones, permisos y autorizaciones forestales, para conocer en qué medida estamos contribuyendo a la conservación de los bosques o en qué medida proporcionamos herramientas e insumos necesarios para evitar el mal uso de nuestros recursos naturales. La metodología empleada en el departamento de Madre de Dios fue mediante el desarrollo de la aplicación Clasite, para la identificación y medición de áreas deforestadas por actividad minera, el que se realizó sobre imágenes satelitales de mediana resolución y redefinidas sobre imágenes satelitales de alta resolución proporcionados por el Ministerio del Ambiente, es por ello, que se analizó imágenes satelitales del año 2010 y se redefinió los límites sobre imágenes del año 2011, lo que nos permitió ver el avance de la deforestación y la pérdida irremediable de la cobertura forestal por actividad antrópica.

2.2 Marco legal

En nuestro país, en las últimas décadas se ha logrado un avance importante en el campo de la legislación ambiental. En efecto, han sido promulgadas importantes normas que sirven como instrumentos jurídicos para regular la relación entre el hombre y su ambiente, con el propósito de lograr el desarrollo sostenible de nuestro país. El cumplimiento de estas normas se viene fortaleciendo en los últimos años, en la medida que los actores del desarrollo van tomando conciencia sobre la necesidad de hacer un uso responsable de los recursos naturales y el ambiente en general. Así se tiene:

- Constitución Política del Perú

Los logros normativos en el ámbito ambiental en nuestro medio se inician formalmente con la Constitución Política del Perú de 1979, la cual en su artículo 123º establece que:

“Todos tienen el derecho de habitar en ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. Es obligación del Estado prevenir y controlar la contaminación ambiental”. Aspecto que se ratifica en la Constitución Política de 1993, señalando en su artículo 2º, inciso 22 que: “Toda persona tiene derecho a: la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado de desarrollo de su vida”. Así mismo, en los artículos 66º, 67º, 68º y 69º se señala que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la nación, promoviendo el Estado el uso sostenible de éstos; así como, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

- Decreto Supremo N° 012-2009-Minam - Política Nacional del Ambiente. Publicada el 23 de Mayo del 2009.
- LEY N° 28611- Ley General del Ambiente. Publicada el 15 de octubre de 2005.

Ley N° 28611 considera en su Art. I del derecho y deber fundamental que, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el

aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Asimismo, en los artículos siguientes enumera los derechos de acceso a la información, a la participación en la gestión ambiental, de acceso a la justicia ambiental; así como a los principios de sostenibilidad, prevención, precautorio, de internalización de costos, de responsabilidad ambiental, de equidad y de gobernanza ambiental.

El objetivo de la Política Nacional del Ambiente y Gestión Ambiental (Art. 1º.- Del Objetivo) considera que, la presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

- DECRETO LEGISLATIVO N° 1055 - decreto legislativo que modifica la ley n° 28611, ley general del ambiente. Publicada el 27 de junio de 2008.
- LEY N° 26821- Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Publicado el 26 de junio de 1997.

Ley N° 26821, en su Artículo 2º se señala que esta Ley tiene por objetivo promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento de la inversión, procurando un equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación

de los recursos naturales y del ambiente y el desarrollo integral de la persona humana.

En el Artículo 5º se señala que los ciudadanos tienen derecho a ser informados y a participar en la definición y adopción de políticas relacionadas con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Además, se les reconoce el derecho de formular peticiones y promover iniciativas de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes (Art. 5).

La norma señala las condiciones para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, precisando que los recursos naturales deben utilizarse en forma sostenible, lo cual implica que su manejo debe ser racional (Art. 28).

- LEY N° 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Publicada el 21 de julio del 2011.

Ley N° 29763, en su Artículo 2º participación en la gestión forestal, este principio otorga a toda persona el derecho y el deber de participar responsablemente en los procesos para la toma de decisiones respecto a la definición, aplicación y seguimiento de las políticas, gestión y medidas relativas a los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre y sus componentes, que se adopten en cada uno de los niveles de gobierno. Se busca garantizar la participación efectiva de todos los actores interesados, incluyendo a las comunidades nativas y campesinas, tanto a nivel individual como colectivo.

Enfoque ecosistémico la gestión del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación: se rige por el enfoque ecosistémico en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, entendido como una estrategia para el manejo integrado de las tierras, aguas y recursos vivos que promueve la conservación y uso sostenible en un modo

equitativo. Busca comprender y gestionar los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, considerando los factores ambientales, ecológicos, económicos, socioculturales, la cosmovisión indígena y el ordenamiento territorial y la zonificación ecológica y económica. Se reconoce la importancia de los ecosistemas silvestres como espacio de vida, hábitat de la fauna y fuente de agua, así como por su contribución a la seguridad alimentaria.

Sostenibilidad de la gestión del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación: La gestión del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación se orienta al desarrollo que armoniza las dimensiones económica, social y ambiental para satisfacer las necesidades de la población.

Valoración integral: el Estado prioriza la evaluación y valoración del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación y la inclusión de la valoración en las cuentas nacionales, la promoción de esquemas de pago o compensación por los bienes y servicios de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, así como otros instrumentos económicos y financieros en beneficio de la gestión del patrimonio.

- Ley de la Conservación de la Diversidad Biológica. Publicada el 16 de Julio del 1997.

Esta Ley N° 26839, regula lo relativo a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, en concordancia con los artículos 66° y 68° de la Constitución Política del Perú. Además, promueve la conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y genes, el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de la diversidad biológica, y el desarrollo económico del país basado en el uso sostenible de sus

componentes, en concordancia con el Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica.

- Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica. Publicada el 05 de Setiembre del 2001.

En el D.S. N° 102-2001-PCM del 05-09-2001 se menciona que la diversidad biológica peruana es patrimonio natural de la Nación; que, por Resolución Legislativa N° 26181 y en concordancia con el Título III, Capítulo II de la Constitución Política del Perú, relativo al Ambiente y los Recursos Naturales, se ratificó el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual regula lo relativo a la conservación de la diversidad biológica, utilización sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios por su uso.

- Prohíben caza, extracción, transporte y/o exportación con fines comerciales de especies de fauna silvestre no autorizados por el INRENA, a partir del año 2000. Publicada el 19 de Mayo del 1999.

El D.S. N° 013-99-AG prohíbe, a partir del 1 de enero del año 2000, la caza, extracción, transporte y/o exportación que tengan fines comerciales de todo espécimen, productos y/o subproductos de las especies de fauna silvestre. Además, mediante este decreto se aprueba la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre, y se declara en veda indefinida en todo el territorio nacional, prohibiéndose su extracción, transporte y tenencia y exportación con fines comerciales. Asimismo, prohíbe la caza con fines de exportación para investigación científica y difusión cultural.

- Resolución Ministerial N° 0172 – 2012 – AG, que aprueba el manual base para la planificación y ejecución de inventarios forestales en bosques de producción permanente. Publicada el 11 de mayo del 2012.

2.3 Marco conceptual

Para tener un mejor entendimiento del presente trabajo de investigación, se presentan las definiciones básicas de las siguientes palabras claves:

- **Sistemas de Información Geográfica**

Ayudan a almacenar y analizar los datos referenciados geográficamente. Los SIG integran las operaciones comunes de creación de bases de datos con medios únicos de visualización y con el potencial en términos geográficos y de análisis de los mapas. Los SIG asisten a sus usuarios en el análisis estadístico y proporcionan una base para la interpretación de cómo los factores físicos, sociales y económicos interactúan espacialmente (Smith et al. 1987).

- **Cuantificar**

Es el acto de convertir determinada información o datos en números o algún tipo de dato en forma de cantidad. La palabra cuantificar hace referencia a cantidad, algo que puede ser contado, que por tanto puede conocerse de manera exacta y no aproximada o estimativa (FAO, 2000).

- **Superposición Espacial**

Es uno de los factores provocadores en el espacio, consiste en el hecho de que una figura u objeto oculte parcialmente a otro, la superposición se encuentra también sostenida en la ley de simplicidad, ya que resulta más simple desglosar los elementos llevándolos hacia la profundidad que percibirlos en el mismo plano.

- **Programa Spring**

El SPRING es un software (sistema de información geográfica), desarrollado por la División de Procesamiento de Imagen (DPI) en el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) y que tiene las

funciones de procesamiento de imágenes, análisis espacial, modelado numérico de terreno y consultar las bases de datos espaciales.

- **Modelo Lineal de Mezcla Espectral**

Las imágenes fracción pueden ser consideradas como una forma de realce de las informaciones. Adicionalmente, el modelo de mezcla espectral transforma la información espectral en información física (valores de proporción de los componentes en el píxel). (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

- **Deforestación**

Es la conversión de los bosques a tipos de uso de tierra o la reducción de la cubierta de copa, a menos del límite del diez por ciento (FAO, 2005). La Convención Marco sobre el Cambio Climático define la deforestación como “la conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierra no forestales”.

- **Satélites**

Los satélites pueden ser clasificados como naturales o artificiales, con fines científicos, militares o para las comunicaciones, hoy en día son equipos de altísima tecnología ya que están debidamente preparados para mantenerse en funciones por largo tiempo, realizar muy diverso tipo de acciones, soportar diferentes condiciones climáticas y atmosféricas e incluso ser anulados cuando el hombre así lo desee (Chuvieco, 1996).

- **Segmentación de Imágenes:**

La herramienta Segmentación acepta cualquiera de los rásteres que se admiten en el Software y genera una imagen segmentada de 3 bandas y colores de 8 bits con una propiedad clave establecida en segmentada. Las características de los segmentos de la imagen dependen de tres parámetros: detalle espectral, detalle espacial y tamaño mínimo de

segmento. Puede variar el nivel de detalle que caracteriza una entidad de interés.

- **Cobertura Vegetal**

Es la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos (FAO, 2000).

- **Modelamiento**

Es una representación parcial o simplificada de la realidad que recoge aquellos aspectos de relevancia para las intenciones del modelador, y de la que se pretende extraer conclusiones de tipo predictivo. Se modela para comprender mejor o explicar mejor un proceso o unas observaciones.

- **Teledetección (TD)**

Consiste en la exploración de la superficie de la Tierra desde satélites y aviones. La TD proporciona imágenes de la superficie que posibilitan la clasificación de los diferentes tipos de cubierta terrestre y el monitoreo de los mismos y de los cambios en el uso de la tierra (Chuvieco, 1996).

- **Georreferenciación**

Proceso de otorgar a un objeto, un vínculo con algún lugar según su ubicación en el planeta Tierra, por medio de un sistema de coordenadas (Chuvieco, 1996).

- **Regeneración**

Proceso de recuperación poblacional de las especies forestales mediante su propagación sexual o asexual, que se produce sin o con la intervención del hombre (FAO, 2000).

2.4 Marco teórico

✚ Uso de imágenes satelitales

El uso de imágenes satelitales tiene un enorme potencial para la toma de decisiones de distintos sectores públicos y privados, sus principales usos y aplicaciones se encuentran en:

CUADRO N° 2. USO DE IMÁGENES SATELITALES

APLICACIONES	USOS
Agricultura	Se usa para realización de inventarios y predicción de producción, control de subvenciones, evaluaciones de daños en las cosechas, gestión del proceso en producción.
Forestal	Se usa para determinar la dinámica de cobertura de suelos y cubierta vegetal, también para cartografiar bosques, gestión de bosques, daños por incendios, tala ilegal.
Geología y exploración	Se usa para realizar una cartografía geológica, exploración terrestre y marina, impacto medio ambiental, polución minera.
Cartografía	Se usa para la actualización y elaboración de mapas topográficos, planificación urbana, transporte, mapas catastrales, control de construcciones ilegales.
Medio ambiente	Se usa para la clasificación de suelos, monitorización de ecosistemas, gravamen del paisaje, vertederos, gestión del agua, monitorización de glaciares, monitorización de bancos de algas.
Gestión de riesgos	Se usa para deslizamientos y hundimientos, control de daños por terremotos y volcanes, detección de contaminación, monitorización de daños por inundaciones, viento y fuego, planificación de emergencias.
Defensa	Se usa para la cartografía militar monitorización de blancos estratégicos, planificación de misiones, y maniobras, verificación de tratados, eliminación de minas.
Telecomunicaciones	Se usa para la planificación de redes urbanas y regionales, gestión de costa, detección de bancos y rutas.
Medios y consumo	Se usa para turismo y marketing, geografía y educación, análisis de la propiedad.

Fuente: Elaboración propia a partir del informe historia de la teledetección - jgutierrezm@indra.es.

➤ Ventajas del uso de imágenes satelitales

- Rapidez, tanto en la periodicidad de la adquisición de nueva información, como en la obtención de la misma por el usuario (que hoy puede hacerse casi instantáneamente a través del internet).
- Bajo costo, sobre todo si se trata de estudiar áreas de gran extensión, ya que en general, las imágenes satelitales son más baratas que la toma de fotos aéreas o levantamientos topográficos extensos en el campo.
- Accesibilidad a lugares remotos, ya que desde el espacio no existen fronteras, y se puede observar cada rincón del planeta.
- Se pueden combinar con otras capas de sistemas de información geográfica (SIG). Esto puede ayudar a la interpretación de las mismas, a la misma vez que las imágenes pueden ayudar a crear y actualizar capas de SIG.
- Se pueden realzar características específicas. Gracias a la codificación digital de la imagen en distintas bandas espectrales, pueden realizarse numerosas operaciones matemáticas o algoritmos que destaquen las características de interés en el terreno.
- Repetición en el tiempo. Es decir, cada satélite vuelve a pasar por la misma área cada cierto tiempo, permitiendo hacer estudios comparativos a lo largo del tiempo.
- No se limitan a captar la luz visible. Como dijimos anteriormente, la posibilidad de ver energía no visible al ojo humano es una gran ventaja para el estudio de diversos objetos o fenómenos. Se consigue con infinidad de detalles que no se logran de otra manera. Todo lo que existe en la superficie es fielmente registrado y reflejado en la imagen teledetectados, sin importar su tamaño, siempre y cuando se empleen las escalas adecuadas, seleccionadas de acuerdo con la índole del trabajo a realizar.
- Los problemas técnicos que se presentan en todo análisis sobre la teleinterpretación, relacionado con la superficie terrestre,

pueden resolverse de inmediato, porque con las fotografías e imágenes espaciales se tiene la geología no en el campo, si no en el gabinete de fotointerpretación.

- La interrelación entre las ciencias que se fundamentan en el estudio de la superficie terrestre se observa directa y completamente. Tal es el caso de la Paleontología, que se integra a la Geología y Topografía.

➤ Desventajas del uso de imágenes satelitales

A continuación mostramos las desventajas del uso de imágenes satelitales:

- En muchos casos, sobre todo si se trata de un área desconocida por el observador se necesitará calibrar la imagen (deberá ser verificada en el terreno).
- Es preciso que se realice en la imagen una corrección geométrica, para que se adapte al relieve y al esferoide de la Tierra, y se georeferencie, es decir, que se le asignen coordenadas reales a la imagen.
- Los datos recopilados a través de instrumentos satelitales frecuentemente no son mediciones directas del parámetro requerido, sino que se basan en algoritmos diseñados para aproximar la medición.
- Para validar los datos obtenidos a través de instrumentos satelitales, se requieren mediciones directas del terreno.
- En ocasiones pueden confundirse fenómenos diferentes en la imagen que tengan las mismas características espectrales (por ej. arena blanca con un techo blanco).
- A veces, puede haber confusión causada por fenómenos que no se querían muestrear (por ej. nubes, sombra).

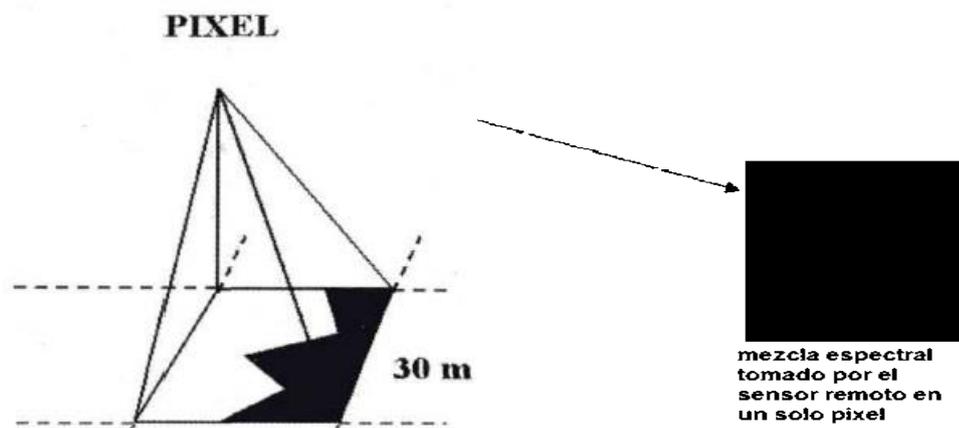
- La política de datos y los acuerdos de licencias de los usuarios finales de algunos de los operadores satelitales pueden ser muy restrictivos y costosos cuando se consideran los datos obtenidos.

✚ Mezcla Espectral

La superficie terrestre, en muy pocas ocasiones es completamente homogénea, por el contrario son heterogéneas en su composición de cobertura vegetal. Cuando se usa un sensor remoto, podemos descubrir estas diferencias, pero esto se limita por la resolución espacial del sensor remoto.

La mezcla espectral son las diferentes propiedades espectrales que son representadas en un solo pixel, de manera que el detalle del área cubierta por el pixel se pierde, como podemos ver la Figura N° 1.

FIGURA N° 1. REPRESENTACIÓN DE LA MEZCLA ESPECTRAL EN UN SOLO PIXEL



Fuente: <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/igeo/n53/a3f2.jpg>

Para la mezcla espectral se consideran dos posibilidades diferentes:

Mezcla espectral lineal: que ocurre cuando las escalas son grandes (macroscópicas), de manera que asume que ninguna interacción ocurre entre los materiales que son encontrados en el pixel. Supone que cada haz de radiación solar incidente y solamente interactúa con un único componente, de forma que la radiación total reflejada por un pixel mezcla se puede descomponer de forma proporcional a la abundancia de cada uno de los componentes en el pixel (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

Mezcla no lineal: se observa una relación ligeramente no lineal cuando la mezcla es de pequeña escala e ínfima. Supone que los componentes interactúan según un modelo no lineal, demostrando que los efectos no lineales que se producen en este caso se deben, fundamentalmente, a efectos de dispersión múltiple en la luz reflejada por los diferentes materiales (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

El modelo lineal proporciona resultados adecuados en gran cantidad de aplicaciones y se caracteriza por su simplicidad (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

Modelo Lineal de Mezcla Espectral

El modelo lineal de mezcla espectral, busca estimar la proporción de los componentes, suelo, vegetación y sombra, por cada pixel a partir de la mezcla espectral en las varias bandas de TM, generando las imágenes fragmento suelo, vegetación y sombra (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

Las imágenes fracción pueden ser consideradas como una forma de realce de las informaciones. Adicionalmente, el modelo Lineal de mezcla espectral transforma la información espectral en información física (valores de proporción de los componentes en el píxel). La imagen fracción vegetación realza las áreas de cobertura vegetal, la imagen fracción suelo realza las áreas de suelo expuesto, en cuanto que la imagen fracción sombra/agua realza las áreas ocupadas por cuerpos de agua (ríos, lagos y otros) y también áreas quemadas, áreas inundadas, entre otros. Se considera como imagen fracción sombra o agua debido al hecho que esos dos blancos presentan respuestas espectrales semejantes (Ponzoni y Shimabukuro, 2007).

✚ Importancia en los análisis del cambio de uso del suelo

El paisaje es un complejo dinámico en términos de los patrones espaciales, estructurales y funcionales (Dunn *et al.*, 1991; Forman, 1995; Hobbs, 1997; Citados en Rosete, 2008). Por lo cual, el conjunto de componentes espaciales del paisaje está definido por la combinación de factores biofísicos y socio-económicos. En la escala temporal de décadas, las actividades humanas que impactan el uso del terreno son el factor clave en la forma que ocurren los cambios del paisaje. Algunos de ellos son provocados por prácticas específicas de manejo y otros por las fuerzas sociales, políticas y económicas que controlan los usos del suelo (Medley *et al.*, 1995; Pan *et al.*, 1999).

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del terreno son temas atractivos para la investigación ambiental actual (Bocco *et al.*, 2001), debido a las implicaciones que estos conllevan con relación a la pérdida de hábitat, de diversidad biológica, servicios ambientales y la capacidad productiva de los

ecosistemas (Rosete, 2008), pero sin los cuales la satisfacción de necesidad de nuestra especie no sería posible. Son también reconocidos como uno de los factores más importantes del cambio global y representar la segunda fuente antrópica de CO₂ a la atmósfera (Campos *et al.*, 2004). Son consecuencia de la explosión demográfica y de asimetrías económicas de la sociedad.

El cambio en la cobertura y uso del terreno es un tema que unifica las diferentes dimensiones del cambio ambiental global (Manson, 2006; citado en Rosete, 2008). Su estudio requiere de la interdisciplinariedad porque se hace uso de conceptos, información y métodos de diferentes áreas del conocimiento. Pero en esencia es un tema que ha sido abordado o liderado por geógrafos.

Las actividades humanas son reconocidas como las principales fuerzas que transforman la biósfera y responsables de la mayoría del cambio contemporáneo en los paisajes (Skole *et al.*; Kummer y Turner II, 1994; Meyer y Turner II 1994; Forester *et al.*, 1999).

Los cambios experimentados en los ecosistemas terrestres son producidos por el mantenimiento del uso del terreno o por la intensificación de su uso, y la degradación subsecuente de la tierra (Rosete, 2008). Se considera que la deforestación y las presiones humanas que ejercen sobre la tierra para la producción de cosechas y la mecanización desmedida, son unas de las principales causas que inciden en la transformación del uso del terreno.

La degradación del suelo es comúnmente definido como un proceso inducido por el ser humano que a su vez, pierde importantes propiedades como consecuencia de una inadecuada utilización. La mayoría de las definiciones reconocen las conexiones implícitas entre las diferentes unidades del paisaje,

tales como la relación entre las laderas y las llanuras de inundación (Rosete, 2008). Lambin (1997), señala que la mayoría de los cambios ocurridos en los ecosistemas terrestres se deben a tres factores:

- 1) La conversión de la cobertura natural del terreno;
- 2) Degradación del terreno;
- 3) Intensificación en el uso del terreno. Estos procesos, que usualmente se engloban en lo que se conoce como deforestación, se asocian a impactos ecológicos importantes en prácticamente todas las escalas.

Tanto la cobertura vegetal como el uso del terreno son dos elementos clave que describen, pero también importantes para tomar decisiones de uso y manejo por el decisor humano, al ambiente terrestre en la relación con sus atributos naturales y las actividades humanas que se desarrollan en él. El primer concepto se aplica a aquellos objetos de origen natural (montañas, ríos, lagos) o construidos y mantenidos por el hombre (carreteras, presas, ciudades). El segundo concepto se refiere al tipo de actividad antrópica que se desarrolla en la superficie de la tierra con la finalidad de producir bienes y servicios para satisfacer las demandas de la sociedad en su conjunto.

El cambio de cobertura/uso del suelo como indicador ambiental

En la actualidad, existe una gran necesidad por abordar los cambios de cobertura/uso del suelo, sus formas y sus causas ya que proporcionan la base para conocer inferir sobre las directrices del proceso (Farfán, 2009). De esta manera la dinámica espacio-temporal de la cobertura vegetal y las actividades antrópicas se relacionan con el uso del suelo. La investigación bajo este enfoque requiere de una orientación interdisciplinaria y diacrónica, con la concurrencia de disciplinas sociales y naturales, y desde

perspectivas cualitativas y cuantitativas. Sin embargo, los trabajos hasta ahora realizados, solo plantean índices que describen las dinámicas de cambio de las coberturas y sus usos (Mas et al., 2002; 2004).

Los métodos que se utilizan para calcular cuantitativamente los cambios en la vegetación son muchos. Un primer ejemplo para aproximarse al problema puede ser mediante la comparación numérica de superficies informadas por organismos o autores para diferentes tipos de coberturas en distintas fechas. Pero sin embargo este tipo de estudios no ofrece una expresión cartográfica, debido a que no se conoce confiablemente de la información usada (Farfán, 2009). Otros métodos que se pueden usar son la estimación mediante la extrapolación de la información obtenida por muestreo en campo y generada para algunos sitios.

- ✚ Los Procesos de cambio en la cobertura/uso de suelo en áreas de alta biodiversidad.

El empobrecimiento de los ecosistemas ha sido documentado con frecuencia por estudios que presentan las tasas de pérdida de bosques (Walhberg et al, 1996; Groombridge y Jenkins, 2000). Sin embargo no han sido suficientes para detectar, detener y eventualmente revertir los procesos de cambios negativos en la cobertura del uso del suelo y los procesos de cambio.

A los trabajos realizados en este sentido se les conoce como “análisis del cambio de uso/cobertura del terreno” (LUCC por las siglas en inglés de “land use/cover change”). Los cambios en la cobertura terrestre corresponden a los atributos biofísicos de la superficie de la tierra, en contraparte con los usos de suelo, que son los cambios desencadenados por los propósitos humanos. Por ello su clasificación depende de los objetivos que persigue cada estudio (Farfán, 2009).

Según el Plan de Inversión Forestal Perú (2013), el Perú posee 73,3 millones de hectáreas de bosques, de los cuales 53,4 millones de hectáreas son bosques de selva baja y 15,7 millones son bosques de selva alta, lo que corresponde a más del 94% del total de bosques en el Perú. Con esta superficie, se ubica en el segundo lugar en extensión de bosques naturales a nivel de Sudamérica y en el noveno lugar a nivel mundial. Según la clasificación de capacidad de uso mayor de la tierra, el 80,1% del total del territorio nacional corresponden a tierras aptas para la producción forestal y tierras de protección, mientras que solo el 5,9% corresponden a tierras aptas para cultivos y el 13,9% son aptas para pastos y ganadería.

La actividad productiva forestal abarca un conjunto amplio de actividades, principalmente la extracción de madera, pero también la extracción de productos no maderables y la fauna silvestre, así como las plantaciones forestales. A pesar de ocupar una porción importante del territorio nacional, el sector forestal contribuye solamente 1,1% (1700 millones de dólares al 2010) del PBI y recibe solamente el 0,01% de la inversión extranjera directa (Plan de Inversión Forestal Perú, 2013).

Según datos de la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (DGFFS) del Ministerio de Agricultura (MINAG, 2012) y la publicación (Perú Forestal en Números, 2011), de los casi 8 millones de metros cúbicos de madera producida, entre 70% y 90% se destina al consumo de leña por parte de los hogares rurales. De otra parte, se extraen 2,17 millones de m³ de madera rolliza, de los cuales 0,78 millones de m³ se destinan a madera aserrada y triplay. Cuatro departamentos (Ucayali, Loreto, Madre de Dios y Junín) concentran más de las dos terceras partes de la producción nacional de madera transformada (Perú Forestal en Números, 2011).

Deforestación

Según el Plan de Inversión Forestal Perú (2013) los análisis de deforestación se enfocan en la región amazónica teniendo en cuenta que comprende más del 94% de los bosques del Perú. En ese sentido, durante la década del 2000, el promedio anual de deforestación de los bosques amazónicos bordeaba las 110 000 hectáreas, lo que equivale a una tasa anual de deforestación de 0,14%¹⁸. Esta tasa de deforestación ubica al Perú en el cuarto lugar de los siete países amazónicos, por debajo de Brasil, Venezuela y Bolivia (Plan de Inversión Forestal Perú, 2013).

Estos análisis también muestran que la mayor deforestación acumulada se ubica en la selva alta, que corresponde a la zona de mayor intensidad de migración histórica. Actualmente los nuevos frentes de deforestación se ubican en la selva baja donde se han abierto nuevas carreteras de integración regional.

