

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

“EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA EN LA COBERTURA BOSCOSA Y SU USO
ACTUAL DEL SUELO EN EL DISTRITO FERNANDO LORES, PROVINCIA DE
MAYNAS, REGIÓN LORETO, PERIODO 2012-2018”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA

ARANA TEJADA, LESLY LLULINA

ASESOR

DR. ZAMORA TALAVERANO, NOÉ SABINO

JURADO:

MG. ROJAS LEÓN, GLADYS

MG. GUILLÉN LEÓN, ROGELIA

MG. MARTÍNEZ CABRERA, RUBÉN

LIMA - PERÚ

2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la fortaleza y salud para seguir cumpliendo cada meta trazada.

A mis padres, por ser un ejemplo que seguir tanto en lo personal y profesionalmente, quienes nunca dejaron de apoyarme con el cariño y comprensión incondicional me alientan a ser mejor cada día, Dios los bendiga siempre.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, por haberme forjado de conocimientos durante los años de estudio en sus aulas para mi desarrollo tanto personal y profesional.

Al Dr. Ing. Noé Zamora Talaverano, por haberme brindado la orientación y paciencia en el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Rolando Badaracco Meza, por compartir sus conocimientos y su orientación que permitieron el desarrollo de la investigación.

A la Ing. Lucila Pautrat Oyarzún e Ing. Gladys López Rivadeneyra quienes me brindaron su amistad, conocimientos y su apoyo durante la elaboración y la ejecución de la presente investigación.

A todas las amistades que me apoyaron tanto directa e indirectamente en la ejecución de la tesis.

ÍNDICE

I. Introducción.....	13
1.1.Descripción y formulación del problema.....	15
1.1.1.Problema principal.....	18
1.1.2.Problema secundario.....	18
1.2.Antecedentes.....	18
1.3.Objetivos.....	27
1.3.1.Objetivo general.....	27
1.3.2.Objetivos específicos.....	27
1.4.Justificación.....	27
1.5.Hipótesis.....	28
1.5.1.Hipótesis general.....	28
1.5.2.Hipótesis específicas.....	28
II.Marco teórico.....	29
2.1.Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	29
2.1.1.Cobertura de la tierra.....	29
2.1.2.Cobertura boscosa.....	29
2.1.3.Uso del suelo y uso actual del suelo.....	30
2.1.4.Deforestación.....	30
2.1.5.Degradación.....	32
2.1.6.Fragmentación.....	32
2.1.7.Teledetección.....	33
2.1.8.Satélites y sensores.....	33
2.1.9.Imágenes Landsat.....	36

2.1.10. Bandas espectrales	42
2.1.11. Sistema de información geográfica.....	43
2.1.12. Análisis multitemporal.....	43
2.1.13. Índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI).....	44
2.1.14. Google Earth Engine.....	45
2.1.15. Matriz de confusión	45
2.1.16. Índice Kappa	46
2.1.17. Marco legal	48
III. Método	62
3.1. Tipo de investigación.....	62
3.2. Ámbito temporal y espacial	62
3.3. Variables	62
3.4. Población y muestra.....	63
3.5. Instrumentos.....	64
3.6. Procedimientos.....	65
3.7. Análisis de datos	66
3.7.1. Descripción general del área de estudio.....	66
3.7.2. Descripción de los factores abióticos.....	69
3.7.3. Descripción de los factores bióticos	74
3.7.4. Recopilación y selección de la información	76
IV. Resultados.....	85
4.1. Cobertura boscosa existente en el distrito de Fernando Lores mediante la aplicación del índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI).....	85

4.2.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el periodo de los años comprendidos entre 2012 al 2018.....	86
4.2.1.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2012	86
4.2.2.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2013	88
4.2.3.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2014	90
4.2.4.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2015	92
4.2.5.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2016	94
4.2.6.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2017	96
4.2.7.Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2018	98
4.2.8.Resumen del comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el periodo comprendido de los años 2012-2018.	100
4.2.9.Validación de resultados para el año 2018	106
4.3.Principales efectos generados por el cambio de la cobertura y el uso del suelo en Fernando Lores	110
4.3.1.Factores que se encuentran asociados a la pérdida de cobertura boscosa y el uso del suelo	110
4.3.2.Pérdida de servicios de regulación.....	127
4.3.3.Pérdida de servicios culturales.....	132
4.3.4.Reporte de valorización de los recursos perdidos en la zona de Tamshiyacu.	134
V.Discusión de resultados.....	137
VI.Conclusiones.....	140
VII.Recomendaciones.....	142
VIII.Referencias.....	143
IX.Anexos	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Agentes de la deforestación y su vínculo con la deforestación	31
Tabla 2 Características de los satélites Landsat	38
Tabla 3 Descripción de los distintos colores de bandas espectrales	42
Tabla 4 Valoración del coeficiente Kappa.....	47
Tabla 5 Variable dependiente, variable independiente, indicadores e instrumentos	63
Tabla 6 Sectores que conforman el distrito de Fernando Lores.....	68
Tabla 7 Ecosistemas de Fernando Lores.....	71
Tabla 8 Fisiografía de Fernando Lores	73
Tabla 9 Fechas de imágenes de satélite y sensor	77
Tabla 10 Categorías utilizadas para la clasificación de la cobertura boscosa.....	82
Tabla 11 Categorías y áreas para el año 2012.....	87
Tabla 12 Categorías y áreas para el año 2013.....	89
Tabla 13 Categorías y áreas para el año 2014.....	91
Tabla 14 Categorías y áreas para el año 2015.....	93
Tabla 15 Categorías y áreas para el año 2016.....	95
Tabla 16 Categorías y áreas para el año 2017.....	97
Tabla 17 Categorías y áreas para el año 2018.....	99
Tabla 18 Resumen de áreas, coberturas durante los años 2012 al 2018	101
Tabla 19 Matriz de confusión del mapa para el año 2018	109
Tabla 20 Superficie sembrada por los principales cultivos del distrito de Fernando Lores ..	111
Tabla 21 Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores	114
Tabla 22 Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores	120

Tabla 23 Valorización de bienes y servicios ocasionados por la pérdida de bosques en Tamshiyacu	134
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de los sensores, activo y pasivo.	35
Figura 2 Mapa de ubicación de Fernando Lores.....	67
Figura 3 Mapa de ecosistemas de Fernando Lores.	72
Figura 4 API JavaScript de Google Earth Engine.	78
Figura 5 Árbol de decisiones.	82
Figura 6 Cobertura boscosa final.	83
Figura 7 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2012.....	87
Figura 8 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2012.....	88
Figura 9 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2013.....	89
Figura 10 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2013.....	90
Figura 11 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2014.....	91
Figura 12 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2014.....	92
Figura 13 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2015.....	93
Figura 14 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2015.....	94
Figura 15 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2016.....	95
Figura 16 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2016.....	96
Figura 17 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2017.....	97
Figura 18 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2017.....	98
Figura 19 Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2018.....	99
Figura 20 Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2018.....	100
Figura 21 Variación de los cuerpos de agua durante los años 2012 al 2018.....	102
Figura 22 Variación de la vegetación secundaria durante los años 2012 al 2018.....	103
Figura 23 Variación de los bosques durante los años 2012 al 2018.....	104

Figura 24 Regresión lineal de pérdida de bosques.....	105
Figura 25 Estimación de cobertura boscosa para el año 2018	107
Figura 26 Puntos de verificación para el año 2018 en imagen satelital Sentinel.....	108
Figura 27 Superficie agrícola sembrada por los principales cultivos del distrito de Fernando Lores	113
Figura 28 Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores por campaña agrícola	116
Figura 29 Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores por campaña agrícola	117
Figura 30 Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores por campaña agrícola	118
Figura 31 Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores ...	122
Figura 32 Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores ...	123
Figura 33 Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores ...	124
Figura 34 Pérdida de bosques en el distrito de Fernando Lores	127
Figura 35 Presencia de vegetación, cochas y deforestación en el distrito de Fernando Lores	130
Figura 36 Modificación del bosque y cambio de uso de suelo en el distrito de Fernando Lores	132
Figura 37 Pérdida de biodiversidad en el distrito de Fernando Lores	133

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Índice Kappa	46
Ecuación 2 Fórmula del NDFI.....	79
Ecuación 3 Fórmula del miembro puro GV normalizado.....	79

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la pérdida de la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito Fernando Lores en la Región Loreto, periodo 2012-2018, planteándose los siguientes objetivos específicos, a) Identificar la cobertura boscosa existente en el distrito de Fernando Lores. b) Cuantificar el comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo a través de series temporales, procesamiento e interpretación de imágenes satelitales Landsat periodo 2012-2018. c) Identificar los principales efectos generados en el área de estudio por la pérdida de cobertura boscosa y el uso actual del suelo. El método es analítico, descriptivo y comparativo. La metodología fue mediante endmembers de vegetación fotosintética, vegetación no fotosintética, sombra, suelo y nube, y el uso del índice de vegetación de diferencia de fracciones (NDFI) llevado a cabo en Google Earth Engine (GEE), se obtuvo siete años de estudio con cuatro clasificaciones: cuerpos de agua ocupan 18 656.2 Ha, vegetación secundaria con 3 576.6 Ha, bosques con 431 548.1 Ha y el total de pérdida de bosque del 2012 al 2018 fue 12 367.2 Ha de la superficie del distrito de Fernando Lores. La validación de los mapas tuvo una precisión general del 86.78% y coeficiente kappa del 0.82. Concluyendo el año 2013 se ha perdido más de 2000 Ha cerca al poblado de Tamshiyacu por deforestación ocasionada por Tamshi S.A.C. por tal motivo se ha perdido valiosas especies de flora y fauna tales como palo de rosa, sachavaca, huangana, sajino entre otros.

Palabras clave: cobertura boscosa, análisis multitemporal, teledetección, imágenes satelitales, NDFI.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the loss of forest cover and its current land use in the Fernando Lores district in the Loreto Region, 2012-2018, considering the following specific objectives, a) Identify the existing forest cover in the district by Fernando Lores. b) Quantify the temporal behavior of forest cover and land use through time series, processing, and interpretation of 2012-2018 Landsat satellite images. c) Identify the main effects generated in the study area by the loss of forest cover and current land use. The method is analytical, descriptive, and comparative. The methodology was through endmembers of photosynthetic vegetation, non-photosynthetic vegetation, shade, soil and cloud, and the use of the fraction difference vegetation index (NDFI) carried out in Google Earth Engine (GEE), seven years of study were obtained with four classifications: bodies of water occupy 18 656.2 Ha, secondary vegetation with 3 576.6 Ha, forests with 431 548.1 Ha and the total loss of forest from 2012 to 2018 was 12 367.2 Ha of the surface of the Fernando Lores district. The validation of the maps had a general precision of 86.78% and a kappa coefficient of 0.82. At the end of 2013, more than 2000 Ha have been lost near the town of Tamshiyacu due to deforestation caused by Tamshi S.A.C. For this reason, valuable species of flora and fauna have been lost, such as palo de rosa, sachavaca, huangana, sajino, among others.

Keywords: forest cover, multitemporal analysis, remote sensing, satellite images, NDFI.

I.INTRODUCCIÓN

El Perú es considerado uno de los diez países con una mayor diversidad a nivel mundial pues más de la mitad de su territorio está formado por bosques, por lo que gran parte de las personas dependen directamente de los servicios ecosistémicos y demás productos que podamos obtener de este recurso. La pérdida de bosques en la Amazonía peruana es por causa de la agricultura a menor escala, la minería informal, construcción de infraestructuras viales y asentamientos urbanos y la tala indiscriminada. Cerca de 1100 millas cuadradas (2,849 Km²) de bosques peruanos son talados anualmente, cerca del 80% se hace de manera ilegal (Smith y Schwartz, 2015, p. 1).

El Perú cuenta con una superficie de 73 280 424 Ha de bosques tropicales, que representan el 57,3% de su territorio, estos bosques tropicales están conformados por bosques húmedos amazónicos (53,9% de la superficie nacional), bosques secos de la costa (3,2% de la superficie nacional) y bosques húmedos relictos andinos (cubren el 0,2% de la superficie nacional) (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016, p. 29).

La presente investigación se sitúa en Maynas-Loreto que es considerada una de las regiones más ricas en biodiversidad a nivel global, pero desde los meses de junio a octubre del 2013 la empresa Tamshi S.A.C. antes Cacao del Perú Norte S.A.C. empezó a operar en el distrito de Fernando Lores, cerca de la ciudad de Tamshiyacu, llegando a deforestar cerca de 3 500 Ha de bosques tropicales primarios para instalar plantaciones agroindustriales especialmente palma aceitera y cacao sin contar con estudios de clasificación de suelos, autorización de cambio de uso, ni estudio de impacto ambiental (EIA).

Para esta investigación se optó por definir la deforestación como el cambio de uso del suelo, desde el estado más natural (un bosque primario) a otros usos realizado por intervención antrópica o natural; para ello se realizó un análisis multitemporal desde el 2012

al 2018 con imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8, con la finalidad de determinar el cambio de cobertura boscosa y el cambio en el uso del suelo, mediante el uso de la plataforma online de Google Earth Engine (GEE) y por medio de la metodología establecida por Souza en el 2005 Índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI).

En el primer capítulo, se ha desarrollado los problemas relacionados a la pérdida de la cobertura boscosa y uso del suelo en el distrito de Fernando Lores. Los objetivos que han sido desarrollados en la presente investigación están sustentados en base a la justificación e importancia.

En el segundo capítulo, se ha desarrollado el marco teórico que incluye información relacionada a la teledetección que han ayudado al desarrollo de la presente investigación a identificar y cuantificar la cobertura boscosa y el uso del suelo.

En el tercer capítulo, se describe al tipo de investigación, las variables, instrumentos y procedimientos de recopilación de la información, selección de la metodología a emplear y el procesamiento de la información, con lo cual se ha logrado desarrollar la investigación.

En el cuarto capítulo, se describe al distrito de Fernando Lores en base a su ubicación, su aspecto socioeconómico, físico y biológico, a la vez se realiza la interpretación de los resultados obtenidos del procesamiento de la información satelital y multitemporal con lo cual se logró cumplir con los objetivos plateados.

En el quinto capítulo, se presenta la discusión de los resultados, para ello se realizó una comparación de los resultados que se obtuvo en la presente investigación con los resultados de otras investigaciones presentadas en antecedentes.

En el sexto y séptimo capítulo, se presenta a las conclusiones y recomendaciones respectivamente que se obtuvo al término del desarrollo de la investigación.

1.1. Descripción y formulación del problema

En nuestro país vemos que día a día la industria, la producción agrícola, el desarrollo social y económico va aumentando lo que conlleva a la depredación de nuestros recursos naturales que incluyen a los bosques y las tierras de producción forestal permanente (Barrena y Vásquez, 1988, p. 137), otra causa de la depredación de los bosques es el uso de la madera como fuente de combustible o la exportación para generar divisas, además de la extracción de minerales (Pinedo, 2012, p. 5). Una consecuencia de la deforestación es la desestabilización de capas freáticas y hasta la erosión del suelo, provocando inundaciones, sequías, alteraciones climáticas, disminución de la biodiversidad, calentamiento global, etc. (Reátegui, 1996, citado en Gutierrez, 2013).

A la par la deforestación también se debe a la contaminación atmosférica y la lluvia ácida, ya que incluso puede afectar la tierra en la cual encontramos la presencia de los bosques (Vanhaeverbeke, 1989, citado en Gutierrez, 2013).

El distrito de Fernando Lores es una zona rica en biodiversidad, por presentar bosques primarios que albergan a una gran variedad de especies tanto de flora y fauna, cerca de la localidad de Tamshiyacu por los meses de junio a octubre del 2013 llegó una empresa denominada Cacao del Perú Norte S.A.C. (actualmente Tamshi S.A.C.), esta empresa fue liderada por Dennis Melka, quien compró los predios a un precio irrisorio de 10 céntimos por metro cuadrado a los agricultores que eran dueños de estos terrenos, con esta compra Cacao del Perú Norte deforestó un área de 3 500 Ha, sin contar con un estudio de impacto ambiental aprobado por la autoridad competente que otorgue la autorización de cambio del uso del suelo.

En un inicio para poder realizar un desbosque y su posterior cambio de uso de suelo la empresa debió pedir autorización a los entes encargados de velar por nuestros bosques, es así

como, para el Gobierno Regional de Loreto, la empresa Cacao del Perú Norte debió solicitar la autorización a la Dirección General de Flora y Fauna Silvestre del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), sin embargo, el MIDAGRI menciona que el Gobierno Regional de Loreto era el responsable de dar autorización para el desbosque. Es así como el representante legal de Cacao del Perú Norte, Roberto Tello, señaló que “las actividades agrícolas en predios titulados con el Decreto Legislativo N° 838 no requiere cambio de uso, ni tampoco requiere autorización de desbosque porque así está establecido en la ley, y porque el estado lo ha establecido así, y lo ha tomado como política de estado” (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA], 2014a, párr. 9). La directora ejecutiva del Sociedad Peruana de Ecodesarrollo (SPDE) en aquel tiempo Lucila Pautrat, recalcó “que el Decreto Legislativo N° 838 puso a disposición tierras con una base excepcional y temporal para personas desplazadas, no para empresas privadas, además que el Decreto Legislativo N° 838 fue derogado en el 2010” (Morgan, 2015).

De acuerdo con la Ley forestal y de fauna silvestre N° 29763 y del Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI en su TITULO XX actos administrativos para el retiro de la cobertura forestal se establecen los procedimientos para el desbosque y cambios de uso actual de la tierra. Al realizarse la tala por parte de la empresa Cacao del Perú Norte sin haber obtenido la autorización del cambio del uso de suelo para uso agrícola, ni contar con la certificación ambiental correspondiente, se realizó una denuncia ante el Ministerio Público. Para el 20 de enero del 2014 el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) realizó una primera supervisión, sin embargo, el personal de la empresa impidió el ingreso de los fiscalizadores a sus instalaciones (SPDA, 2014b).

Por las diversas denuncias de tala de los bosques primarios de Tamshiyacu se emitió la Resolución N.º 462-2014-MINAGRI-DVDVIAR-DGAAA, esta resolución indica que la

empresa Cacao del Perú Norte S.A.C. es responsable de la tala en esta zona, ordenando la detención de toda actividad agrícola que se venía realizando, y como producto de esta tala ilegal se sembró cultivos de cacao, esta actividad venía generando grandes impactos negativos al ambiente pues no contaba con la adecuada disposición de sus residuos y el constante uso de maquinaria pesada (SPDA, 2015, párr. 6). Sin embargo, esta empresa continuó sus operaciones haciendo caso omiso a esta resolución.

A inicios del 2017 la empresa United Cacao, matriz de Cacao del Perú Norte S.A.C, decidió separar a Melka de la empresa, posteriormente se cambió la razón social a Tamshi S.A.C. (Dammert, 2017, p. 11).

En mayo de 2019, la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del MIDAGRI, mediante la Resolución de Dirección General N° 140-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, denegó la solicitud de evaluación del programa de adecuación y manejo ambiental (PAMA) presentado por la empresa Tamshi S.A.C. y para agosto del 2019 se dio lectura a la sentencia contra la empresa Cacao del Perú Norte S.A.C, sucursal local de United Cacao (actualmente Tamshi S.A.C.), acusada de traficar productos forestales maderables obtenidos del retiro de la cobertura boscosa forestal de 1 946.21 hectáreas de bosque primario del fundo Tamshiyacu, en Maynas, Loreto y se fijó por concepto de reparación civil el monto de 15 720 461.27 soles (SPDA, 2019, párr. 2), así mismo se han sentenciado a Rubén Antonio Espinoza, Gerente General de la empresa, condenado a 8 años de pena privativa de la libertad y al ingeniero agrónomo Ernesto Vega Delgado, jefe de operaciones; y Giovanni Cubas Ramírez, personal de campo del proyecto, sentenciados con 4 años de pena privativa de la libertad (SPDA, 2019, párr. 4).

En base a lo descrito anteriormente para determinar la pérdida de la cobertura boscosa se aplicará el índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI), y para determinar el cambio de uso de suelo se realizó en base a información secundaria, es decir, se solicitó al MIDAGRI y a la Dirección Regional de Agricultura-Loreto la información estadística de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores ya que son las instituciones que manejan un sistema de información agraria nacional.

Formulación del problema

Mediante el presente trabajo de investigación, se desea conocer:

1.1.1. Problema principal

¿Cuánto es la pérdida de la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018?

1.1.2. Problema secundario

- ¿Qué cobertura boscosa existe en el distrito de Fernando Lores aplicando el índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI)?
- ¿Cuál es el comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo mediante el uso de imágenes satelitales Landsat periodo 2012-2018?
- ¿Qué efectos se ha generado en el área de estudio producto por la pérdida de cobertura boscosa y el uso actual del suelo?

1.2. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Montenegro (2004), sostiene que, al deforestar un bosque queda amenazada la vida del hombre y de las demás especies tanto de flora y fauna, ya que queda afectado el equilibrio ecológico, se pierden especies endémicas, recursos genéticos, y peligra la polinización de las diversas especies de flora, así mismo da origen a la erosión de suelos y en las cuencas

hidrográficas, llegando a tener grandes efectos en la variación del tiempo y el clima (p. 67).

El papel fundamental de los bosques es el de regular el clima y constituye uno de los principales sumideros de carbono en el planeta (Muñoz, 2004, p. 11).

Mesía (2015), indica que, en la década de los ochenta, el índice de deforestación mundial llegó a 15 millones de hectáreas por año, mientras que en la década los 90 la deforestación se aceleró a escala mundial. Para que se dé la deforestación, una causa directa e importante es la pobreza en el tercer mundo, debido a la necesidad de las personas que llegan a explotar los recursos naturales, como también la apertura de tierras para cultivos comestibles y para la crianza de animales, la necesidad de construir infraestructuras como carreteras, tendidos eléctricos, etc. (p. 4).