La deforestación ocurre mayoritariamente sobre áreas de pequeña extensión relacionadas a actividades agropecuarias.

Esta actividad es realizada por población migrante de otras regiones o de reciente asentamiento, principalmente asociadas a la apertura o mejora de vías de comunicación en entornos de débil gobernanza.

La deforestación es la causa principal de la pérdida de protección del suelo y con ellos inician los diferentes procesos erosivos. A nivel regional esto conduce a la pérdida forestal, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de cuencas. A escala planetaria esto altera el balance de agua atmosférica, afectando patrones, así como al calentamiento global. Otra de las consecuencias es la reducción del hábitat y/o su fragmentación, con la consecuente pérdida de

la biodiversidad y a la variabilidad genética de poblaciones y hasta de especies.

Este proceso está asociado a diversos impactos ambientales, como al disturbio de los servicios ambientales, erosión, alteración de los regímenes hidrológicos, y el incremento de emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero y por la descomposición del mantillo o por la alteración del régimen de aireación y humedad del suelo.

El cambio la cobertura vegetal y la fragmentación del hábitat no necesariamente se asocian con pérdidas en todos los componentes de la biodiversidad, pero el empobrecimiento y simplificación y alteración de los ecosistemas naturales suele ser la regla más que la excepción. Finalmente, los cambios en el uso del terreno afectan también las condiciones sociales y económicas de la población. Debido a que es una causa y un efecto que incide en la capacidad de sostenimiento de los ecosistemas con fines antrópicos y generalmente se deja de lado los efectos sobre otras especies animales y vegetales (Plan de Inversión Forestal Perú, 2013).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Tipo, nivel

3.1.1 Tipo de la investigación

El presente estudio reúne las condiciones para ser denominado en el tipo de investigación descriptiva, porque tiene como propósito recoger la información de la realidad mediante la investigación, procesamiento de imágenes, análisis, sistematización y verificación, con la finalidad obtener información que va a enriquecer el conocimiento científico.

3.1.2 Nivel de la investigación

El presente estudio reúne las condiciones para ser denominado descriptivo, ya que tiene como propósito recoger la información mediante la investigación, análisis, sistematización y cuantificación, con la finalidad de obtener información que van a enriquecer el conocimiento científico.

3.2 Método

El presente trabajo presenta un enfoque exploratorio, servirá para consolidar las acciones realizadas dentro del área de estudio.

También se hace una investigación cuantitativa que aborda el análisis de la cuantificación de las clases temáticas.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño es Descriptivo, asimismo, es de tipo longitudinal porque los datos se recaban en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación, sus causas y sus efectos.

3.4 Hipótesis de la investigación

3.4.1 Hipótesis general

- Existe una regeneración mayor a 30 % de áreas en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

3.4.2 Hipótesis específicas

HE₁: El Modelo Lineal de Mezcla Espectral determinará las áreas deforestadas, en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, utilizando imágenes satelitales en los años 2001-2008-2016.

HE₂: Con la realización de la cuantificación de las áreas, se encontrará la clase de regeneración que tiene mayor valor cuantificable.

HE₃: La dinámica del uso y cobertura vegetal de los años 2001-2008-2016, así como realizar el Modelamiento para el año 2021, permitirá tomar decisiones de recuperación de las áreas.

3.5 Variables

3.5.1 Variable independiente

VI: La dinámica del uso y cobertura vegetal.

Indicadores:

- Cambio de la dinámica del uso y cobertura vegetal.

Índices:

- Imágenes satelitales del área Listas de asistencias a talleres

3.5.2 Variable dependiente

VD: Regeneración de áreas.

Indicadores:

- Cuantificación del área de estudio.

Índices:

- Mapas temáticos.

3.6 Cobertura del estudio de investigación

3.6.1 Población

El Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

3.6.2 Muestra

Para el presente estudio se ha tomado puntos randomizados para hacer la Georreferenciación dentro del área, como se muestra en el Anexo.

3.6.3 Muestreo

El presente trabajo de investigación otorga el muestreo, para el cual se realizó una georreferenciación y un levantamiento de información in situ de cada punto randomizado en el área de estudio.

3.7 Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos

3.7.1 Técnicas de la investigación

En la presente investigación se realizó la recolección de datos mediante la técnica de teledetección o detección remota, interpretación de datos obtenidos, análisis documental, procesamiento de imágenes y la observación de los resultados, así como el modelamiento para el año 2021 de las variables obtenidas de los mapas realizados.

3.7.2 Instrumentos de la investigación

a. Instrumentos bibliográficos

Comprende el alcance proporcionado por algunos autores de libros y tesis que tratan temas de la aplicación de SIG para la determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal.

b. Instrumentos de campo

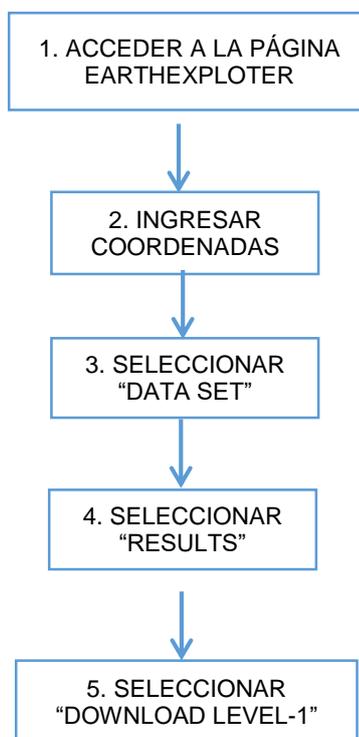
Están referidos a los instrumentos utilizados en el campo preparado en relación al tema de estudio, tales como GPS, libreta de campo, cámara fotográfica digital. Asimismo el software Spring permitió el almacenamiento, procesamiento y análisis de imágenes para la generación de mapas.

C. Instrumento utilizado para recolección de datos

Captura de imágenes satelitales desde Earth Explorer

Las imágenes Landsat TM comprendidas en los años 2001–2008-2016, requeridas para evaluar la dinámica de cambio, fueron seleccionadas y descargadas de la página “<http://earthexplorer.usgs.gov/>. Dentro de los criterios principales para su elección destacan: un bajo porcentaje de nubosidad.

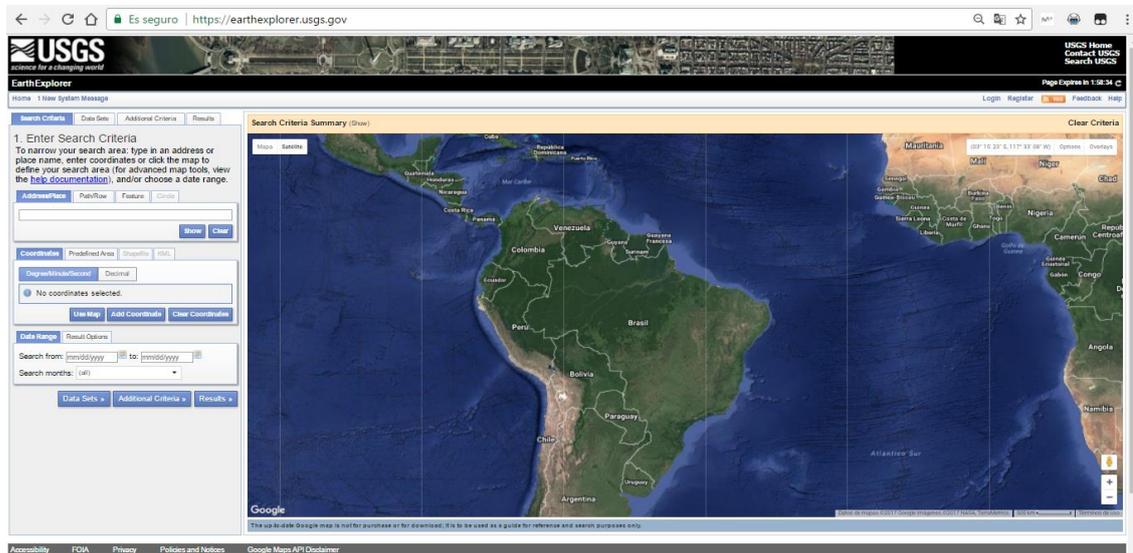
ESQUEMA N° 1 METODOLOGÍA PARA CAPTURA DE IMÁGENES SATELITALES DESDE EARTH EXPLORER



Fuente: Elaboración propia

1. Acceda a la página principal de Earth Explorer (Figura N° 2)

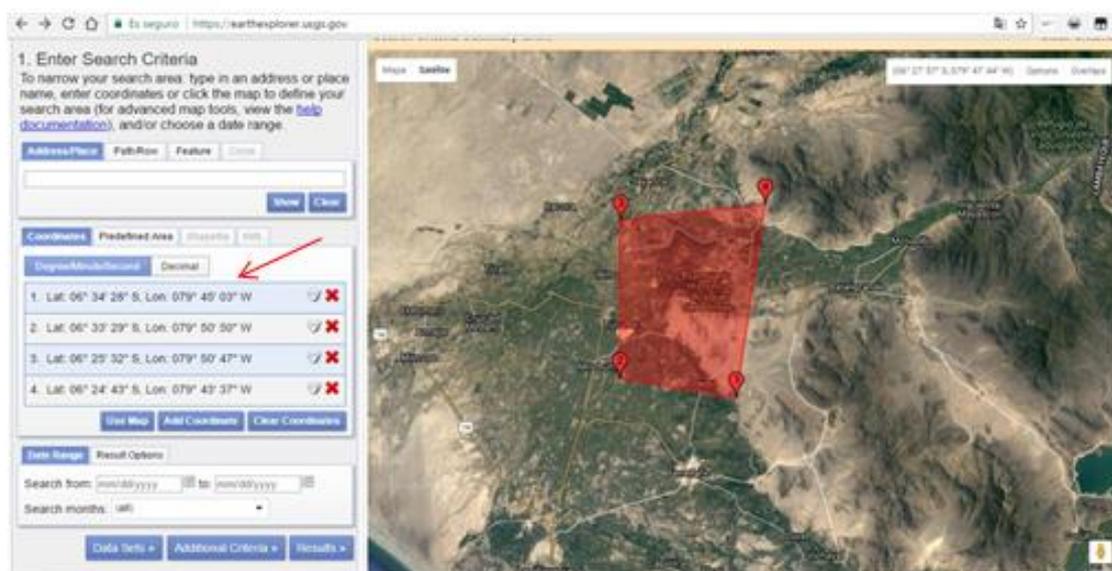
FIGURA N° 2 VENTANA PRINCIPAL



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

- Ingreso las coordenadas Longitud 1: 79° 50" 00' Latitud 1: 06° 33" 00' Longitud 2: 79° 43" 30' Latitud 2: 06° 25" 40' del área de estudio en la opción que señala en la figura N° 03. Automáticamente los puntos de las coordenadas insertadas se ubican en el mapa, como se aprecia en la figura N° 3.

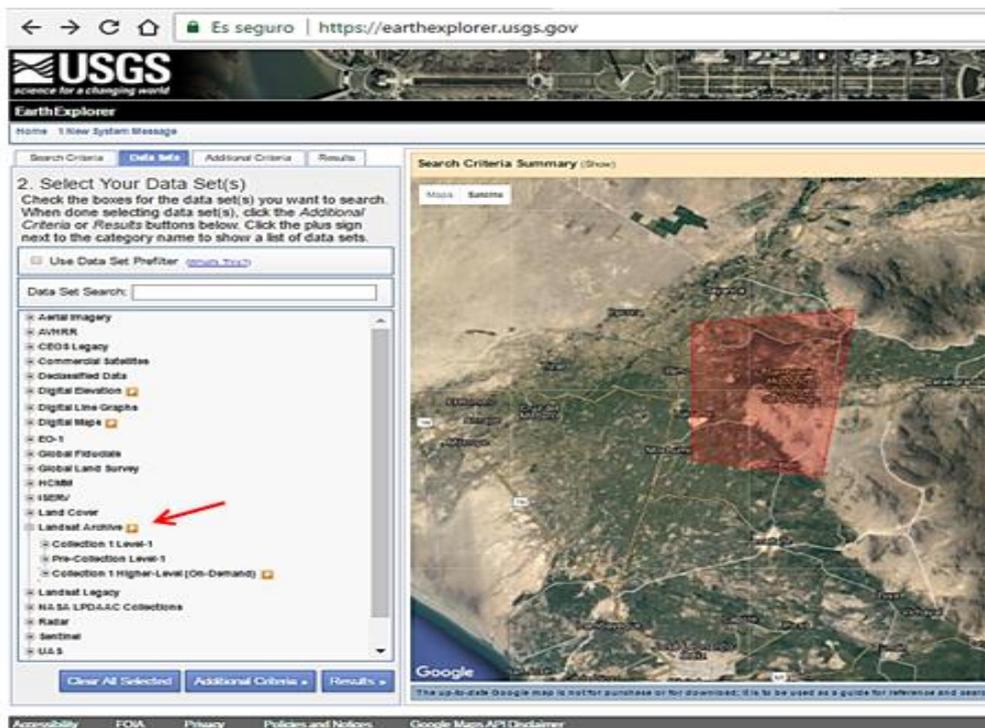
FIGURA N° 3
INGRESO DE COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

3. Luego se seleccionó el criterio de búsqueda con la opción “DATA SET”. Luego selecciono “Landsat Archive” y “TM/Landsat”. Como se aprecia en el Figura N°4.

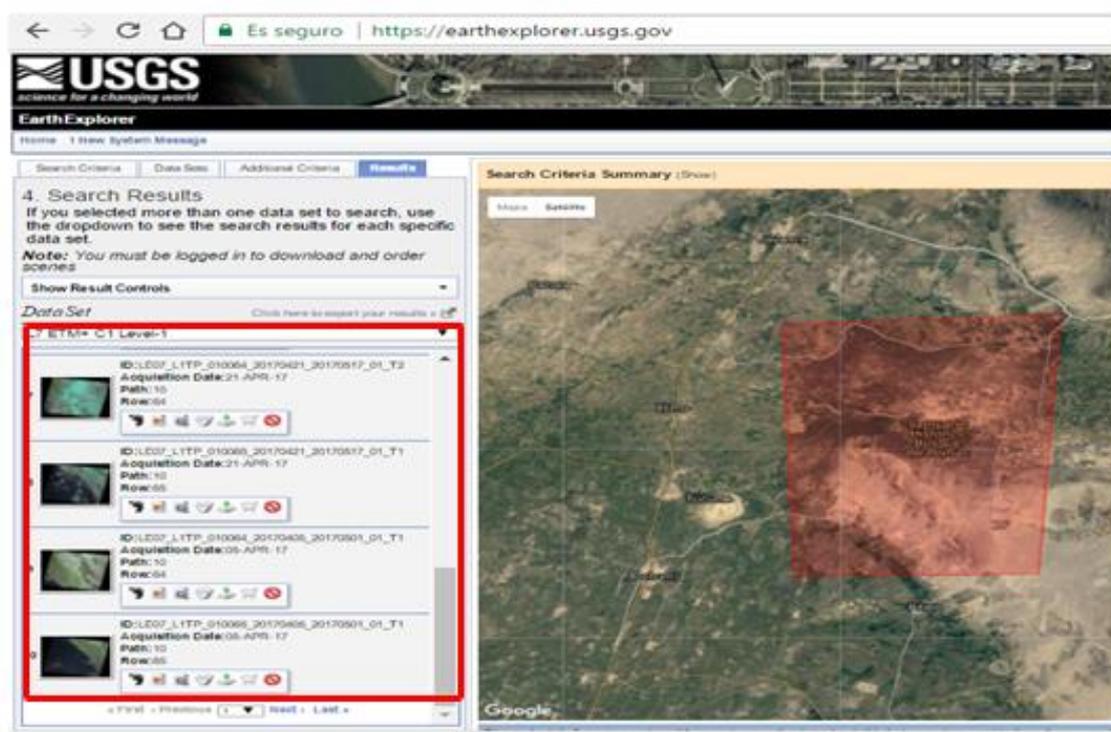
FIGURA N° 4
SELECCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE SATÉLITES



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

4. Se seleccionó la pestaña “Results” en esta pestaña podemos encontrar diferentes imágenes satelitales, las cuales tenemos que tener un criterio de selección: que la imagen satelital no tenga nubosidad, para no tener problemas a la hora de trabajar en ella.

FIGURA N° 5
LISTADO DE IMÁGENES SATELITALES DISPONIBLES

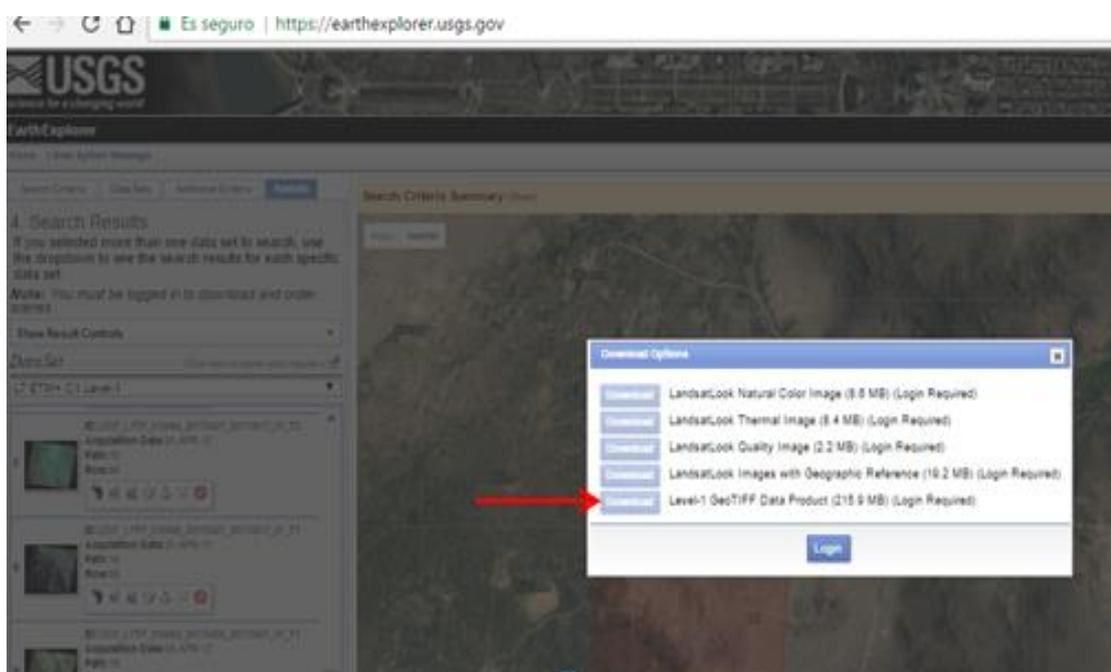


Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

5. Luego selecciono a la opción download al formato de la imagen a descargar: “LEVEL-1 GEO TIFF” es importante aclarar que es necesario descargar este tipo de Formato “TIFF” porque permite procesar las imágenes en el software.

FIGURA N° 6

VENTANA EMERGENTE PARA SELECCIÓN DE FORMATO DE LA IMAGEN



Fuente: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Se debe resaltar que se realizó la revisión de las imágenes, en cuanto a la geometría de las mismas, verificando que mantengan la misma georreferenciación (TM/Landsat del 31/01/2001, TM/ Landsat 25/05/2008 y TM/Landsat del 06/07/2016), ya que dichos productos vinieron georreferenciadas.

3.7.3 Fuentes de recolección de datos

La información que se obtuvo para la realización del presente trabajo de investigación se obtuvo de dos fuentes:

3.7.3.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de información fueron obtenidas a través del software Spring donde se obtuvo el procesamiento y análisis de capas para la obtención final de mapas, junto con la información recabada de las visitas de campo.

3.7.3.2 Fuentes secundarias

Se obtuvo información de fuentes secundarias brindada por instituciones involucradas en material ambiental como el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Así se contó con el Plan Maestro del Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011-2016.

Además se empleó información obtenido de boletines informativos, descripción teórica de conceptos básicos para la determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal, revistas, libros y páginas web, entre otros.

3.8 Procesamiento estadístico de la información

3.8.1 Estadísticos

Se tomaron en cuenta datos estadísticos representativos de años 2001, 2008, 2016, para poder realizar el plano estadístico y determinar la cantidad de áreas deforestadas y en qué años se informaron mayores reportes de deforestación y su magnitud. También precisar que estos datos estadísticos son obtenidos a través del software Spring.

3.8.2 Representación

La representación de la dinámica del uso y cobertura vegetal fueron representados en cuadros comparativos y mapas.

3.8.3 Comprobación de la hipótesis

- Hipótesis Específica N° 2: Con la realización de la cuantificación de las áreas, se encontrara la clase de regeneración tiene mayor valor cuantificable.

Se realizó la comprobación de la hipótesis, analizando los datos procesados obtenidos de los años 2001, 2008, 2016, al tener estos datos se realizó una comparación y se determinó qué clase tiene mayor cuantificable. Todos estos procesos indicados anteriormente fueron realizados mediante el software Spring.

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Resultados Parciales

4.1.1.1 Área de estudio

4.1.1.1.1 Aspectos Generales del Área de Estudio

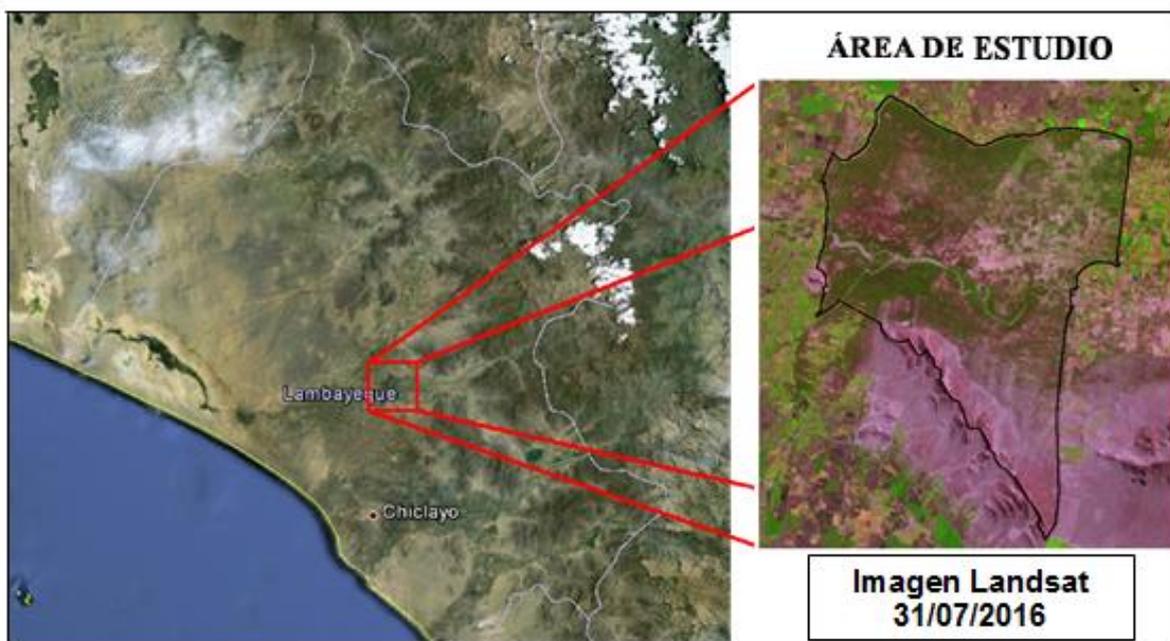
4.1.1.1.1.1 Ubicación Geográfica

El Santuario Histórico del Bosque de Pómac, se encuentra ubicado en la cuenca baja del río La Leche, provincias de Ferreñafe y Lambayeque, en el departamento de Lambayeque, a 31.5 km de la ciudad de Chiclayo (Figura 7). Tiene una extensión oficial de 5 887,38 ha.

Geográficamente se presentan los siguientes indicadores:

Distritos	:	Pítipo, Tucume, Íllimo, Pacora
Provincia	:	Ferreñafe y Lambayeque
Región	:	Lambayeque
Ubigeo	:	140205
Latitud sur	:	6° 28' 25" S
Longitud W	:	79° 46' 35" W
Altitud	:	80 msnm.
Huso horario	:	WGS84 – 17

FIGURA N° 7. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia.

Los límites del Santuario Histórico Bosque de Pómac son:

Por el Norte : El cerco que divide el Sector Ojo de Toro.

Por el Este : El cerco que divide el Sector Santa Clara y la carretera Ferreñafe- Batangrande tiene las siguientes coordenadas:

CUADRO N° 3
LÍMITES DEL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC

HITO		Coordenadas UTM	
Descripción	N°	ESTE	NORTE
Compuerta Rivera	01	633 105.46	9 289 200.25
Tranca Bereche	-----	633 228.04	9 289 128.15
Tranca Montalbán	-----	639 638.59	9 288 114.78
Tranca Relaiza	02	639 830.17	9 287 935.19

Fuente: Elaboración propia a partir de los límites obtenidos del Plan Maestro SHBP (2011 – 2016).

Por el Oeste : La divisoria de aguas del cerro Mauro, Gigante y Cuchilla, así como el cerco que divide con los predios de Túcume, tiene las siguientes coordenadas:

CUADRO N° 04. LÍMITES DEL SHBP - OESTE

HITO		COORDENADAS UTM	
Descripción	N°	ESTE	NORTE
Higuerón	3	639 458.92	9 284 431.89
La Leche	4	638 126.50	9 283 667.47
Centro de Interpretación	-----	638 186.71	9 283 177.74
Tranca Benítez	5	638 190.10	9 283 139.24
Tranca Mauro	6	637 387.11	9 276 449.83

Fuente: Elaboración propia a partir de los límites obtenidos del Plan Maestro SHBP (2011 – 2016).

4.1.1.1.2 Rutas de acceso al SHBP

Actualmente, existen dos vías de acceso hacia el Santuario Histórico Bosque de Pomác:

Acceso 1 : Esta vía se inicia desde la ciudad Chiclayo pasando por la provincia de Ferreñafe, luego por el distrito de Pítipo, hasta llegar al sector denominado La Curva. Por esta vía se llega al Centro de Interpretación del Santuario. La distancia aproximada es de 41 km, en un tiempo de 45 minutos.

Acceso 2 : Se inicia desde la Ciudad de Chiclayo y se puede ingresar por los distritos de Túcume, Íllimo y Pacora. La distancia aproximada es de 40 km, y el tiempo de 25, 30 y 35 minutos respectivamente

CUADRO N° 05. RUTA DE ACCESO AL SHBP

Tramo	Medio de Transporte	Vía de Acceso	Distancia en Kms. /Tiempo
Chiclayo- Ferreñafe -Bosque de Pómac	Bus Público	Asfaltada	41km/45 min
Chiclayo - Túcume	Automóvil Particular	Asfaltada	33 km/25min
Túcume - Bosque de Pómac	Automóvil Particular	Trocha Carrozable	2.5 km/20 min
Chiclayo - Íllimo	Automóvil Particular	Asfaltada	37km/28 min
Íllimo - Centro Poblado Cruz Verde	Automóvil Particular	Asfaltada	2.5 km/2 min
Centro Poblado Cruz Verde-Caserío Huaca de Piedra	Automóvil Particular	Afirmada	2.5 km/4 min
Chiclayo- Pacora- Bosque de Pómac	Automóvil Particular	Trocha Carrozable	2.5 km / 20 min

Fuente: http://www.mincetur.gob.pe/TURISMO/OTROS/inventario%20turistico/Ficha.asp?cod_Ficha=279

CUADRO N° 6
ACTIVIDADES DESARROLLADAS DENTRO DEL RECURSO
TURÍSTICO

Actividad	Tipo
Paseos	Paseos a caballo
Paseos	Excursiones
Naturaleza	Observación de aves
Naturaleza	Observación de fauna
Naturaleza	Observación de flora
Deportes / Aventura	Caminata o Trekking
Deportes / Aventura	Ciclismo
Otros (especificar tipo)	Actividades Culturales
Otros (especificar tipo)	Estudios e Investigación

Fuente: http://www.mincetur.gob.pe/TURISMO/OTROS/inventario%20turistico/Ficha.asp?cod_Ficha=279

4.1.1.1.1.3 Características Climáticas

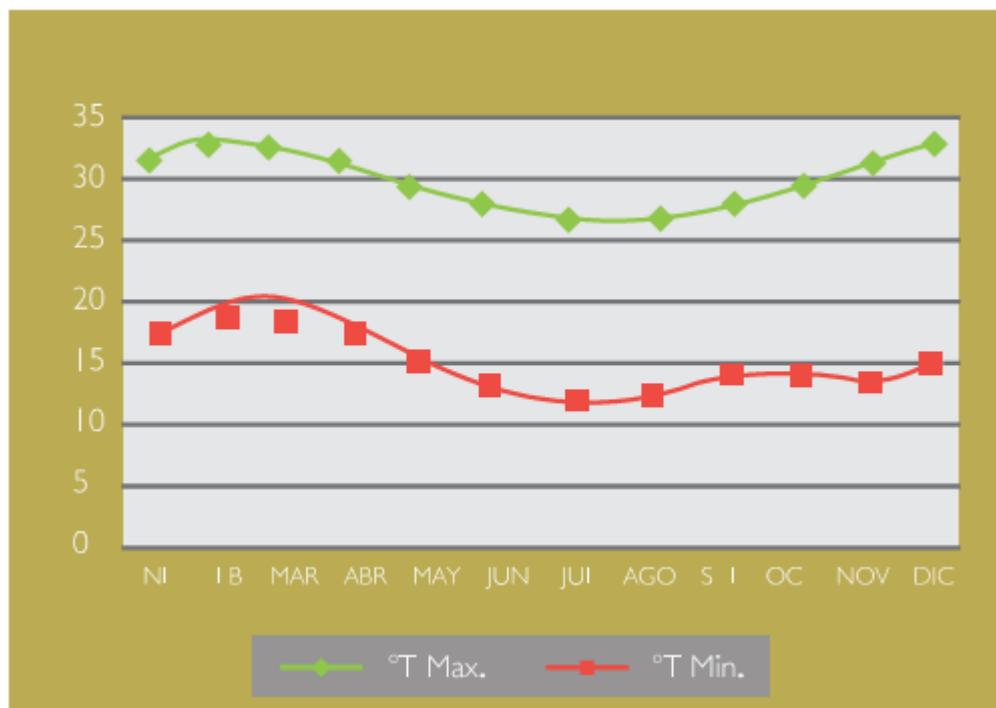
El clima en la zona de estudio es seco, cálido y soleado durante casi todo el año con lluvias esporádicas. En los meses en los cuales el evento de El Niño se presenta, las lluvias son considerables. Las lluvias se dan entre enero y marzo en las zonas más altas, es decir en el caso del SHBP, en la parte alta del valle del río La Leche. La época más cálida del año se da entre diciembre y mayo, con una temperatura máxima entre febrero y marzo de 33.1 °C en promedio, pudiendo alcanzar los 34.4 °C como máximo. La temperatura más baja se registra entre julio y agosto con 11.5 °C en promedio.

Las escasas lluvias en la zona se concentran en marzo y abril que en total suman el 66% de la precipitación anual (Ministerio de Agricultura – INRENA, 2002).

La zona de estudio pertenece a una de las zonas más áridas del mundo. La precipitación anual es de 107.8 mm/año y en años que registran la presencia del evento de El Niño, como en 1983, dicho valor puede llegar a 1,449.5 mm/año.

FIGURA N° 8

TEMPERATURAS MÁXIMAS, MEDIA Y MÍNIMA ABSOLUTAS



Fuente: Plan Maestro – Santuario Histórico Bosque de Pómac (2011 - 2016).

4.1.1.1.4 Topografía

▪ **Fisiografía**

La fisiografía en el Santuario Histórico es principalmente plana ondulada, con una pendiente aproximada de 8%. Es frecuente encontrar pequeñas elevaciones las que corresponden a las “huacas” de la cultura Sicán. Existe en el sureste estribaciones del cerro las Salinas y Gigante que llegan hasta 300 msnm.

▪ **Suelo**

Los suelos son profundos, de textura media a pesada, son francos y arenos limosos con materiales cálcicos o de yeso perteneciente a yermosoles o xerosoles. Existen también

suelos fluviosoles en las tierras influenciadas por el río La Leche hacia los cerros.

De acuerdo a la memoria del Mapa Ecológico del Perú (1976) que tipifica a las zonas de vida, es posible clasificar las tierras según su capacidad de uso mayor. Para el caso del santuario se encuentra:

- La tierra al norte del río La Leche es clasificada (ONERN, 1982) como X-P3c(t), es decir tierras para la protección y el pastoreo, de calidad agrológica baja, con factor limitante originado en el clima y con pastos temporales.
- La tierra de la otra parte, al sur del río La Leche, es clasificada solo como X, es decir solo para protección de tierras. No pueden soportar actividades económicas, ni siquiera el pastoreo extensivo.

En el área del Santuario el factor limitante es el agua, pues la capacidad de uso mayor es solo la aptitud natural de la tierra y ella cambia cuando el hombre altera sus condiciones con el riego.

4.1.1.1.1.5 Hidrografía y Recurso Hídrico

El principal curso de agua superficial es el río La Leche, el cual nace en las Lagunas Tembladera adoptando el mismo nombre. En su descenso recibe las aguas de varias quebradas: desde la unión con el riachuelo Minas, hasta la unión con el río Sangana, se le conoce con el nombre de río Moyán y de allí hasta la afluencia del río Motupe como río La Leche.

El río La Leche, recientemente rebautizado como LERCANLAECH (“Valle Principal” o “Cabecera de Valle” en lengua Muchik), es un río con un caudal irregular. En la parte baja de la cuenca, a la altura del SHBP, el río lleva agua (60

m³/seg) solo en los meses de noviembre a abril, y únicamente durante algunos días en un año regular. Los demás meses está totalmente seco. Asimismo, en épocas de sequía durante todo el año no transcurre agua. Solo en el año del fenómeno de El Niño, el río tiene agua todo el año. En la parte baja del Santuario se ha registrado el caudal máximo el 14 de febrero de 1998 con 1000 m³/seg.

Por el centro del Santuario Histórico atraviesa un canal revestido con cemento denominado “estiaje”, que toma el agua del Canal Pacora, el cual a su vez toma el agua del río La Leche. Este canal desemboca nuevamente en el río La Leche, al interior del Santuario, a la altura de la compuerta de Huaca La Cruz, en el sector La Merced, desde donde se distribuye agua a los parcelarios de Túcume e Íllimo. Estos riegos no son regulados.

El Río Taymi es un canal artificial cuyos orígenes son prehispánicos (Sicán). Se encuentra en la zona de amortiguamiento, en el límite sur del área de estudio, en la cuenca del río Lambayeque. Su cauce ha sido reconstruido dentro del conjunto de obras del Proyecto Tinajones y conduce agua de riego regulado a los distritos de Picsi, Mesones Muro, Ferreñafe, Pítipo, Mochumí, Túcume, Íllimo y Mórrope. (Plan Maestro – Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011 - 2016).

El agua subterránea es también un importante recurso hidrológico. En la zona de estudio se puede encontrar este recurso entre los 18 y 20 m de profundidad. El potencial del acuífero se estima en 250 lt/seg (Plan Maestro – Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011 - 2016).

4.1.1.1.1.6 Flora

La vegetación del Santuario Histórico Bosque de Pómac es representativa de las llanuras de la Ecorregión Bosque Seco Ecuatorial.

El año 2007, el equipo técnico de elaboración del Plan Maestro del Santuario realizó un inventario determinando los siguientes tipos de bosques:

- Bosque seco denso: presenta una cobertura arbórea que supera el 100%, de los cuales 85% es menor de 45 cm de diámetro. Predomina el “algarrobo” *Prosopis pallida* e incluye arbustos de “cuncuno” *Vallesia glabra*.
- Bosque seco semidenso: son de cobertura arbórea, de los cuales el 85% tiene menos de 45 cm de diámetro. Presenta igual proporción entre algarrobo *Prosopis pallida* y Sapote acompañado de especies arbustivas como “vichayo” *Capparis ovalifolia* y “canutillo” o palo negro” *Grabowskia boerhaaviaefolia*.
- Bosque seco ralo: tiene un promedio de 105 arb/ ha, de los cuales el 84% tiene menos de 15 cm de diámetro y donde predomina el “sapote” *Capparis angulata* (67%) y existe un 40% de cobertura de arbustos “vichayo” *Capparis ovalifolia* y “cuncuno” *Vallesia glabra*.
- El chaparral se caracteriza por encontrarse en el área de transición entre la llanura y los cerros ubicados al sur oeste del Santuario.
- El matorral está ubicado al norte del río La Leche con una cobertura vegetal de 24% compuesta de arbustos “vichayo” *Capparis ovalifolia* y “canutillo” o palo negro” *Grabowskia boerhaaviaefolia* y 1.6 % compuesta de árboles sapote *Capparis angulata* en mayor número pero menor aporte de cobertura (0.6%).

CUADRO N° 7. ESPECIES VEGETALES ENDÉMICAS Y/O CON UN NIVEL DE AMENAZA EN SHBP

Nombre Local	Nombre Científico	Endémico	Imagen	Amenaza Según D.S.043-2006-AG
Faique	Acacia macracantha	Ecorregion Bosque Seco		Casi amenazado
Sapote	Capparis scabrida	Ecorregion Bosque Seco		Peligro crítico
Chope	Cryptocarpus pyriformis H.B.K.	Ecorregion Bosque Seco		Vulnerable
Lipe	Scutia spicata var. Spicata Weberbauer	Ecorregion Bosque Seco		Vulnerable

Nombre Local	Nombre Científico	Endémico	Imagen	Amenaza Según D.S.043-2006-AG
Rabo de zorro	Haageocerus pseudoversicolor	Perú		Vulnerable
Asiento de suegra	Melocactus peruvianus	Perú		Vulnerable
Cactus Gigantón	Neoraimondia arequipensis Subsp. gigantea	Perú		Vulnerable

Fuente: Plan Maestro – SH Bosque de Pómac (2011 - 2016)

4.1.1.1.1.7 Fauna

La fauna del Santuario Histórico Bosque de Pómac es típica y representativa de los Bosques Secos ecuatoriales de llanura, dominados por el Algarrobo de la costa norte del Perú.

El SHBP alberga una gran variedad de especies endémicas de la región tumbesina, muchas de ellas amenazadas o en vías de extinción.

- Aves

En el santuario se registran 89 especies de aves, de las cuales 16 especies son exclusivas de la región tumbesina. Dentro de este grupo destaca la presencia de la Cortarrama Peruana (*Phitotoma raymondii*), especie que es poco común en el Perú y que solo se encuentra en pocos lugares de la costa, por lo que está clasificada como “en peligro”. Además, destaca la presencia de la Golondrina de Tumbes (*Tachycineta stolzmanni*) que tiene una presencia muy restringida en los bosques secos del Perú.

Se encuentran también el Copetón Rufo (*Myiarchus semirufus*) que es otra especie rara de la costa peruana, la Bandurria (*Theresticus melanopis*), una especie rara de ver en los algarrobales y el Tirano de Tumbes (*Tumbezia salvini*).

Todas estas aves son muy apreciadas por los observadores y se encuentran confinadas a este espacio por lo que la conservación del bosque significa que el hábitat de estas importantes especies se mantengan y puedan convertirse en un atractivo para los turistas nacionales y extranjeros. En el cuadro siguiente, se detalla qué aves se encuentran en el SHBP.

CUADRO N° 8. AVES ENDÉMICAS Y AMENAZADAS DEL SHBP

Nombre en Español	Nombre Científico	Endémico	Amenaza	Imagen
Cóndor Andino	Vultur gryphus		EN	
Halcón Peregrino	Falco peregrinus		NT	
Loro de Cabeza Roja	Aratinga erythrogenys	T	NT	
Periquito Esmeralda	Forpus coelestis	T		
Pampero costeño	Geositta peruviana	T/P		

Nombre en Español	Nombre Científico	Endémico	Amenaza	Imagen
Colaespina Acollarada	Synalaxis stictothorax	T		
Batará Acollarado	Sakesphorus bernardi	T		
Cortarrama Peruana	Phytotoma raimondii	T/P	EN	
Moscareta Gris y Blanco	Pseudelaenia leucospodia	T		
Pitajo de Tumbes	Tumbezia salvini	T/P	NT	

Nombre en Español	Nombre Científico	Endémico	Amenaza	Imagen
Copetón Rufo	<i>Myiarchus semirufus</i>	T/P		
Mosquero de Baird	<i>Myiodynastes bairdii</i>	T		
Golondrina Peruana	<i>Tachycineta stolzmanni</i>	T	NT	
Urraca Coliblanca	<i>Cyanocorax mystacalis</i>	T		
Fringilo Cinéreo	<i>Piezorhina cinérea</i>	T/P		

Nombre en Español	Nombre Científico	Endémico	Amenaza	Imagen
Chirigüe Gargantiaz ufrada	Sicalis taczanowskii	T		
Bolsero Filiblanco, Chiroca	Icterus graceannae	T		
Leyenda				
Endemismo		Amenaza		
Tumbesino:	T	EN: Amenazada		
Perú:	P	NT: Casi Amenazado		

Fuente: Plan Maestro – SH Bosque de Pómac (2011 – 2016)

- Mamíferos

Se ha registrado un total de 7 especies de mamíferos para el Santuario Histórico Bosque de Pómac, pertenecientes a cinco órdenes y siete familias. Según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), una sola especie se encuentra “Casi Amenazada”, siendo esta el Gato Montés (*Lynchailurus colocolo*), la Ardilla de Nuca Blanca (*Sciurus stramineus*) es la única especie que habita en el Santuario y que es endémica de los bosques secos ecuatoriales tanto del Perú como de Ecuador. Los mamíferos endémicos y amenazados del Santuario son mostrados en el cuadro siguiente.

**CUADRO N° 9. ESPECIES DE MAMÍFEROS DEL SANTUARIO
HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC**

Nombre Común	Nombre Científico	Hábitat	Amenaza	Imagen
Hurón	Didelphis marsupialis	BD, BR		
Oso Hormiguero	Tamandua mexicana	BD		
Vampiro	Desmodus rotundus	BD, BR		
Zorro de Sechura	Pseudalopex sechurae	BD, BR, CH		
Añaz	Conepatus semistriatus	BD, BR		

Nombre Común	Nombre Científico	Hábitat	Amenaza	Imagen
Gato Montes	Lynchailurus colocolo	BD	NT	
Ardilla de Nuca Blanca	Sciurus stramineus	BD, BR		
Ratón Arrocero	Oligoryzomys arenalis	BD, BR		
LEYENDA				
Abundancia				
R: Raro		C: Cómun		A: Abundancia
Hábitad				
BD: Bosque seco denso y semi-denso				
BR: Bosque seco ralo y muy ralo				
C: Chaparral, matorral y sin vegetación				
R: Asociación vegetal ribereña y cauce de río				
Amenaza				
NT: Casi amenazada				

Fuente: Plan Maestro – SH Bosque de Pómac (2011 - 2016)

- Reptiles y Anfibios

Se ha registrado un total de 20 especies de reptiles para el Santuario Histórico Bosque de Pómac. De estas, nueve pertenecen a los saurios y están representadas por cuatro familias, y once a las serpientes y están representadas por cinco familias. Asimismo, se ha registrado una especie de anfibio para el Santuario Histórico Bosque de Pómac.

En relación al estado de amenaza según la legislación peruana con respecto a los reptiles y anfibios del Santuario, existe una especie considerada “en peligro”: la Boa Constrictor ortoní. Con respecto a los endemismos, existen seis especies endémicas del bosque seco y ocho especies endémicas del Perú. Los reptiles y anfibios endémicos y amenazados son mostrados en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 10. REPTILES Y ANFIBIOS ENDÉMICOS Y AMENAZADOS DEL SHBP

Nombre Común	Nombre Científico	Hábitat	Amenaza	Imagen
Saltojo	<i>Phyllodactylus inaequalis</i>	BD, BH		
Pacaso	Iguana Iguana	BD,R		
Lagartija Corredora	<i>Ameiva edracantha</i>	BD, BR,CH	VU	
Azulejo	<i>Dicrodon guttulatum</i>	BD, BR, CH		

Nombre Común	Nombre Científico	Hábitat	Amenaza	Imagen
Iguana	Callopistes flavipunctatus	BR,CH	NT	
Macanche Boa	Constrictor ortonii	BD, R	EN	
Serpiente Corredora	Mastigodryas heathii P	BD,BR		
Culebra Ciega	Leptotyphlops subcrotilus	BD, BR,CH		

Nombre Común	Nombre Científico	Hábitat	Amenaza	Imagen
Cascabel	Bo throps barnetti	BD, BR,CH	VU	

LEYENDA		
Abundancia		
R: Raro	C: Cómun	A: Abundancia
Hábitad		
BD: Bosque seco Denso y Semi-denso		
BR: Bosque seco Ralo y Muy Ralo		
C: Chaparral, Matorral y sin Vegetación		
R: Asociación Vegetal Ribereña y Cauce de Río		
Amenaza		
NT: Casi Amenazada	EN: Amenazada	VU: Vulnerable

Fuente: Plan Maestro – SH Bosque de Pómac (2011 - 2016)

4.1.1.1.1.8 Identificación de Fuentes de presión

El origen de los impactos se refiere a las acciones o procesos de carácter humano o natural, a partir de los cuales se deriva un impacto (ganadería, construcción de caminos, cacería furtiva). En la Cuadro N° 11 se muestran los impactos y fuentes de presión identificados para el SHBP.

CUADRO N° 11. IMPACTOS Y FUENTES DE PRESIÓN EN EL SHBP

Impacto	Fuente de presión
Pérdida de cobertura vegetal del bosque seco	<ul style="list-style-type: none">• Cambio de uso de suelo por agricultura
Disminución de poblaciones de fauna	<ul style="list-style-type: none">• Caza ilegal
Degradación del bosque	<ul style="list-style-type: none">• Ganadería manejada inadecuadamente• Tala selectiva ilegal de algarrobo Zapote y Faique.

Fuente: Plan Maestro – SH Bosque de Pómac (2011 - 2016)

- Ganadería manejada inadecuadamente

La ganadería especialmente: caprina, vacuna y ovina representa una importante actividad para los pobladores de la zona de amortiguamiento del Santuario Histórico Bosque de Pómac que genera ingresos para los mismos. Esta actividad es estacional, distribuida a lo largo de toda el área y sin considerar criterios de manejo que favorezcan el adecuado uso del recurso de estas zonas. La ganadería está afectando la vegetación del sotobosque, bien sea porque el ganado se alimenta directamente de las especies, o porque a su paso compactan el suelo; de esta forma, se compromete la regeneración natural, así como la estructura y composición de las comunidades vegetales en áreas del SHBP.

El pastoreo no manejado puede ser considerado como el principal factor de deterioro del bosque seco, porque destruye la cobertura de matorral y sotobosque del área.

- Tala selectiva ilegal de Algarrobo, Zapote y Faique

Los reportes históricos de tala ilegal selectiva se han dado en lecho del río, se ha observado vehículos extrayendo madera cerca a los límites de esta área natural protegida. Otros sitios con reportes de tala selectiva son el caserío Pomac III, Comunidad C. Santa Rosa de las Salinas, la cual tiene una intensidad baja o muy baja.

Una consecuencia de la actividad ganadera dentro del SHBP, es el aprovechamiento selectivo de especies como Algarrobo seco para la construcción de cercos y potreros para mantener al ganado, los cuales son renovados en caso de requerirlo.

La extracción de madera de Algarrobo, Zapote y Faique, no solamente se evidenció para esta actividad, sino también para su posible uso y/o comercialización en las comunidades adyacentes al SHBP, principalmente las que están cercanas al distrito de Pítimo, Túcume, Íllimo.

- Cambio de uso del suelo por agricultura

La actividad agrícola que se reporta dentro del Santuario Histórico Bosque de Pómac ha sido afectada grandemente por la agricultura debido a las invasiones que hubo en los años 2004 al 2008. En los sectores de Santa Clara, Ojo de Toro, Huaca Rivera, Poma III y Santa Rosa de las Salinas (de la zona de amortiguamiento) que cuentan con permiso de excedentes, usualmente se cultivan de 0.5 a 2 ha con cultivos anuales como: maíz y lenteja; la yuca es más frecuente en sectores de La Zaranda (con bombeo clandestino de agua del río La Leche), Santa Clara y Ojo de Toro.

4.1.1.1.1.9 Fenomeno del Niño

Se conoce como El Niño al suceso caracterizado por la aparición de corrientes marinas cálidas en las costas del Océano Pacífico de América del Sur, en los meses de verano del hemisferio Sur. El nombre fue originalmente empleado hace algunos siglos por los pescadores del norte del Perú, debido a que esta corriente cálida hacía su aparición en Navidad.

Este fenómeno se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él, presentan una condición anormal por un periodo de doce a dieciocho meses. Se inicia cerca de Australia e Indonesia con la elevación de la temperatura del mar. Esta condición se desplaza hacia el Este, hasta que seis meses después llega a la Costa de América del Sur. Paralelamente se registra un enfriamiento de las aguas del Pacífico Occidental (Asia). Asimismo, en la atmósfera se produce una alteración del patrón de la presión atmosférica, que baja en el lado Este del Pacífico y sube en el Oeste. Además se producen cambios en la dirección y velocidad de los vientos, y se desplazan las zonas de lluvia de la región tropical.

En el mar, la contracorriente ecuatorial que desplaza las aguas frías de la corriente del Perú hacia el Oeste se debilita. Estos cambios de temperatura influyen en la salinidad de las aguas, originando que las condiciones ambientales de los ecosistemas marinos afecten a las poblaciones de peces. Los cambios en la circulación atmosférica alteran el clima global, lo que afecta, la disponibilidad de los recursos hídricos. Consecuentemente, la agricultura y otras actividades económicas importantes en extensas áreas del planeta se ven también afectadas.

Los Niños normales o canónicos sobrevienen en promedio cada 3 ó 4 años. Estos tienen a menudo efectos benéficos sobre las culturas y la generación de los recursos en agua, pero de dos a tres veces cada diez años provocan daños apreciables. Los

eventos calificados de muy fuertes, que se podrían comparar con los eventos de 1982-83 y de 1997-98 han sobrevenido en 1578, 1728, 1790-93, 1828, 1876-78, 1891 y 1925-26, es decir 9 eventos muy fuertes en 475 años, o aproximadamente cada 50 años. Otros 10 eventos son calificados entre Fuerte y Muy Fuerte (F+) y otros 21 de Fuertes. Por lo tanto, ha habido 40 eventos Fuertes y Muy Fuertes en 475 años, es decir uno cada 9 años en promedio. Sólo así se dan condiciones para la regeneración natural del bosque seco ecuatorial sólo un año con régimen continuo de lluvia asegura sobrevivencia y regeneración de especie forestales.

En el año 2015 se presentó la temporada de lluvias, debido al evento El Niño de magnitud fuerte que se fue desarrollando en la costa peruana con temperaturas por encima de lo normal, Sin embargo, en la costa no se esperó lluvias intensas durante noviembre y diciembre, con excepción de Tumbes y el norte de Piura, donde se presentaron esporádicamente, a partir de la segunda quincena de noviembre. (COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 19- 2015).

En el mes de diciembre del año 2015 se registró deficiencia de lluvias en la región andina, especialmente en el norte y el sur, consistente con los efectos esperados de El Niño en el Pacífico Central. Asimismo los caudales de los ríos en la costa del país se presentaron por debajo de sus valores promedio. Los reservorios en la costa norte y sur muestran en promedio 38% de su capacidad máxima. (COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 01-2016).

En el año 2016 en los meses de Enero, Febrero se presentaron lluvias moderadas, en el mes de Marzo aumentaron significativamente las lluvias, pero no causaron grandes estragos como el año 1982-1983. Precisar que en la primera y en la última semana de marzo, se intensificaron los vientos de niveles bajos del norte provenientes del Golfo de Panamá en el Pacífico Ecuatorial Oriental, favoreciendo el desarrollo de la banda secundaria de la

Zona de Convergencia Intertropical en el Hemisferio Sur. Esta condición sumada a la presencia de aguas cálidas en el Pacífico Ecuatorial Oriental particularmente a inicios de marzo y a la contribución de vientos del este provenientes de la Amazonía en los niveles medios y altos, dio lugar a lluvias en Tumbes, Piura y Lambayeque, las cuales fueron extremadamente fuertes a inicios de marzo y de moderada intensidad a fines del mes. Como consecuencia del incremento de las lluvias, a inicios de marzo y principios de abril los caudales de los ríos en la costa norte del país se incrementaron alcanzando en el río Chira 1016 m³ /s y 561 m³ /s, respectivamente. Los reservorios en la costa norte y sur alcanzaron en promedio 70% y 65% de su capacidad máxima, aumentando respecto a febrero en el primer caso y disminuyendo en el segundo. (COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 07-2016).

4.1.1.1.1.10 Intervención del Estado

El Santuario Histórico Bosque de Pómac ocupa un área natural protegida de 5.887,38 hectáreas en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque.

Esta fue establecida por medio del Decreto Supremo 034-2001-AG, con la finalidad de conservar la unidad paisajística cultural del bosque seco ecuatorial y del complejo arqueológico de la cultura Sicán.

A fin de lograr la recuperación del ecosistema que fue depredado por los invasores antes del año 2009, se aprovechó las lluvias que normalmente se dieron en los meses de Diciembre – Marzo, es por ello que se comenzó a sembrar por las zonas afectadas semillas típica del Santuario de Pómac, como algarrobo y zapote, que se han adaptado a la aridez de la costa norte, buscando así tener en el suelo el banco de semillas suficientes para cuando ocurra las lluvias, esto se vino realizando con mayor sistematización a partir del año 2009. A partir del año 2010 también se realizó la siembra

directa en las zonas donde no había regeneración, realizadas por El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp), en conjunto con la organización no gubernamental Centro Eco.

En el año 2015 meses antes de que se inicie las lluvias moderadas acontecidas por el Fenómeno El Niño, se reforesto unas 500 hectáreas del sector Poma II del Santuario Histórico Bosque de Pómac. La iniciativa se realizó en la campaña 'Siembra un árbol y deja tu huella', una actividad organizada por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor) en alianza con el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp) y la participación de 100 jóvenes de la universidad Pedro Ruiz de Lambayeque y Santo Toribio de Mogrovejo. Que posteriormente en el año 2015-2016 se vieron los resultados de la reforestación con las lluvias generas por el Fenómeno El Niño moderado.

En el Santuario Histórico Bosque de Pómac la regeneración del ecosistema se ha ido dando de manera natural y también con la intervención de organizaciones no gubernamentales como: Centro Eco, Cooperación Española (AECDID) y el Gobierno Regional de Lambayeque.

4.1.1.2 Materiales y Metodos

4.1.1.2.1 Materiales

4.1.1.2.1.1 Software

Para realizar el procesamiento de las imágenes se utilizó el *software SPRING* – Sistema de Procesamiento de Información Georreferenciadas, versión 5.2.7 y 5.4.0, desarrollado por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales, Brasil.

SPRING es un GIS (Sistema de Información Geográfica) y al mismo tiempo un sistema de tratamiento de imágenes obtenidas mediante percepción remota que realiza la integración de las representaciones de datos matriciales ("estructura raster") y datos con estructura vectorial en un único ambiente.