Marcano (2006), dice que grandes partes de América del Norte y Europa Occidental, se ha deforestado parcelas para la instalación de una agricultura insostenible, la cual al cabo de un tiempo va generado una severa degradación en el suelo, una vez que este suelo sea infértil es abandonado. Un claro ejemplo a principios de los 90 en Canadá y Malasia, las compañías madereras deforestaron sin piedad miles de áreas con presencia de bosques primarios (p. 202).

Mesía (2015), sostiene que, en Brasil, para el año 1999 se tuvo un nivel de deforestación bajo, con un poco más de 11 000 Km² y el más alto en 1955 llegando a 29 059 Km². Mientras que en el periodo comprendido entre el 2005-2006 se registró 13 100 Km². La amazonía brasileña cada mes va perdiendo 268 Km² de bosques. Conforme al Sistema de Detección en Tiempo Real (DETER), el área desforestada entre agosto de 2010 y mayo de 2011 supera los 2 116 Km² frente a los 1 567 Km² registrados en el mismo período del año anterior (p. 12).

Lara (2017), en su tesis “Análisis multitemporal de cicatrices de quemas en bosques durante el periodo 2009 a 2014 en la provincia Cordillera, Santa Cruz, Bolivia”, indica que:

Su objetivo fue analizar espacial y multitemporalmente las cicatrices de quemas en los bosques de la provincia Cordillera mediante un algoritmo de teledetección de árbol de decisiones. Para ello utilizó imágenes satelitales Landsat 5 y 8, para un periodo de cinco años (2009 a 2014). Generó imágenes fraccionales de miembros puros de vegetación fotosintética, vegetación no fotosintética, suelo y sombras y se aplicó el índice de diferencia de fracciones para analizar las imágenes de sensor remoto a nivel subpíxel y finalmente se aplicó el algoritmo de clasificación árbol de decisiones. Se validó el mapa a través de imágenes Ikonos 2, mediante un muestreo de 359 puntos al azar con una confiabilidad del 95 %. Se validó las quemas mediante visitas dirigidas de campo. Los resultados que obtuvo son: la superficie total de quemas en bosque fue de 9.287 Ha, las quemas en otras coberturas fueron 35.743 Ha y en total sumaron 45.030 Ha. El municipio más afectado fue Charagua con 15.659 Ha, seguido de Cabezas con 14.918 Ha. La tasa de pérdida de bosques fue de 0,03 %. Según la distancia a caminos, a un kilómetro o menos se encontró 4.009 Ha de quemas, mientras que a seis kilómetros o más la superficie de quemas tiende a ser mínima (menor a 100 Ha). La precisión de la cartografía para la categoría de bosque fue de kappa igual a 0,7 lo que indica un buen nivel de fuerza de concordancia en la clasificación. La validación de quemas en campo dio positivo en diversos puntos de muestreo (p. 1).

Furumo y Mitchell (2017), en su artículo “Caracterización de la expansión de la palma de aceite para uso comercial en América Latina: cambio en el uso del suelo y comercialización”, indican que:

Realizaron un mapeo de plantaciones de palma aceitera en América Latina usando imágenes satelitales MODIS (resolución de 250 m), donde determinaron el uso y la cobertura del terreno con imágenes en alta resolución de Google Earth. Teniendo como base una muestra de 342 034 Ha de plantaciones de palma aceitera en Latinoamérica, se determinó que el 79% fueron reemplazadas por tierras intervenidas anteriormente (pastos, tierras de cultivo, cultivos de banano), 56% se reemplazó por siembra de pastos para ganadería y el 21% restante proviene de áreas clasificadas como vegetación arbórea (bosques), principalmente en el Amazonas y en la región de Petén en el norte de Guatemala. Concluyendo que la tendencia actual de la expansión de la palma de aceite hacia tierras de vocación agropecuaria (pp. 27-28).

Damián (2017), en su tesis “Análisis de la dinámica de los cambios de uso del suelo mediante teledetección en una microcuenca Alto Andina de Ecuador”, llegaron a:

Cuantificar los cambios de uso del suelo que han ocurrido durante los años 1991-2011 en la parte alta de la microcuenca del río Jubal (MCJ) de la parroquia Achupallas, provincia de Chimborazo-Ecuador. El análisis multitemporal lo realizó usando imágenes del satélite Landsat ETM+, de mediana resolución. Con la utilización de técnicas de percepción remota, sistemas de información geográfica (SIG) y cartografía digital, generó mapas temáticos de usos del suelo. Se distinguieron seis usos del suelo: páramo, bosque, cultivos, pastizales, humedales y cuerpos de agua. Al validar los mapas temáticos, obtuvo una precisión general de (84%-90%) y coeficientes de Kappa de 0,81–0,87. El análisis de la matriz de transición en dos décadas de análisis (1991-2011) reveló que las actividades agrícolas (cultivos) han influenciado en mayor medida; favoreciendo la disminución de cobertura vegetal en la MCJ (p. 2).

Hernández (2012), en su tesis “Análisis multitemporal de los cambios ocurridos en la cobertura vegetal del municipio del distrito Central años 1987-2006”, sostiene que:

Usó dos imágenes satelitales TM y ETM+, para el periodo 1987 y 2006 obtenidas por los sensores Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+, logrando identificar siete clases:

bosque latifoliado, bosque de coníferas, bosque mixto, y bosque de matorrales, suelo desnudo, cuerpos de agua y urbano. Con el método de clasificación no supervisada, determinó que en transcurso de alrededor de 18 años hubo una pérdida de cobertura vegetal de 7 081.89 Ha (p. 8).

Rodríguez (2011), en su estudio “Detección de patrones de degradación forestal en el sureste de Camerún- Brasil”, realizó:

El cálculo del NDFI para toda la serie temporal de los años 2002, 2004, 2006-2009, permitió resaltar algunos eventos de perturbación forestal. Es decir, para el año 2006 registró un primer evento dentro del área central de la concesión Pallisco esta perturbación se extendió hasta el año 2008 con la presencia de zonas de aterrizaje y caminos abierto por causa de la tala, además, en ciertas áreas existe una acelerada regeneración del bosque, esta rápida regeneración fue hasta de un 10% por año. Por lo que en este estudio se demostró como índice de fracción de diferencia normalizada (NDFI) es válido técnicamente para detectar la degradación forestal asociada a la tala selectiva en el sur de Camerún (p. 1606).

Antecedentes nacionales

Para el Perú en el año 2015 la pérdida de bosques húmedo-amazónicos se registró alrededor de 156 505 Ha que es un 11% menos de área pérdida, en comparación con el año 2014 que se tenía 177 566 Ha (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2017a, párr. 1). Para el 2016 se registró una pérdida de 164 662 Ha, es decir, un incremento

de pérdida del 5,2% en relación con el año 2015 (SERFOR, 2017b, párr. 1). Siendo en el año 2015 la región Loreto que presentó una pérdida de bosque de casi 32 mil Ha, Ucayali con 30 mil Ha, Huánuco con 23 mil Ha y San Martín con 22 mil Ha (SERFOR, 2017a, párr. 2).

Manchego (2017), en su tesis: “Variabilidad espaciotemporal de la vegetación en la Cuenca Quilca-Chili durante el periodo 2005-2015”, menciona como:

Su objetivo la evaluación de la variabilidad espaciotemporal de la vegetación en la cuenca Quilca-Chili a través de las imágenes satelitales y mediante el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), por lo que logró verificar el nivel de desertificación durante el periodo 2005 al 2015. Como resultados obtuvo que la presencia de cobertura vegetal aumentó en el periodo 2005-2006, registrándose un incremento de 843.35 Km² al año, pero también hubo periodos donde la cobertura vegetal se redujo en 300 Km² al año como para el periodo 2012-2014. Entre el 2005 y 2015, el saldo en cobertura vegetal fue favorable, ya que el NDVI pasó de 0,107 a 0,131; mostrando que la superficie de la vegetación empezó con 6 061.39 Km² y terminó con 7 854.38 Km² en la cuenca Quilca-Chili (p. 4).

Rojas (2017), en la tesis: “Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos-Cajamarca, periodo 1989-2015”, nos indica el:

Propósito principal fue analizar el cambio de la cobertura y uso del suelo del distrito de Ichocán para un periodo de 26 años (1989-2015) a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat, realizando la clasificación supervisada de los diferentes tipos de coberturas a través del sistema de clasificación Corine Land Cover (CLC). Obtuvo como resultado las siguientes coberturas: tejido urbano continuo, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosques plantados, arbustal, vegetación arbustiva/herbácea y lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes. Identificando

que la mayoría de los cambios son causados por actividades antrópicas, como el aumento de pastos y la disminución de las coberturas de arbustal y vegetación arbustiva/herbácea, a causa de la constante intervención de la agricultura intensiva que invade las laderas y va reduciendo la vegetación natural que protege al suelo (p. 18).

Ibáñez y Damman (2014), realizaron una investigación con la finalidad de determinar los cambios en la cobertura y uso de los suelos y el paisaje en la Región Apurímac. Según el estudio durante los años 1986, 1994, 2002 y 2009, concluyeron que el análisis de la cobertura de suelos muestra tendencias de cambio, principalmente en la parte baja y media de la subcuenca en el período considerado, ligada a la actividad agropecuaria. En el caso de la parte alta la reducción drástica del área de nevados es evidente. Estos procesos de cambio estarían ligados a cuatro factores o impulsores de cambio: la degradación de la cobertura vegetal, la reducción de las fuentes de agua, la actividad minera y los eventos climáticos extremos. A nivel de los escenarios territoriales al 2016, calculados con el modelo de Markov, se aprecia que las tendencias en el período 2002 y 2009 se mantendrán, considerando que las condiciones del modelo también mantienen sus tendencias (p. 1).

Antecedentes locales

Dammert (2015), en su libro “Hacia una ecología política de la palma aceitera en el Perú”, nos dice que:

En las inmediaciones del pueblo Tamshiyacu, capital del distrito de Fernando Lores en la provincia de Maynas, Loreto, se viene desarrollando una plantación de una de las empresas de Dennis Melka, Cacao del Perú Norte. La empresa Cacao del Perú Norte ha comprado alrededor de 3 500 Ha a propietarios de la zona, dichas personas habían adquirido las tierras bajo el amparo del Decreto Legislativo N° 838, ya que

fueron personas desplazadas por el terrorismo por ende beneficiarios de la Reforma Agraria y otras que ocuparon pacíficamente por más de un año tierras públicas (p. 41).

Para el mes de setiembre del 2013 la empresa removió la cobertura forestal de los predios adquiridos sin tramitar el estudio de impacto ambiental o cambio de uso de suelo, por lo que la empresa argumento que dichos predios habían sido titulados para fines agropecuarios por lo tanto no les correspondía tramitar dichos permisos ambientales. Por otro lado, el Gobierno Regional de Loreto (GOREL) manifestó no haber emitido ninguna autorización para la deforestación en estos predios, y la Fiscalía Especializada en Materia Ambiental (FEMA) abrió una investigación por delitos ambientales. Pero nada de esto detuvo a la empresa y siguió operando (p. 36).

Sáenz (2015), en su tesis “Uso actual del suelo y régimen de tenencia de tierras; rol de los productores frente a los recursos naturales y las actividades extractivas en Tamshiyacu, distrito de Fernando Lores, región Loreto”, sostiene que:

Realizó estudios de suelos y régimen de tenencia en Tamshiyacu en el cual describe que los productores de la zona en su mayoría manejan alrededor de 4 a 6 Ha en los cuales siembran especies como umarí, castaña, piña, pijuayo; especies de pan llevar como plátano y yuca; y también hay presencia de especies forestales tales como quillosa, moena y tornillo, además de plantas medicinales y ornamentales (p. 28).

Inuma (2018), en la tesis “Análisis de la cobertura, uso de la tierra utilizando la metodología de Corine Land Cover en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, departamento de Loreto”, indica que:

La investigación se desarrolló en la localidad de Tamshiyacu, se realizó la recopilación y sistematización de información satelital, cartográfica, bibliográfica y estadística, además, de la clasificación Corine Land Cover (Ideam, 2010), lo que

permitió la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra en el área de estudio para el año 2014-2015 a escala 1:50 000, utilizando las imágenes Landsat 8. Las clases que se logró identificar en el mapa de cobertura y uso del territorio son: el bosque abierto alto de tierra firme (43.04%), pastos y espacios naturales (44.21%), aguajales (2.20%), bosque denso bajo inundable (2.13%), como también otros cultivos transitorios (1.44%), bosque fragmentado con vegetación secundaria (0.84%), mosaico de cultivos (0.80%), bosque abierto bajo de tierra firme (0.48%), cultivos permanentes arbustivos (0.44%), bosque abierto bajo inundable (0.27%), áreas de extracción de minería e hidrocarburos (0.20%), así mismo, se identificaron mosaico de cultivos con espacios naturales (0.09%), tejido urbano continuo (0.05%), tejido urbano discontinuo (0.04%). En lo que respecta a espejos de agua a ríos (3.45%), lagunas, lagos y ciénegas naturales (0.26%) (p. 11).

Pinedo (2012), con la tesis: “Monitoreo de la deforestación en el periodo 2005-2009, en la provincia de Maynas, región Loreto, Perú”, sostiene que:

Mostró los datos de la deforestación que obtuvo a partir de la digitalización e interpretación de imágenes de satélites y sistemas de información geográfica. En sus resultados muestra cuatro categorías para los periodos 2005 y 2009: vegetación natural (que cubre una mayor superficie del área de estudio), áreas deforestadas, islas y cuerpos de agua. Las áreas deforestadas al año 2005 cubrieron una superficie de alrededor de 348 826 Ha, que es el 2,87 %, del área de estudio y con 430 938 Ha que representa el 3,54% al año 2009, se registraron procesos de deforestación lo que significa un decrecimiento del 0.695% en el año 2009, ya que, 79 828 Ha han sido utilizadas como bosque secundario, pastos, cultivos, etc. (p. 5).

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar y estimar la pérdida de la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Identificar la cobertura boscosa existente en el distrito de Fernando Lores mediante la aplicación del índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI).
- Cuantificar el comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo a través de series temporales, procesamiento e interpretación de imágenes satelitales Landsat periodo 2012-2018.
- Identificar los principales efectos generados en el área de estudio por la pérdida de cobertura boscosa y el uso actual del suelo.

1.4. Justificación

En la actualidad vemos cómo va cambiando el ecosistema especialmente en los bosques, los cuales sufren cambios tanto en la cobertura vegetal y el uso del suelo, donde se está perdiendo la biodiversidad y demás superficies naturales, lo que conlleva a cambios por la escorrentía en la época de lluvia, la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo, es por ello que se debe contar con las herramientas necesarias y las entidades competentes para tener un monitoreo continuo mediante técnicas de teledetección, que garanticen la permanencia en el tiempo de los recursos naturales y se dé un buen manejo de tierras, con la finalidad de generar la sostenibilidad de los recursos naturales (Rojas, 2017, p. 23).

El boom del desarrollo de la palma aceitera y de cacao como cultivos agroindustriales va en aumento y según su presencia y perspectivas de crecimiento varían según los países, Perú es el país que tiene mayor porcentaje de tierras destinadas a la producción de cultivos de

palma aceitera especialmente en la Amazonía, por la presencia de los bosques primarios que son los más expuestos (Dammert, 2014, p. 7). Para la siembra del monocultivo de palma aceitera y de cacao llegan a acelerar los cambios de uso del suelo, es decir, se genera la deforestación y pérdida de biodiversidad (Mingorria, 2017, p. 8).

Con el presente trabajo se trató de analizar a través del procesamiento e interpretación de imágenes satelitales la degradación de estos bosques amazónicos especialmente en el distrito de Fernando Lores en el departamento de Loreto.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La existencia de pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, es significativa en el periodo 2012-2018.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Con la aplicación del índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI) se distingue la existencia de la cobertura boscosa en el distrito de Fernando Lores.
- A través de series temporales, se determina y cuantifica el comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo mediante las imágenes satelitales Landsat periodo 2012-2018.
- La pérdida de cobertura boscosa y el uso actual del suelo ha generado efectos en el área de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.

2.1.1. Cobertura de la tierra

La cobertura de la tierra envuelve a los elementos tanto naturales (cobertura vegetal) como los que son creados por el hombre (edificaciones) con el fin de satisfacer sus necesidades (Municipio de Miranda, 2016, p. 205). Por lo que “el conocimiento de la cobertura del suelo es un paso fundamental para la gestión sustentable de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial, entre otros” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015, p.09).

2.1.2. Cobertura boscosa

Se define bosque a un ecosistema cuyo componente mayoritario es arbóreo, es decir, debe cubrir un área mayor a 0.5 Ha, cobertura de copa mínima de 10% y un ancho mínimo de 20 metros. Estos árboles predominantes son de consistencia leñosa cuya altura mínima en estado adulto es de 2 metros tanto en costa como en sierra y 5 metros para la selva amazónica. Este concepto también engloba a los factores que condicionan las asociaciones edáficas, climáticas, topográficas y florísticas como son el agua, el suelo, el relieve, la flora, la fauna y los microorganismos (MIDAGRI, SERFOR, MINAM, FAO, 2016).

Para la FAO define bosques como aquellos suelos que cuentan con una extensión superior a 0.5 hectáreas con presencia de árboles con una altura mayor a 5 metros y una cubierta de dosel mayor al 10%, o si los árboles in situ puedan alcanzar esta altura. Pero con excepción de aquellos suelos con uso agrícola o urbano (FAO, 2010, p. 6).

2.1.3. *Uso del suelo y uso actual del suelo*

El uso del suelo está relacionado a aquellas actividades que realiza el hombre respecto al tipo de cobertura asociado a fines sociales y económicos ya sea con agrícola, forestal, de pastoreo etc. (Tarrillo, 2019, p. 5).

El uso actual está relacionado a aquellas características del paisaje y en un determinado tiempo de como se viene utilizando los recursos, sin tener en cuenta su potencial o uso a futuro (Taxa, 2015, p. 30).

2.1.4. *Deforestación*

La definición que nos da la FAO, la deforestación es la “eliminación permanente de la cubierta forestal para el cambio de uso de la tierra, y la degradación es el deterioro de las funciones ecosistémicas del bosque, por eliminación de parte de la cubierta arbórea, descapitalización del bosque, degradación del suelo y fuentes de agua, que determinan la degradación ecosistémica forestal” (FAO, 2000, p. 55).

Entre los agentes de deforestación son las personas, empresas industriales, comercializadores de la madera ilegal, traficantes de terreno; entre otras, pero son los agricultores los responsables directos de deforestación, que debido a la expansión de la frontera agrícola tienen como tradición la quema de terrenos y al ser poseedores de terrenos con plantación forestal talan y a la vez queman para posteriormente plantar cultivos de panellevar, por otro lado, los ganaderos también talan los bosques para sembrar pastizales y así alimentar a su ganado, sin embargo, los agricultores que están inmersos en el tema comercial deforestan con la finalidad de sembrar plantaciones de caucho, palma aceitera y otras especies industriales. Como agentes secundarios encontramos a los madereros, a los recolectores de leña, la industria minera y petrolera y los planificadores de infraestructura (Marcano, 2006, p. 202).

En la Tabla 1 se menciona algunos agentes de la deforestación, sus vínculos y la causa que impulsa este proceso. Es necesario recalcar que no se puede establecer la cantidad de los agentes y las causas que los impulsan a deforestar, así como la inadecuada evaluación y monitoreo de los recursos forestales.

Tabla 1

Agentes de la deforestación y su vínculo con la deforestación

Agente	Vínculo con la deforestación
Agricultores de roza y quema	Deforestan el bosque para sembrar cultivos de subsistencia y otros cultivos para la venta
Agricultores comerciales	Talan los bosques para plantar cultivos comerciales, a veces desplazan a los agricultores de roza y quema, que se trasladan a su vez a los bosques.
Ganaderos	Talan los bosques para sembrar pastos, a veces desplazan a los agricultores de roza y quema, que se trasladan a su vez a los bosques
Pastores de ganado menor y mayor	La intensificación de las actividades de pastoreo de ganado menor y mayor puede conducir a la deforestación.
Madereros	Cortan árboles maderables comerciales; los caminos que abren los madereros permiten el acceso a otros usuarios de la tierra.
Dueños de plantaciones forestales	Aclaran barbechos boscosos y bosques previamente talados para establecer plantaciones para proveer fibra a la industria de pulpa y papel.
Recolectores de leña y fabricantes de carbón vegetal	La intensificación en la recolección de leña puede conducir a la deforestación. Así como la preparación de carbón vegetal
Industriales mineros y petroleros	Los caminos y las líneas sísmicas proporcionan acceso al bosque a otros usuarios de la tierra; sus operaciones incluyen la deforestación localizada

Agente	Vínculo con la deforestación
Planificadores de programas de colonización rural	Planifican la relocalización de habitantes a áreas forestales, lo mismo que proyectos de asentamiento que desplazan a los pobladores locales, los que a su vez se trasladan a los bosques.
Planificadores de infraestructuras	Los caminos y carreteras construidos a través de áreas forestales dan acceso a otros usuarios de la tierra; las represas hidroeléctricas ocasionan inundaciones.

Fuente: Ropper (1998), adaptado de FAO (1997), citado en Tello et al. (2005)

2.1.5. Degradación

A diferencia de la deforestación en la que existe un proceso de conversión de cobertura boscosa a no boscosa, la degradación ocurre mientras se tenga la cobertura, lo que genera una pérdida de algunas funciones que brindan los bosques como son los servicios ecosistémicos, de esta manera se estaría afectando a la sociedad y el nivel ecológico (Armenteras et al., 2016, p. 10). Se dice también que la degradación de los bosques es precursora de la deforestación, la degradación en los bosques ocurre por la tala selectiva y los incendios forestales. La degradación forestal es definida como el proceso de reducción de la calidad de los bosques (Lund, 2009, p. 3).

La definición de degradación de bosques se refiere a los cambios en la estructura del bosque, su dinámica y las funciones ecosistémicas, que están asociadas a causas antrópicas (Thompson et al., 2013, p. 7).