SPRING es un producto desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE)/ DPI de Brasil con la cooperación de:

- EMBRAPA/CNPQIA - Agencia de Investigación Agrícola del Brasil.
- IBM Brasil - Centro Latinoamericano de Soluciones para Ensino Superior y Pesquisa. TECGRAF - PUC Rio - Grupo de Tecnología en Computación Gráfica da PUC-Rio.
- PETROBRÁS/CENPES - Centro de Pesquisas "Leopoldo Miguez".

4.1.1.2.1.2 Imágenes Ópticas

Teniendo en cuenta que las imágenes a utilizar deben poseer la menor cantidad de cobertura de nubes y a la disponibilidad se seleccionó las siguientes imágenes: se emplearon las bandas 3, 4 y 5 de la imagen del sensor TM/Landsat 7, escena 010/064, correspondientes al 31 de enero del 2001 (obtenida en forma libre por la internet, <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>) con resolución espacial de 30 metros y las bandas 3, 4 y 5 de las imágenes del sensor TM/Landsat 7, escena 010/064, del 25 de mayo del 2008 proporcionadas por USGS vía internet: (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) resolución espacial de 30 metros, y del 06 de julio de 2016, con resolución espacial de 30 metros y las bandas 4, 5 y 6 (igualmente proporcionadas por el USGS vía internet: (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) según el Cuadro 12.

CUADRO N° 12. IMÁGENES ÓPTICAS UTILIZADAS EN LOS PROCESOS DE DETERMINACIÓN DE LA DINÁMICA DEL USO Y COBERTURA VEGETAL

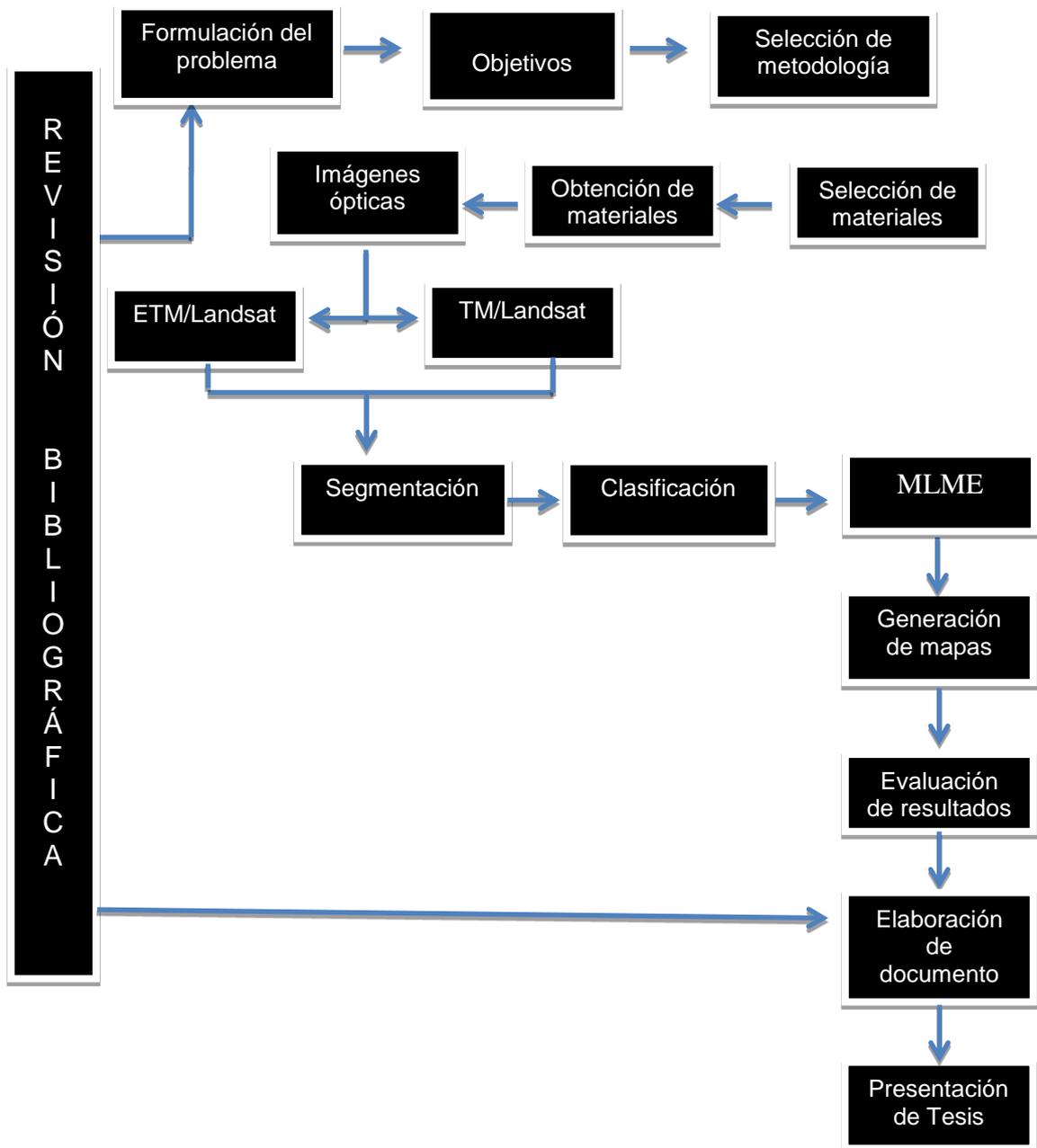
Sensor	Fecha de Adquisición	Órbita/ Punto	Bandas	Resolución Espacial
TM/ Landsat 7	31/01/2001	010/064	3, 4 y 5	30 m
TM/ Landsat 7	25/05/2008	010/064	3, 4 y 5	30 m
TM/ Landsat 7	06/07/2016	010/064	4, 5 y 6	30 m

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3 Metodos

Para la realización del presente estudio se aplicaron técnicas de clasificación de imágenes y posteriormente se realizó una evaluación de los resultados obtenidos (Esquema 2)

ESQUEMA N° 2. METODOLOGÍA A REALIZAR



Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.4 Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se dio en todo el proceso de la investigación hasta la formulación del documento final.

A partir de la determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal se originó la formulación del problema, posteriormente los objetivos y finalmente la hipótesis.

Continuamos con la selección de la metodología, para proceder con la obtención de materiales; en esta fase de la investigación se incluyó el método, descrito en la metodología, producto del cual se elaboraron tres mapas del uso y cobertura vegetal del Santuario Histórico Bosque de Pómac, para posteriormente concluir con la presentación del presente estudio de investigación.

En todo el proceso, desde la determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal, hasta la presentación de la tesis, la revisión bibliográfica ha sido fundamental

4.1.1.5 Procesamiento de Información

A continuación detalla paso a paso como se realizó el procesamiento de información en el Software Spring.

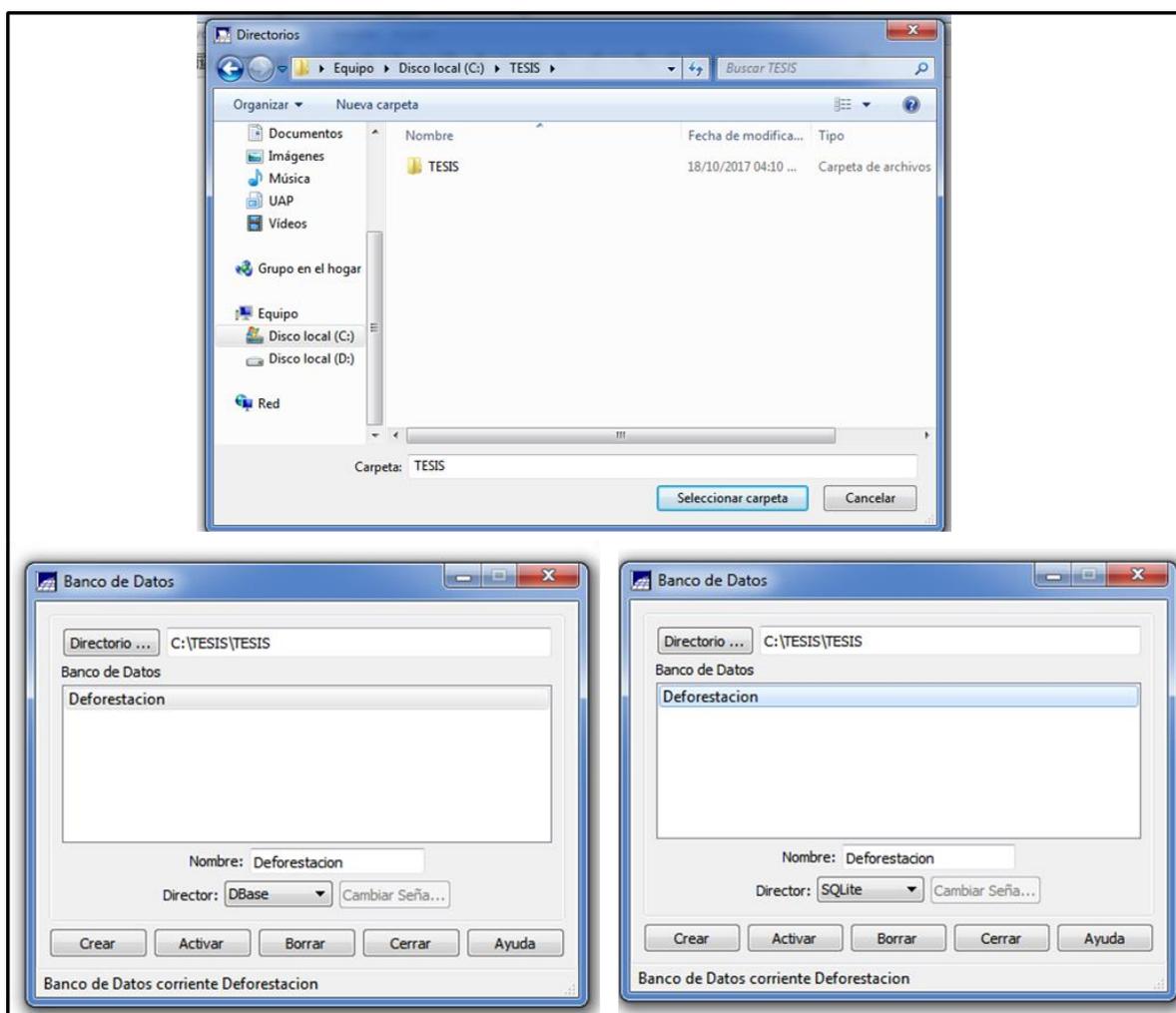
Creación del banco de datos

Para la creación del banco de datos, se realizaron los siguientes pasos:

- a) Dar click al ícono banco de datos.
- b) Click a directorio, y creación de una carpeta con el nombre de tesis con la finalidad de almacenar la base de datos del proyecto.
- c) Se seleccionó la carpeta tesis, para guardar la base de datos.
- d) Una vez seleccionada se introdujo el nombre: Deforestación, director: SQLite, y la opción crear.

e) Creado el banco de datos, se eligió la opción director, y se seleccionó la opción DBase y luego la opción activar, como veremos en la siguiente figura.

FIGURA N° 9
MUESTRA DE LA CREACIÓN DEL BANCO DE DATOS



Fuente: Elaboración propia

Creación del proyecto

Para crear el proyecto, marcamos click en el ícono proyecto, para luego introducir los siguientes pasos:

a) Proyectos:

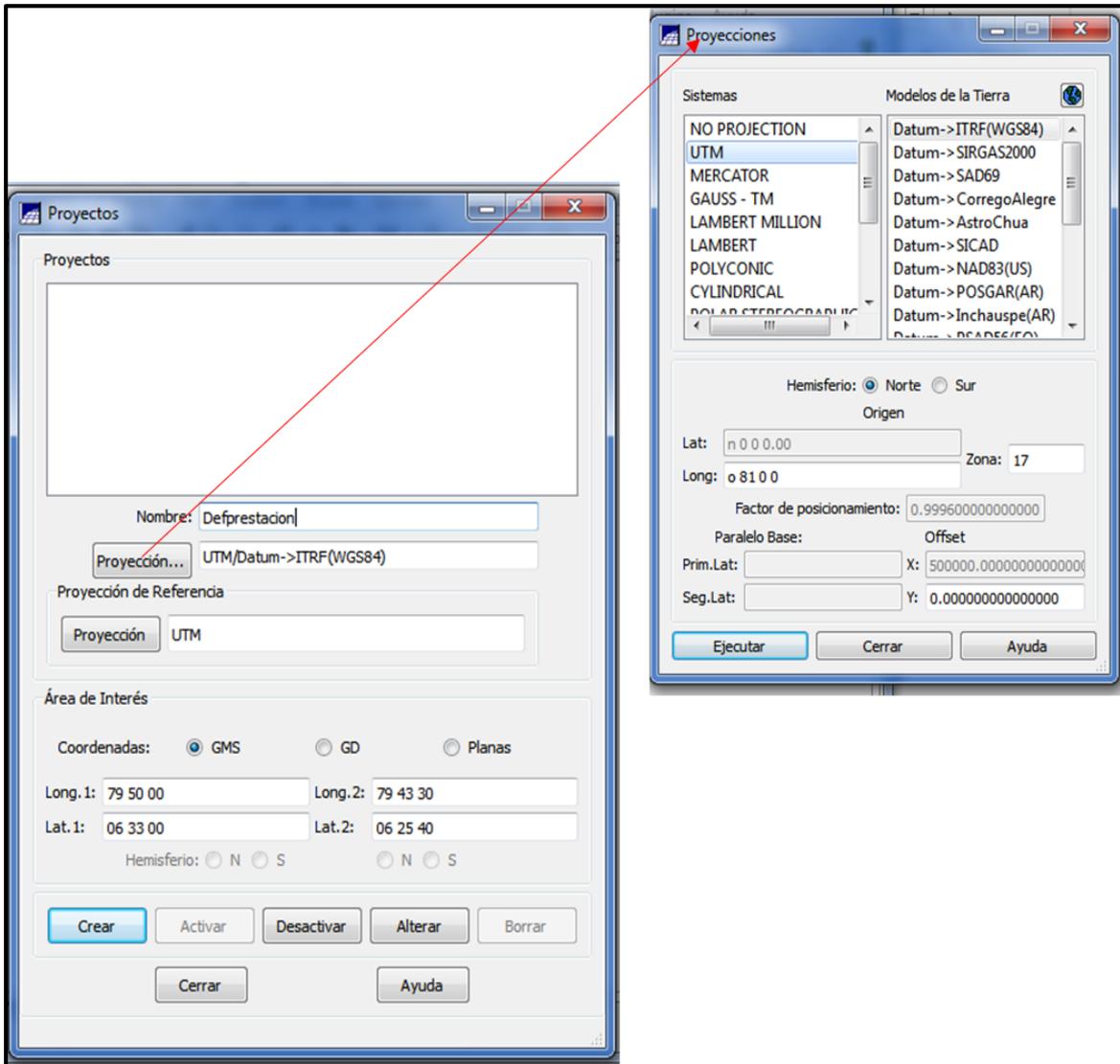
- Nombre: SHBP
- Proyecciones :
 - sistemas: UTM
 - modelos de tierra: Datum->ITRF(WGS84)
 - Hemisferio: Sur
 - Zona: 17
- Proyección de referencia:
 - sistemas: UTM
 - modelos de tierra: Datum->ITRF(WGS84)
 - Hemisferio: Sur
 - Zona: 17

b) Área de interés:

- Coordenadas: GMS
- Longitudes y latitudes:
 - Longitud 1: o 70 50 00 - longitud 2: o 79 43 30
 - Latitud 1: s 06 33 00 - latitud 2 : s 06 25 40

c) Elegimos click crear, y automáticamente, resalta las coordenadas a planas, y los hemisferios, luego de esto seleccionamos activar, como veremos en la siguiente figura.

FIGURA N° 10
MUESTRA DE LA CREACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Elaboración propia

Para desarrollar la metodología propuesta, se inició la fase de creación de banco de datos para el procesamiento de imágenes y la elaboración de los mapas respectivos. En ese sentido, el banco de datos fue estructurado a partir de la definición del nombre y la creación del proyecto que contiene las coordenadas geográficas del área de estudio. Posteriormente, se estructuró el modelo de datos considerando categorías de acuerdo a lo detallado en el cuadro N° 13.

CUADRO N° 13. MODELO DE DATOS APLICADO EN SPRING

MODELO DE DATOS	CATEGORÍA	PLANO DE INFORMACIÓN	CLASES TEMÁTICAS
Catastral	CAT_Catastral	Huacas	-
Imagen (2001)	LANDSAT	LT50100642001027XXX01_B3	-
		LT50100642001027XXX01_B4	-
		LT50100642001027XXX01_B5	-
		con_Mix_MLME2001.mix-agua	-
		con_Mix_MLME2001.mix-suelo	-
		con_Mix_MLME2001.mix-vegetación	-
		Mix-MLME2001.mix-agua	-
		Mix-MLME2001.mix-suelo	-
		Mix-MLME2001.mix-vegetación	-
		seg_MLME2001_8_30	-
		Bhata_MLME2001_8_30_95	-
Catastral	LIMITES	Área_estudio	-
Imagen (2008)	LANDSAT	TM5_1064_20080506_B3	-
		TM5_1064_20080506_B4	-
		TM5_1064_20080506_B5	-
		con_Mix_MLME2008.mix-agua	-
		con_Mix_MLME2008.mix-suelo	-
		con_Mix_MLME2008.mix-vegetación	-
		Mix-MLME2008.mix-agua	-
		Mix-MLME2008.mix-suelo	-
		Mix-MLME2008.mix-vegetación	-
		seg_MLME2008_8_30	-
		Bhata_MLME2008_95_10_30	-
		Bhata_MLME2008_95_10_30_fi n	-

MODELO DE DATOS	CATEGORÍA	PLANO DE INFORMACIÓN	CLASES TEMÁTICAS
Imagen (2016)	LANDSAT	LC80100652016_B3	-
		LC80100652016_B5	-
		LC80100652016_B6	-
		con_Mix_MLME2016.mix-agua	-
		con_Mix_MLME2016.mix-suelo	-
		con_Mix_MLME2016.mix-vegetación	-
		Mix-MLME2016.mix-agua	-
		Mix-MLME2016.mix-suelo	-
		Mix-MLME2016.mix-vegetación	-
		seg_MLME2016_8_30	-
		seg_Bhata_MLME2016_95_6_30	-
		Bhata_MLME2008_95_6_30	-
		Bhata_MLME2008_95_6_30_fin	-
Temático	Mapa_2001	Mapa_Final_2001	Bosque seco denso
			Bosque seco semi denso
			Bosque seco ralo
			Suelo / Chaparral
			Deforestación
			Hidrografía
Temático	Mapa_2008	Mapa_Final_2008	Bosque seco denso
			Bosque seco semi denso
			Bosque seco ralo
			Suelo / Chaparral
			Deforestación
			Hidrografía
			Antigua Deforestación
			Regeneración

MODELO DE DATOS	CATEGORÍA	PLANO DE INFORMACIÓN	CLASES TEMÁTICAS
Temático	Mapa_2016	Mapa_Final_2016	Bosque seco denso
			Bosque seco semi denso
			Bosque seco ralo
			Suelo / Chaparral
			Deforestación
			Hidrografía
			Antigua Deforestación
			Regeneración

Fuente: Elaboración propia

Creación del modelo de datos

Para la creación del modelo de datos, se realizaron los siguientes pasos:

a) Categorías:

- Nombre: Landsat_2001 → Modelo de datos: Imagen
- Landsat_2008 → Modelo de datos: Imagen
- Landsat_2016 → Modelo de datos: Imagen

Luego de introducir el nombre, seleccionamos el modelo de datos en imagen, elegimos click en crear y luego ejecutamos, una por una, de acuerdo a los años 2001, 2008 y 2016 de la zona de estudio.

- Nombre: Mapa_2001 → Modelo de datos: Temático
- Mapa_2008 → Modelo de datos: Temático
- Mapa_2016 → Modelo de datos: Temático

Después de haber creado las categorías mapas, seleccionamos una de estas, y se activa en la parte superior derecha, hacemos click en clases temáticas, escribimos el nombre, digitamos click en la opción crear y luego ejecutamos, y se origina la clase temática creada, seleccionamos la clase temática, y se activa la opción visualizar en la parte inferior derecha, damos click y automáticamente, el programa solicita le demos color, para lo cual se consideró los siguientes colores en las clases temáticas, aceptamos y ejecutamos, de manera que realizamos todas las clases temáticas y ejecutamos y cerramos.

A continuación veremos las clases temáticas, y su color respectivo, para el estudio.

- | | | |
|--------------------------|--------|---------------------|
| 1. Bosque seco denso | —————> | Color: verde oscuro |
| 2. Bosque seco semidenso | —————> | Color: verde caña |
| 3. Bosque seco ralo | —————> | Color: verde claro |
| 4. Suelo / Chaparral | —————> | Color: amarillo |
| 5. Deforestación | —————> | Color: fucsia |
| 6. Hidrografía | —————> | Color: azul |
| 7. Antigua deforestación | —————> | Color: rojo |
| 8. Regeneración | —————> | Color: verde oliva |

Seguidamente, se importó las imágenes TM/Landsat de los años 2001, 2008, 2016, a fin de iniciar con el procesamiento de datos.

Importar las imágenes

Para la importación de imágenes satelitales, realizamos los siguientes pasos:

- a) Paso 1: ingresamos al ícono archivo, opción importar, luego a opción importar datos vectoriales y matriciales, nos arroja una ventana de datos, doy click en la opción archivo y seleccionamos la carpeta donde se encuentran las imágenes, no nos va a salir nada, para lo cual en la parte inferior activamos la opción TIFF/ GEOTIFF(tif,tiff) y automáticamente, aparecen las imágenes, seleccionamos las bandas 3, 4 y 5, de las imágenes del año 2001, 2008, y damos click a abrir. Las bandas b4, b5 y b6, del año 2016, que representan agua, vegetación y suelo, de los infrarrojos.

- b) Paso 2: en la misma importación, nos vamos a la opción salida, realice los siguientes pasos:

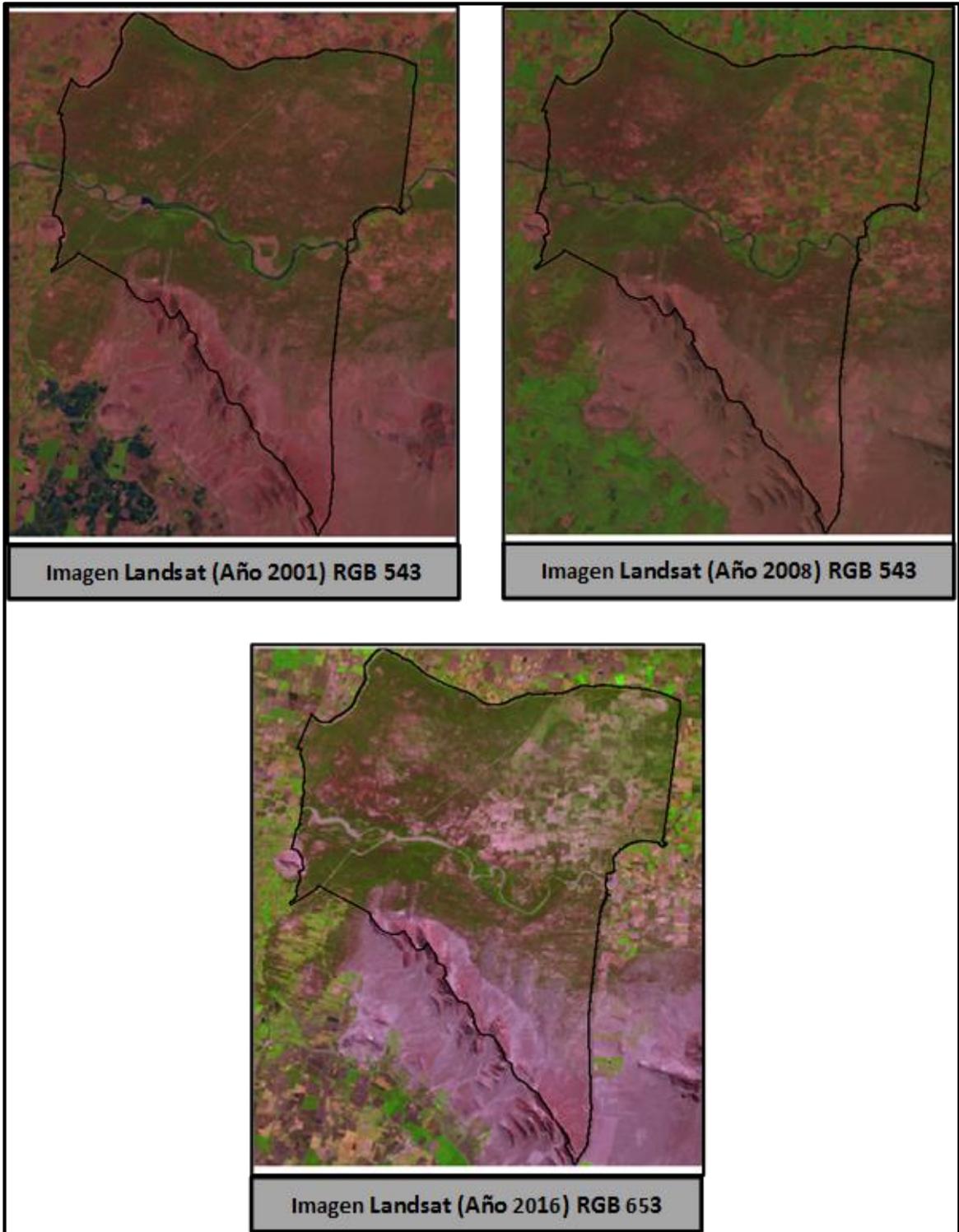
Proyecto : SHBP
Categoría : Landsat_2001
PI : TM5_1064_20080506_B3
TM5_1064_20080506_B4
TM5_1064_20080506_B5

Se importó las imágenes del año 2001, 2008 y 2016, de la misma forma.

Luego se realizó la combinación de diferentes bandas de la imagen TM/Landsat con la finalidad de determinar cuál de ellas podía resaltar y separar mejor las clases que se deseaban extraer. En ese sentido, se realizó las siguientes combinaciones: Año 2001 - RGB: 543, Año 2008 - RGB: 543, Año 2016 - RGB: 653. El siguiente paso realizado fue importar el Shapefile del área de estudio para los tres años (de acuerdo a la Figura N° 11), así se delimito el área, creando un polígono (vector) que sirvió como base para la creación de todos los productos generados en el presente trabajo.

FIGURA N° 11

IMAGEN CON RGB Y VECTOR QUE REPRESENTA EL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia

Segmentación

La delimitación del área que se ejecutó anteriormente sirvió para realizar el recorte de las imágenes, esta fue segmentada utilizando un algoritmo de crecimiento de regiones, el cual divide la imagen en regiones que son consideradas en un conjunto de píxeles contiguos que presentan una cierta uniformidad.

Para realizar la segmentación se hizo lo siguiente:

Paso 1: Seleccionamos la categoría de las imágenes que hemos creado y con las imágenes fracción, agua suelo y vegetación, de la siguiente manera:

Landsat_CONT_Mix-MLME_2001_SHBP.mix-agua

Landsat_CONT_Mix-MLME_2001_SHBP.mix-vegetación.