2.1.6. Fragmentación

Se denomina fragmentación a una de las formas de alteración de hábitats, su origen puede ser por causas naturales como incendios, derrumbes, inundaciones, entre otros; o por causas antrópicas como son la deforestación y desecación de humedales, construcción de

carreteras (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005). Para los ecosistemas terrestres el determinante principal es el cambio en el uso del suelo ya sea para la expansión de la frontera agrícola o para asentamientos urbanos.

2.1.7. Teledetección

Teledetección es la técnica por medio de la cual se obtiene información útil de un objeto sin tener contacto directo con él, pero si existe un tipo de interacción entre estos objetos que están sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera, y un sensor instalado en las plataformas espaciales

(Sigmur sig y teledetección en la Universidad de Murcia, 2006, p. 181). Esta interacción se da mediante un flujo de información (radiación electromagnética) que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. La cantidad y el tipo de radiación que se emite dependen de la temperatura en la que se encuentran dichos objetos

(Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007, párr. 5).

2.1.8. Satélites y sensores

2.1.8.1. Satélites. Son naves especialmente diseñadas, fabricadas y enviadas al espacio, que recorren una órbita alrededor de la Tierra. Así tenemos a los satélites que sobrevuelan en un rango de 200 a 1 200 Km y tienen un periodo de rotación entre 90 minutos a 5 horas. Estos satélites nos brindan información para la detección de incendios, determinación de la biomasa, estudio de la capa de ozono, etc. (Rojas, 2017, p. 53). Para los satélites que orbitan entre 35Km-875 Km o más kilómetros, tienen un recorrido muy similar a la rotación de la Tierra. Son muy buenos para estudios de meteorología (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2014, p. 80).

2.1.8.2. Sensores remotos. “Los sensores remotos se pueden usar para monitorear la cubierta terrestre y el medio ambiente climático de la superficie terrestre”

(García, 2007, p. 1). Las aplicaciones en las que los sensores puede usarse para generar la información detallada ya sea sobre materiales y/u objetos en la superficie de la Tierra. Algunas de ellas son, geología, minería, petróleo, gas, oceanografía, agricultura, medioambiente, monitoreo de desastres como plumas volcánicas, urbanismo, áreas de deforestación e incendios como en Amazonas, etc. (Pérez, 2007, p. 1).

2.1.8.3. Tipos de sensores. Los instrumentos que son capaces de transformar la radiación electromagnética en información perceptible y analizable se denominan sensores (Sánchez, 2012). Dentro de los tipos de sensores según la fuente de radiación que reciben podemos encontrar a:

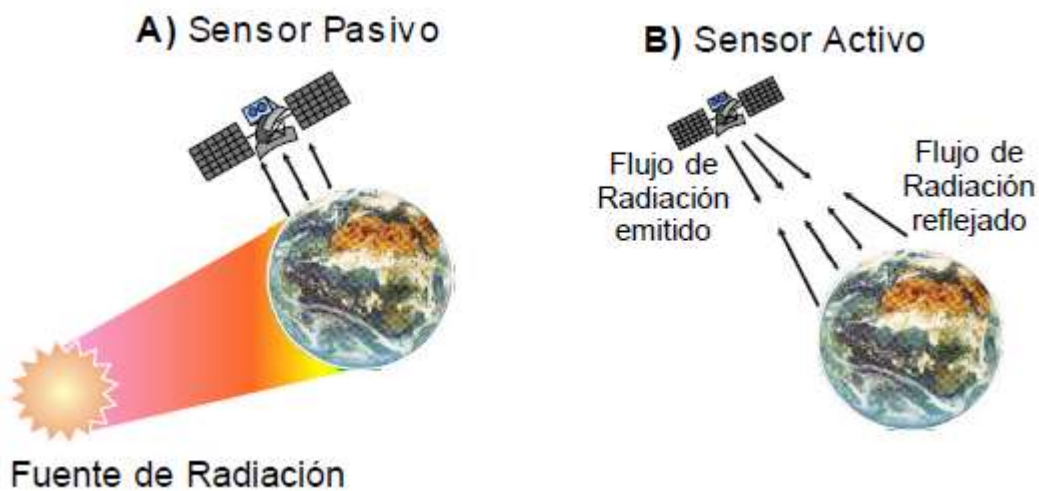
Sensores pasivos. Son aquellos que obtienen información de la radiación electromagnética que emiten las fuentes naturales o son reflejadas por la superficie terrestre (albedo). La característica principal de estos sensores es que dependen de una fuente de iluminación externa (sol). Por ejemplo: Landsat Thematic Mapper (MSS, TM), SPOT, etc. (Pérez, 2007, p. 19). Gran cantidad de los sensores pasivos poseen sensibilidad multiespectral, es decir, se capta datos en diferentes bandas espectrales y se obtiene información del ambiente. Por ejemplo, la radiación ultravioleta es usada para el monitoreo de niveles de ozono en las capas altas de la atmosfera, las bandas visibles e infrarrojas se puede determinar la salud de la cobertura vegetal y los captadores sensibles a la radiación infrarroja térmica permiten determinar la temperatura del suelo, nubes, y superficie de los mares (Sánchez, 2012, p. 16).

Sensores activos. Son aquellos que obtienen información de la radiación electromagnética que emiten las fuentes artificiales (albedo) (Gonzales, 2018). La

característica principal de estos sensores es que poseen su propia fuente de radiación de energía y no dependen de una fuente externa para irradiar la superficie de la superficie de la tierra. Como ejemplo de sensores activos encontramos: los radares, radiómetros de microondas, cámaras fotográficas cuando utilizan como fuente de radiación el flash. (Pérez, 2007, p. 19).

Figura 1

Esquema de los sensores, activo y pasivo



Fuente: Pérez (2007)

2.1.8.4. Características de los sensores

Resolución espacial: es la medida de un objeto que un sensor puede registrar en la superficie de la tierra, y es representada por el píxel. Es así como cuanto menor es el objeto que se quiere registrar mayor es la resolución espacial (Pérez, 2007).

Resolución espectral: indica el número y el ancho de las bandas espectrales que registra un sensor. Una menor resolución espectral tiene los radares y sistemas fotográfico, y los de mayor resolución son los sensores remotos espaciales llamados también sensores hiperspectrales (mayor a 100 bandas), ya que detectan una gran cantidad de bandas

espectrales (Gonzales, 2018, p. 26). Cuanto mayor es el número de bandas y menor es el ancho del intervalo, mayor será la resolución espectral (Pérez, 2007).

Resolución temporal: esta resolución indica la frecuencia con la que el satélite pasa por la misma área para obtener una nueva imagen (Sánchez, 2009).

Resolución radiométrica: es la capacidad con la que los sensores pueden discriminar los albedos con diferencias de radiación reflejada o emitida (nivel de grises). Es por ello por lo que, si se tiene mayor número de niveles de grises, mayor es la resolución (Pérez, 2007). El número de grises que un sensor puede detectar depende del sistema de grabación y se expresa en números binarios “bits”, es decir la potencia de 2^n . Por ejemplo, un sensor con 8-bits de resolución (Landsat TM) tiene un rango de $2^8=256$ niveles de grises (Rojas, 2017, p. 60).

2.1.9. Imágenes Landsat

El programa Landsat se inició en el año 1972, en el cual se ha diseñado satélites que permiten observar la cubierta de la tierra repetidas veces, este programa es gestionado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration), por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). La recopilación de las imágenes satelitales se encuentra disponibles en el sitio web <http://glovis.usgs.gov> del Centro Geológico de los Estados Unidos (USGS).

El 23 de julio de 1972 la NASA lanza una serie de satélites para obtener distinta información de la cobertura global terrestre. La primera fue "Earth Resources Technology Satellite-A", al ser puesto en órbita se llamó "ERTS-1", para solo un año de funcionamiento, pero finalmente terminó en 1978, desde el segundo lanzamiento esta familia de satélites pasó a llamarse Landsat (Mendoza, 2012, p. 22). Los satélites Landsat fueron diseñados

especialmente para la recolección de datos de los recursos terrestres proporcionando una serie histórica de la evolución del planeta Tierra (Fernández y Herrero, 2001).

Los satélites Landsat 3 tenían sobre los sensores a bordo las cámaras RBV, para el Landsat 5 tenía el MSS y a partir del Landsat 4 (1982) se fue instalando los Mapeadores Temáticos TM que poseen una resolución espacial de 30 m para todas las bandas, excepto para la banda termal IR y radiométrica. El satélite Landsat 6 cuenta con el Mapeador Temático Mejorado (ETM) con el cual se pudo obtener una amplia gama de datos para realizar distintas investigaciones sobre monitoreos del medio ambiente, recursos naturales, planeación urbana y cartografía, lamentablemente este satélite perdió contacto con la base en tierra al poco tiempo antes de entrar en órbita (Sánchez, 2009, p. 20).

Para Landsat 7 al poseer un Mapeador Temático mejorado se puede obtener imágenes con alta resolución de la superficie terrestre que sirvan de base para el monitoreo ambiental, desastres, el uso del suelo y planeación regional, etc. (Sánchez, 2009). Desde el 31 de mayo del 2003, este satélite tuvo un fallo en el Line Corrector Sean (SLC). Lo cual proporciona una imagen con vacíos en ambos lados de cada escena.

El satélite Landsat 8 cuenta con dos sensores: Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS), con un total de 11 bandas espectrales (Espínola, 2014). Estos sensores recogerán información de la superficie terrestre como las regiones costeras, hielo polar, islas, zonas continentales, penetración del agua/aerosol, detección y la banda de nubes (cirrus) para el enmascaramiento de nubes y otras aplicaciones (Ariza, 2013, p. 42).

Tabla 2*Características de los satélites Landsat*

Satélite	Lanzamiento (fin de servicio)	Altitud (Km)	Periodicidad (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (Jlm)	Resolución espacial (m)
Landsat 1	23/07/1972 06/01/1978	917	18	RBV	(1) 0.48-0.57	80
					(2) 0.58-0.68	80
	(3) 0.70-0.83				80	
	MSS			(4) 0.5-0.6	79	
				(5) 0.6-0.7	79	
				(6) 0.7-0.8	79	
				(7) 0.8-1.1	79	
Landsat 2	22/01/1975 25/02/1982	917	18	RBV	(1) 0.48-0.57	80
					(2) 0.58-0.68	80
	(3) 0.70-0.83				80	
	MSS			(4) 0.5-0.6	79	
				(5) 0.6-0.7	79	
				(6) 0.7-0.8	79	
				(7) 0.8-1.1	79	
Landsat 3	05/03/1978	917	18	RBV	(1) 0.5-0.75	40

Satélite	Lanzamiento (fin de servicio)	Altitud (Km)	Periodicidad (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (Jlm)	Resolución espacial (m)
	31/03/1983			MSS	(4) 0.5-0.6	79
					(5) 0.6-0.7	79
					(6) 0.7-0.8	79
					(7) 0.8-1.1	79
					(8) 10.4-12.6	240
Landsat 4	Landsat 16/07/1982	705	16	MSS	(4) 0.5-0.6	82
					(5) 0.6-0.7	82
					(6) 0.7-0.8	82
					(7) 0.8-1.1	82
				TM	(1) 0.45-0.52	30
					(2) 0.52-0.60	30
					(3) 0.63-0.69	30
					(4) 0.76-0.9	30
					(5) 1.55-1.75	30
					(6) 10.4-12.5	120
					(7) 2.08-2.35	30
Landsat 5	01/03/1985	705	16	MSS	(4) 0.5-0.6	82

Satélite	Lanzamiento (fin de servicio)	Altitud (Km)	Periodicidad (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (Jlm)	Resolución espacial (m)
					(5) 0.6-0.7	82
					(6) 0.7-0.8	82
					(7) 0.8-1.1	82
				TM	(1) 0.45-0.52	30
					(2) 0.52-0.60	30
					(3) 0.63-0.69	30
					(4) 0.76-0.9	30
					(5) 1.55-1.75	30
					(6) 10.4-12.5	120
					(7) 2.08 2.35	30
Landsat 6	05/10/1993	705	16		Fallos en el Sistema	
Landsat 7	15/04/1999	705	16	ETM+	(1) 0.45-0.52	30
					(2) 0.53-0.61	30
					(3) 0.63-0.69	30
					(4) 0.78-0.9	30
					(5) 1.55-1.75	30
					(6) 10.4-12.5	60

Satélite	Lanzamiento (fin de servicio)	Altitud (Km)	Periodicidad (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (Jlm)	Resolución espacial (m)
					(7) 2.09-2.35	30
					PAN 0.5-0.90	15
Landsat 8	11/02/13	705	16	OLI	(1) 0.43-0.45	30
					(2) 0.45-0.51	30
					(3) 0.53-0.59	30
					(4) 0.64-0.67	30
					(5) 0.85-0.88	30
					(6) SWIR1 1.57-1.65	30
					(7) SWIR2 2.11-2.29	30
					(8) PAN 0.50-0.68	15
					(9) 1.36-1.38	30
					(10) TIR1 10.60-11.19	100
					(11) TIR2 11.50-12.51	100

Nota. En la Tabla se describe las fechas de lanzamiento de los satélites Landsat, la altitud, la periodicidad, las bandas que lo componen y la resolución espacial.

Fuente: García (2008)

2.1.10. Bandas espectrales

La banda espectral es la energía que emite la cubierta terrestre y es captada por un sensor. De acuerdo con esto se logra realizar la composición en color con la composición de tres bandas, a los que se les asigna colores de azul, verde y rojo (RBG) (Martínez y Martín, 2010).

Tabla 3

Descripción de los distintos colores de bandas espectrales

Nombre	La banda permite ver
Aerosol Costero	Agua poco profunda, partículas finas de polvo
Azul	Agua profunda, atmósfera
Verde	Vegetación
Rojo	Objetos fabricados por el hombre, suelo, vegetación
Infrarrojo cercano	Costas, vegetación
Infrarrojo de onda corta 1	Penetración de las nubes, humedad del suelo y la vegetación
Infrarrojo de onda corta 2	Penetración mejorada de las nubes, humedad del suelo y la vegetación
Pancromático	Imágenes en blanco y negro, detalles más nítidos
Cirro	Nubes de tipo cirro
Infrarrojo térmico 1	Representaciones térmicas, humedad estimada del suelo
Infrarrojo térmico 2	Representación térmica mejorada, humedad estimada del suelo

Fuente: Learn ArcGIS (s.f.)

2.1.11. Sistema de información geográfica

El procesamiento y la digitalización de los datos que encontramos en los mapas (papel) y los que están presentes espacialmente se conoce como Sistemas de Información Geográfica (Ponce, 1993). Es un sistema computarizado que involucra un hardware y un programa (software) que nos permite gestionar, procesar y analizar la información espacial cuando trabajamos con datos georreferenciados (Flórez y Fernández, 2017).

Un SIG consta de diversos componentes: un subsistema de entrada, para convertir mapas y otros datos espaciales a formato digital; otro para el almacenaje y recuperación de la información; otro para la realización de análisis espaciales; y un último para la obtención de productos (tablas, mapas y respuestas a los problemas planteados). Las coordenadas de latitud y longitud, las regiones administrativas, los cuerpos de agua y los núcleos urbanos, son distintas formas de aportar información a una ubicación en particular; estos elementos están "georreferenciados" (Gardi et al., 2014, p. 176).

2.1.12. Análisis multitemporal

Este análisis también se le conoce como análisis de tipo espacial que permite evaluar cambios en la cobertura existente en dos imágenes satelitales o en mapas del mismo lugar, pero en diferentes fechas (Chuvienco, 1990, pp. 366-368). Este análisis nos permite seguir diversos procesos como aquellos que alteran el ecosistema ya sea por un fenómeno de origen natural o antrópico. La detección de los cambios se realiza una comparación píxel a píxel, es decir, las imágenes satelitales a comparar deben de cumplir con requisitos como es la georreferenciación, orto-rectificación, etc. (Fonseca y Gómez, 2013, p. 8).

Para aquellas áreas forestales, se determina el cambio ocurrido en los bosques, por causa de la deforestación, degradación o también se considera a la reforestación o aforestación ya que el cambio puede ser medido por la pérdida o ganancia del área boscosa a

una escala nacional, regional o local, teniendo en consideración el impacto que se ocasiona al ambiente dentro del área de estudio y tomando las mejores decisiones efectivas

(Ruiz et al., 2013. p. 63).

2.1.13. Índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI)

El índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI) fue propuesto por Souza y otros (Souza et al., 2005), donde las imágenes fraccionales se derivan de los modelos de análisis espectral proporcionando importante información. Los valores en el que oscila el NDFI es entre -1 y +1, donde los valores más cercanos a +1 nos indican bosques intactos, mientras que los valores cercanos a -1 indican a un bosque degradado, esto se debe a los valores de vegetación no fotosintética (NPV) y de suelo aumentan, y los valores de vegetación fotosintética descienden. Los estudios relacionados al monitoreo de daños en bosques, este índice tiene buenos resultados en comparación a otros como es el índice de vegetación y el de componentes principales (Schultz et al., 2016. p. 319).

Este índice fue aplicado por Souza en la Amazonía de Brasil con la finalidad de analizar los efectos producidos por la tala selectiva en el dosel del bosque, Souza incluyó también el algoritmo contextual de clasificación para determinar y diferenciar los daños antrópicos y naturales. Empleo tres imágenes fraccionales que corresponden a miembros puros o endmembers que son: vegetación fotosintética (GV), la vegetación no fotosintética (NGV) y el suelo (soil). Llegando a la conclusión que el NDFI es más sensible para detectar daños causados en el dosel del bosque más que cualquier imagen fraccional individualmente, teniendo un gran potencial para obtener una clasificación de los niveles de degradación en los bosques (Souza et al., 2005. p. 334).

2.1.14. Google Earth Engine

Según Oliveira, Google Earth Engine (GEE) fue desarrollado por Google Labs y presentado en la Conferencia internacional de Cambio Climático en la ciudad de Cancún en México, este evento duró desde el 29 de noviembre al 10 de diciembre del 2010 (citado en Calizaya, 2018, p. 28). GEE es una plataforma que de modo online se puede hacer diferentes investigaciones relacionadas a la detección de deforestación, clasificación de la cobertura de la tierra y los cambios en la cobertura de la tierra, estimación de la biomasa forestal y de carbono, entre otros; al tener un almacenamiento de petabits (10^{15} bytes) de datos de satélite y diferentes herramientas de alto rendimiento, esta plataforma muestra un modelo digital dinámico del planeta a través de imágenes satelitales y que es actualizada permanentemente (Cabrera, 2014, p. 1).

El catálogo de GEE, es actualizado constantemente, llegando a más de 6 000 escenas por día (Gorelick et al., 2017, p. 2), para Oliveira el empleo de la plataforma de GEE nos da la facilidad de realizar trabajos optimizando el tiempo debido a la rapidez en el procesamiento y la exactitud de los resultados y todo operado en la nube (citado en Calizaya, 2018, p. 28).

Una de las ventajas que ofrece GEE es la tecnología de procesamiento paralelo y masivo de los datos geospaciales ya que posee un catálogo de imágenes Landsat y otras imágenes multitemporales (Venturino et al., 2014, p. 28).

2.1.15. Matriz de confusión

Esta matriz sirve para realizar la comparación de una clasificación resultante con una información fehaciente de terreno. Cada columna de la matriz representa el número de categorías deducidas de la clasificación, mientras que cada fila representa las clases de referencia (reales). La diagonal de la matriz representa al número de puntos de verificación

de acuerdo con dos fuentes (mapa y realidad), los marginales son los errores de asignación (Mendoza, 2012, p. 33).

Uno de los beneficios de las matrices de confusión es que facilitan ver si el sistema está confundiendo dos o más clases. Si en los datos de entrada el número de muestras de clases diferentes cambia mucho la tasa de error del clasificador no es representativa de lo bien que realiza la tarea el clasificador. Si por ejemplo hay 990 muestras de la clase 1 y sólo 10 de la clase 2, el clasificador puede tener fácilmente un sesgo hacia la clase 1. Si el clasificador clasifica todas las muestras como clase 1 su precisión será del 99%. Esto no significa que sea un buen clasificador, pues tuvo un 100% de error en la clasificación de las muestras de la clase 2

(Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral [AIDER], 2019, p. 19).

2.1.16. Índice Kappa

El índice Kappa refleja la concordancia inter-observador llegando a ser calculado en tablas de cualquier dimensión. Este índice puede llegar a tomar valores que van desde 0 a 1. Es decir, cuanto más cerca es a 1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, si es más cercano a 0, mayor es el grado de discordancia inter-observador (Cerdeza y Villarroel, 2008, p. 5).

Asimismo, para determinar las relaciones múltiples entre categorías se aplicó el índice Kappa (\hat{K}), que mide la diferencia entre el acuerdo de las coberturas clasificadas en el mapa generado y el que habría que esperar simplemente por azar.

Ecuación 1

Índice Kappa.

$$\hat{k} = \frac{n \sum_{i=1}^K n_{ii} - \sum_{i=1}^K n_i * n_{i+1}}{n^2 - \sum_{i=1}^K n_i * n_{i+1}} \quad (1)$$

Donde:

K: Número de la fila

n_I : Observaciones totales de la fila i

n_{II} : Número de combinaciones a lo largo de la diagonal

I+1: Total de observaciones en la columna i

n: Número total de celda en la esquina inferior derecha

En la siguiente Tabla 4 se explica los valores que puede llegar a tomar el índice Kappa, recalcando que los valores más cercanos a 1 representan una mayor concordancia de la realidad con el mapa de clasificación (Aronoff citado en Chuvieco, 2002, p. 457). La interpretación del coeficiente Kappa se realiza correlacionando su valor con una escala cualitativa que incluye seis niveles de fuerza de concordancia (pobre, leve, aceptable, moderada, considerable y casi perfecta)

(Landis & Koch, 1977, citado en Cerda y Villarroel, 2008, p. 5).

Tabla 4

Valoración del coeficiente Kappa

Rangos del índice Kappa	Grado de acuerdo
0	Pobre
0.01 - 0.20	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi Perfecta

Fuente: Landis & Koch (1977) citado en Cerda y Villarroel (2008)

2.1.17. Marco legal

La presente investigación está basada fundamentalmente dentro la normativa vigente que rige a nuestro país, de las cuales se cita a continuación.