Landsat_CONT_Mix-MLME_2001_SHBP.mix-suelo

Luego, se le dan los siguientes rasgos:

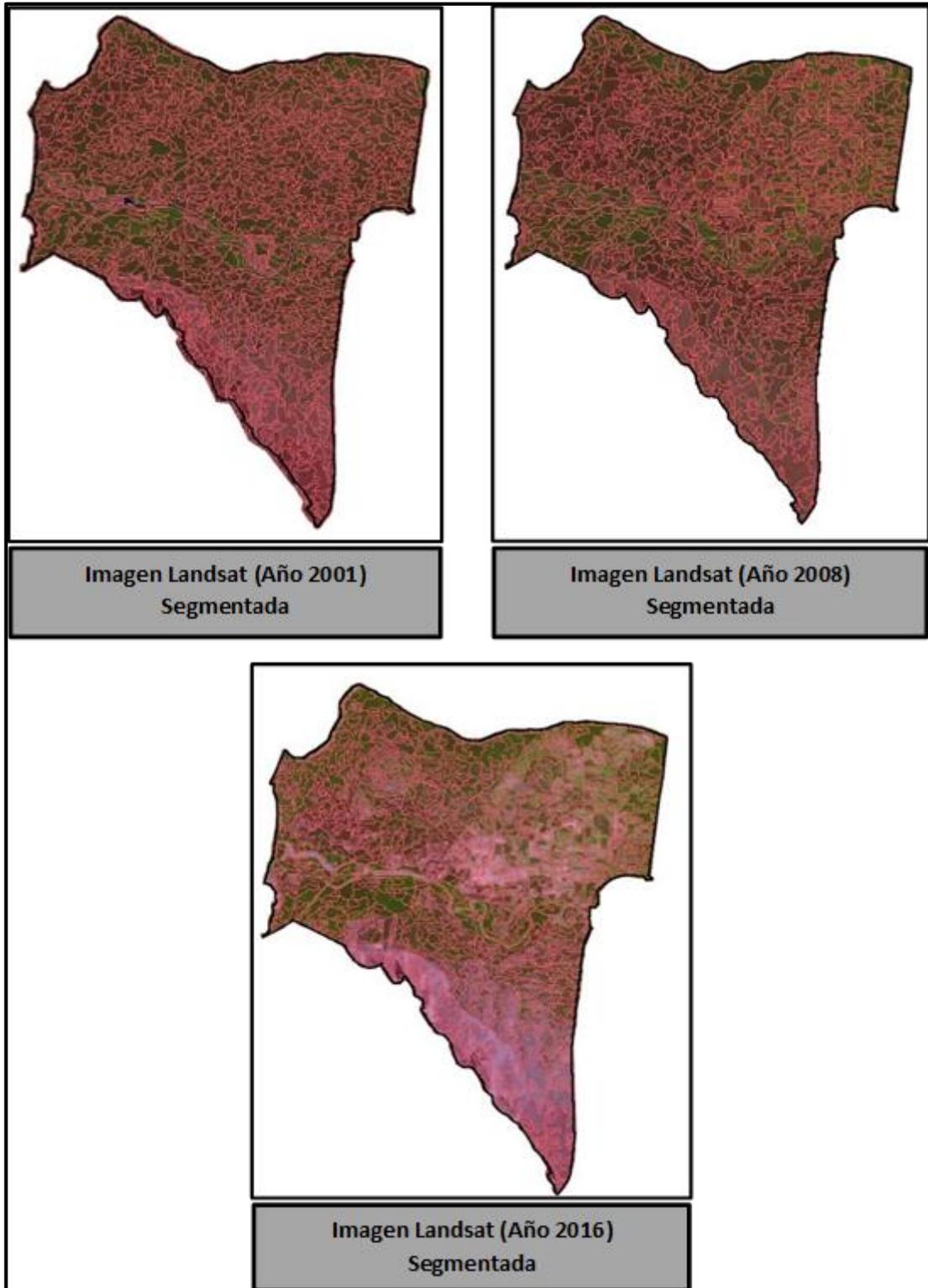
Similitud : 8 Área / Pixel : 30

Nombre : SEG_MLME2001_8_30

Luego de realizar estos pasos se procede a ejecutar para la segmentación de la imagen seleccionada. Estos mismos pasos se aplican en los demás años, para lo cual presentamos la segmentación de los años 2001, 2008 y 2016. Figura N° 12.

FIGURA N° 12

IMÁGENES SEGMENTADAS



Fuente: Elaboración propia

✚ Clasificación de las clases temáticas

A. Clasificación supervisada:

Para la realización la clasificación supervisada, se realizó lo siguiente:

Seleccionamos las bandas de las imágenes fracción agua, vegetación y suelo, se va al ícono imagen ubicado en la parte superior de la ventana de trabajo, y seleccionamos la opción clasificación, aparece una ventana, en ella se digita en el icono crear y se realiza lo siguiente:

Nombre : Contexto_2001_cont_mlme

Tipo de análisis : Regiones

Bandas:

Landsat_2001 - CONT_Mix-MLME_2001_SHBP.mix-agua

Landsat_2001 - CONT_Mix-MLME_2001_SHBP.mix-vegetación.

Landsat_2001 - CONT_Mix-MLME_2001_SHBP.mix-suelo

Para realizar la clasificación se utiliza las imágenes segmentadas:
SEG_MLME_2011_8_30

Se selecciona y luego ejecutamos, obtendremos el contexto creado, y en la parte inferior las imágenes fracción agua, vegetación y suelo; extraemos las cualidades de las regiones y se activan las demás opciones, para lo cual seleccionamos la opción clasificación que realizada de la siguiente manera:

Tipo de clasificación: Bhattacharya

Umbral de aceptación: 95%

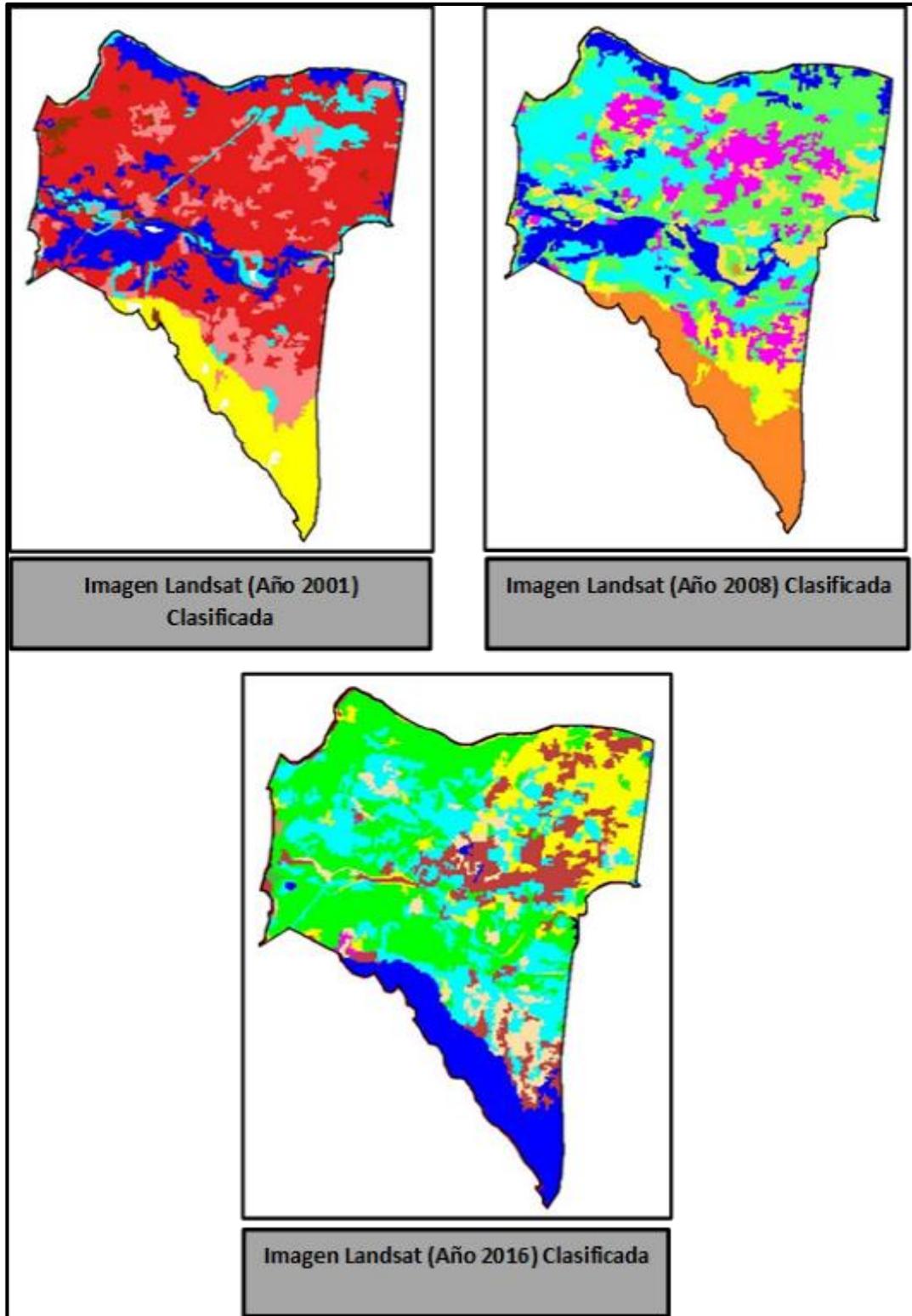
Categoría: Landsat_2001

Nombre: Bhatta_MLME_2001_95_8_30

Luego, se dio click en la opción aceptar, para la creación de la clasificación supervisada, como veremos en la siguiente figura.

FIGURA N° 13

IMÁGENES CLASIFICADAS



Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 14. MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TEST
PARA EL ENTRENAMIENTO DEL CLASIFICADOR EN LA IMAGEN TM,
TENIENDO COMO DATOS DE REFERENCIA A LAS COLUMNAS**

MATRIZ DE CONFUSIÓN DE CLASIFICACIÓN AÑO 2001 DATOS DE REFERENCIA								
	Bosque seco denso	Deforestación	Suelo/ Chaparral	Bosque seco Semidenso	Bosque seco ralo	Agua	Abstención	TOTAL
Bosque seco denso	479	0	0	0	0	0	96	575
	17.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.52%	
Deforestación	0	324	0	0	44	0	0	368
	0.00%	11.89%	0.00%	0.00%	1.61%	0.00%	0.00%	
Suelo / Chaparral	0	0	330	0	0	0	0	330
	0.00%	0.00%	12.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco semidenso	0	0	0	511	0	0	0	511
	0.00%	0.00%	0.00%	18.75%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco ralo	0	0	0	0	572	0	0	572
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.98%	0.00%	0.00%	
Agua	0	0	0	0	0	370	0	370
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.57%	0.00%	
SUMA Total	479	324	330	511	616	370	96	2726

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

El resultado del entrenamiento para la clasificación del modelo lineal de mezcla espectral de la imagen TM/Landsat se obtuvo con las muestras de test como desempeño general de 94.86%, teniendo que la agricultura se confunde con el bosque ralo en 1,61% del total de muestras, debido a la similitud de las respuestas espectrales de dichas clases. En la cuadro N° 14 se aprecia la matriz de confusión de las muestras de test para el entrenamiento del clasificador en la imagen TM/Landsat.

**CUADRO N° 15. MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TEST
PARA EL ENTRENAMIENTO DEL CLASIFICADOR EN LA IMAGEN TM,
TENIENDO COMO DATOS DE REFERENCIA A LAS COLUMNAS**

MATRIZ DE CONFUSIÓN DE CLASIFICACIÓN AÑO 2008 DATOS DE REFERENCIA									
DATOS DE REFERENCIA	Bosque seco denso	Bosque seco Semi denso	Bosque seco ralo	Deforestación		Suelo/ Chaparral	Regeneración	Abstención	TOTAL
Bosque seco denso	247	0	0	0	0	0	0	0	247
	9.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque Semidenso	0	189	0	0	49	0	0	0	238
	0.00%	7.37%	0.00%	0.00%	1.91%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco ralo	0	0	622	0	0	0	171	0	793
	0.00%	0.00%	24.27%	0.00%	0.00%	0.00%	6.67%	0.00%	
Deforestación	0	0	0	179	63	0	0	0	242
	0.00%	0.00%	0.00%	6.98%	2.46%	0.00%	0.00%	0.00%	
	0	0	0	0	188	0	0	0	188
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.34%	0.00%	0.00%	0.00%	
Suelo/ Chaparral	0	0	0	0	0	652	0	0	652
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	25.44%	0.00%	0.00%	
Regeneración	0	0	0	0	0	0	203	0	203
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.92%	0.00%	
SUMA Total	247	189	622	179	300	652	374	0	2563

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

En la Cuadro N° 15 se aprecia la matriz de confusión de las muestras de test. EL resultado del entrenamiento para la clasificación del modelo lineal de mezcla espectral de la imagen TM/Landsat se obtuvo con las muestras de test como desempeño general de 94.86%, teniendo que la bosque semi denso se confunde con deforestación en 1,91% del total de muestras, así como el bosque ralo se confunde con la regeneración en 6,67% debido a la similitud de las respuestas espectrales de dichas clases.

**CUADRO N° 16. MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LAS MUESTRAS DE TEST
PARA EL ENTRENAMIENTO DEL CLASIFICADOR EN LA IMAGEN TM,
TENIENDO COMO DATOS DE REFERENCIA A LAS COLUMNAS**

MATRIZ DE CONFUSIÓN DE CLASIFICACION AÑO 2016								
DATOS DE REFERENCIA								
	Bosque seco denso	Bosque seco Semi denso	Bosque seco ralo	Deforestación	Regeneración	Suelo/ Chaparral	Abstención	TOTAL
Bosque seco denso	786	0	0	0	0	0	0	786
	27.93%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco Semi denso	118	340	37	0	0	0	0	495
	4.19%	12.08%	1.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco ralo	0	103	215	0	0	0	0	318
	0.00%	3.66%	7.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Deforestación	0	0	0	419	0	0	0	419
	0.00%	0.00%	0.00%	14.89%	0.00%	0.00%	0.00%	
Regeneración	0	0	0	0	458	0	0	458
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.28%	0.00%	0.00%	
Suelo/ Chaparral	0	0	0	0	0	338	0	338
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.01%	0.00%	
SUMA Total	904	443	252	419	458	338	0	2814

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

En la Cuadro N° 16 se aprecia la matriz de confusión de las muestras de test, como resultado del entrenamiento para la clasificación del modelo lineal de mezcla espectral de la imagen TM/Landsat se obtuvo con las muestras de test como desempeño general de 90.83%, teniendo que la bosque semidenso se confunde con bosque denso en 4,19% y con bosque ralo en un 1.31% del total de muestras, así como el bosque ralo se confunde con la bosque semidenso en 3,66% debido a la similitud de las respuestas espectrales de dichas clases.

Modelo Lineal de mezcla espectral

Para el modelo lineal de mezcla espectral realizamos los siguientes pasos:

Paso 1: Seleccionamos una imagen y luego el icono imagen que se encuentra en la parte superior, seleccionamos la opción modelo de mezcla, creamos el modelo de mezcla, denominado MLME_2001, de igual manera para los años 2008, 2016. Seleccionamos las bandas por imagen a muestrear de la siguiente manera:

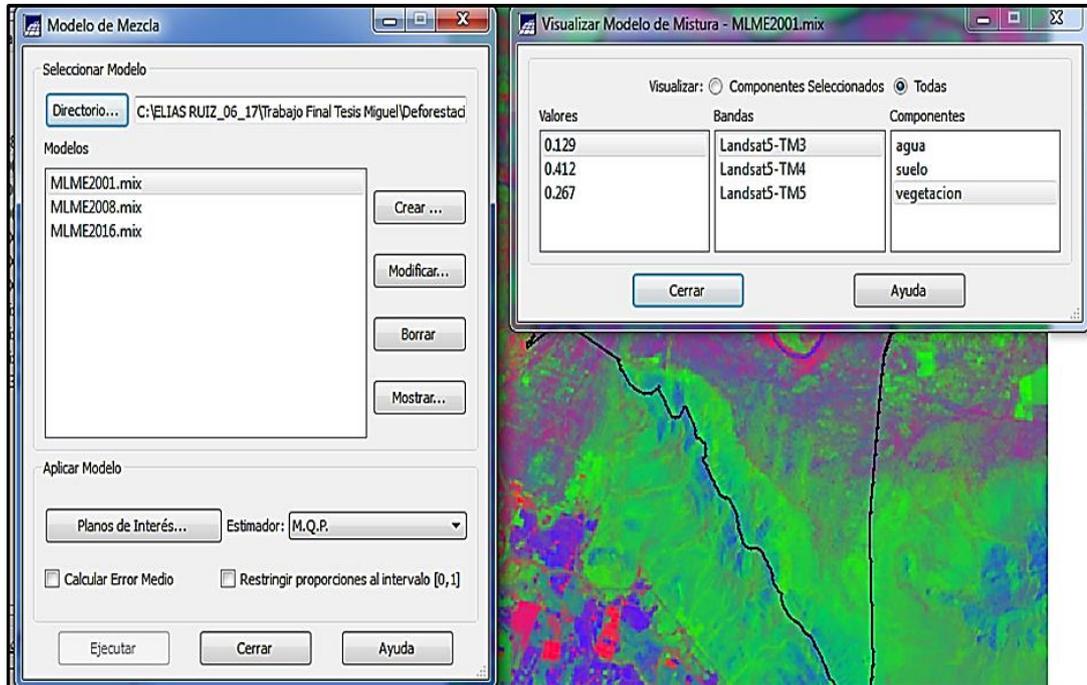
Landsat – tm3 -> banda 3

Landsat – tm4 -> banda 4

Landsat – tm5 -> banda 5

En la parte inferior izquierdo tenemos una opción crear, se da click, y sale una ventana, se minimiza las demás ventanas, para tener una mejor apreciación de la imagen, se traslada la imagen a la parte media izquierda, damos el nombre de agua y buscamos una zona de la imágenes, en donde creímos que es un punto puro, en el caso del agua, se buscó zonas, donde no hay contacto con actividades antrópicas, como es el caso del río; para el componente vegetación, y componente suelo se realizó lo mismo. Debemos buscar los puntos en donde se represente mejor la banda tres, en la siguiente imagen se muestra la ventana de modelo de mezcla y los componentes ya seleccionados, como veremos en la siguiente figura.

FIGURA N° 14
VENTANA DE MODELO DE MEZCLA



Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

Después de crear los componentes, agua, vegetación y suelo, de las imágenes, 2001, 2008 y 2016, ejecutamos y se tienen los 3 componentes en el modelo lineal de mezcla espectral. En el siguiente cuadro vemos los componentes puros suelo, vegetación y agua de los años con sus respectivas bandas.

**CUADRO N° 17. VALORES DE REFLECTANCIA SELECCIONADOS PARA
LOS COMPONENTES PUROS DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA
ESPECTRAL**

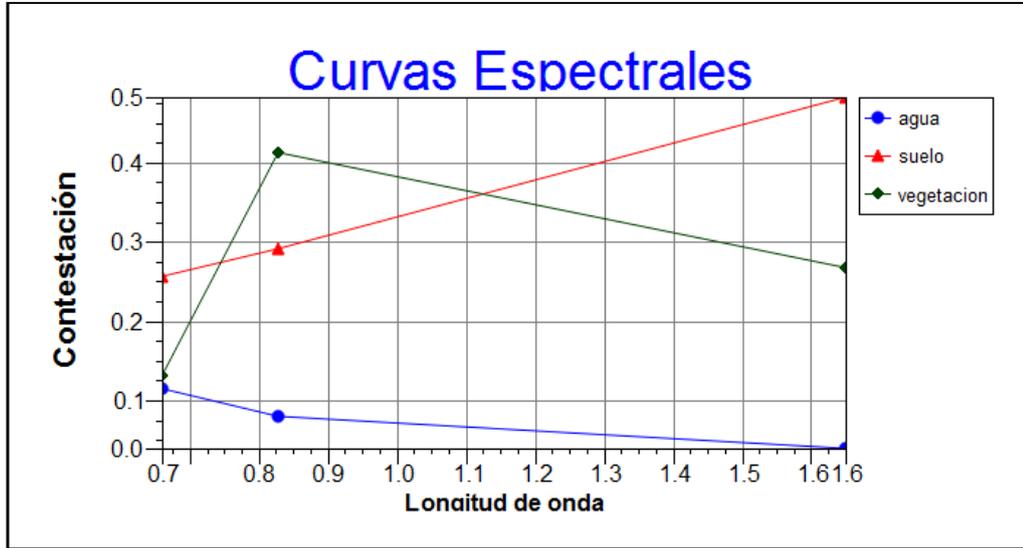
Componente Puros	Imágenes (año)	Banda 3	Banda 4	Banda 5
Suelo	2001	0,255	0,290	0,482
	2008	0,275	0,325	0,502
	2016	0,183	0,260	0,305
Vegetación	2001	0,129	0,412	0,267
	2008	0,114	0,400	0,239
	2016	0,116	0,383	0,180
Agua	2001	0,114	0,078	0,039
	2008	0,090	0,078	0,055
	2016	0,129	0,119	0,090

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

Realizado el procesamiento de las imágenes ópticas los temas resultantes de la clasificación fueron asociadas a las siguientes clases: Bosque seco denso, Bosque seco semidenso, Bosque seco ralo, Suelo/Chaparral (estas dos clases decidimos unir las para que el Software no presente dificultad en reconocer esta clase y no genere confusión), Deforestación, Regeneración, Antigua Deforestación, Hidrografía.

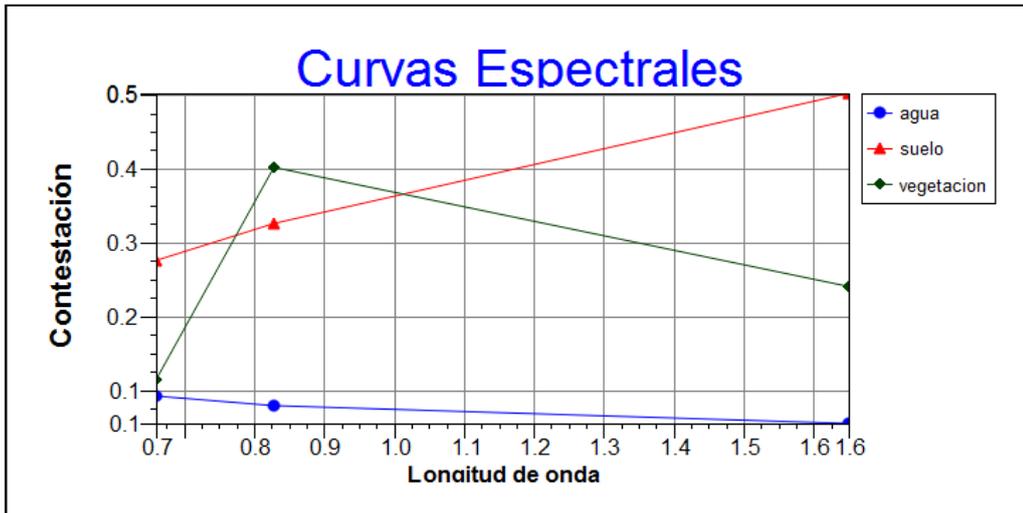
En la Figura N° 15, 16 y 17 se pueden apreciar el comportamiento espectral de los píxeles puros de los diferentes componentes (suelo, vegetación y agua o sombra), siendo importante resaltar que en la banda 3 de los 3 modelos predomina la reflectancia del agua, en la banda 4 la reflectancia de la vegetación y en la banda 5 predomina la reflectancia del suelo. Siendo que el agua o sombra siempre deberá tender a valores cada vez más cercanos al cero.

**FIGURA N° 15. COMPORTAMIENTO ESPECTRAL IMAGEN TM/LANDSAT
AÑO 2001**



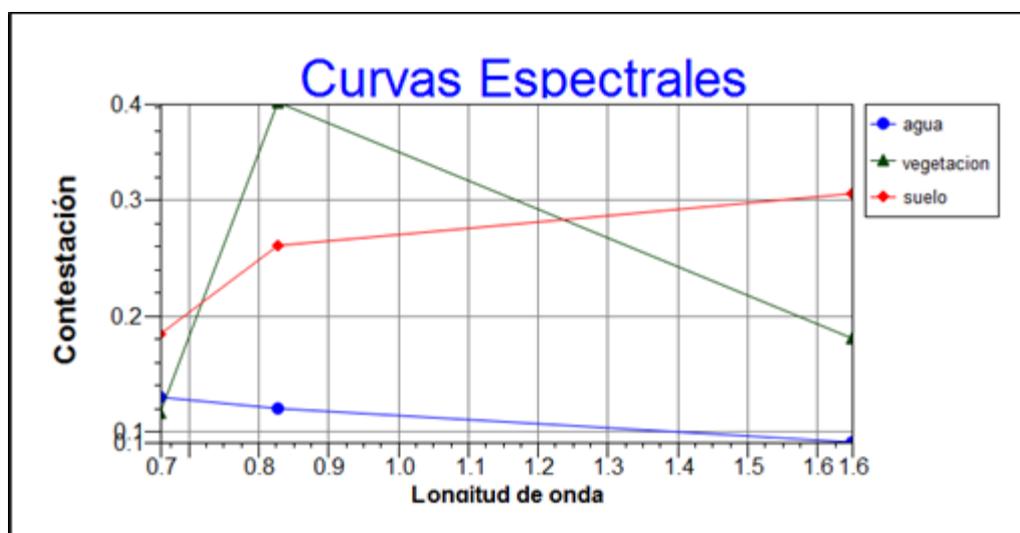
Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

**FIGURA N° 16. COMPORTAMIENTO ESPECTRAL IMAGEN TM/LANDSAT
AÑO 2008**



Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

**FIGURA N° 17. COMPORTAMIENTO ESPECTRAL IMAGEN TM/LANDSAT
AÑO 2016**



Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

Luego, de evaluar el modelo lineal de mezcla espectral en las imágenes del satélite Landsat de los años 2001, 2008 y 2016, se prosiguió a la realización de las imágenes fracción suelo, vegetación y agua.

Que se realizó de la siguiente manera:

- En el modelo de mezcla, se dio click en la opción plano de interés.
- Se seleccionaron las tres bandas del de la imagen Landsat, en la parte inferior las fracciones creadas, para la cual seleccionamos una de ellas y automáticamente, aparece el nombre, se digita ejecutar, aparece una advertencia y se acepta, y se guardan automáticamente las imágenes fracción. Teniendo las siguientes imágenes en nuestro plano disponible. (Figura N° 18, Figura N° 19 y Figura N° 20)

Mix-MLME_SHBP.mix-AGUA

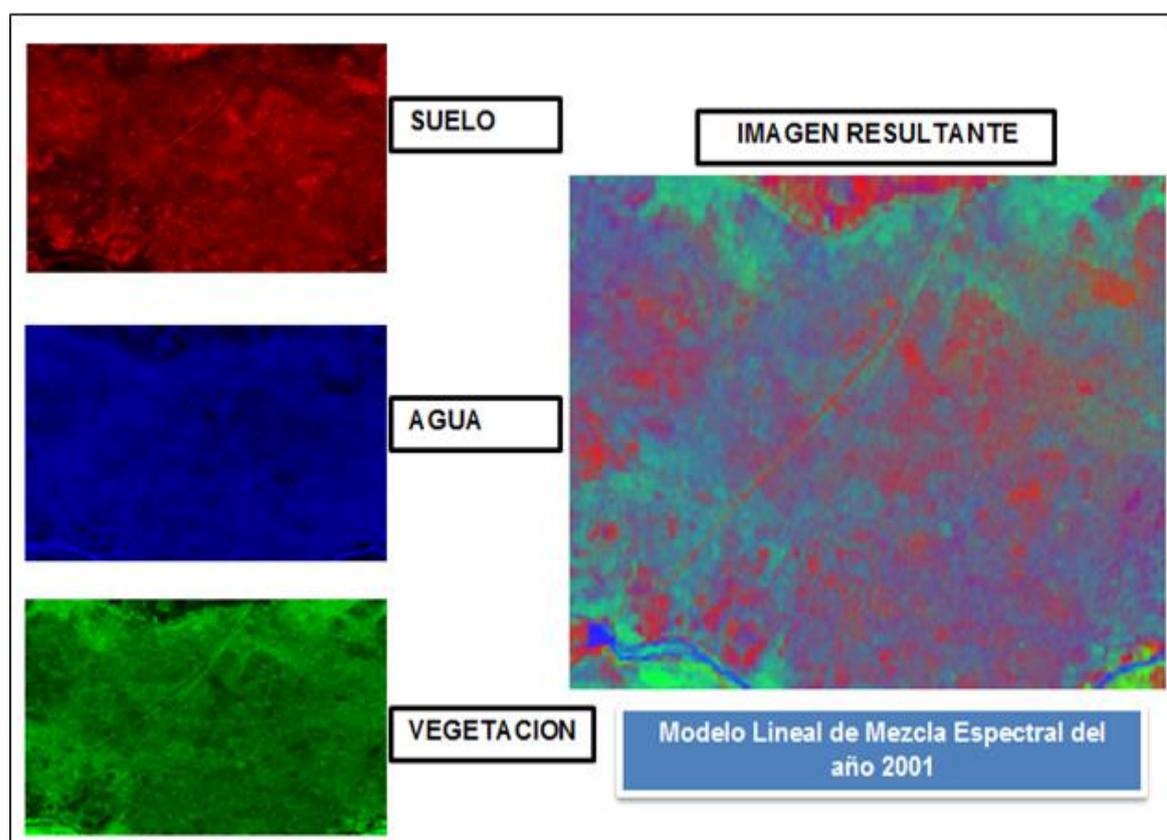
Mix-MLME_SHBP.mix-VEGETACIÓN

Mix-MLME_SHBP.mix-SUELO.