2.1.17.1. Constitución Política del Perú 1993. Es la carta magna ley fundamental del Perú la cual constituye la base fundamental para el ordenamiento jurídico nacional, además establece, norma y defiende los derechos y libertades de los peruanos, dado por el Congreso Constituyente Democrático de 1993.

En su Título III del Régimen económico, Capítulo II del Ambiente y los Recursos Naturales.

Artículo 66. Recursos Naturales: “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal”.

Artículo 68. Conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas: “El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas”.

Artículo 69. Desarrollo de la Amazonía: “El Estado promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía con una legislación adecuada”.

Conforme al Capítulo VI del régimen agrario y de las comunidades campesinas y nativas.

Artículo 88. Régimen agrario: “El Estado apoya preferentemente el desarrollo agrario. Garantiza el derecho de propiedad sobre la tierra, en forma privada o comunal o en cualquiera otra forma asociativa. La ley puede fijar los límites y la extensión de

la tierra según las peculiaridades de cada zona. Las tierras abandonadas, según previsión legal, pasan al dominio del Estado para su adjudicación en venta”.

Artículo 89.- Comunidades campesinas y nativas: “las comunidades campesinas y las nativas tienen existencia legal y son personas jurídicas. Son autónomas en su organización, en el trabajo comunal y en el uso y la libre disposición de sus tierras, así como en lo económico y administrativo, dentro del marco que la ley establece. La propiedad de sus tierras es imprescriptible, salvo en el caso de abandono previsto en el artículo anterior. El Estado respeta la identidad cultural de las comunidades campesinas y nativas”.

2.1.17.2. Título XIII del Código Penal, modificado por Ley N° 29263. En el código penal se encuentran aquellas normas jurídicas, aplicables en materia penal, además da a conocer a toda persona que actos son tipificados como delitos y la sanción que le corresponde y mediante Ley N° 29263, sanciona con penas mucho más duras los delitos ambientales así tenemos:

En su Capítulo II Delitos Contra los Recursos Naturales.

Artículo 308.- Tráfico ilegal de especies de flora y fauna silvestre protegida: “El que adquiere, vende, transporta, almacena, importa, exporta o reexporta productos o especímenes de especies de flora silvestre no maderable y/o fauna silvestre protegidas por la legislación nacional, sin un permiso o certificado válido, cuyo origen no autorizado conoce o puede presumir, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de tres años ni mayor de cinco años y con ciento ochenta a cuatrocientos días-multa”.

Artículo 310.- Delitos contra los bosques o formaciones boscosas: “Será reprimido con pena privativa de libertad no menor de tres años ni mayor de seis años y con prestación de servicios comunitarios de cuarenta a ochenta jornadas el que, sin contar con permiso, licencia, autorización o concesión otorgada por autoridad competente, destruye, quema, daña o tala, en todo o en parte, bosques u otras formaciones boscosas, sean naturales o plantaciones”.

Artículo 310-A.- Tráfico ilegal de productos forestales maderables: “El que adquiere, almacena, transforma, transporta, oculta, custodia, vende, embarca, desembarca, importa, exporta o reexporta productos o especímenes forestales maderables protegidos por la legislación nacional, cuyo origen ilícito conoce o puede presumir, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de tres años ni mayor de seis años y con cien a seiscientos días-multa. La misma pena será aplicable para el que a sabiendas financia, de modo que sin su cooperación no se hubiera podido cometer las actividades señaladas en el primer párrafo, y asimismo al que las dirige u organiza. Está fuera del supuesto previsto en el primer párrafo, el que realiza los hechos previstos en el presente artículo, si sus acciones estuvieron basadas en una diligencia razonable y en información o documentos expedidos por la autoridad competente, aunque estos sean posteriormente declarados nulos o inválidos”.

Artículo 311.- Utilización indebida de tierras agrícolas: “El que, sin la autorización de cambio de uso, utiliza tierras destinadas por autoridad competente al uso agrícola con fines de expansión urbana, de extracción o elaboración de materiales de construcción u otros usos específicos, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de dos años ni mayor de cuatro años. La misma pena será para el que vende

u ofrece en venta, para fines urbanos u otro cualquiera, tierras zonificadas como uso agrícola”.

Artículo 313.- Alteración del ambiente o paisaje: “El que, contraviniendo las disposiciones de la autoridad competente, altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural, o modifica la flora o fauna, mediante la construcción de obras o tala de árboles, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de cuatro años y con sesenta a noventa días-multa”.

2.1.17.3. Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763. Tiene por finalidad promover la conservación, la protección, el incremento y uso sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre dentro del territorio nacional, su ámbito de aplicación vincula a los servicios de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre y actividades conexas.

Conforme a la Sección Primera Conceptos, Órganos Especializados y de Supervisión, Planificación y Zonificación Forestal y de Fauna Silvestre.

Título I Aspectos Generales

Artículo 5. Recursos forestales: Son recursos forestales, cualquiera sea su ubicación en el territorio nacional, los siguientes:

- a) Los bosques naturales.
- b) Las plantaciones forestales.
- c) Las tierras cuya capacidad de uso mayor sea forestal y para protección, con o sin cobertura arbórea.
- d) Los demás componentes silvestres de la flora terrestre y acuática emergente, incluyendo su diversidad genética.

Artículo 7. Servicios de los ecosistemas forestales, de otros ecosistemas de vegetación silvestre y de la fauna silvestre: “Los servicios de los ecosistemas forestales, de otros ecosistemas de vegetación silvestre y de la fauna silvestre son aquellos derivados de las funciones ecológicas y evolutivas de dichos ecosistemas y de los flujos de materia, energía e información provenientes del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación que producen beneficios e incrementan el bienestar para las personas y la sociedad”.

Artículo 8. Tierras de capacidad de uso mayor forestal: “Son aquellas que, por su valor intrínseco, características ecológicas y edáficas, tienen capacidad para la producción permanente y sostenible de bienes y servicios forestales, o potencial para la forestación o reforestación”.

Artículo 9. Tierras de capacidad de uso mayor para protección: “Son aquellas que, por sus condiciones biológicas de fragilidad ecosistémica y edáfica, no son aptas para el aprovechamiento maderable u otros usos que alteren la cobertura vegetal o remuevan el suelo. Las tierras de protección se destinan a la conservación de las fuentes de agua, nacientes o cabeceras de cuencas, riberas de ríos hasta del tercer orden, y a la protección contra la erosión. En ellas es posible la recolección y aprovechamiento de productos forestales no maderables, el manejo y aprovechamiento de la fauna silvestre, así como usos recreativos y actividades educativas o de investigación científica, en la medida en que no se afecte su existencia ni sus funciones protectoras”.

Artículo 10. Tierras para la forestación o reforestación: “Son aquellas que carecen de cobertura forestal o cuya cobertura forestal arbórea original ha sido eliminada en más del setenta por ciento y que por sus características edáficas,

fisiográficas e interés social son susceptibles de forestación o reforestación con fines de producción o protección”.

De acuerdo con el Título II Órganos Especializados.

Capítulo I Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre.

Artículo 12. Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre

(SINAFOR): “Créase el Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre

(SINAFOR) como sistema funcional integrado por los ministerios y los organismos e instituciones públicas de los niveles nacional, regional y local que ejercen

competencias y funciones en la gestión forestal y de fauna silvestre; por los gobiernos regionales y gobiernos locales; y por los comités de gestión de bosques reconocidos.

El SINAFOR integra funcional y territorialmente la política, las normas y los instrumentos de gestión; las funciones públicas y relaciones de coordinación de las instituciones del Estado en todos sus sectores y niveles de gobierno, el sector privado y la sociedad civil, en materia de gestión forestal y de fauna silvestre”.

Artículo 13. Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: “Créase el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura. El SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre. El SERFOR es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR) y se constituye en su autoridad técnico-normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito. Coordina su operación técnica y es responsable de su correcto funcionamiento”.

De acuerdo con el Capítulo III Competencia regional y local en materia forestal y de fauna silvestre.

Artículo 19. Competencia regional forestal y de fauna silvestre: “El gobierno regional es la autoridad regional forestal y de fauna silvestre. Tiene las siguientes funciones en materia forestal y de fauna silvestre, dentro de su jurisdicción y en concordancia con la política nacional forestal y de fauna silvestre, la presente Ley, su reglamento y los lineamientos nacionales aprobados por el SERFOR”:

- a) Planificar, promover, administrar, controlar y fiscalizar el uso sostenible, conservación y protección de la flora y la fauna silvestre.
- b) Diseñar, ejecutar, supervisar y evaluar los planes y políticas forestales y de fauna silvestre regionales.
- c) Promover y establecer mecanismos permanentes de participación ciudadana para la gestión forestal y de fauna silvestre a nivel regional, en coordinación con los gobiernos locales.
- d) Promover la competitividad de los productores forestales en términos de asociatividad, producción, acceso al financiamiento, transformación y comercialización.
- e) Promover y coordinar el desarrollo de capacidades de los actores del sector forestal en su jurisdicción para elevar los niveles de competitividad de la producción nacional y el uso sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación.
- f) Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica y asesoramiento a los pequeños productores y comunidades nativas y campesinas en su jurisdicción.

Acorde al Título V Zonificación y Ordenamiento Forestal.

Artículo 36. Autorización de desbosque: “El desbosque consiste en el retiro de la cobertura forestal mediante cualquier método que conlleve la pérdida del estado natural del recurso forestal, en áreas comprendidas en cualquier categoría del patrimonio nacional forestal, para el desarrollo de actividades productivas que no tengan como fines su manejo forestal sostenible, tales como la instalación de infraestructura, la apertura de vías de comunicación, incluyendo caminos de acceso a áreas de producción forestal, la producción o transporte de energía, así como operaciones energéticas, hidrocarburíferas y mineras. Requiere la autorización previa del SERFOR o de la autoridad regional forestal y de fauna silvestre correspondiente, de acuerdo con el nivel de evaluación ambiental exigible en cada caso, según lo dispuesto en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y conforme a lo que se establezca en el reglamento de la presente Ley. Si estos desbosques pudiesen afectar a las comunidades campesinas y nativas, rige el derecho a la consulta previa del Convenio 169 de la OIT. Junto con la presentación de la solicitud, el titular de la actividad adjunta la evaluación de impacto ambiental, aprobada por la autoridad competente según la actividad a desarrollarse. Dicha evaluación demuestra que la actividad propuesta no puede llevarse a cabo en otro lugar y que la alternativa técnica propuesta garantiza el cumplimiento de los estándares ambientales legalmente requeridos. Asimismo, asegura que el área materia de desbosque es la mínima posible y que se llevará a cabo con la mejor tecnología, prácticas y métodos existentes para reducir al mínimo posible los impactos ambientales y sociales, incluyendo evitar las áreas de alto valor de conservación. Se indica igualmente el destino de los productos forestales extraídos. No se autoriza desbosque en reservas de tierras para pueblos indígenas en situación de aislamiento o contacto inicial. En caso de proceder la

autorización, se paga por el valor de los recursos forestales a ser retirados sobre la base de una valorización integral y de plazo adecuado, y, en el caso de las actividades mencionadas en el primer párrafo, se habilitará un área de compensación ecosistémica de dimensiones equivalentes a las áreas afectadas, en la forma que indique la autoridad forestal correspondiente. En caso de que estos productos forestales sean materia de comercialización, se paga adicionalmente el derecho de aprovechamiento. El reglamento establece las condiciones aplicables”.

Artículo 37. Prohibición de cambio de uso actual de tierras de capacidad de uso mayor forestal y de protección: “En tierras de capacidad de uso mayor forestal y de capacidad de uso mayor para protección, con o sin cobertura vegetal, se prohíbe el cambio de uso actual a fines agropecuarios. Se prohíbe el otorgamiento de títulos de propiedad, certificados o constancias de posesión en tierras de dominio público con capacidad de uso mayor forestal o de protección con o sin cobertura forestal, así como cualquier tipo de reconocimiento o instalación de infraestructura pública de servicios, bajo responsabilidad de los funcionarios involucrados. Ello no impide el otorgamiento de derechos reales mediante contratos de cesión en uso, en forma excepcional y sujetos a los más rigurosos requisitos de sostenibilidad ambiental, en áreas zonificadas como de tratamiento especial, en el marco de la presente Ley y su reglamento. Esta disposición se establece sin perjuicio de los derechos y tierras de las comunidades nativas y campesinas”.

Artículo 38. Uso de tierras de capacidad de uso mayor para cultivo en limpio o cultivos permanentes con cobertura forestal actual. “Cuando exista cobertura boscosa en tierras de dominio público técnicamente clasificadas como de capacidad de uso mayor para cultivo en limpio o cultivos permanentes, según el Reglamento de

Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, el SERFOR puede autorizar su cambio de uso actual a fines agropecuarios, respetando la zonificación ecológico-económica, de nivel medio o superior, aprobada por el gobierno regional o gobierno local correspondiente, y previa opinión vinculante del Ministerio del Ambiente de acuerdo al procedimiento administrativo que aprueben ambas autoridades para tal fin. Autorizado el cambio de uso actual para realizar el retiro de la cobertura boscosa, se procede según lo establecido en el artículo referido a desbosque en lo que corresponda. En los casos de predios privados cuya cobertura vegetal actual contenga masa boscosa, el cambio de uso requiere autorización de la autoridad regional forestal y de fauna silvestre sustentado en un estudio técnico de microzonificación. En todos los casos, en cada predio o unidad productiva se reserva un mínimo del treinta por ciento de la masa boscosa existente en tierras de aptitud agrícola, además de la obligación de mantener la vegetación ribereña o de protección”.

2.1.17.4. Ley General del Ambiente Ley N° 28611. 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.

Conforme al Título III Integración de la legislación ambiental.

Capítulo 1 aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Artículo 85.-De los recursos naturales y del rol del Estado.

85.1 “El Estado promueve la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a través de políticas, normas, instrumentos y acciones de desarrollo, así como, mediante el otorgamiento de derechos, conforme a los límites y

principios expresados en la presente Ley y en las demás leyes y normas reglamentarias aplicables”.

85.2 “Los recursos naturales son Patrimonio de la Nación, solo por derecho otorgado de acuerdo con la ley y al debido procedimiento pueden aprovecharse los frutos o productos de los mismos, salvo las excepciones de ley. El Estado es competente para ejercer funciones legislativas, ejecutivas y jurisdiccionales respecto de los recursos naturales”.

85.3 “La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades ambientales sectoriales y descentralizadas, elabora y actualiza permanentemente, el inventario de los recursos naturales y de los servicios ambientales que prestan, estableciendo su correspondiente valorización”.

Artículo 91.-Del recurso suelo: “El Estado es responsable de promover y regular el uso sostenible del recurso suelo, buscando prevenir o reducir su pérdida y deterioro por erosión o contaminación. Cualquier actividad económica o de servicios debe evitar el uso de suelos con aptitud agrícola, según lo establezcan las normas correspondientes”.

Artículo 92.-De los recursos forestales y de fauna silvestre.

92.1 “El Estado establece una política forestal orientada por los principios de la presente Ley, propiciando el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre, así como la conservación de los bosques naturales, resaltando sin perjuicio de lo señalado, los principios de ordenamiento y zonificación de la superficie forestal nacional, el manejo de los recursos forestales, la seguridad jurídica en el otorgamiento de derechos y la lucha contra la tala y caza ilegal”.

92.2 “El Estado promueve y apoya el manejo sostenible de la fauna y flora silvestre, priorizando la protección de las especies y variedades endémicas y en peligro de extinción, en base a la información técnica, científica, económica y a los conocimientos tradicionales”.

Artículo 93.-Del enfoque ecosistémico: “La conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales deberá enfocarse de manera integral, evaluando científicamente el uso y protección de los recursos naturales e identificando cómo afectan la capacidad de los ecosistemas para mantenerse y sostenerse en el tiempo, tanto en lo que respecta a los seres humanos y organismos vivos, como a los sistemas naturales existentes”.

Artículo 94.-De los servicios ambientales.

94.1 “Los recursos naturales y demás componentes del ambiente cumplen funciones que permiten mantener las condiciones de los ecosistemas y del ambiente, generando beneficios que se aprovechan sin que medie retribución o compensación, por lo que el Estado establece mecanismos para valorizar, retribuir y mantener la provisión de dichos servicios ambientales, procurando lograr la conservación de los ecosistemas, la diversidad biológica y los demás recursos naturales”.

94.2 “Se entiende por servicios ambientales, la protección del recurso hídrico, la protección de la biodiversidad, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y la belleza escénica, entre otros”.

94.3 “La Autoridad Ambiental Nacional promueve la creación de mecanismos de financiamiento, pago y supervisión de servicios ambientales”.

Capítulo 2 Conservación de la Diversidad Biológica.

Artículo 110.-De los derechos de propiedad de las comunidades campesinas y nativas en las ANPE: “Estado reconoce el derecho de propiedad de las comunidades campesinas y nativas ancestrales sobre las tierras que poseen dentro de las ANP y en sus zonas de amortiguamiento. Promueve la participación de dichas comunidades de acuerdo a los fines y objetivos de las ANP donde se encuentren”.

Título IV Responsabilidad por daño ambiental.

Capítulo 2 Régimen de responsabilidad por el daño ambiental.

Artículo 142.-De la responsabilidad por daños ambientales.

142.1 “Aquél que mediante el uso o aprovechamiento de un bien o en el ejercicio de una actividad pueda producir un daño al ambiente, a la calidad de vida de las personas, a la salud humana o al patrimonio, está obligado a asumir los costos que se deriven de las medidas de prevención y mitigación de daño, así como los relativos a la vigilancia y monitoreo de la actividad y de las medidas de prevención y mitigación adoptadas”.

142.2 “Se denomina daño ambiental a todo menoscabo material que sufre el ambiente y/o alguno de sus componentes, que puede ser causado contraviniendo o no disposición jurídica, y que genera efectos negativos actuales o potenciales”.

Artículo 143.-De la legitimidad para obrar: “Cualquier persona, natural o jurídica, está legitimada para ejercer la acción a que se refiere la presente Ley, contra quienes ocasionen o contribuyen a ocasionar un daño ambiental, de conformidad con lo establecido en el artículo III del Código Procesal Civil”.

Artículo 147.-De la reparación del daño: “La reparación del daño ambiental consiste en el restablecimiento de la situación anterior al hecho lesivo al ambiente o sus componentes, y de la indemnización económica del mismo. De no ser técnica ni

materialmente posible el restablecimiento, el juez deberá prever la realización de otras tareas de recomposición o mejoramiento del ambiente o de los elementos afectados.

La indemnización tendrá por destino la realización de acciones que compensen los intereses afectados o que contribuyan a cumplir los objetivos constitucionales respecto del ambiente y los recursos naturales”.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación fue analítico, descriptivo y comparativo. Los resultados se obtuvieron con la interpretación de las imágenes satelitales Landsat y con la contrastación con la imagen satelital Sentinel 2A y visita en campo, dando confiabilidad a los datos que se generaron y obtuvo en gabinete luego de analizar la relación que existe entre las variables.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Ámbito temporal: la investigación se realizó en base a información recopilada de los años 2012-2018, tiempo en el que se analizó la pérdida de la cobertura boscosa y el cambio del uso actual del suelo.

Ámbito espacial: la investigación se desarrolló en el distrito Fernando Lores, provincia de Maynas, Departamento de Loreto. Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas UTM 704220.83m E, 9557313.00 m N y a una altitud: 109 m.s.n.m.

3.3. Variables

A continuación, se presentan las variables dependiente e independiente juntamente con los indicadores e instrumentos.

Tabla 5*Variable dependiente, variable independiente, indicadores e instrumentos*

	Variables	Indicadores	Instrumentos
Dependiente	Pérdida de la cobertura boscosa y el cambio del uso del suelo	Tipos de cobertura boscosa y uso del suelo. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo.	Imágenes de satélite. Imágenes de satélite. Interpretación automática y visual
		Efectos generados por la pérdida de cobertura boscosa y el uso del suelo.	Información secundaria.
	Tipos de cobertura boscosa.	Tipos de cobertura boscosa y uso del suelo. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo.	Imágenes de satélite. Interpretación automática y visual
Independiente	Tipos de uso del suelo	Efectos generados por la pérdida de cobertura boscosa y el uso del suelo.	Información secundaria.
	Actividades antrópicas	Efectos generados por la intervención antrópica sobre la cobertura boscosa y el uso del suelo.	Información secundaria.

3.4. Población y muestra

Población: Comprendida por toda la cobertura boscosa del distrito de Fernando Lores en sus 456 219.3¹ Ha de extensión territorial.

¹ Determinado en base al shape file del MINAM del año 2007

Muestra: Para el presente estudio de investigación, la muestra fue establecida en función de criterios de representatividad cuantitativa, es decir, se identifica una “muestra intencional” (Thiollent, 1986 citado en Sáenz, 2015). que está compuesta por el área que sufrió cambios en la cobertura boscosa y el uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores lo que constituye un total de 12 367.2 Ha que fueron determinadas por medio del índice NDFI y teniendo en cuenta que el año base es el 2012. La muestra se obtuvo de las áreas deforestadas, las que fueron validadas por medio de imágenes de satélite.

3.5. Instrumentos

Material de escritorio

- lapiceros.
- formatos de registro de campo,
- libreta de campo,
- papel bond A4 y A3,
- memoria USB (64Gb): usado para el almacenamiento de la información bibliográfica, vectorial, fotográfica para el presente estudio,
- GPS Garmin Map 60CSX: registro las coordenadas de las zonas de interés para el estudio,
- cámara digital Lumix DMC-TS25: equipo con el que se registró las fotografías de áreas de interés para el estudio,
- laptop Dell inspiron 14Z 5423: Equipo en el cual se procesa la información y guarda la información en formato digital.

Material cartográfico

- imagen Landsat 5 TM de enero del 2000 hasta setiembre del 2018, resolución espacial de 30 metros y resolución temporal de 16 días. Path 006 y row 063,

- imagen Landsat 7 ETM+ de enero del 2000 hasta diciembre del 2018, resolución espacial de 30 metros y resolución temporal de 16 días. Path 006 y row 063,
- imagen Landsat 8 OLI de marzo del 2013, a diciembre del 2018, resolución espacial de 30 metros y resolución temporal de 16 días. Path 006 y row 063.