En los tres años, las imágenes fracción suelo permitieron apreciar el suelo expuesto y las áreas deforestadas, las imágenes fracción vegetación permitieron diferenciar las áreas de regeneración, como las áreas de bosque, y en las imágenes fracción agua es posible apreciar la hidrografía.

La composición en color de las imágenes fracción (suelo, vegetación y agua) muestra las diferentes alteraciones en el bosque, en ese sentido, se diferencia mejor las clases determinadas respecto a las imágenes fracción de forma individual, como por ejemplo, se puede distinguir los diferentes estados de regeneración y bosque seco denso, bosque seco semidenso.

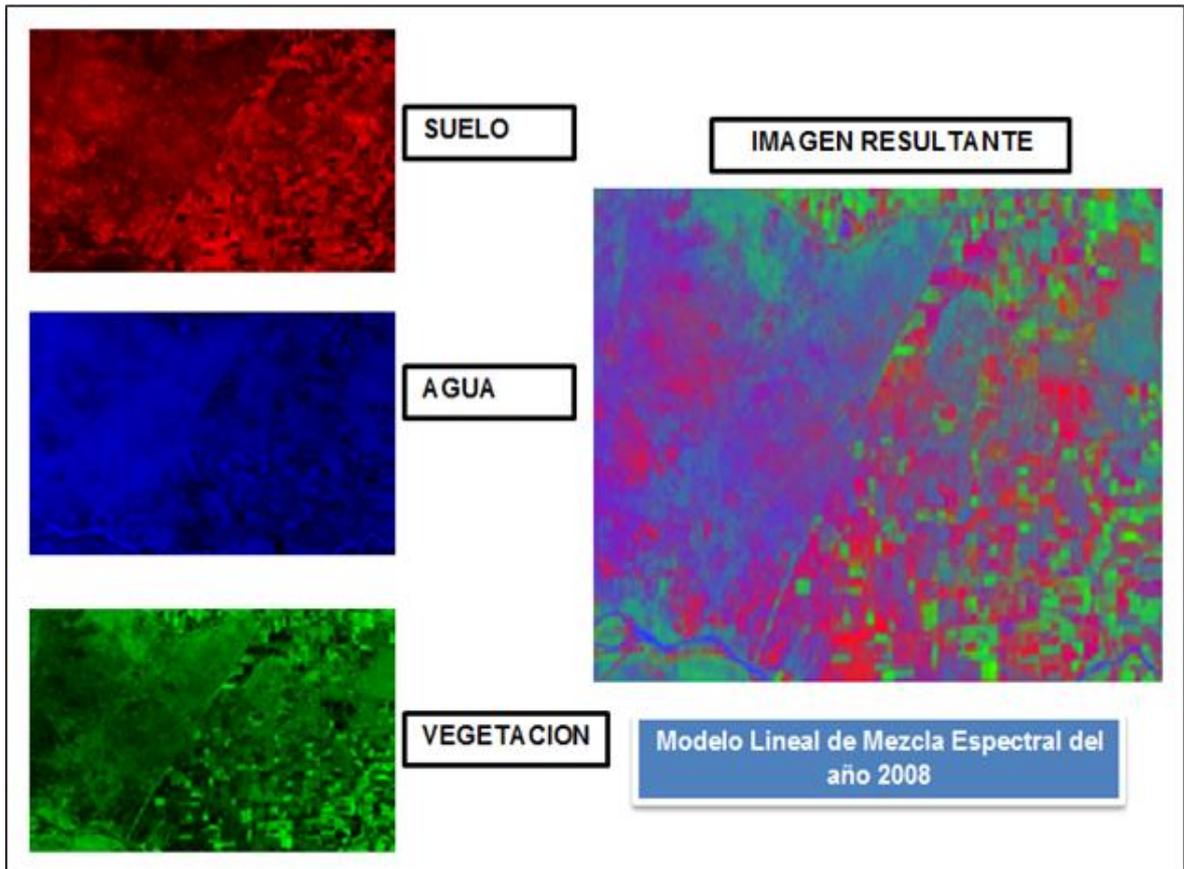
FIGURA N° 18. MUESTRA DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL OBTENIDO DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2001



Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

La Figura N° 18. Representa las imágenes fracción suelo, vegetación y agua de la imagen TM/Landsat, y la composición en color RGB de las imágenes fracción, antes mencionadas.

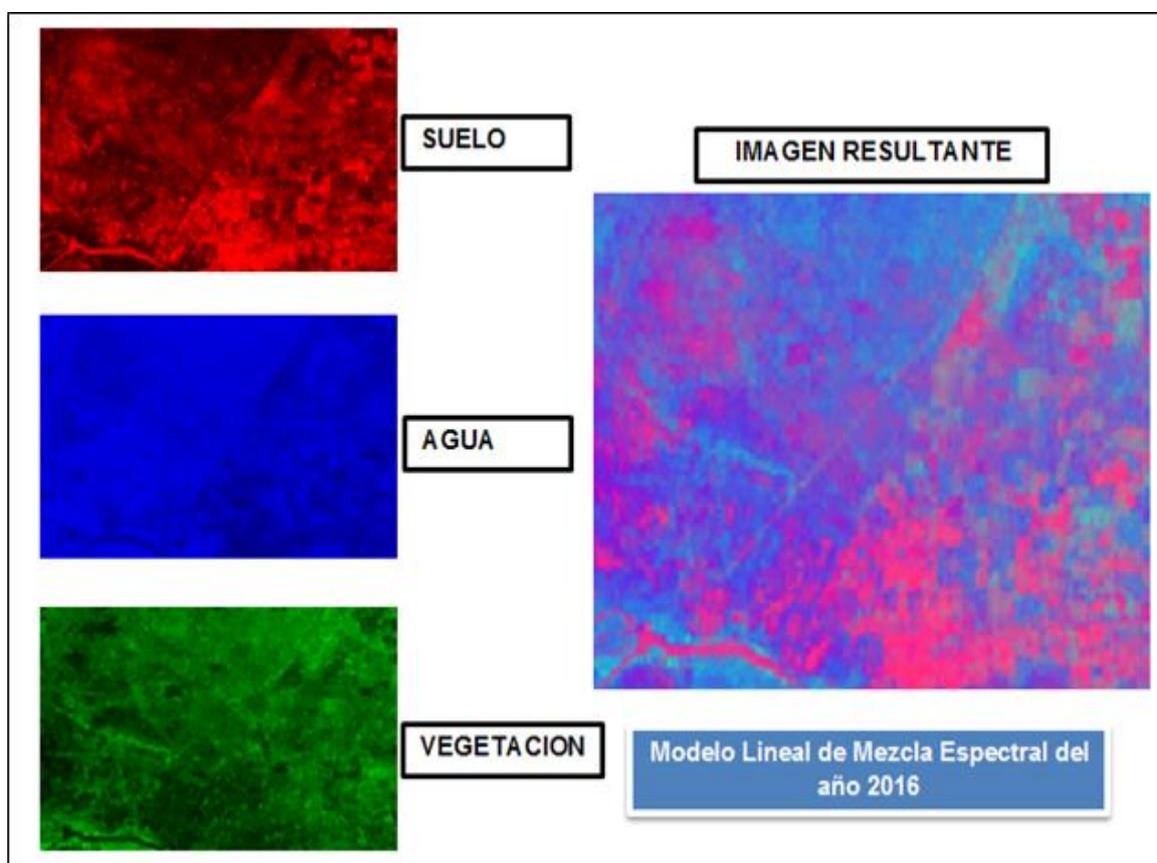
**FIGURA N° 19. MUESTRA DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL
OBTENIDO DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2008**



Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

La Figura N°19. Representa las imágenes fracción suelo, vegetación y agua de la imagen TM/Landsat, y la composición en color RGB de las imágenes fracción, antes mencionadas.

FIGURA N° 20. MUESTRA DEL MODELO LINEAL DE MEZCLA ESPECTRAL OBTENIDO DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2016



Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

La Figura 20 representa las imágenes fracción suelo, vegetación y sombra de la imagen TM/Landsat, y la composición en color RGB de las imágenes fracción, antes mencionadas.

Cabe resaltar que siendo las muestras de los píxeles puros diferentes y las imágenes tienen una diferencia de 7 años (2001 – 2008) y 8 años (2008 – 2016). La imagen resultante del modelo lineal de mezcla espectral obtenido de la imagen TM 2001 presenta al bosque con mayor sombra que la imagen resultante del modelo de mezcla obtenido de la imagen TM año 2008, lo que permitió en el caso del modelo de mezcla de la imagen del 2016 separar visualmente mejor las áreas de regeneración respecto al bosque. En el caso del modelo lineal de mezcla espectral de la imagen TM año 2008 se puede apreciar que separa mejor los caminos y la deforestación que hubo en ese período.

✚ Modelamiento para el año 2021

Para el Modelamiento, se empleó la teoría de la probabilidad, conocida como cadena de Márkov o modelo de Márkov a un tipo especial de proceso estocástico discreto en el que la probabilidad de que ocurra un evento depende solamente del evento inmediatamente anterior.

Para el Modelamiento para el año 2021, se utilizó los datos del año 2001-2008-2016, para realizar la cadena de markov y proyectar la determinación de la cantidad de áreas regeneradas al 2021, de manera que se utilizó la tabulación cruzada de los datos obtenidos de las imágenes satelitales, realizando lo siguiente:

Las siguientes figuras son los datos tabulados obtenidos del Software Spring de los años 2001 – 2008, en la Figura N° 21 y el Figura N° 22, de los años 2008 – 2016.

FIGURA N° 21

TABULACIÓN CRUZADA DEL AÑO 2001 – 2008

Plano-1: Mapa_final_2001								
# lineas	428							
# columnas	300							
# pixels	128400							
Resolución h	30.000000							
Resolución v	30.000000							
Plano-2: Mapa_2008_final								
# lineas	428							
# columnas	300							
# pixels	128400							
Resolución h	30.000000							
Resolución v	30.000000							
Tabla cruzada de áreas (en pixels):								
Plano-1 (en las lineas) : Mapa_final_2001								
Plano-2 (en las columnas): Mapa_2008_final								
	Bosque_denso	Bosque_semi_denso	Bosque_ralo	Suelo_Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua_deforestación
Hidrografía	0	0	0	0	0	0	679	0
Bosque_denso	5176	2410	17	0	1254	44	0	0
Bosque_semi_denso	1774	12384	141	5	15207	4744	0	0
Bosque_ralo	22	43	3363	112	2593	2754	0	0
Suelo	0	0	0	7980	210	10	0	0
Deforestación	0	0	0	0	0	848	0	3644
Tabla cruzada de áreas (en KmXKm):								
Plano-1 (en las lineas) : Mapa_final_2001								
Plano-2 (en las columnas): Mapa_2008_final								
	Bosque_denso	Bosque_semi_denso	Bosque_ralo	Suelo_Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua_deforestación
Hidrografía	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6111	0.0000
Bosque_denso	4.6584	2.1690	0.0153	0.0000	1.1286	0.0396	0.0000	0.0000
Bosque_semi_denso	1.5966	11.1456	0.1269	0.0045	13.6863	4.2696	0.0000	0.0000
Bosque_ralo	0.0198	0.0387	3.0267	0.1008	2.3337	2.4786	0.0000	0.0000
Suelo	0.0000	0.0000	0.0000	7.1820	0.1890	0.0090	0.0000	0.0000
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7632	0.0000	3.2796
Tabla cruzada de áreas (en hectáreas):								
Plano-1 (en las lineas) : Mapa_final_2001								
Plano-2 (en las columnas): Mapa_2008_final								
	Bosque_denso	Bosque_semi_denso	Bosque_ralo	Suelo_Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua_deforestación
Hidrografía	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	61.1100	0.0000
Bosque_denso	465.8400	216.9000	1.5300	0.0000	112.8600	3.9600	0.0000	0.0000
Bosque_semi_denso	159.6600	1114.5600	12.6900	0.4500	1368.6300	426.9600	0.0000	0.0000
Bosque_ralo	1.9800	3.8700	302.6700	10.0800	233.3700	247.8600	0.0000	0.0000
Suelo	0.0000	0.0000	0.0000	718.2000	18.9000	0.9000	0.0000	0.0000
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	76.3200	0.0000	327.9600

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

FIGURA N° 22

TABULACIÓN CRUZADA DEL AÑO 2008 – 2016

Plano-1: Mapa_2008_final						
# líneas	428					
# columnas	300					
# pixels	128400					
Resolución h	30.000000					
Resolución v	30.000000					
Plano-2: Mapa_2016_final						
# líneas	428					
# columnas	300					
# pixels	128400					
Resolución h	30.000000					
Resolución v	30.000000					
Tabla cruzada de áreas (en pixels):						
Plano-1 (en las líneas) : Mapa_2008_final						
Plano-2 (en las columnas): Mapa_2016_final						
	Bosque_denso	Bosque_semi_denso	Bosque_ralo	Regeneracion	Deforestacion	Suelo
Bosque_denso	5491	560	40	767	114	0
Bosque_semi_denso	9530	3499	344	1143	308	13
Bosque_ralo	41	814	1577	26	998	63
Suelo_Chaparral	8	84	192	2	572	7187
Deforestación	3685	6078	815	4426	4182	70
Regeneración	645	4049	1204	1137	1237	119
Hidrografía	209	91	89	108	180	0
Antigua_deforestación	664	639	177	1511	641	0
Tabla cruzada de áreas (en KmXkm):						
Plano-1 (en las líneas) : Mapa_2008_final						
Plano-2 (en las columnas): Mapa_2016_final						
	Bosque_denso	Bosque_semi_denso	Bosque_ralo	Regeneracion	Deforestacion	Suelo
Bosque_denso	4.9419	0.5040	0.0360	0.6903	0.1026	0.0000
Bosque_semi_denso	8.5770	3.1491	0.3096	1.0287	0.2772	0.0117
Bosque_ralo	0.0369	0.7326	1.4193	0.0234	0.8982	0.0567
Suelo_Chaparral	0.0072	0.0756	0.1728	0.0018	0.5148	6.4683
Deforestación	3.3165	5.4702	0.7335	3.9834	3.7638	0.0630
Regeneración	0.5805	3.6441	1.0836	1.0233	1.1133	0.1071
Hidrografía	0.1881	0.0819	0.0801	0.0972	0.1620	0.0000
Antigua_deforestación	0.5976	0.5751	0.1593	1.3599	0.5769	0.0000
Tabla cruzada de áreas (en hectáreas):						
Plano-1 (en las líneas) : Mapa_2008_final						
Plano-2 (en las columnas): Mapa_2016_final						
	Bosque_denso	Bosque_semi_denso	Bosque_ralo	Regeneracion	Deforestacion	Suelo
Bosque_denso	494.1900	50.4000	3.6000	69.0300	10.2600	0.0000
Bosque_semi_denso	857.7000	314.9100	30.9600	102.8700	27.7200	1.1700
Bosque_ralo	3.6900	73.2600	141.9300	2.3400	89.8200	5.6700
Suelo_Chaparral	0.7200	7.5600	17.2800	0.1800	51.4800	646.8300
Deforestación	331.6500	547.0200	73.3500	398.3400	376.3800	6.3000
Regeneración	58.0500	364.4100	108.3600	102.3300	111.3300	10.7100
Hidrografía	18.8100	8.1900	8.0100	9.7200	16.2000	0.0000
Antigua_deforestación	59.7600	57.5100	15.9300	135.9900	57.6900	0.0000

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

CUADRO N° 18. CRUCES POR AÑOS

Cruce 2001 - 2008							
	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
BOSQUE SECO RALO	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	REGENERACIÓN	REGENERACIÓN	ANTIG. DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	ANTIG. DEFORESTACIÓN
HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA
SUELO / CHAPARRAL	SUELO / CHAPARRAL	SUELO / CHAPARRAL	SUELO / CHAPARRAL	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
Cruce 2008 - 2016							
	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
BOSQUE SECO RALO	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	REGENERACIÓN	REGENERACIÓN	ANTIG. DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	ANTIG. DEFORESTACIÓN
HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA	HIDROGRAFÍA
SUELO / CHAPARRAL	SUELO / CHAPARRAL	SUELO / CHAPARRAL	SUELO / CHAPARRAL	DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL
ANTI. DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	REGENERACIÓN	REGENERACIÓN	ANTI. DEFORESTACIÓN	REGENERACIÓN	HIDROGRAFÍA	ANTI. DEFORESTACIÓN
REGENERACIÓN	BOSQUE SECO DENSO	BOSQUE SECO SEMI DENSO	BOSQUE SECO RALO	DEFORESTACIÓN	BOSQUE SECO SEMI DENSO	HIDROGRAFÍA	SUELO / CHAPARRAL

Fuente: Elaboración propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

Para poder realizar la metodología de probabilidades de la cadena de Markov, primero se realizó la tabulación cruzada de clases por años, la tabulación cruzada dio como resultado la probabilidad de que una clase pudiera repetirse en otro año o no. Primero en pixeles, porcentaje, y después en probabilidades. En base a las probabilidades de Markov, se realizó las siguientes tabulaciones cruzadas de los años 2001-2008-2016; que se muestran en la siguiente página.

CUADRO N° 19. TABULACIONES CRUZADAS 2001 - 2008

Tabulación Cruzada (en pixeles)

	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/ Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	5176	2410	17	0	1254	44	0	0	8901
Bosque seco semidenso	1774	12384	141	5	15207	4744	0	0	34255
Bosque seco ralo	22	43	3363	112	2593	2754	0	0	8887
Suelo Chaparral	0	0	0	7980	210	10	0	0	8200
Deforestación	0	0	0	0	0	848	0	3644	4492
Hidrografía	0	0	0	0	0	0	679	0	679
Total	6972	14837	3521	8097	19264	8400	679	3644	65414

Tabulación Cruzada (en porcentaje)

	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/ Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	0.0791	0.0368	0.0003	0.0000	0.0192	0.0007	0.0000	0.0000	0.1361
Bosque seco semidenso	0.0271	0.1893	0.0022	0.0001	0.2325	0.0725	0.0000	0.0000	0.5237
Bosque seco ralo	0.0003	0.0007	0.0514	0.0017	0.0396	0.0421	0.0000	0.0000	0.1359
Suelo/ Chaparral	0.0000	0.0000	0.0000	0.1220	0.0032	0.0002	0.0000	0.0000	0.1254
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0130	0.0000	0.0557	0.0687
Hidrografía	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0000	0.0104
Total	0.1066	0.2268	0.0538	0.1238	0.2945	0.1284	0.0104	0.0557	1.0000

Tabulación Cruzada (en porcentaje)

	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/ Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	7.91	3.68	0.03	0.00	1.92	0.07	0.00	0.00	13.61
Bosque seco semidenso	2.71	18.93	0.22	0.01	23.25	7.25	0.00	0.00	52.37
Bosque seco ralo	0.03	0.07	5.14	0.17	3.96	4.21	0.00	0.00	13.59
Suelo/ Chaparral	0.00	0.00	0.00	12.20	0.32	0.02	0.00	0.00	12.54
Deforestación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	5.57	6.87
Hidrografía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	1.04
Total	10.66	22.68	5.38	12.38	29.45	12.84	1.04	5.57	100.00

Matriz de Transición (probabilidades)									
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/ Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	0.5815	0.2708	0.0019	0.0000	0.1409	0.0049	0.000	0.0000	1.000
Bosque seco semidenso	0.0518	0.3615	0.0041	0.0001	0.4439	0.1385	0.000	0.0000	1.0000
Bosque seco ralo	0.0025	0.0048	0.3784	0.0126	0.2918	0.3099	0.000	0.0000	1.000
Suelo/ Chaparral	0.0000	0.0000	0.0000	0.9732	0.0256	0.0012	0.0000	0.0000	1.0000
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1888	0.000	0.8112	1.000
Hidrografía	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.000	0.0000	1.000
Total	0.6358	0.6371	0.3844	0.9859	0.9022	0.6433	1.000	0.8112	6.000

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 20. TABULACIÓN CRUZADA 2008 - 2016

Tabulación Cruzada 2008 - 2016 (en pixeles)

	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	5491	560	40	0	114	767	0	0	6972
Bosque seco semi denso	9530	3499	344	13	308	1143	0	0	14837
Bosque seco ralo	41	814	1577	63	998	26	0	0	3519
Suelo Chaparral	0	0	0	7471	572	2	0	0	8045
Deforestación	0	0	0	0	0	15004	0	4252	19256
Regeneración	645	5186	1204	119	1237	0	0	0	8391
Hidrografía	0	0	0	0	0	0	679	0	679
Antigua deforestación	0	0	0	0	0	2991	0	641	3632
Total	15707	10059	3165	7666	3229	19933	679	4893	65331

Tabulación Cruzada 2008 - 2016 (en porcentaje)

	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	0.0840	0.0086	0.0006	0.000	0.0017	0.0117	0.000	0.0000	0.1067
Bosque seco semi denso	0.1459	0.0536	0.0053	0.002	0.0047	0.0175	0.000	0.0000	0.2271
Bosque seco ralo	0.0006	0.0125	0.0241	0.010	0.0153	0.0004	0.000	0.0000	0.0539
Suelo Chaparral	0.0000	0.0000	0.0000	0.114	0.0088	0.0000	0.000	0.0000	0.1231
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.2297	0.000	0.0651	0.2947
Regeneración	0.0099	0.0794	0.0184	0.001	0.0189	0.0000	0.000	0.0000	0.1284
Hidrografía	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.010	0.0000	0.0104
Antigua deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0458	0.000	0.0098	0.0556
Total	0.2404	0.1540	0.0484	0.117	0.0494	0.3051	0.010	0.0749	1.0000

Tabulación Cruzada 2008 - 2016 (en porcentaje)									
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	8.40	0.86	0.06	0.00	0.17	1.17	0.00	0.00	10.67
Bosque seco semi denso	14.59	5.36	0.53	0.02	0.47	1.75	0.00	0.00	22.71
Bosque seco ralo	0.06	1.25	2.41	0.10	1.53	0.04	0.00	0.00	5.39
Suelo Chaparral	0.00	0.00	0.00	11.44	0.88	0.00	0.00	0.00	12.31
Deforestación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.97	0.00	6.51	29.47
Regeneración	0.99	7.94	1.84	0.18	1.89	0.00	0.00	0.00	12.84
Hidrografía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	1.04
Antigua deforestación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.58	0.00	0.98	5.56
Total	24.04	15.40	4.84	11.73	4.94	30.51	1.04	7.49	100.00
Matriz de consistencia (probabilidades) 2008 - 2016									
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	0.7876	0.0803	0.0057	0.0000	0.0164	0.1100	0.0000	0.0000	1.0000
Bosque seco semi denso	0.6423	0.2358	0.0232	0.0009	0.0208	0.0770	0.0000	0.0000	1.0000
Bosque seco ralo	0.0117	0.2313	0.4481	0.0179	0.2836	0.0074	0.0000	0.0000	1.0000
Suelo Chaparral	0.0000	0.0000	0.0000	0.9287	0.0711	0.0002	0.0000	0.0000	1.0000
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7792	0.0000	0.2208	1.0000
Regeneración	0.0769	0.6180	0.1435	0.0142	0.1474	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
Hidrografía	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
Antigua deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8235	0.0000	0.1765	1.0000
Total	1.5184	1.1655	0.6205	0.9616	0.5392	1.7974	1.0000	0.3973	8.0000

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 21. MATRIZ DE LOS AÑOS 2001 – 2008

Manejo de probabilidades (hectáreas)									
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/ Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	465.84	216.900	1.530	0.0000	112.860	3.9600	0.000	0.0000	801.0900
Bosque seco semidenso	159.66	1114.56	12.690	0.4500	1368.63	426.960	0.000	0.0000	3082.9500
Bosque seco ralo	1.9800	3.870	302.670	10.080	233.370	247.860	0.000	0.0000	799.8300
Suelo/ Chaparral	0.000	0.000	0.000	719.25	18.9277	0.9013	0.000	0.0000	739.0800
Deforestación	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	76.320	0.000	327.960	404.2800
Hidrografía	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	61.110	0.0000	61.1100
Total	627.48	1335.33	316.890	729.78	1733.78	756.001	61.110	327.960	5888.3400

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 22. MATRIZ DE LOS AÑOS 2008 – 2016

Matriz 2008 - 2016 (hectáreas)									
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/ Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	494.19	50.400	3.6000	0.0000	10.2600	69.030	0.000	0.000	627.480
Bosque seco semidenso	857.70	314.91	30.9600	1.1700	27.7200	102.870	0.000	0.000	1335.330
Bosque seco ralo	3.6921	73.3016	142.010	5.6732	89.8710	2.3413	0.0000	0.000	316.890
Suelo/ Chaparral	0.000	0.0000	0.000	677.71	51.8875	0.1814	0.000	0.000	729.781
Deforestación	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	1350.94	0.000	382.845	1733.7877
Regeneración	58.112	467.241	108.476	10.721	111.449	0.0000	0.000	0.0000	756.013
Hidrografía	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	61.110	0.0000	61.110
Antigua deforestación	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	270.079	0.0000	57.8806	327.960
Total	1413.6	905.853	285.047	695.27	291.188	1795.44	61.110	440.725	5888.340

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 23. MATRIZ DE LOS AÑOS 2016 – 2021

Matriz 2016 - 2021 (hectáreas)									
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Suelo/Chaparral	Deforestación	Regeneración	Hidrografía	Antigua deforestación	Total
Bosque seco denso	1113.3	113.549	8.1107	0.000	23.1155	155.522	0.0000	0.0000	1413.6
Bosque seco semi denso	581.84	213.626	21.0025	0.7937	18.8045	69.7843	0.0000	0.0000	905.85
Bosque seco ralo	3.3211	65.9359	127.740	5.1031	80.8403	2.1061	0.0000	0.0000	285.05
Suelo/Chaparral	0.000	0.0000	0.0000	645.66	49.4342	0.1728	0.0000	0.0000	695.28
Deforestación	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	226.889	0.0000	64.2985	291.19
Regeneración	138.01	1109.66	257.623	25.462	264.684	0.0000	0.0000	0.0000	1795.4
Hidrografía	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	61.110	0.0000	61.11
Antigua deforestación	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	362.943	0.0000	77.7823	440.73
Total	1836.5	1502.77	414.476	677.02	436.878	817.418	61.110	142.080	5888.3

Fuente: Elaboración propia.