Software

- Google Earth Engine: Plataforma online en la que se realizó el análisis de los datos geoespaciales a través del API en JavaScript para determinar el cambio de la cobertura a través de los años desde el 2012 al 2018,
- ArcGIS 10.5: Software en el cual se generó capas vectoriales y posterior elaboración de mapas del presente estudio,
- ENVI 5.3: Software en que se generó mosaicos de las Imágenes Landsat producto del análisis del Índice NDFI y posterior validación del mapa temático de cobertura boscosa y uso del suelo mediante la imagen Sentinel 2A para el año 2018.

3.6. Procedimientos

Etapa 1: Fase inicial de gabinete

- recopilación y selección de la información documenta y cartográfica del área de estudio,
- revisión de la bibliografía relacionada al índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI),
- organización, análisis y selección de la información recopilada.

Etapa 2: Trabajo de Campo:

Una vez determinado las áreas de cobertura de bosque y no bosque, y cambios de uso de suelo utilizando imágenes de satélite. Se ha realizado la validación con imágenes de satélite Sentinel de mediana resolución, y teniendo en cuenta que la observación es una

herramienta de la investigación, en el mes de agosto del 2019 se realizó trabajo de campo en el distrito de Fernando Lores, centro poblado Tamshiyacu con la finalidad de identificar el motivo por el cual se apreciaba una mayor superficie de pérdida de cobertura boscosa en las imágenes satelitales, es así, que se realizó un sobrevuelo y se logró visualizar cultivos de cacao, aperturas de caminos, cambios en el curso del agua (canales), suelos sin topsoil, construcción de infraestructuras (almacenes) y presencia de maquinaria pesada. También se realizó una visita terrestre por la vía afirmada que conduce a la entrada principal de la empresa Tamshi, y al estar el paso restringido, solo se logró identificar a ambos lados de la vía que se cuenta con presencia de bosque secundario y purma, cultivos de panllevar, y pequeñas cochas.

Etapa 3: Trabajo de gabinete

- elección de metodología a seguir para obtener el cambio de cobertura boscosa y uso del suelo,
- elaboración de mapas de cobertura boscosa y uso del suelo del área de estudio con las imágenes Landsat ET, ETM+ y OLI para los años 2012 al 2018,
- validación de los mapas obtenidos con la imagen satelital Sentinel 2A para el distrito de Fernando Lores para el año 2018,
- redacción de la tesis.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Descripción general del área de estudio

Localización

El área de estudio distrito de Fernando Lores se encuentra ubicada políticamente en la provincia de Maynas, departamento de Loreto.

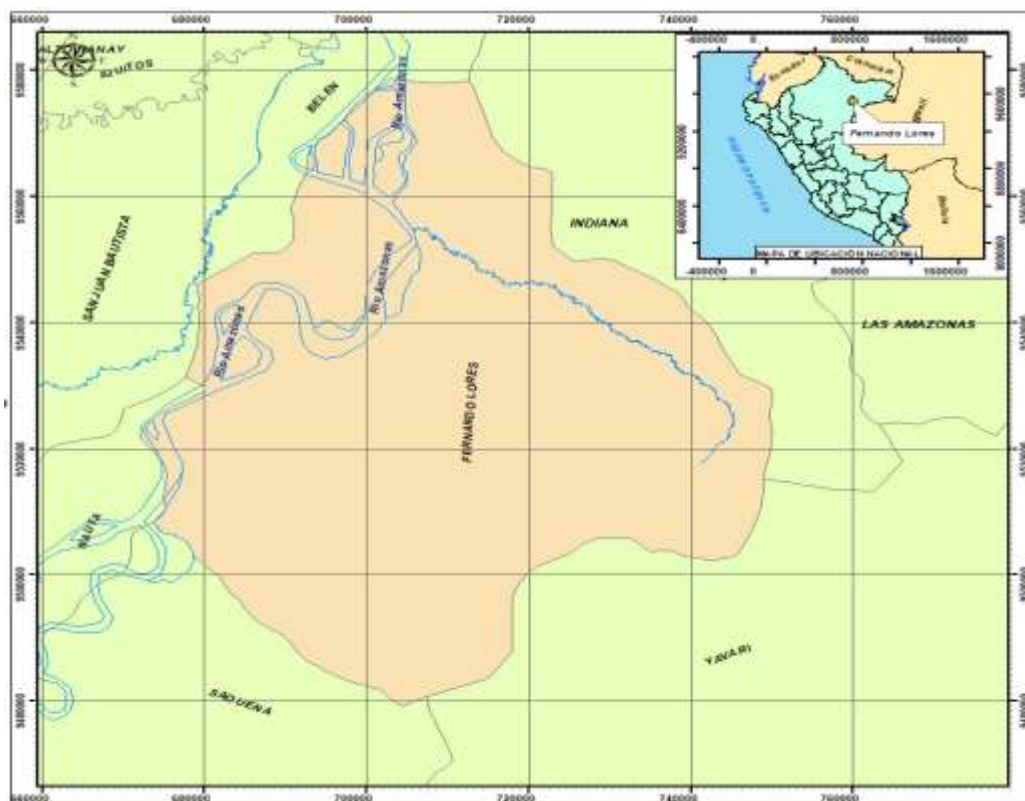
Tiene una población aproximada de 13 875 habitantes hasta el año 2017 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018).

Limita con:

- por el norte: distrito de Belén,
- por el sur: distrito de Yavari y Saquema,
- por el este: distrito de Indiana,
- por el oeste: distrito de Nauta y San Juan Bautista.

Figura 2

Mapa de ubicación de Fernando Lores



Ubicación y extensión

Geográficamente el distrito de Fernando Lores se encuentra entre las coordenadas UTM 704 220.83 m E, 9 557 313.00 m N y a una altitud: 109, 00 m.s.n.m.

El distrito de Fernando Lores tiene una extensión de 4 476.19² Km (municipalidad distrital de Fernando Lores,2019).

Descripción socioeconómica del distrito de Fernando Lores.

En la Tabla 6 se describen los sectores que conforman el distrito de Fernando Lores dentro de las cuales se encuentran a cuatro comunidades nativas: Achuar, Kichwa, Kukama kukamiria, Yagua. La población es ribereña asentada principalmente a lo largo del río Amazonas, Tahuayo y la quebrada Tamshiyacu.

Tabla 6

Sectores que conforman el distrito de Fernando Lores

Sector	Ámbito	Caseríos/Comunidades
Amazonas	Ambos márgenes del río Amazonas	55
Aguas Arriba	desde aproximadamente la desembocadura del río Tahuayo hasta la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón	
Tahuayo	Cuenca del río Tahuayo	15
Centro Poblado	Zona urbana	1
Tamshiyacu		
Quebrada	Cuenca de la quebrada Tamshiyacu	24
Tamshiyacu		
Amazonas	Canal de Panguana, zona de	33
Aguas Abajo	Timareo y zona de Muyuy	

Fuente: municipalidad distrital de Fernando Lores (2019)

² Dato recopilado de información bibliográfica de la municipalidad distrital de Fernando Lores (2019), sin embargo, en dicha publicación no precisan la metodología que han realizado para establecer estas superficies y como se tiene conocimiento actualmente que no existe una base de datos oficial

En el distrito de Fernando Lores la población económicamente activa (PEA) aproximadamente es el 60.5% del total, de la cual el 80% se dedica a la producción agropecuaria y extracción a pequeña escala de los recursos forestales y pesqueros. Los demás recursos como suelos fértiles, bosques y cuerpos de agua son de suma importancia e insustituible para ellos, ya que se abastecen de madera, carne, pescado, frutos, fibras vegetales, entre otros. El 20% restante se dedica a brindar servicios turísticos, especialmente en el poblado de Tamshiyacu en el cual se puede encontrar alojamiento y conocer los espacios naturales que ofrece esta ciudad (municipalidad distrital de Fernando Lores, 2019, p. 75).

Como ya se mencionó anteriormente la actividad principal de la población Fernando Lores como fuente de ingreso y alimento a sus familias, es la agricultura tradicional-familiar y la actividad extractiva principalmente madera que usan como insumo de construcción de viviendas; también se dedican a criar animales menores, pero en pequeña escala que es fuente de autoconsumo.

En el distrito de Tamshiyacu también encontramos a la empresa Cacao del Perú Norte (actualmente Tamshi S.A.C.) la cual en el año 2013 deforestó cerca de 1 587 Ha con la finalidad de primero sembrar palma aceitera y posteriormente cambiaron y decidieron sembrar cacao, desde el 2013 hasta el año 2017 esta empresa iba talando árboles con la finalidad de obtener más terreno y poder expandirse y sembrar más cacao, hasta el año 2017 se tenía un aproximado de más de 2 300 Ha sembradas con cacao.

3.7.2. Descripción de los factores abióticos

Clima

El clima en el distrito de Fernando Lores corresponde a las zonas tropicales, es decir, húmedo y cálido, tanto la estación invernal como la seca no son muy marcadas, ya que se

caracteriza por presentar un nivel de precipitación pluvial y de temperatura ligeramente igual a las demás estaciones.

- temperaturas máximas: 35.8 °C y 31.4 °C,
- temperaturas mínimas: 17.8 °C y 20 °C,
- precipitación total anual promedio: 268.7 mm,
- humedad relativa: 67 %.

Suelos

El suelo del distrito de Fernando Lores este compuesto por:

Las terrazas bajas que lo constituyen las playas y restingas inundables que son cubiertas anualmente, las terrazas medias o restingas inundables temporalmente y las terrazas de altura. El uso que se los da a estos suelos es para labores agropecuarias de subsistencia (Koo, 2017, p. 14).

Hidrografía

La red hidrográfica del distrito de Fernando Lores está conformada por el río Amazonas y sus afluentes principales como el río Tahuayo y la quebrada Tamshiyacu, además presenta diversos cursos de agua de régimen regular. La presencia de estos ríos hace posible el transporte fluvial, y la existencia de cochas son aprovechadas para la pesca una actividad principal de la población (Mozombite, 2005, p. 19).

El nivel más bajo del río Amazonas es en el mes de agosto, mientras que el más alto es en mayo (Inade y Apodesa, 1990, p. 351).

Ecosistemas del distrito de Fernando Lores

En la zona podemos encontrar hasta ocho tipos de ecosistemas, principalmente bosques de los cuales seis son bosques pantanosos e inundables, varillales (áreas con presencia de esclerófila sobre suelos de arena blanca).

Tabla 7*Ecosistemas de Fernando Lores*

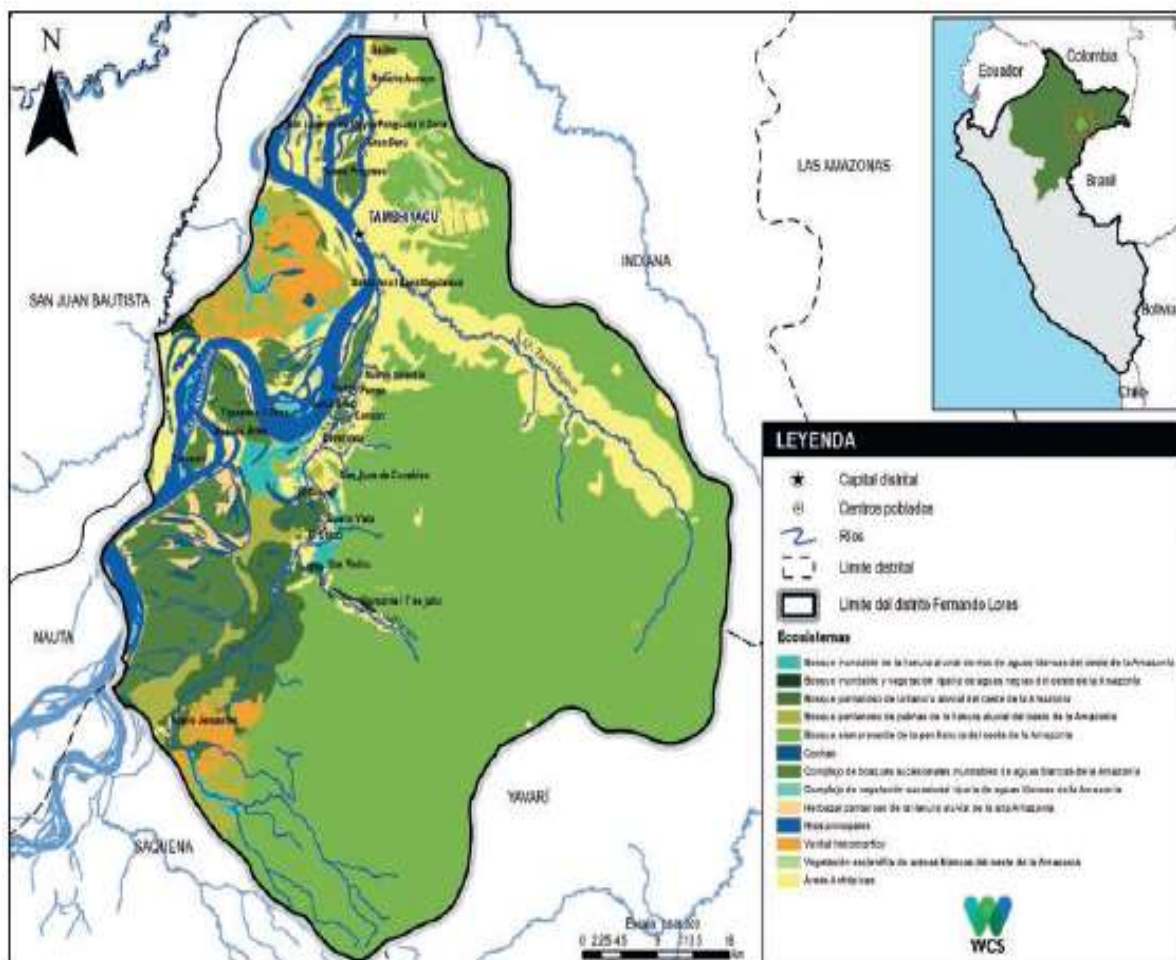
Ecosistemas	Ha	%
Áreas Antrópicas (modificadas por el ser humano: viviendas, chacras, deforestación, etc.)	79 765.8	17.40
Bosque siempre verde de la penillanura del oeste de la Amazonía	258 030	56.28
Bosque inundable de la llanura aluvial de ríos de aguas blancas del oeste de la Amazonía	7 264.9	1.58
Bosque inundable y vegetación riparia de aguas negras del oeste de la Amazonía	974.7	0.21
Bosque pantanoso de palmas de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	21 649.5	4.72
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas de la Amazonía	2 532.7	0.55
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial de la alta Amazonía	3 566.7	0.78
Vegetación esclerófila de arenas blancas del oeste de la Amazonía	1 431.8	0.31
Bosque pantanoso de la llanura aluvial del oeste de la Amazonía	17 214.6	3.75
Complejo de bosques sucesionales inundables de aguas blancas de la Amazonía	29 507.9	6.44
Varillal hidromórfico	12 477.2	2.72
Cochas	3 083.3	0.67
Ríos principales	21 006.1	4.58
Total	458 505.1^a	100

Fuente: municipalidad distrital de Fernando Lores (2019)

^a Dato recopilado de información bibliográfica de la municipalidad distrital de Fernando Lores (2019), sin embargo, en dicha publicación no precisan la metodología que han realizado para establecer estas superficies y como se tiene conocimiento actualmente que no existe una base de datos oficial.

Figura 3

Mapa de ecosistemas de Fernando Lores.



Fuente: municipalidad distrital de Fernando Lores (2019)

Fisiografía de Fernando Lores

La fisiografía de Fernando Lores está compuesta principalmente por colinas bajas, terrazas altas, medianas y bajas como se indica en la Tabla 8.

Tabla 8*Fisiografía de Fernando Lores*

Categorías fisiográficas	Ha	%
Colinas bajas fuertemente disectadas	2 856.9	0.62
Colinas bajas ligera a moderadamente disectadas	224 996	49.07
Complejo de orillares	53 568.4	11.68
Cuerpos de agua	19 418.8	4.24
Islas	13 347.7	2.91
Playas o bancos de arenas	3 827.4	0.83
Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas	67 375.8	14.69
Terrazas bajas de drenaje imperfecto a pobre	9 991.9	2.18
Terrazas bajas de drenaje muy pobre	31 161.0	6.80
Terrazas bajas de drenaje pobre	8 766.9	1.91
Terrazas medias de drenaje bueno a moderado	75.4	0.02
Terrazas medias de drenaje imperfecto a pobre	5 694.4	1.24
Terrazas medias de drenaje muy pobre	11 835.4	2.58
Valle intercolinoso	5 589.2	1.22
Total	458 505.1^a	100

Fuente: municipalidad distrital de Fernando Lores (2019)

^a Dato recopilado de información bibliográfica de la municipalidad Distrital de Fernando Lores (2019), sin embargo, en dicha publicación no precisan la metodología que han realizado para establecer estas superficies y como se tiene conocimiento actualmente que no existe una base de datos oficial.

Zona de vida de Fernando Lores

La zona de vida en la cual se encuentra Fernando Lores según la clasificación de Holdridge y el mapa ecológico del Perú es bosque húmedo tropical (bh-T) (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1976 citado en Inuma, 2018, p. 26).

3.7.3. Descripción de los factores bióticos

Flora

Entre las principales especies de flora podemos encontrar a las siguientes:

Recursos forestales

- lupuna (*Chorisia insignis*),
- cumala (*Virola sebifera Aubl*),
- marupa (*Simarouba amara*),
- cedro (*Cedrela odorata L*),
- moena (*Aniba amazonica Meiz*),
- tornillo (*Cedrelinga cateniformis*),
- quillosa (*Vochysia vismiifolia*),
- catahua (*Hura crepitans L*),
- capirona (*Calycophyllum spruceanum*),

Plantas medicinales

- capinuri (*Naucleopsis ulei*),
- huasai (*Euterpe oleracea*),
- ungurahui (*Oenocarpus bataua*),
- camucamu (*Myrciaria dubia*).

Otras plantas

- humari (*Poraqueiba sericea*),
- piña (*Ananas comosus*),
- aguaje (*Mauritia flexuosa*),
- yuca (*Manihot esculenta*),

- maíz (*Zea mays*),
- frijol (*Phaseolus vulgaris*),
- plátano (*Musa paradisiaca*).

Fauna:

Entre las principales especies de fauna podemos encontrar a las siguientes:

Peces

- tucunaré (*Cichla ocellaris*),
- sábalo (*Prochilodus lineatus*),
- paco (*Colossoma macropomum*),
- acahuarazú (*Astronotus ocellatus*),
- palometa (*Brama brama*),
- gamitanas (*Colossoma macropomum*),
- zungaros (*Pseudoplatystoma punctifer*),
- bagres (*Galeichthys peruvianus*).

Reptiles

- motelo (*Chelonoidis denticulata*),
- iguana negra (*Tupinambis teguixin*),
- shushupe (*Lachesis muta*),
- jergón (*Bothrops atrox*).

Mamíferos

- majaz (*Cuniculus paca*),
- carachupa (*Dasyopus novemcintus*),
- mono tocón (*Callicebus cupreus*),

- sachavaca (*Tapirus terrestres*),
- sajino (*Tayassy tajacu*),
- leoncito (*Cebuelle pigmea*),
- añuje (*Dasyprocta punctata*),
- huangana (*Tayassu pecari*).

Aves

- perdiz (*Alectoris rufa*),
- pucacunga (*Penélope jacquacu*),
- tatatau (*Ibycter americanus*),
- lechuza (*Glaucidium sp.*),
- tucán (*Ramphastos tucanus*),
- saltarín (*Dixiphia pipra*),
- zorzal (*Turdus ignobilis*),
- coliespina (*Synallaxis gujanensis*).

3.7.4. Recopilación y selección de la información

En esta fase se seleccionó las imágenes satelitales mediante la plataforma de Google Earth Engine, siendo las imágenes satelitales de los sensores Landsat (TM, ETM+ y OLI). Se usó estos sensores ya que en el área de estudio existe la presencia de nubes y sombras con las cuales se puede perder información, además, de contar con mayores imágenes satelitales, garantiza que no se pierda la información recopilada por el satélite Landsat 5, 7 y 8 en el mismo periodo de tiempo. Pero la razón principal de optar por el satélite Landsat es por la finalidad por lo que fueron creados para la recolección de datos de los recursos naturales, sin embargo, las características espaciales, espectrales, radiométricas y temporales hacen posible

observar distintas características de la superficie terrestre en cierto rango del espectro (Ochochoque, 2017, p. 50).

Para ello se ha utilizado las imágenes satelitales Landsat de la Tabla 9.

Tabla 9

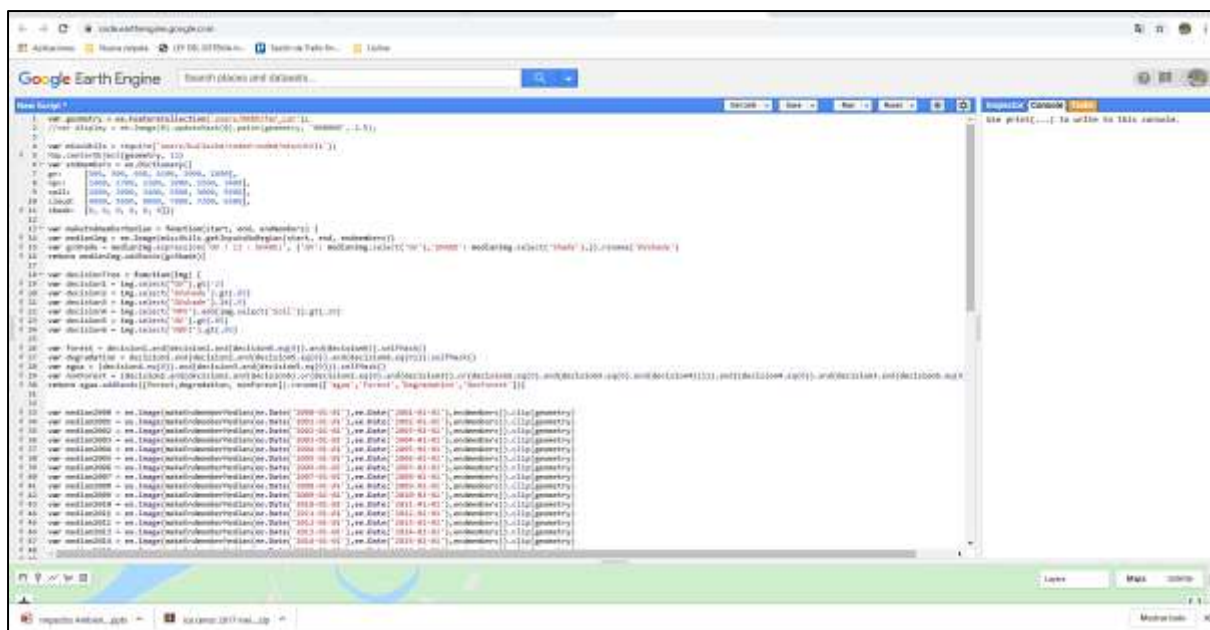
Fechas de imágenes de satélite y sensor

N°	Fechas	Sensor	N° de imágenes analizadas
1	2011-01-05 al 2011-11-12	Landsat 5 TM	24
2	2012-01-01 al 2018-12-01	Landsat 7 ETM +	168
3	2013-03-29 al 2018-12-16	Landsat 8 OLI	133

3.7.4.1. Ingreso de datos en la plataforma de Google Earth Engine (GEE). Para obtener el área de estudio se delimitó en ArcGIS mediante un shapefile (shp) de forma geométrica (polígono), para ello se extrajo el shp del distrito de Fernando Lores del mapa de distritos del MINAM del año 2007.

Posteriormente el shp del distrito de Fernando Lores se ingresó al API JavaScript de GEE juntamente con algoritmos que permitirán obtener los píxeles puros o endmembers, se llamarán a las librerías de las imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8, el índice normalizado de diferencia de fracciones y posteriormente al árbol de decisiones que clasificara la cobertura presente (cuerpos de agua, vegetación secundaria, bosques y pérdida de bosques) para cada año en el área de estudio.

Figura 4
API JavaScript de Google Earth Engine



La ventaja que nos ofrece GEE al ser una plataforma online de procesamiento ya no se requiere descargar gran cantidad de imágenes satelitales ahorrándonos tiempo. Se optó por realizar un análisis multitemporal (comportamiento del NDFI desde el año 2012 al 2018) ya que de esta manera podemos observar como la cobertura va cambiando, ya sea favorablemente (recuperación de la cobertura vegetal) o en contra (deforestación).

3.7.4.2. Endmembers o pixeles puros. En la interfaz de GEE, se ha multiplicado el valor de los endmember o pixeles puros ya establecidos para cada una de las bandas de las imágenes satelitales Landsat menos a las bandas térmicas.

Los pixeles puros “endmembers” empleados en la presente investigación son: vegetación fotosintética (GV), vegetación no fotosintética (NPV), sombra (Shade) y suelo (Soil) (Souza & Siqueira, 2013). La combinación de estas bandas permitirá generar imágenes fraccionales que realzarán cada endmember (Lara, 2017).

3.7.4.3. Imágenes de NDFI (índice normalizado de diferencia de fracciones). El

NDFI mide el grado de intensidad de la degradación del bosque, es así como aquellas áreas intervenidas (degradación) tendrán un porcentaje más alto de vegetación no fotosintética y el suelo tendrá un porcentaje bajo de vegetación fotosintética. Para esta investigación este índice ha sido evaluado en la detección de la degradación del bosque por causa de la tala selectiva y pérdida natural para el distrito de Fernando Lores basado en imágenes Landsat TM, ETM+ y OLI. Los resultados del NDFI en otras investigaciones mostraron una validez para detectar los cambios en la cobertura boscosa (Lara, 2017). Para el cálculo del NDFI se realizó directamente en GEE en el cual se introdujo las bandas de suelo, sombra, vegetación fotosintética y vegetación no fotosintética, las cuales ya se obtuvo anteriormente y se podrá realizar el cálculo mediante la Ecuación 2.

Ecuación 2

Fórmula del NDFI

$$\text{NDFI} = \frac{\text{GV}_{\text{Shade}^-} (\text{NPV} + \text{Soil})}{\text{GV}_{\text{Shade}^+} (\text{NPV} + \text{Soil})} \quad (2)$$

Donde:

NDFI = Índice normalizado de diferencia de fracciones,

GVShade = Miembro puro de vegetación verde o vegetación fotosintética, normalizada,

NPV = Miembro puro de vegetación no fotosintética,

Soil = Miembro puro de suelo.

Ecuación 3

Fórmula del miembro puro GV normalizado

$$\text{GV}_{\text{Shade}} = \frac{\text{GV}}{100 - \text{Shade}} \quad (3)$$

Donde:

GVShade = Miembro puro vegetación fotosintética normalizada,

GV = Miembro puro de vegetación fotosintética,

Shade = Miembro puro de sombras.

3.7.4.4. Árbol de decisiones. Usando el método del árbol de decisiones que consiste en seleccionar parámetros que se ingresan manualmente como son el porcentaje de nubes, la presencia o ausencia del agua, etc. Estos parámetros son utilizados progresivamente siguiendo la estructura del árbol de decisión y obtendremos la clasificación de la cobertura boscosa de manera automática. Al tener ya la clasificación, el tipo de la cobertura y uso del suelo será más simple obtener el área, y con ello comparar con las imágenes de años anteriores para detectar los cambios que se han generado, a esto se denomina “Detección de Cambio”.

Con el método de clasificación mediante al árbol de decisiones, se realizó con las reglas jerárquicas de clasificación en las que se usa como insumos las imágenes de fracciones (Souza et al., 2013, p. 9). Es decir, en el inicio del árbol encontramos a la variable nube, donde $V_{\text{cloud}} \geq 10\%$ los pixeles de dichas imágenes serán clasificadas como nubes (nodo terminal), para los pixeles que no satisfagan esta condición seguirán hacia el siguiente nodo donde encontramos a la variable abundancia de vegetación fotosintética V_{GVs} , esta variable proporciona datos de abundancia de vegetación fotosintéticamente activa en un píxel y es posible diferenciar a las áreas forestadas y no forestadas. Pixeles con valores $V_{\text{GV}} \geq -2\%$ están asociados a cultivos y bosques jóvenes o de crecimiento secundario, para nuestros fines, son clasificados como vegetación secundaria. En el siguiente nodo aplica para valores de V_{NDFI} , donde los pixeles que satisfacen la condición de $V_{\text{NDFI}} \geq 75$ son clasificación como bosque, y los pixeles boscosos que no satisfagan esta condición serán clasificados como

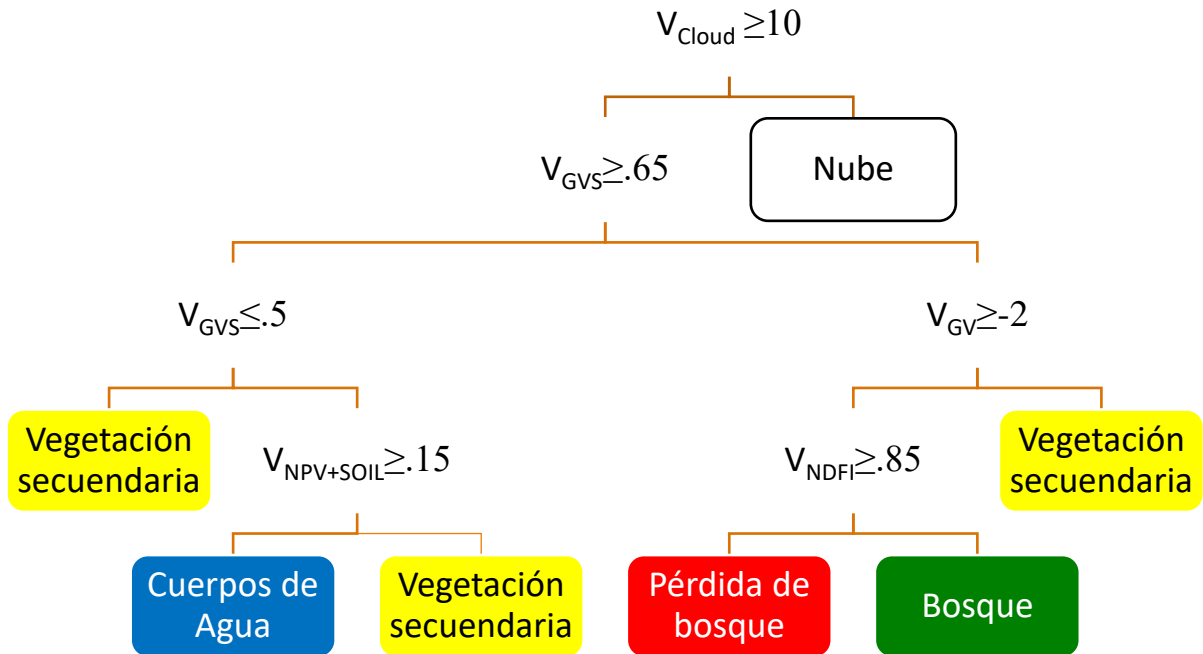
vegetación secundaria. Para la clase de agua se obtuvo de los bajos valores de V_{GV} y $V_{NPV+SOIL}$ (Souza et al., 2013, p. 9).

Con este método aplicado en GEE se logró clasificar las coberturas terrestres en: cuerpos de agua, pérdida de bosque, vegetación secundaria y bosque.

Para la clase de cuerpos de agua engloba a todos los tipos de cursos de agua que se encuentren en la imagen Landsat como son los ríos, pequeñas lagunas, cochas, aguajales, etc. Para la clase de pérdida de bosque engloba a todas las áreas con suelo desnudo, rocas, áreas urbanas, etc. Para la clase vegetación secundaria, está representada por la vegetación herbácea, pastizales, cultivos, purma, etc. Para la clase bosques está formado por todos los tipos de bosque existentes en el distrito de Fernando Lores entre bosques primarios y bosques secundarios, donde el dosel sea mayor a cinco metros de altura además de poseer una cobertura superior a 50% del suelo (Lara, 2017).

Figura 5

Árbol de decisiones.



Fuente: Adaptado de Souza et al. (2013)

El resultado del árbol de decisiones son 4 ráster cuyas categorías se describen en la Tabla 10. Para cada año desde el 2012 al 2018, estos rasters fueron unidos a través de la función (mosaico) para cada año en el software ENVI.

Tabla 10

Categorías utilizadas para la clasificación de la cobertura boscosa

N°	Categoría
1	Cuerpos de Agua
2	Vegetación Secundaria
3	Bosque
4	Pérdida de Bosque
5	Nulo (nubes)

3.7.4.5. Generación de mapas temáticos. El raster resultante del mosaico fue procesado en el software ArcGIS 10.5. Con la función de from raster- raster to polygon con la finalidad de obtener el formato vectorial.

Posterior a ello, se usó la función extract-clip para recortar el área de estudio del polígono general. Y por último se procedió a categorizar mediante layer properties en la opción symbology-categories-unique values (grid code).

Figura 6

Cobertura boscosa final



Nota. En la Figura se aprecia el resultado final del procesamiento de las imágenes Landsat y del árbol de decisiones.

Las coberturas boscosas y el uso actual del suelo resultantes del análisis y procesamiento de las imágenes satelitales Landsat se plasmaron en los mapas temáticos ver Anexo 2.

3.7.4.6. Validación. Para la validación del mapa de cobertura boscosa del año 2018 se consideró las imágenes satelitales de Sentinel 2A, de 10 metros de resolución espacial. La unidad maestra fue un punto, con el método de muestreo simple al azar, con un error del 4%, el número de unidades muestrales fue de 242 puntos. La distribución de las unidades muestrales se realizó mediante la herramienta random points de ArcGIS 10.5, posterior a ello se procedió a calcular la precisión de correspondencia entre el mapa y el terreno mediante la matriz de confusión y con el coeficiente Kappa.

IV. RESULTADOS

4.1. Cobertura boscosa existente en el distrito de Fernando Lores mediante la aplicación del índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI).

En el software ArcGIS se ingresó el shapefile (shp) de distritos del Perú que se descargó del portal del MINAM y del cual se extrajo solo el distrito de Fernando Lores. Posteriormente el vector de formato “.shp” del distrito de Fernando Lores se ingresó al API JavaScript de GEE, luego se carga la librería en Java script (js) “miscUtils.js”, cabe resaltar que la librería “miscUtils.js” contiene las funciones para realizar el filtrado de los píxeles por sombras y nubes usando la banda de calidad “QA”, también obtiene el algoritmo de la desmezcla espectral para poder calcular las variables NPV (vegetación no fotosintética), GV (vegetación verde) y soil (suelo). Para la desmezcla espectral se emplea los píxeles puros o endmembers (muestras de reflectancia de superficie de NPV, GV y soil) para las imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8. Una vez obtenida las variables de las desmezclas espectrales se procede a realizar el cálculo del índice normalizado de diferencia de fracciones (NDFI), y por medio del árbol de decisiones se ingresarán las condiciones mínimas o máximas que deberá de cumplir cada variable para poder discriminar los cuerpos de agua, la vegetación secundaria, el bosques y la pérdida de bosques, adicionalmente se ingresa la variable que determina la mediana de todas las imágenes satelitales para cada año, con la finalidad de obtener la mayor cantidad de información (y no se pierda por la presencia de nubes o por errores del propio sensor) sobre el distrito Fernando Lores, es por ello que se va analizando todas las imágenes disponibles para cada año de estudio desde el 2012 al 2018. Como último paso se obtendrá la clasificación de la cobertura en la zona de estudio la cual está compuesta por cuatro rasters (cuerpos de agua, vegetación secundaria, bosques y pérdida de bosques) los cuales serán guardados en la nube de Google (Drive) y que posteriormente se descargaron

para poder generar un mosaico en el software ArcGIS. Es así como se obtuvo un mosaico para cada año de estudio lo que permitió evaluar cómo fue cambiando año a año la superficie de cada cobertura.

Para el distrito de Fernando Lores se ha identificado y clasificado la cobertura en base al NDFI y el árbol de decisiones en:

- **Cuerpos de agua:** incluyen a los lagos, lagunas y ríos con una tonalidad azul.
- **Vegetación secundaria:** compuesta por vegetación herbácea, pastizales, cultivos, purma, etc. con una tonalidad amarilla.
- **Bosques:** integrado por bosques primarios y bosques secundarios, donde el dosel sea mayor a cinco metros de altura además de poseer una cobertura superior a 50% del suelo (Lara, 2017), con tonalidad verde oscuro.
- **Pérdida de bosque:** compuesto por suelo desnudo, rocas, áreas urbanas, etc., con tonalidad de rojo.
- **Nulo:** aquellas áreas de las que no se obtuvo información debido a presencia de nubes en el área de estudio.

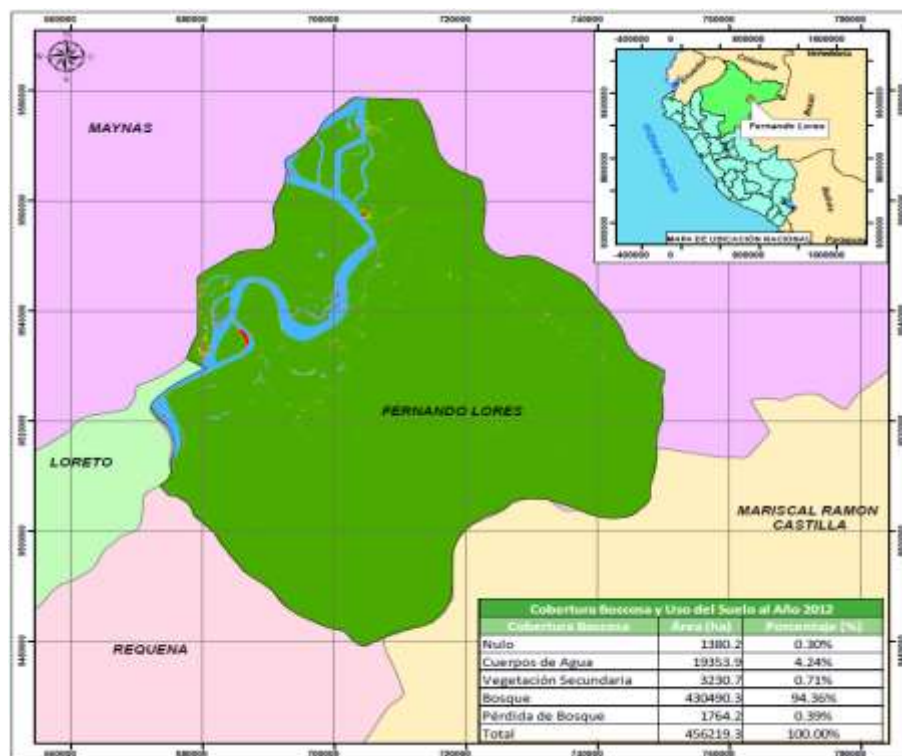
4.2. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el periodo de los años comprendidos entre 2012 al 2018.

4.2.1. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2012

En el año 2012 que es el año base del cual partiremos para identificar el cambio la cobertura boscosa y uso actual del suelo, la zona de estudio ya presenta 1 764.2 Ha de pérdida de bosque (tonalidad roja), es decir, el 0.39% del total del área estudiada, también se muestra el lecho del río y demás cuerpos de agua los cuales representan el 4.24% del total de la extensión superficial.

Figura 7

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2012



En la Tabla 11, se muestra que la mayor extensión superficial es ocupada por bosque que representa el 94.36% para el año 2012, mientras que los cuerpos de agua, vegetación secundaria y la pérdida de bosque constituyen un bajo porcentaje del total.

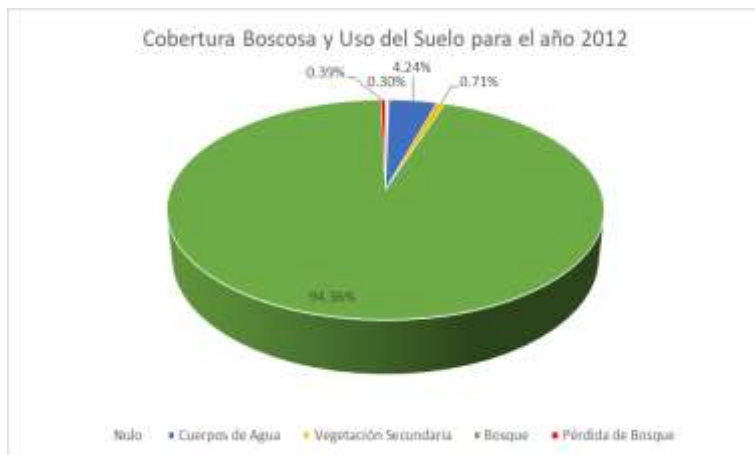
Tabla 11

Categorías y áreas para el año 2012

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2012		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1 380.2	0.30
Cuerpos de agua	19 353.9	4.24
Vegetación secundaria	3 230.7	0.71
Bosque	430 490.3	94.36
Pérdida de bosque	1 764.2	0.39
Total	45 6219.3	100.00

Figura 8

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2012



4.2.2. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2013

En el año 2013 se muestra un ligero incremento en la pérdida de bosque representado el 0.52% del total del área de estudio. A comparación del año 2012 podemos observar una pérdida de bosque de color rojo en el lado noreste del distrito de Fernando Lores, en el fundo Tamshiyacu, lo que ha generado una pérdida de bosque primario y generando efectos secundarios. En la parte superior derecha se observa que aquellas tierras categorizadas en el año 2012 como tierras forestales pasaron a ser suelos agrícolas ya que en esta zona se tiene la certeza que la empresa Tamshi S.A.C. taló el bosque primario para sembrar palma aceitera y cacao.