La tabulación, cruzada, de los datos en pixeles, nos permitió, convertirlos a porcentajes, luego en hectáreas, en base a estos datos, se utilizó la tabla de probabilidades, se sacó una media teniendo como resultado, datos reales, en los años 2001 – 2016 y luego un modelamiento para el año 2021, teniendo como base los datos reales del 2001.

Luego, en base estos datos reales, del año 2001 y comparando los siguientes datos de los años 2008 y 2016, se verifico que el margen de error era ínfimo, siendo menor de 1, de manera que se modelo al año 2021.

4.1.2 Resultados generales

4.1.2.1 Determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001-2008-2016 en el Santuario Histórico Bosque de Pómac.

AÑO 2001

De la clasificación de la imagen Landsat, se pudo determinar las áreas de las diferentes coberturas de acuerdo al uso que se le da, generándose el Cuadro N° 24, se aprecia que la clase bosque denso en el año 2001 ocupaba un área de 801.090 ha, lo que representa un 13,60% del área de estudio. Asimismo, para realizar la comprobación de la exactitud de la clasificación, se ejecutó una Matriz de Confusión que tuvo como resultado un desempeño general de 94.86% y se determinó que el índice KHAT presentaba una exactitud de 93.87%, lo que representa un grado de exactitud excelente en la clasificación realizada (Cuadro N° 25).

CUADRO N° 24. MEDIDA DE CLASES DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES DEL AÑO 2001

ÁREAS DE MEDIDAS DE CLASES		
Plano de Información de Mapa del año 2001		
Medidas de Clases (Imagen Temática)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Hidrografía	61.1100	1.04%
Regeneración	0.00	0.00%
Bosque seco denso	801.0900	13.60%
Bosque seco semidenso	3082.9500	52.36%
Bosque Ralo	799.8300	13.58%
Suelo/ Chaparral	739.0800	12.55%
Deforestación	404.2800	6.87%
Área Total de las Clases	5888.3400	100.00%

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

CUADRO N° 25. MATRIZ DE CONFUSIÓN Y EXACTITUD DE LA CLASIFICACIÓN DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2001

MATRIZ DE CONFUSIÓN DE CLASIFICACION AÑO 2001 DATOS DE REFERENCIA								
	Bosque seco denso	Deforestación	Suelo/ Chaparral	Bosque seco Semidenso	Bosque Seco Ralo	Agua	Abstención	TOTAL
Bosque seco denso	479	0	0	0	0	0	96	575
	17.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.52%	
Deforestación	0	324	0	0	44	0	0	368
	0.00%	11.89%	0.00%	0.00%	1.61%	0.00%	0.00%	
Suelo/Chaparral	0	0	330	0	0	0	0	330
	0.00%	0.00%	12.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco semidenso	0	0	0	511	0	0	0	511
	0.00%	0.00%	0.00%	18.75%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco ralo	0	0	0	0	572	0	0	572
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.98%	0.00%	0.00%	
Agua	0	0	0	0	0	370	0	370
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.57%	0.00%	
Suma Total	479	324	330	511	616	370	96	2726

	Producto de exactitud por Software	Producto de exactitud por el Usuario
Bosque seco denso	100.00%	100.00%
Deforestación	100.00%	88.04%
Suelo/Chaparral	100.00%	100.00%
Bosque seco semi denso	100.00%	100.00%
Bosque seco ralo	92.86%	100.00%
Agua	100.00%	100.00%

Desempeño General :	94.86%
Confusión Media :	1.61%
Abstención Media :	3.52%
Índice KHAT :	93.87%
Variancia KHAT :	2.48E-05
Estadística TAU :	93.84%

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

AÑO 2008

De la clasificación de la imagen Landsat, se pudo determinar las áreas de las diferentes coberturas de acuerdo al uso que se le da, generándose el Cuadro N° 26, se aprecia que la clase bosque denso en el año 2008 ocupaba un área de 627.480 ha lo que representa un 10,66% del área de estudio. Asimismo, para realizar la comprobación de la exactitud de la clasificación, se ejecutó una Matriz de Confusión que tuvo como resultado un desempeño general de 94.86% y se determinó que el índice KHAT presentaba una exactitud de 86.00%, lo que representa un grado de exactitud excelente en la clasificación realizada (Cuadro N° 27).

CUADRO N° 26. MEDIDA DE CLASES DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES DEL AÑO 2008

ÁREAS DE MEDIDAS DE CLASES		
Plano de Información de Mapa del año 2008		
Medidas de Clases (Imagen Temática)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque seco denso	627.4800	10.66%
Bosque seco semidenso	1335.3300	22.68%
Bosque seco ralo	316.8900	5.38%
Suelo/ Chaparral	728.7300	12.38%
Deforestación	1733.7600	29.45%
Regeneración	756.0000	12.84%
Hidrografía	61.1100	1.04%
Antigua deforestación	327.9600	5.57%
Área Total de las clases	5887.2600	100.00%

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

CUADRO N° 27. MATRIZ DE CONFUSIÓN Y EXACTITUD DE LA CLASIFICACIÓN DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2008

MATRIZ DE CONFUSION DE CLASIFICACION AÑO 2008									
DATOS DE REFERENCIA									
DATOS DE REFERENCIA	Bosque seco denso	Bosque seco Semi Denso	Bosque seco ralo	Deforestación		Suelo/ Chaparral	Regeneración	Abstención	TOTAL
Bosque seco denso	247	0	0	0	0	0	0	0	247
	9.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco semi denso	0	189	0	0	49	0	0	0	238
	0.00%	7.37%	0.00%	0.00%	1.91%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco ralo	0	0	622	0	0	0	171	0	793
	0.00%	0.00%	24.27%	0.00%	0.00%	0.00%	6.67%	0.00%	
Deforestación	0	0	0	179	63	0	0	0	242
	0.00%	0.00%	0.00%	6.98%	2.46%	0.00%	0.00%	0.00%	
	0	0	0	0	188	0	0	0	188
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.34%	0.00%	0.00%	0.00%	
Suelo/ Chaparral	0	0	0	0	0	652	0	0	652
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	25.44%	0.00%	0.00%	
Regeneración	0	0	0	0	0	0	203	0	203
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.92%	0.00%	
Suma Total	247	189	622	179	300	652	374	0	2563

	Producto de exactitud por Software	Producto de exactitud por el Usuario
Bosque seco denso	100.00%	100.00%
Bosque seco semi denso	100.00%	79.41%
Bosque seco Ralo	100.00%	78.44%
Deforestación	100.00%	73.97%
	62.67%	100.00%
Suelo	100.00%	100.00%
Regeneración	54.28%	100.00%

Desempeño General :	94.86%
Confusión Media :	11.04%
Abstención Media :	0.00%
Índice KHAT :	86%
Variación KHAT :	5.57E-05
Estadística TAU :	87.12%

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

AÑO 2016

De la clasificación de la imagen Landsat, se pudo determinar las áreas de las diferentes coberturas de acuerdo al uso que se le da, generándose el Cuadro N° 28, se aprecia que la clase Bosque denso en el año 2016 ocupaba un área de 1413.63 ha lo que representa un 24,04% del área de estudio. Asimismo, para realizar la comprobación de la exactitud de la clasificación, se ejecutó una Matriz de Confusión que tuvo como resultado un desempeño general de 9.83% y se determinó que el índice KHAT presentaba una exactitud de 89.00%, lo que representa un grado de exactitud excelente en la clasificación realizada (Cuadro N° 29).

CUADRO N° 28. MEDIDA DE CLASES DE LAS CLASIFICACIONES DE LAS IMÁGENES DEL AÑO 2016

ÁREAS DE MEDIDAS DE CLASES		
Plano de Información de Mapa del año 2016		
Medidas de Clases (Imagen Temática)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Bosque seco denso	1413.6300	24.04%
Bosque seco semidenso	905.3100	15.40%
Bosques seco ralo	284.8500	4.84%
Suelo/Chaparral	689.9400	11.73%
Deforestación	290.6100	4.94%
Regeneración	1793.9700	30.51%
Hidrografía	61.1100	1.04%
Antigua deforestación	440.3700	7.49%
Área Total de las Clases	5879.7900	100.00%

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

CUADRO N° 29. MATRIZ DE CONFUSIÓN Y EXACTITUD DE LA CLASIFICACIÓN DE LA IMAGEN TM/LANDSAT DEL AÑO 2016

MATRIZ DE CONFUSION DE CLASIFICACION AÑO 2016								
	Bosque seco denso	Bosque seco semi denso	Bosque seco ralo	Deforestación	Regeneración	Suelo/ Chaparral	Abstención	TOTAL
Bosque seco denso	786	0	0	0	0	0	0	786
	27.93%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco semi denso	118	340	37	0	0	0	0	495
	4.19%	12.08%	1.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Bosque seco ralo	0	103	215	0	0	0	0	318
	0.00%	3.66%	7.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Deforestación	0	0	0	419	0	0	0	419
	0.00%	0.00%	0.00%	14.89%	0.00%	0.00%	0.00%	
Regeneración	0	0	0	0	458	0	0	458
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.28%	0.00%	0.00%	
Suelo	0	0	0	0	0	338	0	338
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.01%	0.00%	
Suma Total	904	443	252	419	458	338	0	2814

	Producto de exactitud por Software	Producto de exactitud por el Usuario		
Bosque seco denso	86.95%	100.00%	Desempeño General :	90.83%
Bosque seco semi denso	76.75%	68.69%	Confusión Media :	9.17%
Bosque seco ralo	85.32%	67.61%	Abstención Media :	0.00%
Deforestación	100.00%	73.97%	Índice KHAT :	89%
	62.67%	100.00%	Variación KHAT :	4.49E-05
Suelo	100.00%	100.00%	Estadística TAU :	89.00%
Regeneración	54.28%	100.00%		

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

CUANTIFICACIÓN DE LOS AÑOS 2001, 2008 Y 2016
CUADRO N° 30. MEDIDA DE CLASES DE LA CUANTIFICACIÓN DE LOS
AÑOS 2001, 2008 Y 2016

Medida de clases de la Cuantificación (ha)						
	AÑO	Porcentaje	AÑO	Porcentaje	AÑO	Porcentaje
	2001	(%)	2008	(%)	2016	(%)
Bosque seco denso	801.09	13.60%	627.48	10.66%	1413.63	24.04%
Bosque seco semi denso	3082.95	52.36%	1335.33	22.68%	905.31	15.40%
Bosque seco ralo	799.83	13.58%	316.89	5.38%	284.85	4.84%
Suelo/ Chaparral	739.08	12.55%	728.73	12.38%	689.94	11.73%
Deforestación	404.28	6.87%	1733.76	29.45%	290.61	4.94%
Regeneración	0	0.00%	756	12.84%	1793.97	30.51%
Hidrografía	61.11	1.04%	61.11	1.04%	61.11	1.04%
Antigua deforestación	0	0.00%	327.96	5.57%	440.37	7.49%
Total	5888.34	100.00%	5887.26	100.00%	5879.79	100.00%

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

La anterior tabla nos muestra las medidas de las clases definidas de la cuantificación realizada del análisis multitemporal que se realizó luego de hacer el procesamiento de las imágenes Landsat, en el cuadro tenemos en hectáreas y los porcentajes que representan en el área de estudio.

En el análisis multitemporal tuvo respuestas como:

Una de las clases es la deforestación ocurrida en el área tomamos como base el resultado del año 2008 es de 1733, 76 (ha) lo que representa 29.45%, pero también tenemos una clase llamada Antigua deforestación del año 2008 es de 327.96 (ha) lo que representa 5.57%.

Las áreas de Regeneración del año 2016 es 1,793.97 (ha) representando el 30.51%. Esto significa que la deforestación actualmente se viene regenerando por las buenas prácticas que se han realizado desde el año 2001 que El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas se creó con los objetivos de proteger y recuperar estas áreas afectadas por las invasiones.

4.1.2.2 Modelamiento para el año 2021

Los resultados del Modelamiento en base al modelo de Markov, se obtuvo lo siguiente:

CUADRO N° 31. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO

REAL				PROBABILIDADES				
Medida de clases de Mapas (ha)				Medida de clases probabilidades (ha)				
	2001	2008	2016		2001	2008	2016	2021
Bosque seco denso	801.09	627.48	1413.63	Bosque seco denso	801.09	627.48	1413.69	1836.57
Bosque seco semidenso	3082.95	1335.33	905.31	Bosque seco semidenso	3082.95	1335.33	905.85	1502.77
Bosque seco ralo	799.83	316.89	284.85	Bosque seco ralo	799.83	316.89	285.05	414.48
Suelo/Chaparral	739.08	728.73	689.94	Suelo/Chaparral	739.08	729.78	695.28	677.03
Deforestación	404.28	1733.76	290.61	Deforestación	404.28	1733.79	291.19	436.88
Regeneración	0	756	1793.97	Regeneración	0	756.00	1795.44	817.42
Hidrografía	61.11	61.11	61.11	Hidrografía	61.11	61.11	61.11	61.11
Antigua deforestación	0	327.96	440.37	Antigua deforestación	0	327.96	440.73	142.08
Total	5888.34	5887.26	5879.79	Total	5888.34	5888.34	5888.34	5888.34

Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

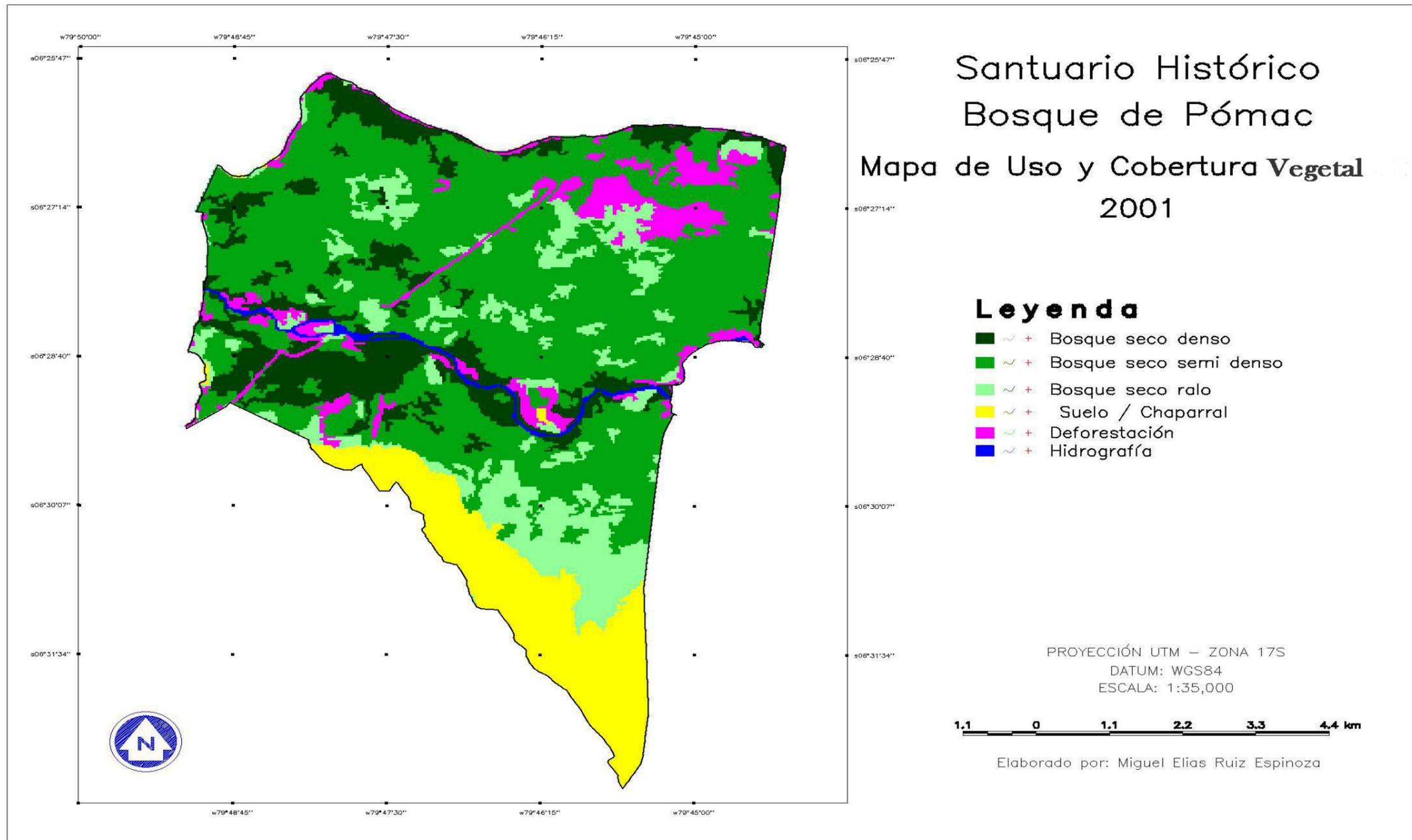
En el Cuadro N° 31 tenemos los resultados del Modelamiento, analizando los datos reales, con las probabilidades, se verifico que el margen de error era ínfimo, siendo menor de 1, de manera que se modelo al año 2021, representado en posibilidades de comportamiento.

Tengo que mencionar que el modelo al año 2021 son datos obtenidos a través de la cadena de Markov, señalando que estos datos pueden ser alterados en el transcurso del tiempo por factores externos que se den, y que dichos factores externos tales como meteorológicos, y actividades antrópica están fuera de la metodología de la cadena de Markov.

4.1.2.3 Elaboración de mapas

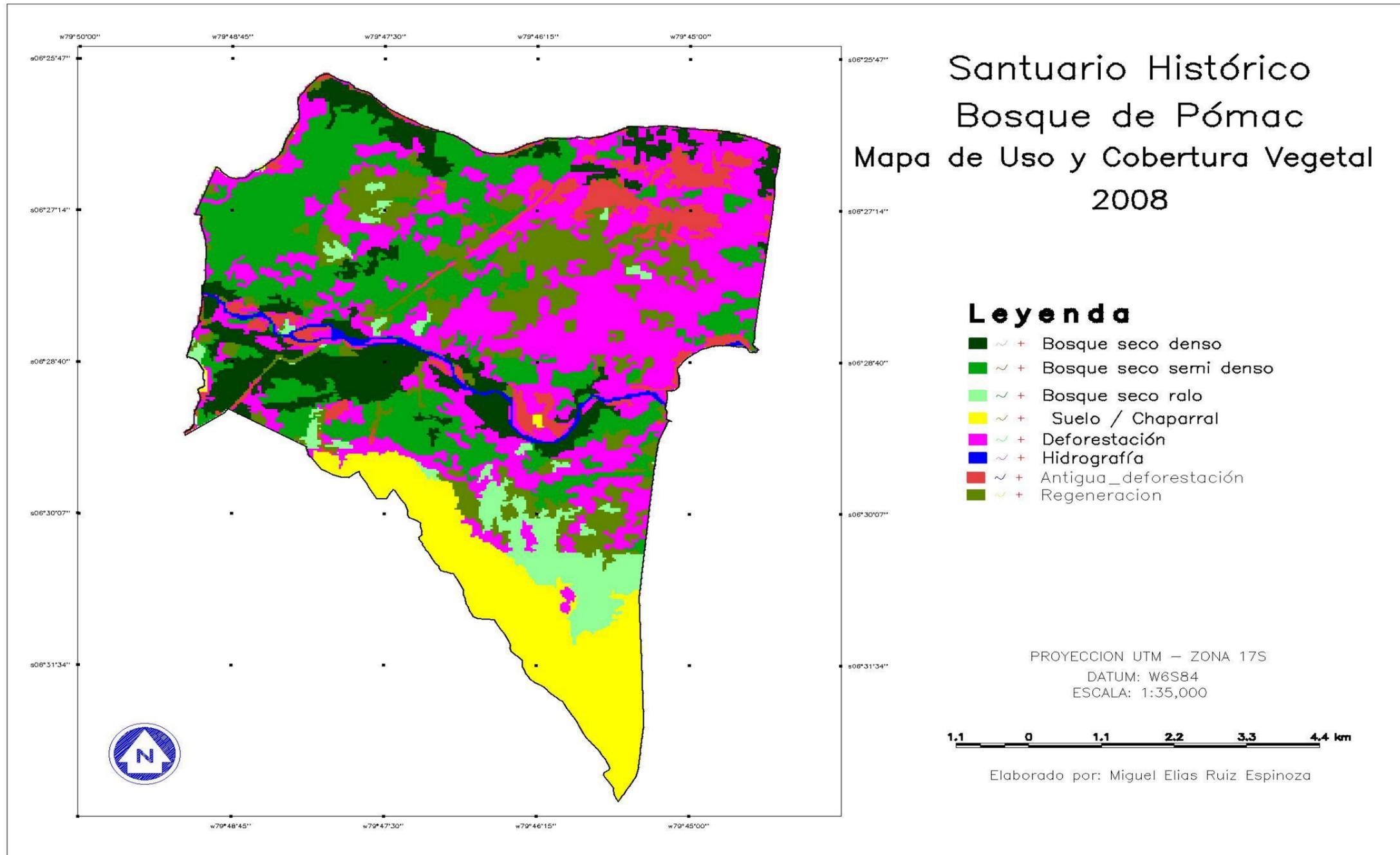
Para el cumplimiento de este objetivo se elaboró diferentes mapas tales, como el Mapa de Uso y Cobertura Vegetal 2001 (Figura N° 23), el Mapa de Uso y Cobertura Vegetal 2008 (Figura N° 24), el Mapa de Uso y Cobertura Vegetal 2016 (Figura N° 25).

FIGURA N° 23. MAPA DE USO Y COBERTURA VEGETAL 2001



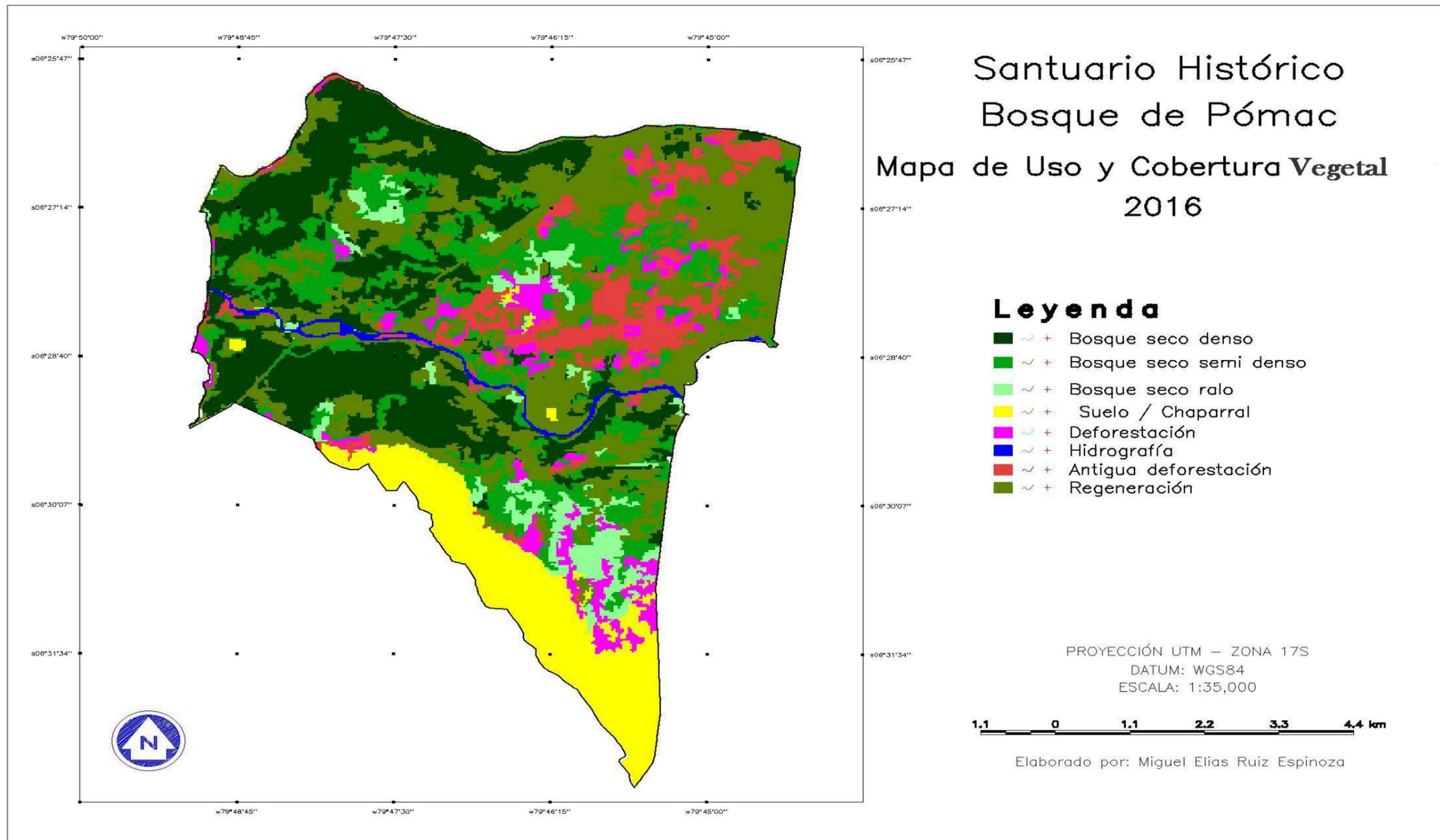
Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

FIGURA N° 24. MAPA DE USO Y COBERTURA VEGETAL 2008



Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

FIGURA N° 25. MAPA DE USO Y COBERTURA VEGETAL 2016



Fuente: Elaboración Propia. Ejecutado por Software Spring 5.2.7.

4.2 Contrastación de hipótesis

- Hipótesis General: Existe una regeneración mayor 30 % de áreas en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque.

Considerando que entre el 2001 el 2008 la recuperación fue de 12%, se estimó en la hipótesis entre el 2008 y 2016 alcanzar una regeneración de 25%, de acuerdo a las estimaciones, se determinó un significativo 95%, además la regeneración para el año 2016 fue de 30%, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis general.

 Se valida la Hipótesis General.

- Hipótesis Específica N° 1: El Modelo Lineal de Mezcla Espectral determinará las áreas deforestadas, en El Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, utilizando Imágenes satelitales en los años 2001-2008-2016.

El Modelo Lineal de Mezcla Espectral, utilizado a través del software Spring, es uno de los modelos más utilizados en la determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal. En nuestro estudio se comprobó la información de campo y se buscó la coincidencia del modelo con la realidad; asimismo se comprobó estadísticamente por el mismo software que el error no fue significativo. Por lo que este modelo es el ideal para el análisis de la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001, 2008, 2016, concluimos entonces aceptando la Hipótesis específica 1.

 Se valida la Hipótesis específica N° 1.

- Hipótesis Específica N° 2: Con la realización de la cuantificación de las áreas, se encontrará la clase de regeneración que tiene mayor valor cuantificable.

En el análisis temporal de los años 2001, 2008, 2016, se determinó la cuantificación de las áreas y se determinó que la clase de regeneración ha ido en aumento, por lo tanto la cuantificación si ha permitido determinar la evolución de la regeneración como mayor valor cuantificable.



Se valida la Hipótesis específica N° 2.

- Hipótesis Específica N° 3: La dinámica del uso y cobertura vegetal de los años 2001-2008-2016, así como realizar el Modelamiento para el año 2021, permitirá tomar decisiones de recuperación de las áreas.

El procesamiento realizado en el Software Spring, nos devuelve como resultados mapas temáticos que ayudan a determinar en función al área la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001, 2008, 2016, así como el modelamiento para el año 2021, por lo tanto podemos decir que los mapas obtenidos han ayudado en la obtención de las áreas y su clasificación.