Figura 9

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2013

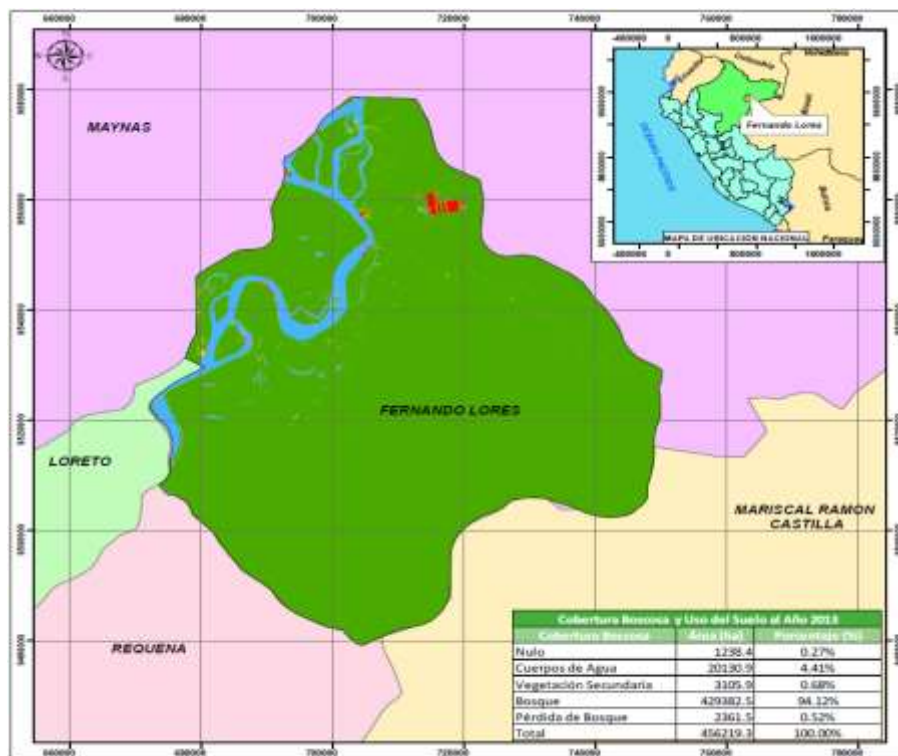


Tabla 12

Categorías y áreas para el año 2013

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2013		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1 238.4	0.27
Cuerpos de agua	20 130.9	4.41
Vegetación secundaria	3 105.9	0.68
Bosque	429 382.5	94.12
Pérdida de bosque	2 361.5	0.52
Total	456 219.3	100.00

Figura 10

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2013

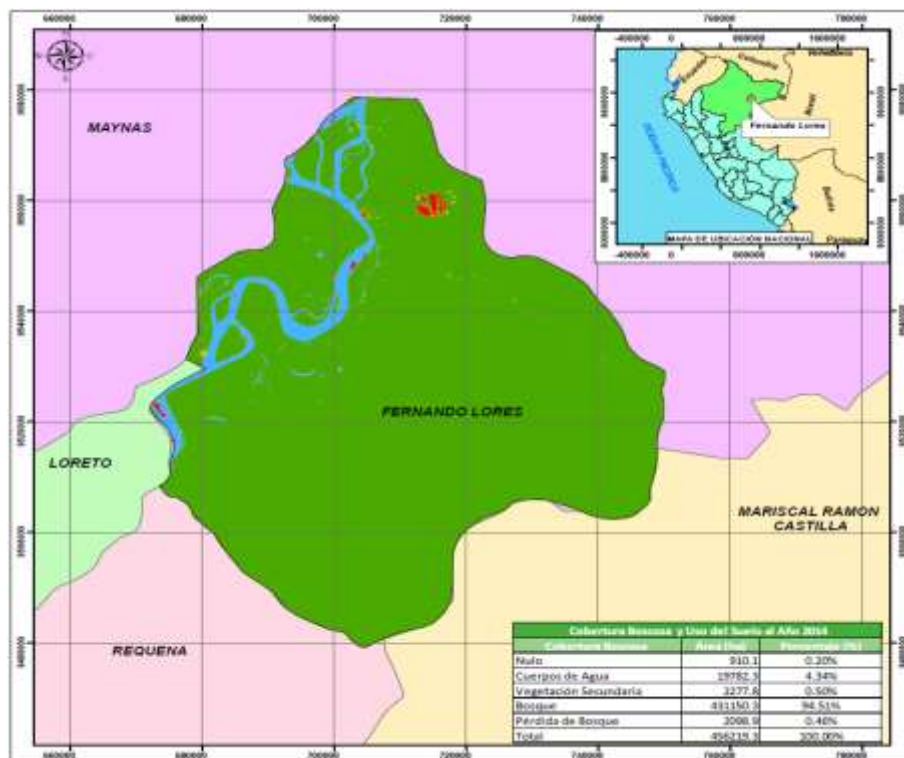


4.2.3. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2014

Para el año 2014 la pérdida de bosque presenta una ligera disminución a comparación el año 2013 llegando a un total del 0.46% del total del área de estudio, la vegetación secundaria tiene un total del 0.50% lo que representa una ligera disminución a comparación del año 2013.

Figura 11

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2014

**Tabla 13**

Categorías y áreas para el año 2014

Cobertura Boscosa y uso del suelo al año 2014		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	910.1	0.20
Cuerpos de agua	19 782.3	4.34
Vegetación secundaria	2 277.8	0.50
Bosque	431 150.3	94.51
Pérdida de bosque	2 098.9	0.46
Total	456 219.3	100.00

Figura 12

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2014

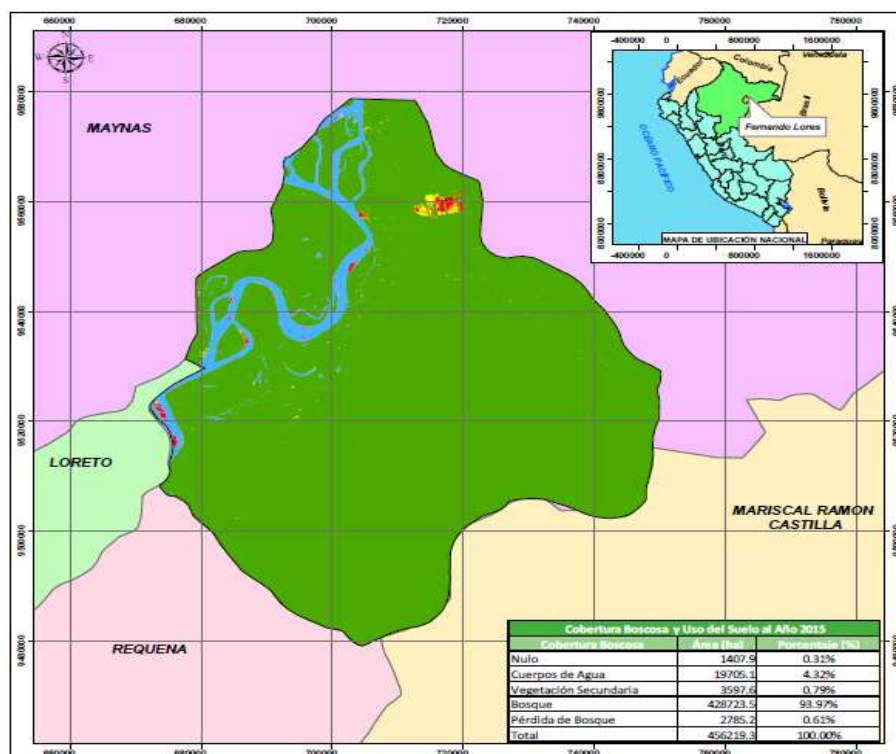


4.2.4. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2015

Para el año 2015 se puede apreciar un aumento de la pérdida de bosque de 0.61% y de vegetación secundaria de 0.79% a comparación del año 2014, por lo que aún tenemos una pérdida de bosque para el área de estudio.

Figura 13

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2015

**Tabla 14**

Categorías y áreas para el año 2015

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2015		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1 407.9	0.31
Cuerpos de agua	19 705.1	4.32
Vegetación secundaria	3 597.6	0.79
Bosque	428 723.5	93.97
Pérdida de bosque	2 785.2	0.61
Total	456 219.3	100.00

Figura 14

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2015

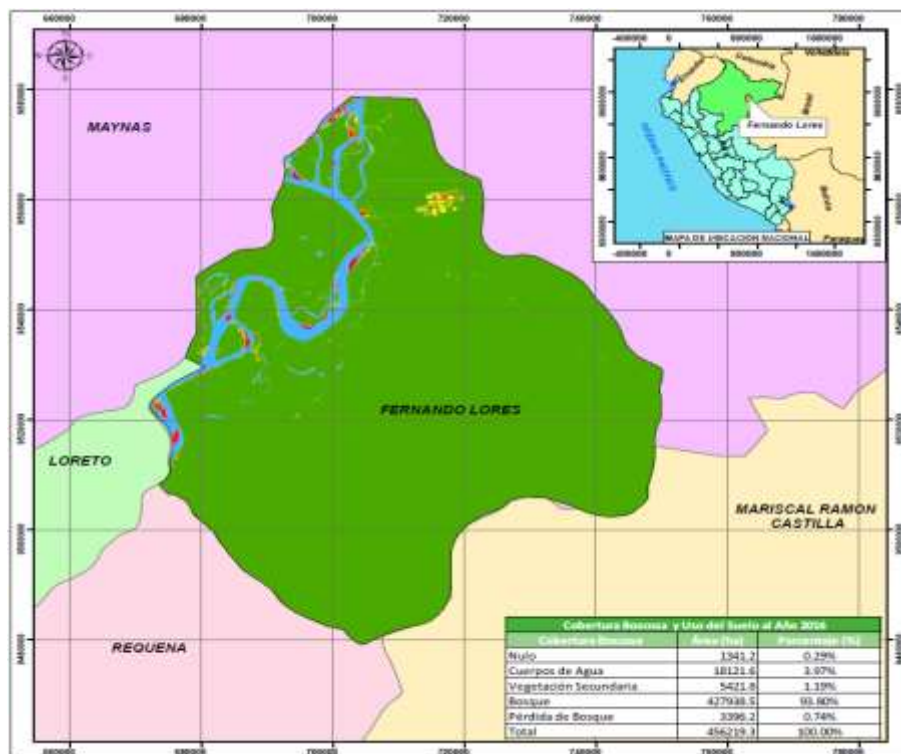


4.2.5. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2016

En este año se puede observar como la pérdida de bosque y la vegetación secundaria va en aumento en comparación del año 2015, de 2 785.2 Ha a 3 396.2 Ha para la pérdida de bosque y de 3 597.6 Ha a 5 421.8 Ha para la vegetación secundaria en el año 2016. A la vez se pudo observar que el caudal de río Amazonas disminuyó, lo que estaría generando presencia de islas sedimentarias o deltas, por lo que se está considerando como a esta área como pérdida.

Figura 15

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2016

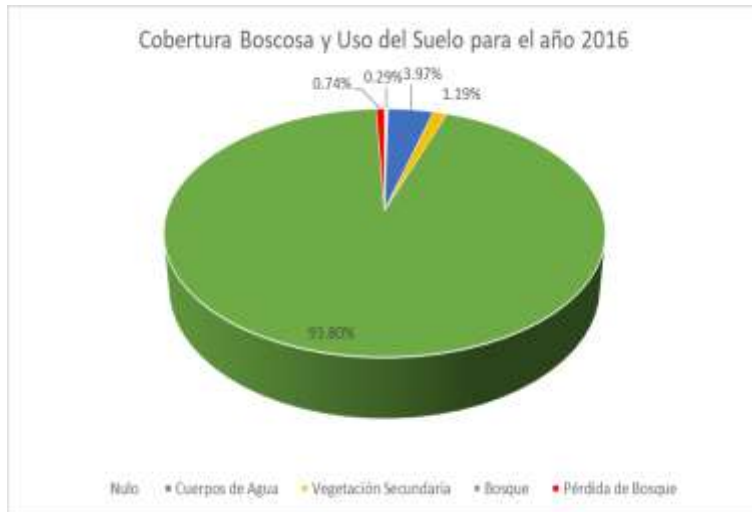
**Tabla 15**

Categorías y áreas para el año 2016

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2016		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1 341.2	0.29
Cuerpos de agua	18 121.6	3.97
Vegetación secundaria	5 421.8	1.19
Bosque	427 938.5	93.80
Pérdida de bosque	3 396.2	0.74
Total	456 219.3	100.00

Figura 16

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2016

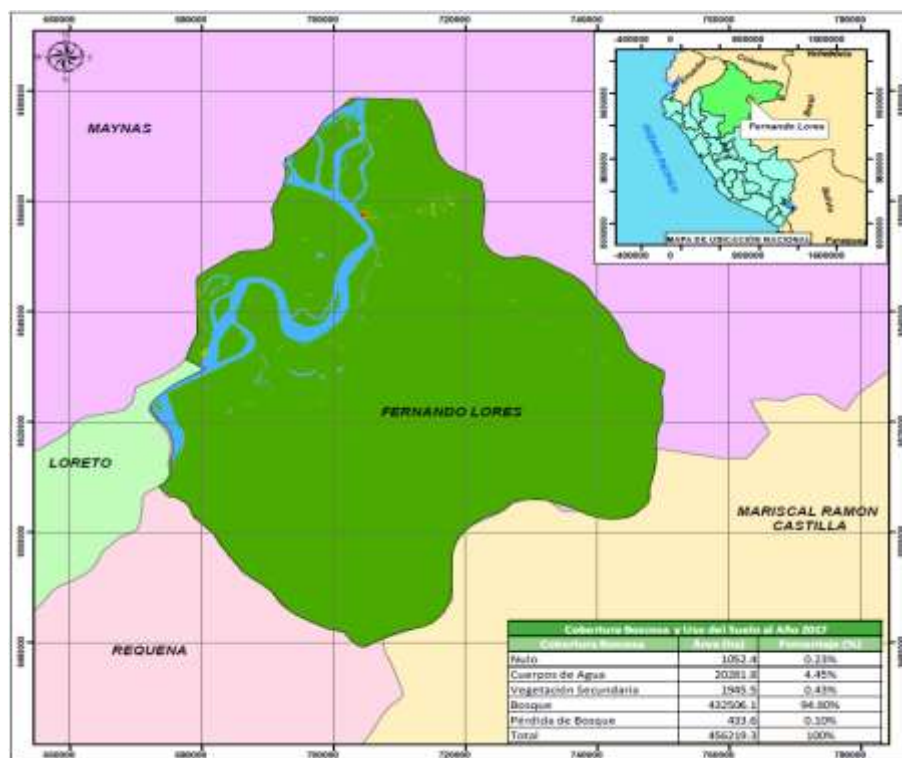


4.2.6. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2017

Para este año se presenta una disminución de pérdida de bosque de 0.10% y de vegetación secundaria de 0.43% del total del área de estudio. La poca pérdida de la cobertura boscosa a comparación de los años anteriores se debe a la posible presencia de nubes en el área de estudio provocando que se pierdan datos, cabe señalar la posibilidad que durante los meses de invierno aquellas áreas consideradas como deforestación se hubiesen recuperado y contener alguna especie de vegetación lo cual nuestro algoritmo lo esté clasificando como vegetación secundaria.

Figura 17

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2017

**Tabla 16**

Categorías y áreas para el año 2017

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2017		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1 052.4	0.23
Cuerpos de agua	20 281.8	4.45
Vegetación secundaria	1 945.5	0.43
Bosque	432 506.1	94.80
Pérdida de bosque	433.6	0.10
Total	456 219.3	100

Figura 18

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2017

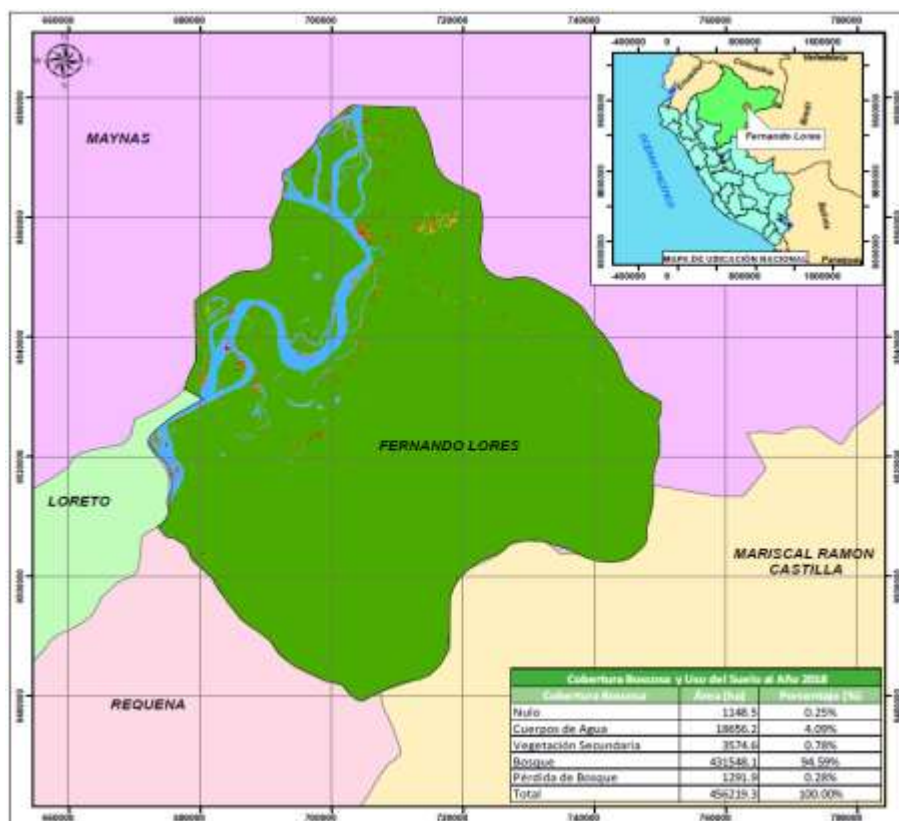


4.2.7. Comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el año 2018

En este año volvemos a observar un incremento de pérdida de bosque en 1 291.9 Ha lo que representa un total de 0.28% el área de estudio, mientras que para la vegetación secundaria observamos un aumento lo que representa el 0.78% del total de la superficie.

Figura 19

Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo para el año 2018

**Tabla 17**

Categorías y áreas para el año 2018

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2018		
Cobertura boscosa	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1 148.5	0.25
Cuerpos de agua	18 656.2	4.09
Vegetación secundaria	3 574.6	0.78
Bosque	431 548.1	94.59
Pérdida de bosque	1 291.9	0.28
Total	456 219.3	100.00

Figura 20

Cobertura boscosa y uso del suelo al año 2018



4.2.8. Resumen del comportamiento temporal de la cobertura boscosa y uso del suelo en el periodo comprendido de los años 2012-2018.

En la Tabla 18 se detallan las áreas que ocupa cada clasificación como son cuerpos de agua, vegetación secundaria, bosque y pérdida de bosque, y el porcentaje que ocupan para el distrito de Fernando Lores. Como resultados se tiene que en mayor proporción (>93%) está ocupado por bosques, seguido de los cuerpos de agua (>4%), continua la vegetación secundaria (>0.40%).

Tabla 18*Resumen de áreas, coberturas durante los años 2012 al 2018*

Años	Cuerpos de agua		Vegetación secundaria		Bosque		Pérdida de bosque	
	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)	Área (Ha)	Porcentaje (%)
2012	19 353.9	4.24	3 230.7	0.71	430 490.3	94.36	1 764.2	0.39
2013	20 130.9	4.41	3 105.9	0.68	429 382.5	94.12	2 361.5	0.52
2014	19 782.3	4.34	2 277.8	0.50	431 150.3	94.51	2 098.9	0.46
2015	19 705.1	4.32	3 597.6	0.79	428 723.5	93.97	2 785.2	0.61
2016	18 121.6	3.97	5 421.8	1.19	427 938.5	93.80	3 396.2	0.74
2017	20 281.8	4.45	1 945.5	0.43	432 506.1	94.80	433.6	0.10
2018	18 656.2	4.09	3 574.6	0.78	431 548.1	94.59	1 291.9	0.28

Figura 21

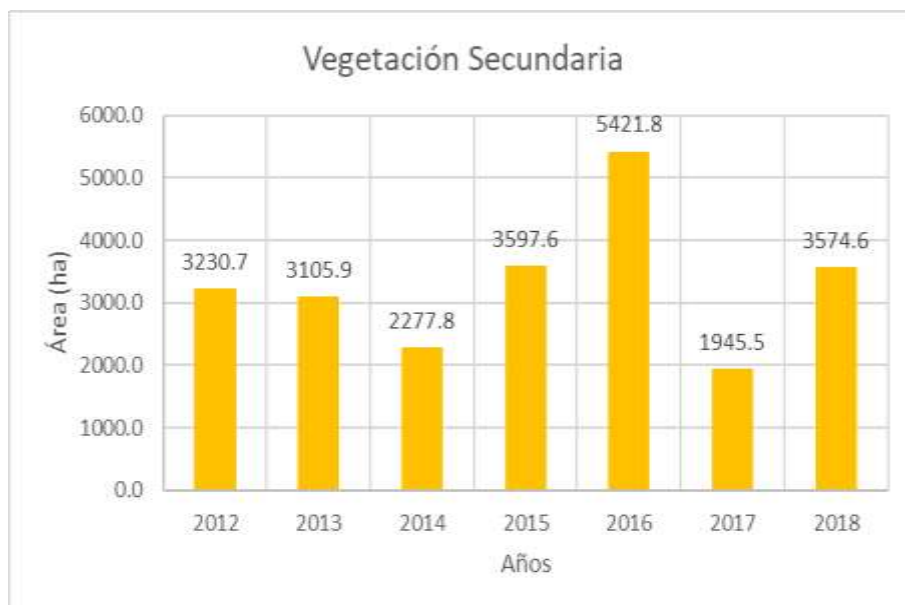
Variación de los cuerpos de agua durante los años 2012 al 2018



De la Figura 21 se observa que el área de los cuerpos de agua ha ido variando desde el 2012 al 2018, desde el año 2012 al 2015 se ve una ligera variación en la superficie. En el año 2017 presenta una mayor área con 20 281.8 Ha que representan el 4.45% del área total estudiada, y el año 2016 se tiene 18 121.6 Ha, es decir 3.97% del total del área, en este año probablemente el caudal de los ríos disminuyó provocando la exposición de islas sedimentarias y la margen de los ríos.

Figura 22

Variación de la vegetación secundaria durante los años 2012 al 2018



En la Figura 22 se puede observar que para el año 2012 se tenía 3 230.7 Ha, partiendo de este dato se ve claramente como fue variando la vegetación secundaria, es así que para el año 2016 la vegetación secundaria ocupa el 1.19% del territorio con 5 421.8 Ha, es decir hubo mayor presencia cultivos de panllevar, pastos y/o purma para aquellas zonas en las que el uso del suelo es para agricultura y por alguna razón se ha dejado de sembrar y/o producir dichos cultivos, en comparación al año 2017 que presenta una menor área ocupada por la vegetación secundaria de 1 945.5 Ha (0.43%).