Se valida la Hipótesis Específica N° 3.

4.3 Discusión de resultados

4.3.1 Análisis de resultados de la evaluación del modelo lineal de mezcla espectral, de los años 2001, 2008 y 2016.

A continuación presentaremos el análisis de los resultados del modelo lineal de mezcla espectral del año 2001, según componente: El cuadro N° 17, muestra las respuestas de los píxeles puros, de la imagen, que mejor representa, los componentes agua, vegetación y suelo.

El análisis de los datos obtenidos de la imagen del 2001, representan lo siguiente:

➤ Agua:

Para el componente agua, que corresponde la banda 03, tenemos los datos de mejor comportamiento con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.114, el valor es mucho más alto que las demás bandas, que son 0.078 de la banda 4 y 0.039 de la banda 5.

➤ Vegetación:

Para el componente vegetación, que corresponde la banda 04, tenemos datos, que mejor se comporta con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.412, el valor es mucho más alto que las demás bandas, como es el caso de la banda 3, que tan solo es 0.129 y la banda 5, que tiene un valor de 0.267.

➤ Suelo:

Para el componente vegetación, que corresponde la banda 05, tenemos datos, que mejor se comporta con el resto de la imagen, teniendo como resultado 0.482, el valor es mucho más alto que al de las demás bandas, como es el caso de la banda 3, que tan solo es 0.255 y la banda 4, que tiene un valor de 0.290.

A continuación presentare el análisis de los resultados del modelo lineal de mezcla espectral del año 2008, según componente:

El cuadro N° 17, muestra las respuestas de los pixeles puros, de la imagen, que mejor representa, los componentes agua, vegetación y suelo:

El análisis de los datos obtenidos de la imagen del 2008, representan lo siguiente:

➤ Agua:

Para el componente agua, que corresponde la banda 03, tenemos datos, que mejor se comporta con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.090, el valor es mucho más alto que las demás bandas, que son 0.078 de la banda 4 y 0.055 de la banda 5.

➤ Vegetación:

Para el componente vegetación, que corresponde la banda 04, tenemos datos, que mejor se comporta con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.400, el valor es mucho más alto que las demás bandas, como es el caso de la banda 3, que tan solo es 0.114 y la banda 5, que tiene un valor de 0.239.

➤ Suelo:

Para el componente vegetación, que corresponde la banda 05, tenemos datos, que mejor se comporta con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.502, el valor es mucho más alto que las demás bandas, como es el caso de la banda 3, que tan solo es 0.275 y la banda 4, que tiene un valor de 0.325.

A continuación presentare el análisis de los resultados del modelo lineal de mezcla espectral del año 2016, según componente:

El cuadro N° 17, muestra las respuestas de los pixeles puros, de la imagen, que mejor representa, los componentes agua, vegetación suelo:

El análisis de los datos obtenidos de la imagen del 2016, representan lo siguiente:

➤ Agua:

Para el componente agua, que corresponde la banda 03, tenemos datos, que mejor se comporta con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.129, el valor es mucho más alto que al de las demás bandas, que son 0.119 de la banda 4 y 0.090, de la banda 5.

➤ Vegetación:

Para el componente vegetación, que corresponde la banda 04, los datos indican que tiene mejor comportamiento que con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.383, el valor es mucho más alto que el de las demás bandas, como es el caso de la banda 3, que tan solo es 0.116 y la banda 5, que tiene un valor de 0.180.

➤ Suelo:

Para el componente suelo, que corresponde la banda 05, los datos indican que tiene mejor comportamiento que con el resto de la imagen, teniendo como resultado, 0.305, siendo el valor mucho más alto que el de las demás bandas, como es el caso de la banda 3, que tan solo es 0.183 y la banda 4, que tiene un valor de 0.260.

4.3.2 Análisis de resultado de la cuantificación

La cuantificación de la zona de estudio tiene una área total de 5888.3400 hectáreas, de las cuales en la imagen del año 2008, 2006 y 2011 las representaciones del Bosque seco denso, Bosque seco semi denso, Bosque seco ralo, Suelo/Chaparral, Deforestación, Antigua Deforestación, Hidrografía y Regeneración, son las siguientes:

Año 2001

El año 2001, la deforestación por actividad antrópica fue de 404.2800 hectáreas, para Bosque seco denso, 801.0900 ha, para Bosque seco semi denso es 3082.9500 ha, para Bosque seco ralo es 799.8300 ha, para Suelo/Chaparral es 739.0800 ha, para Deforestación es 404.2800 ha, para Hidrografía es 61.1100 y para Regeneración es 0.00 ha, siendo el Área total del Plano de Información de: 5888.3400 ha.

Año 2008

Para el año 2008, la deforestación se incrementó en 1,329.48 ha, teniendo como el resultado de 1733.7600 ha, Bosque seco denso se disminuyó en 173.61 ha, teniendo como resultado 627.4800 ha, Bosque seco semi denso se disminuyó en 1,747.62 ha, teniendo como resultado 1335.3300 ha, Bosque seco ralo se disminuyó en 482.94 ha, teniendo como resultado 316.8900 ha, Suelo/Chaparral se disminuyó 10.35 ha, teniendo como resultado 728.7300 ha, para Regeneración es 756.0000 ha, para Hidrografía es 61.1100 Ha y Antigua Deforestación tenemos 327.9600 ha, siendo el Área total del Plano de Información de: 5887.2600 Ha.

Año 2016

Para el año 2016, se comparó teniendo como base el año 2001, la deforestación disminuyó en 113.6700 ha, teniendo como el resultado 290.6100 ha, esto es debido a la intervención del estado; el Bosque seco denso aumentó en 612.5400 ha, con resultado de 1413.63000 ha, el Bosque seco semi denso disminuyó en 2177.6400 ha, teniendo como resultado 1335.3300 ha; el Bosque seco ralo disminuyó en 514.9800 ha, y su resultado es de 284.8500 ha; Suelo/Chaparral perdió 49.1400 ha, y el resultado es de 689.9400 ha; en el caso de la Regeneración se tomó como base el año 2008 y se incrementó en 1037.9700 ha, siendo su resultado 1793.9700 ha; para Hidrografía arrojó 61.1100 ha; para la Antigua Deforestación tomamos como base el año 2008 y obtuvimos un aumento de 112.4100 ha, y el resultado es de 440.3700 ha, siendo el Área total del Plano de Información de: 58798.7900 ha.

4.3.3 Modelamiento al año 2021

El cuadro N° 24 muestra el Modelamiento para el año 2021, teniendo como resultado que la deforestación disminuye en 436.88 ha, esto gracias a la intervención del Estado. En cuanto al Bosque seco denso y el Bosque seco semi denso en una proyección cuantitativa tenemos que el Bosque seco denso es de 1836.57 ha, Bosque seco semi denso, 1502.77 ha.

En el caso de Regeneración, vamos a tener un incremento de 817.42, gracias a la intervención del Estado con el organismo del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONCLUSIONES

Luego de realizar el presente estudio de investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

- En el Santuario Histórico Bosque de Pómac se concluye, que si existen áreas regeneradas, por lo tanto se logró determinar que la clase regeneración tiene un 30% del área de estudio.
- El modelo lineal de mezcla espectral tuvo como respuesta imágenes fracción suelo, vegetación y agua que fueron aplicadas a las imágenes satelitales las cuales tuvieron una respuesta positiva y adecuada para la discriminación de las clases definidas para el presente estudio, siendo una transformación radiométrica muy adecuada para este estudio. Por lo tanto se pudo determinar satisfactoriamente las áreas deforestadas.

- La cuantificación realizada a las áreas, mediante el análisis multitemporal de los años 2001, 2008, 2016, tuvo una respuesta positiva al cuantificarlas, ya que la clase de regeneración ha ido aumentando, teniendo una respuesta en el año 2016 de 1793.9700 de hectáreas.

- De los mapas de la dinámica del uso y cobertura vegetal en los años 2001 – 2008 – 2016 se concluye que en el año 2001 el resultado es de 404.2800 hectáreas de deforestación; en el año 2008 se presenta mayor cantidad de deforestación teniendo 1733.7600 hectáreas, en el año 2016 se resalta la clase de regeneración que tiene un aumento significativo siendo de 1793.9700 hectáreas. Luego en el modelamiento para el año 2021 tenemos un cambio positivo en la clase de Bosque seco denso de 1836.57 hectáreas, siendo esta clase la más afectada en los años que se han trabajado en este estudio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudio forestal con tecnología sofisticada en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, a partir de los resultados obtenidos en esta investigación.
- Aplicar la metodología adoptada en el presente trabajo en otras áreas de la Costa peruana, lo que permitirá validar la metodología y comparar con otros resultados, siendo muy importante para esto aplicarla en bosques de relieve montañoso y en la Amazonía peruana.
- Se recomienda sensibilizar a la población asentada en el área de amortiguación, teniendo en cuenta la información obtenida de la cuantificación de cobertura vegetal encontrada en este estudio, para que analicen y comparen los inicios de la creación del Santuario Histórico Bosque de Pómac y la situación actual en la que se encuentra esta área.
- Se recomienda que los mapas del Uso y Cobertura Vegetal de los años 2001 – 2008 – 2016 del Santuario Histórico Bosque de Pómac en la provincia de Ferreñafe, departamento Lambayeque sean tomados como base para la utilización de posteriores estudios.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos, C. P., M. S. Muylaert and L. Pinguelli. 2004. Historical CO2 emission and concentrations due to land use change of croplands pastures by country. *Science of the Total Environment*.
- Chuvieco, E. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Rialp. 3Ed España. 1996. 568 p.
- Farfán, G. M. 2009. De la percepción remota a la social: Deforestación y conservación (1971-2000) en la reserva de la biósfera Sierra de Manantlán, Jalisco. Tesis de Maestría, Facultad de Filosofía, División de estudios de Posgrado, UNAM.
- FAO (2005); Informe de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005; términos y definiciones.
- FAO 2000. FRA 2000 TERMINOS Y DEFINICIONES. Departamento de Montes Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Forester, D. J. y G. E. Machilis. 1996. Modeling Human Factors That Affect the Loss of Biodiversity. *Conservation Biology*.

- Groombridge, B., Jenkins, M.D., 2000. Global Biodiversity. Earth's Living Resources in the 21st Century. IUCN, Gland, Switzerland.
- Kummer, D. M. & B. L. Turner II. 1994. The human causes of deforestation in Southeast Asia. Bioscience.
- Lambin, E. F. (1997). Modelling deforestation processes: a review tropical ecosystem environment observations by satellites, European Commission Joint Research Centre- Institute for Remote Sensing Applications- European Space Agency, Luxembourg, TREE SeriesB., Research Report No. 1.
- Lambin, E. F. 1997. Modelling and Monitoring Land-Cover Change Processes in Tropical Regions.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.L. Palacio-Prieto, G Bocco, A. Peralta, y J. Prado. 2002. Assesing forest resources in México. Photogrammetric Engineering y Remote Sensing.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcantara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez-Vega. 2004. Assesing land use/cover changes: A nationwide multidade spatial database for México. International Journal of Applied Earth Observation and Geoiformation.
- Medley, K., B. Okey, G. Barrett, M. Lucas y W. Renwick. 1995. Landscape change with agricultural intesification in a rural watershed, southwestern Ohio, USA. Landscape Ecology.
- Meyer, W. B. y B. L. Turner. 1994. Changes in Land Use and Land-Cover: A Global Perspective. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministerio del Ambiente (2011). El Perú de los Bosques. Lima: MINAM
- Ministerio del Ambiente (2011). Perú Forestal en Números. Lima: MINAM
- Ministerio del Ambiente (2013). Plan de Inversión Forestal Perú. Lima: MINAM
- Oficina Nacional de Recursos Naturales (1976). Mapa Ecológico del Perú. Lima : ONERN.
- Oficina Nacional de Recursos Naturales (1982), Clasificación de suelos. Lima: ONERN.

- Pan, D., G. Domon, S. De Bois y A. Bouchard. 1999. Temporal (1958-1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecology*.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2007, v 1, 127 p.
- Rosete, V. F. A. 2008. Modelos predictivos de cambio de uso del suelo en la península de Baja California, México. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Geografía. UNAM.
- Smith, Norval, Robertson, Ian E. & Williamson, Kay. 1987. The Ijo element in Berbice Dutch. *Language in Society* 16. 49-90.
- Skole, D. L., H. Chomentowski, W. A. Salas y A. D. Nobre. 1994. Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. *Bioscience*.
- Walhberg, N., Moilanen, A., Hanski, A., 1996. Predicting the occurrence of endangered species in fragmented landscapes. *Science* 273, 1536–1538.

TESIS

- MARÍA KELI SALDAÑA TORRES, DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN MUNICIPAL “BOSQUES DE HUAMANTANGA”, UTILIZANDO IMÁGENES DE SATÉLITE, Universidad Nacional de Cajamarca, diciembre 2010.

- EDGAR GREGORIO LEIJA LOREDO, CAMBIOS EN LA CUBIERTA VEGETAL/USO DEL SUELO Y ESCENARIOS FUTUROS EN TRES MUNICIPIOS DE LA REGIÓN COSTERA DEL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Maestría en Ciencias Ambientales, noviembre 2013.

- ABRIL VELASCO MURGUIA, ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LA COBERTURA ARBOLADA EN NUEVE COMUNIDADES DEL NORTE DEL ESTADO DE OAXACA Y SU RELACIÓN CON LA ACCIÓN COLECTIVA PARA LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE, EL MANEJO Y USO DEL SUELO. Instituto Policlínico Nacional de México, Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales Biodiversidad del Neotrópico, diciembre 2011.

PLANES, PROTOCOLO

- Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado (2011). Plan Maestro Santuario Histórico Bosque de Pómac 2011-2016.

- Protocolo, Análisis y Clasificación de Imágenes para el Monitoreo de Cobertura de Bosque, Deforestación y Degradación Forestal. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014.

ANEXOS

ANEXO N° 1

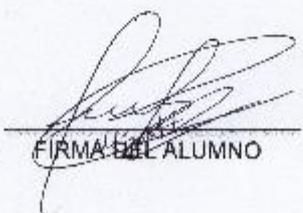
DECLARACIÓN JURADA DE VERACIDAD DE LA TESIS

DECLARACIÓN JURADA DE VERACIDAD DE PLAN DE TESIS

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS – FILIAL PIURA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Yo, **RUIZ ESPINOZA, MIGUEL ELIAS**, identificado (a) con DNI N° **75844682** y con domicilio en: Mz. "G" Lote 27, Urb. La Alborada – Piura – Piura, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, la veracidad de la información consignada en el plan de tesis denominado **"DETERMINACION DE LA DINAMICA DEL USO Y COBERTURA VEGETAL EN LOS AÑOS 2001 – 2008 – 2016 EN EL SANTUARIO HISTÓRICO BOSQUE DE PÓMAC, EN LA PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE"**, esta información es original, caso contrario estaré incurriendo en delito contra el código penal vigente.

Piura, 11 de Julio del 2017


FIRMA DEL ALUMNO

ANEXO N° 2

CONSTANCIA DE RECEPCION N° 004-2016-SERNANP-SHBP



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional
de Áreas Naturales
Protegidas por el Estado

Santuario Histórico
Bosque de Pómac

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

CONSTANCIA DE RECEPCION N° 004-2016-SERNANP-SHBP

Al Sr. **Miguel Elías Ruíz Espinoza**, identificado con DNI 75844682, con domicilio en Urbanización La Alborada, Mz. G, Lote 27, provincia de Piura, departamento de Piura; en calidad de bachiller de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas.

Quien ha ingresado el Expediente TUPA N° 004-2016-SERNANP-SHBP, con numero de registro 213-2016, solicitando la Aprobación Automática para realizar la investigación denominada "**Aplicación del Sistema de Información Geográfica para la determinación de la dinámica del uso y cobertura vegetal en el Santuario Histórico Bosque de Pómac, en la Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque**", por el periodo comprendido entre Octubre y Diciembre del 2016. Asimismo, forma parte del equipo de investigación:

Apellidos y Nombre	Documento de Identidad	Nacionalidad
Ruiz Merino, Miguel Froilán	43296405	Peruana
Díaz Salinas, Fernando Joel	43372467	Peruana
Rivera Rojas, Daniel Edwin	72761746	Peruana

Asimismo, la investigación se encuentra dentro de los supuestos contemplados en el numeral 15.2 del artículo 15 de la Resolución Presidencial N° 287-2015-SERNANP y la documentación presentada cumple con todos los requisitos previstos en los artículos 20 y 21 de la mencionada Resolución Presidencial y el Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM.

Se expide el presente documento, el cual constituye la autorización de investigación dentro del ANP Santuario Histórico Bosque de Pómac, la cual caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento de los compromisos adquiridos o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

Chiclayo, 11 de Octubre del 2016



Mg. Antonio Gamonal Medina
Jefe del Santuario Histórico Bosque de Pómac
SERNANP

Calle Los Laureles N° 330 - Chiclayo, Lambayeque.
Telf. (074) 206466

agamonal@sernanp.gob.pe
www.sernanp.gob.pe

ANEXO N° 3

PANEL FOTOGRAFICO

PUNTO DE CONTROL DE CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL SHBP



Fuente: Propia

PUNTO DE CONTROL DE CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL SHBP



Fuente: Propia

JUNTO CON EL GUARDABOSQUE CRISÓSTOMO CASTRO



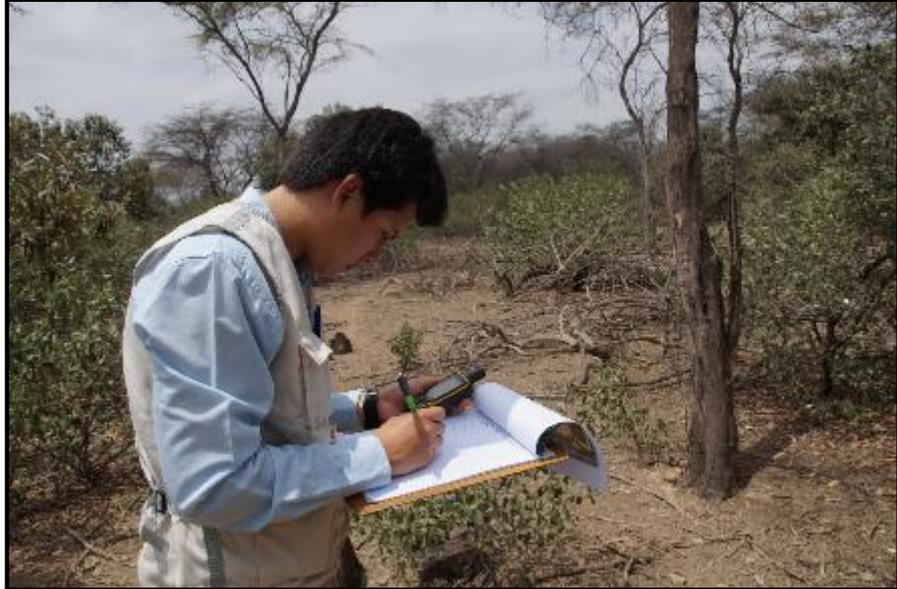
Fuente: Propia

JUNTO CON EL GUARDABOSQUE WILLIAM ZEÑA



Fuente: Propia

REALIZANDO GEORREFERENCIACIÓN



Fuente: Propia

REALIZANDO GEORREFERENCIACIÓN



Fuente: Propia

REALIZANDO GEORREFERENCIACIÓN



Fuente: Propia

SEÑALANDO LOS ESTIGIOS DEL CAMBIO DEL USO GENERADO POR LA AGRICULTURA



Fuente: Propia

**ESTIGIOS DEL CAMBIO DEL USO GENERADO POR LA
AGRICULTURA**



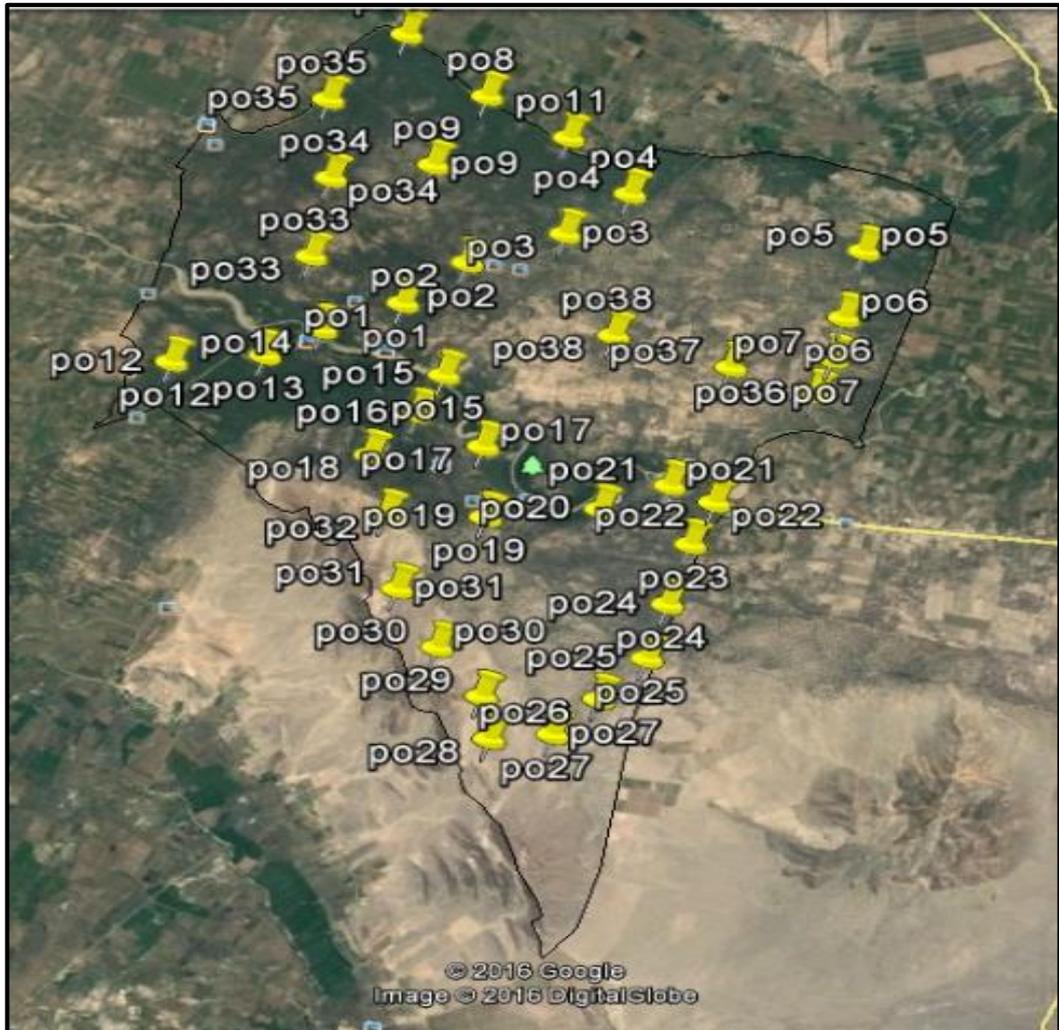
Fuente: Propia

**ESTIGIOS DEL CAMBIO DEL USO GENERADO POR LA
AGRICULTURA**



Fuente: Propia

PUNTOS DE GEORREFERENCIACIÓN AÑO 2016



Fuente: Google earth

ANEXO N° 4

PUNTOS GEORREFERENCIADOS (UTM) EN EL ÁREA DE ESTUDIO

PUNTOS GEORREFERENCIADOS	PUNTOS	ALTURA	ESTE	NORTE	FECHA	CLASES
1	289	77 m	637674	9282773	22/10/2016	Bosque seco denso
2	290	76 m	637603	9282581	22/10/2016	Bosque seco denso
3	291	76 m	637472	9282475	22/10/2016	Bosque seco denso
4	292	76 m	637480	9282278	22/10/2016	Bosque seco semi denso
5	293	74 m	637423	9280786	22/10/2016	Bosque seco denso
6	294	76 m	637402	9280222	22/10/2016	Bosque seco semi denso
7	295	75 m	636801	9280115	22/10/2016	Bosque ralo
8	296	76 m	636289	9280120	22/10/2016	Bosque ralo
9	297	79 m	635552	9279780	22/10/2016	Suelo / Chaparral
10	298	79 m	634601	9280800	22/10/2016	Suelo / Chaparral
11	299	78 m	634271	9281613	22/10/2016	Suelo / Chaparral
12	300	86 m	633997	9281895	22/10/2016	Suelo / Chaparral
13	301	68 m	633792	9282161	22/10/2016	Suelo / Chaparral
14	302	71 m	633951	9282905	22/10/2016	Bosque seco denso
15	303	74 m	634212	9283045	22/10/2016	Bosque seco denso
16	304	73 m	634937	9282803	22/10/2016	Bosque seco semi denso
17	305	72 m	636477	9282724	22/10/2016	Bosque seco denso
18	306	74 m	637699	9283373	23/10/2016	Regeneración
19	307	77 m	637963	9283911	23/10/2016	Regeneración
20	308	87 m	639084	9284111	23/10/2016	Bosque seco semi denso
21	309	83 m	639115	9284530	23/10/2016	Deforestación
22	310	81 m	639270	9285601	23/10/2016	Regeneración
23	311	83 m	639325	9285997	23/10/2016	Bosque seco semi denso
24	312	79 m	639114	9286850	23/10/2016	Regeneración
25	313	73 m	639121	9287379	23/10/2016	Regeneración
26	314	77 m	638689	9287698	23/10/2016	Deforestación
27	315	73 m	638078	9287456	23/10/2016	Bosque seco semi denso
28	316	72 m	637727	9287210	23/10/2016	Deforestación
29	317	74 m	637566	9286908	23/10/2016	Deforestación
30	318	76 m	637241	9286597	23/10/2016	Bosque seco semi denso
31	319	74 m	636622	9286200	23/10/2016	Bosque seco semi denso
32	320	71 m	636160	9286632	23/10/2016	Deforestación
33	321	66 m	635563	9286873	23/10/2016	Bosque seco denso
34	322	65 m	634616	9286797	23/10/2016	Bosque seco denso
35	323	64 m	634131	9286652	23/10/2016	Bosque seco semi denso

PUNTOS GEORREFERENCIADOS	PUNTOS	ALTURA	ESTE	NORTE	FECHA	CLASES
36	324	68 m	633689	9286310	23/10/2016	Bosque seco semi denso
37	325	65 m	633462	9286095	23/10/2016	Bosque seco semi denso
38	326	64 m	633035	9285732	23/10/2016	Deforestación
39	327	62 m	632920	9285733	23/10/2016	Deforestación
40	328	63 m	632618	9285634	23/10/2016	Bosque seco semi denso
41	329	66 m	632973	9284669	23/10/2016	Bosque seco denso
42	330	70 m	633464	9284289	23/10/2016	Deforestación
43	331	68 m	633985	9284035	23/10/2016	Bosque seco denso
44	332	70 m	634910	9283770	23/10/2016	Deforestación
45	333	72 m	635101	9283676	23/10/2016	Deforestación
46	334	71 m	635348	9283554	23/10/2016	Deforestación
47	335	69 m	635524	9283540	23/10/2016	Deforestación
48	336	72 m	635780	9283472	23/10/2016	Deforestación
49	337	73 m	635850	9283452	23/10/2016	Regeneración
50	338	71 m	635936	9283473	23/10/2016	Bosque seco semi denso
51	339	74 m	636073	9283509	23/10/2016	Bosque ralo
52	340	71 m	636208	9283352	23/10/2016	Bosque ralo
53	341	73 m	636207	9283280	23/10/2016	Bosque ralo
54	342	73 m	636232	9283145	23/10/2016	Deforestación

Fuente: Elaboración propia