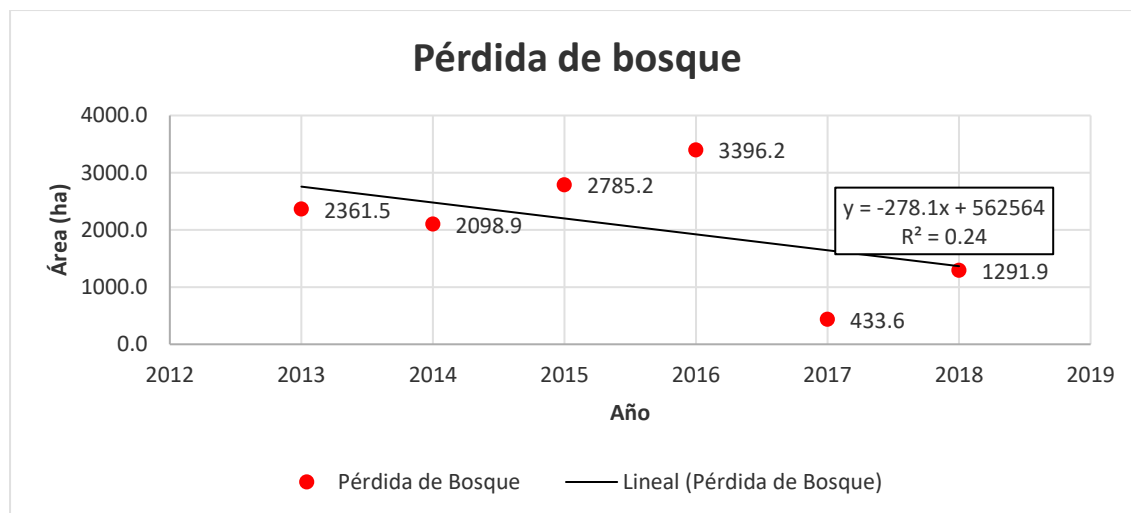
Figura 23

Variación de los bosques durante los años 2012 al 2018



Para la Figura 23 se observa la variación de bosque, el cual fue cambiando a lo largo de los años desde el 2012, en este año la cobertura de bosques fue de 430 490.3 Ha y en el año 2013 sufrió una disminución en 1 107.8 Ha en relación con el año anterior y para el año 2017 se evidencia una recuperación del bosque ocupando un total de 432 506.1 Ha, es decir, el 94.80% y para el año 2018 ocupando 431 548.1 Ha (0.28%). Se puede asumir que a partir del año 2017 se frena el proceso de pérdida de bosque en forma parcial debido a las nuevas normas que regulan el aprovechamiento del recurso bosque y la operatividad más severa de los organismos como OSINFOR y la Fiscalía del Medio Ambiente.

Con respecto al uso del suelo se asume que los suelos forestales fueron cambiados de uso especialmente a suelos agrícolas en el año 2012 con la intención de sembrar monocultivos agroindustriales, además de ampliar la frontera agrícola para aquellos cultivos tradicionales que se producen en Fernando Lores.

Figura 24*Regresión lineal de pérdida de bosques*

De la Figura 24 para la pérdida de bosque, teniendo como base el año 2012 en el cual el NDFI ha detectado una superficie sin cobertura boscosa de 1 764.2 Ha y partiendo desde este año se puede observar que año a año está pérdida fue aumentando y de acuerdo con la ecuación de regresión lineal se interpreta que, por cada año que transcurra, se espera una pérdida de la superficie de bosques en 278 Ha. Con un coeficiente $R^2 = 0.24$. También se observa que, a nivel del distrito de Fernando Lores, la pérdida de cobertura boscosa aumentó desde el año 2013 al 2016 y en gran parte se debe a la deforestación con la finalidad de introducir especies agroindustriales y demás especies de panllevar, además de la apertura de carreteras para interconectar las diferentes comunidades y también se debe al incremento demográfico. Así mismo es factible considerar la pérdida de bosque incluso de forma natural. La mayor cantidad de pérdida de cobertura boscosa se da en zonas próximas a carreteras y riberas de los ríos. Es importante destacar la incorporación de las islas sedimentarias formadas por el bajo caudal de los ríos como pérdida de cobertura ya que no se registra presencia de vegetación fotosintética. En contraste con el año 2017 se puede asumir que el

área de pérdida de bosque se debe al incremento del caudal del río Amazonas, río Tahuayo y río Yarapa ya que las islas sedimentarias (que representan la mayor proporción de área considerada como pérdida de bosque por no contener vegetación fotosintética) fueron cubiertas por las aguas de estos ríos.

Del análisis multitemporal se logró observar que la pérdida de bosque se concentra alrededor del río Amazonas, río Tahuayo, río Yarapa, quebrada Tamshiyacu y en el Fundo Tamshiyacu, en este último se deforestó especies nativas del bosque primario modificando el uso de suelo forestal a uso agrícola sin tener una autorización por parte de la autoridad competente con la finalidad de sembrar especies agroindustriales de cacao y palma aceitera por parte de la empresa Tamshi S.A.C.

Además, la presencia de centros poblados en el distrito de Fernando Lores hace que se produzca un cambio de uso del suelo forestal y/o vegetación secundaria a uso agrícola ya que aquellos pobladores al ser dueños de pequeñas parcelas han talado para poder sembrar sus cultivos de pan llevar.

4.2.9. Validación de resultados para el año 2018

Del mapa obtenido para el año 2018 en la que se estableció las categorías de cuerpos de agua, vegetación secundaria, bosque y pérdida de bosque para el distrito de Fernando Lores (ver Figura 25) con lo que se logró determinar el cambio de la cobertura boscosa y el uso del suelo.

Para esta validación se ingresaron 242 puntos en la imagen satelital Sentinel (ver Figura 26) y con ello calcular la precisión del mapa y terreno en la matriz de confusión y el coeficiente Kappa.

Figura 25

Estimación de cobertura boscosa para el año 2018

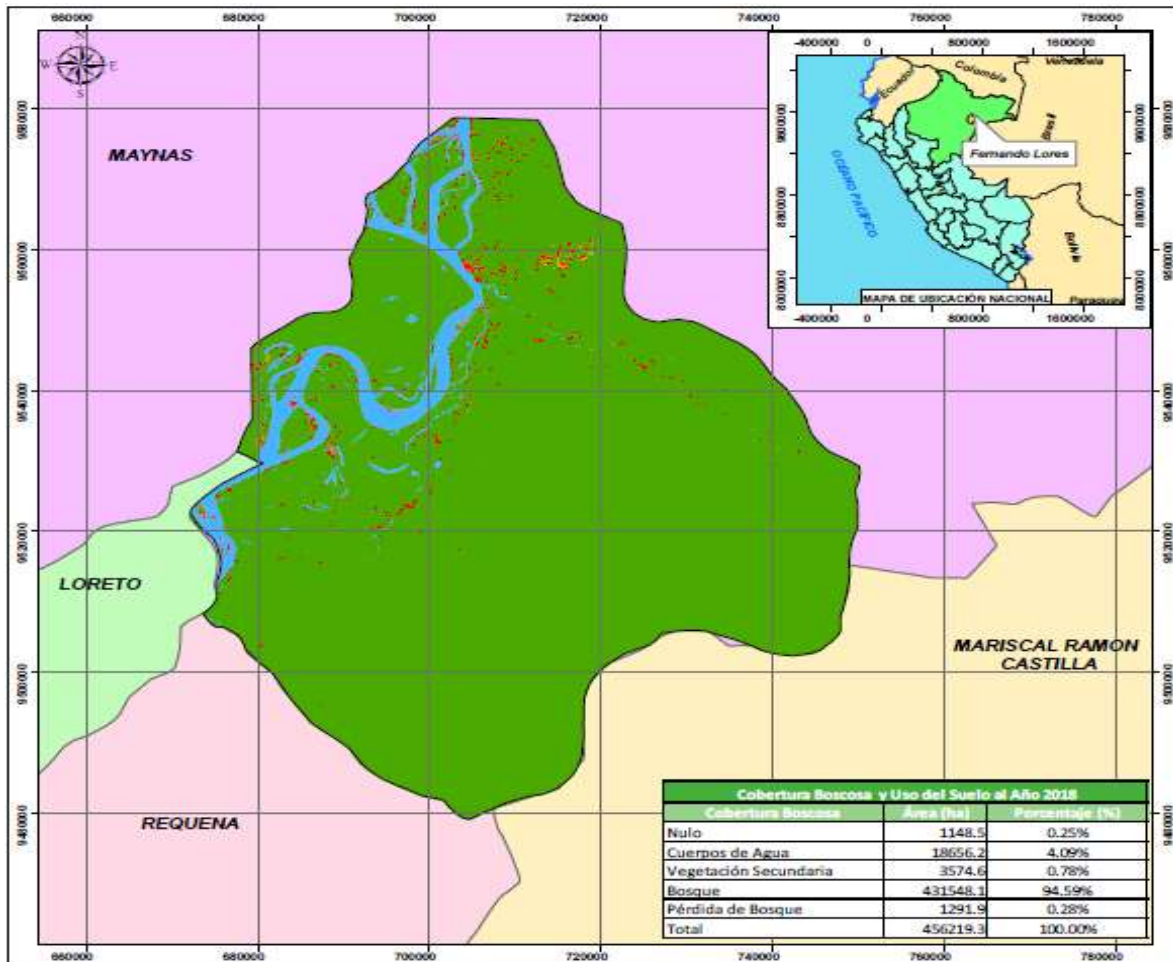


Figura 26

Puntos de verificación para el año 2018 en imagen satelital Sentinel

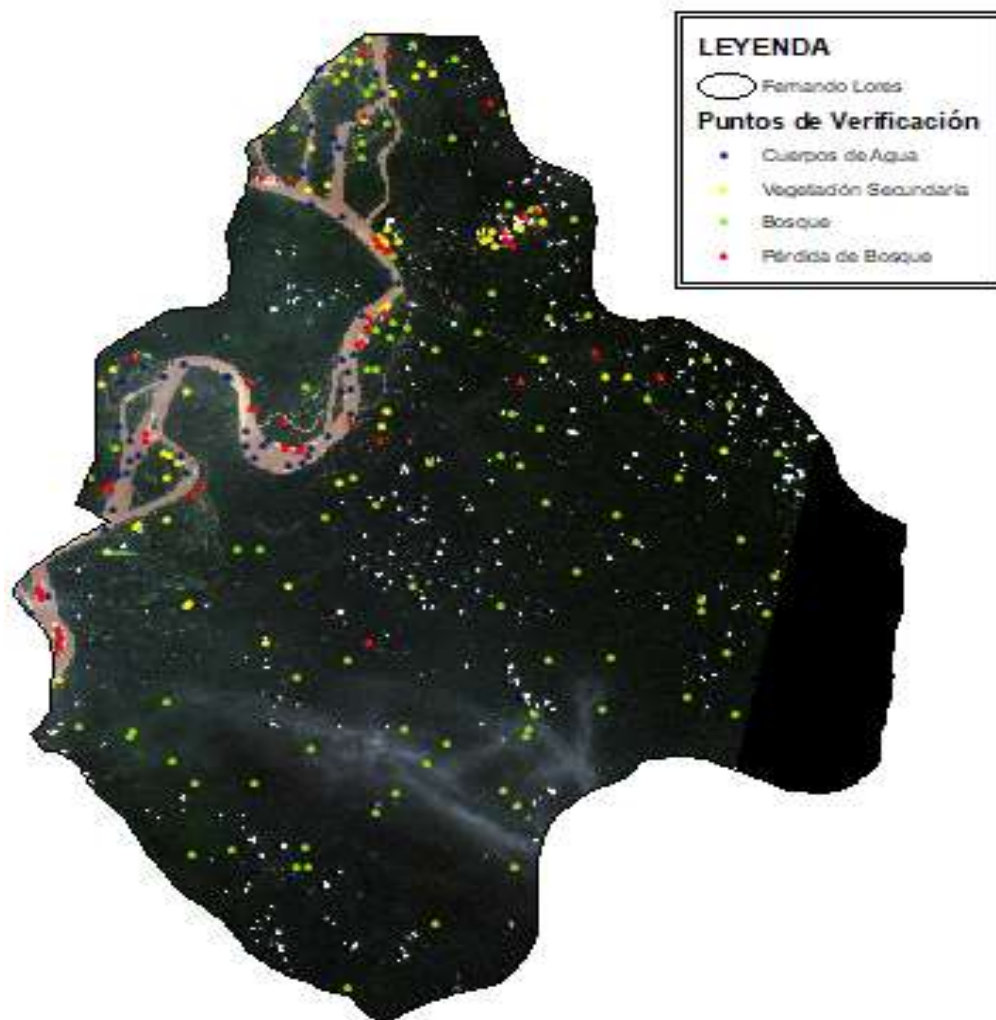


Tabla 19*Matriz de confusión del mapa para el año 2018*

		Referencia de Resultados					Clasificación general	Precisión del productor (%)
		Cuerpos de agua	Vegetación secundaria	Bosque	Pérdida de bosque			
Resultados de Clasificación	Cuerpos de agua	45	0	0	7	52	86.36	
	Vegetación secundaria	2	35	2	11	50	70	
	bosque	1	5	83	1	90	92.22	
	Pérdida de bosque	0	2	1	47	50	94	
	Verdad general	48	42	86	66	242		
	Precisión del usuario (%)	93.75	83.33	96.51	71.21			
Precisión general (%)		86.78						
Kappa		0.82						

La validación del mapa de cobertura boscosa para el año 2018 tiene una precisión general del 86.78% y un coeficiente kappa de 0.82 lo que indica que se encuentra dentro del rango de 0.81 a 1.00 dando una fuerza de concordancia casi perfecta.

4.3. Principales efectos generados por el cambio de la cobertura y el uso del suelo en Fernando Lores

Los efectos generados por el cambio de la cobertura boscosa generan desequilibrios ambientales que pueden ser: cambio en el ciclo hidrológico, lixiviación, compactación y erosión de los suelos, pérdida de la biodiversidad, alteración en la calidad del agua y de la vida acuática, incremento de emisiones de dióxido de carbono producto de las quemadas ocasionadas por los propios pobladores de la zona con la finalidad de desmontar la selva y eliminar rastros de una siembra anterior y poder continuar con la siguiente siembra (Samanez, 1990).

4.3.1. Factores que se encuentran asociados a la pérdida de cobertura boscosa y el uso del suelo

Cuando hablamos de la pérdida de la cobertura boscosa y el uso del suelo en el distrito de Fernando Lores, existen varios factores tanto naturales como antrópicos, siendo la agricultura uno de los factores que modifican el territorio por ejemplo el talar y quemar pequeñas zonas para cultivar especies de panllevar y que les genere algunas ganancias para los propios pobladores de esta zona, también este distrito ha llamado la atención de empresas cuyo fin es instalar monocultivos agroindustriales, que al encontrar un espacio en el cual sembrar monocultivos, provocan grandes pérdidas de los beneficios ecosistémicos que nos brindan los bosques.

Tabla 20*Superficie sembrada por los principales cultivos del distrito de Fernando Lores*

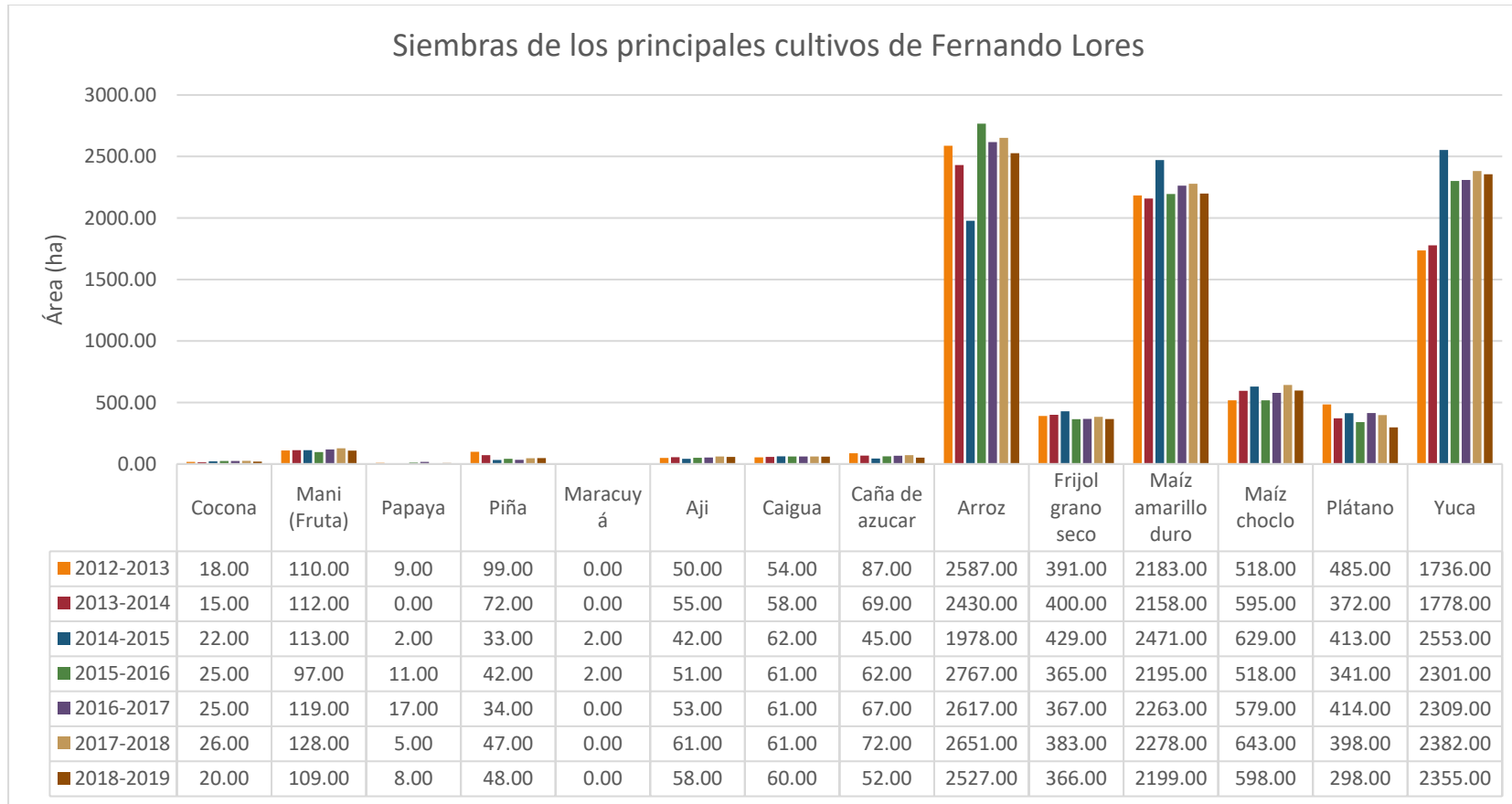
Cultivo	Campaña agrícola						
	Siembras (Ha)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aguaje	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camucamu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cocona	18.00	15.00	22.00	25.00	25.00	26.00	20.00
Cocotero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Guayabo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mango	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caimito	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maní (fruta)	110.00	112.00	113.00	97.00	119.00	128.00	109.00
Pacae o guabo	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00
Papaya	9.00	0.00	2.00	11.00	17.00	5.00	8.00
Pijuayo (fruta)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Piña	99.00	72.00	33.00	42.00	34.00	47.00	48.00
Maracuyá	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00
Naranja	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00

Campaña agrícola							
Cultivo	Siembras (Ha)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ají	50.00	55.00	42.00	51.00	53.00	61.00	58.00
Caigua	54.00	58.00	62.00	61.00	61.00	61.00	60.00
Caña de azúcar	87.00	69.00	45.00	62.00	67.00	72.00	52.00
Arroz	2 587.00	2 430.00	1 978.00	2 767.00	2 617.00	2 651.00	2 527.00
Frijol grano seco	391.00	400.00	429.00	365.00	367.00	383.00	366.00
Huasai	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limón sutil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maíz amarillo duro	2 183.00	2 158.00	2 471.00	2 195.00	2 263.00	2 278.00	2 199.00
Maíz choclo	518.00	595.00	629.00	518.00	579.00	643.00	598.00
Palto	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
Plátano	485.00	372.00	413.00	341.00	414.00	398.00	298.00
Yuca	1 736.00	1 778.00	2 553.00	2 301.00	2 309.00	2 382.00	2 355.00

Fuente: Adaptado de MIDAGRI (2020)

Figura 27

Superficie agrícola sembrada por los principales cultivos del distrito de Fernando Lores



En la Tabla 20 y en la Figura 27 se muestra la superficie sembrada por los principales cultivos del distrito de Fernando Lores durante los años 2012 al 2018 en el cual predomina el arroz, el maíz amarillo duro, y la yuca probablemente el aumento en la siembra de estos cultivos se debe a la gran acogida por parte de los pobladores.

Tabla 21

Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores

Campaña agrícola							
Cultivo	Cosechas (Ha)						
	2012- 2013	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2018- 2019
Aguaje	62.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00
Camucamu	115.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00
Cocona	51.00	63.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
Cocotero	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Guayabo	15.00	20.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
Mango	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Caimito	22.00	22.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
Maní (fruta)	102.00	110.00	92.00	91.00	108.00	130.00	149.00
Pacae o guabo	117.00	120.00	109.00	109.00	109.00	109.00	109.00
Papaya	22.00	36.00	36.00	36.00	37.00	22.00	23.00
Pijuayo (fruta)	180.00	170.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00
Piña	751.00	538.00	538.00	538.00	541.00	544.00	547.00
Maracuyá	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Naranja	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Ají	40.00	50.00	60.00	40.00	56.00	52.00	56.00
Caigua	46.00	55.00	49.00	52.00	65.00	79.00	67.00
Caña de azúcar	375.00	346.00	346.00	346.00	348.00	351.00	353.00
Arroz	2 424.00	2 597.00	2 670.00	2 205.00	2 353.00	2 393.00	2 537.00

Campaña agrícola							
Cultivo	Cosechas (Ha)						
	2012- 2013	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2018- 2019
Frijol grano seco	422.00	396.00	405.00	368.00	359.00	371.00	380.00
Huasai	147.00	147.00	147.00	147.00	147.00	147.00	147.00
Limón sutil	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00	134.00
Maíz amarillo duro	1 216.00	2 072.00	1 921.00	2 225.00	2 257.00	2 077.00	2 356.00
Maíz choclo	495.00	527.00	529.00	612.00	580.00	445.00	633.00
Palto	25.00	31.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
Plátano	1 298.00	1 324.00	1 324.00	1 324.00	1 334.00	1 341.00	1 344.00
Yuca	1 027.00	1 642.00	1 547.00	1 959.00	2 022.00	2 037.00	2 124.00

Fuente: Adaptado de MIDAGRI (2020)

Figura 28

Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores por campaña agrícola

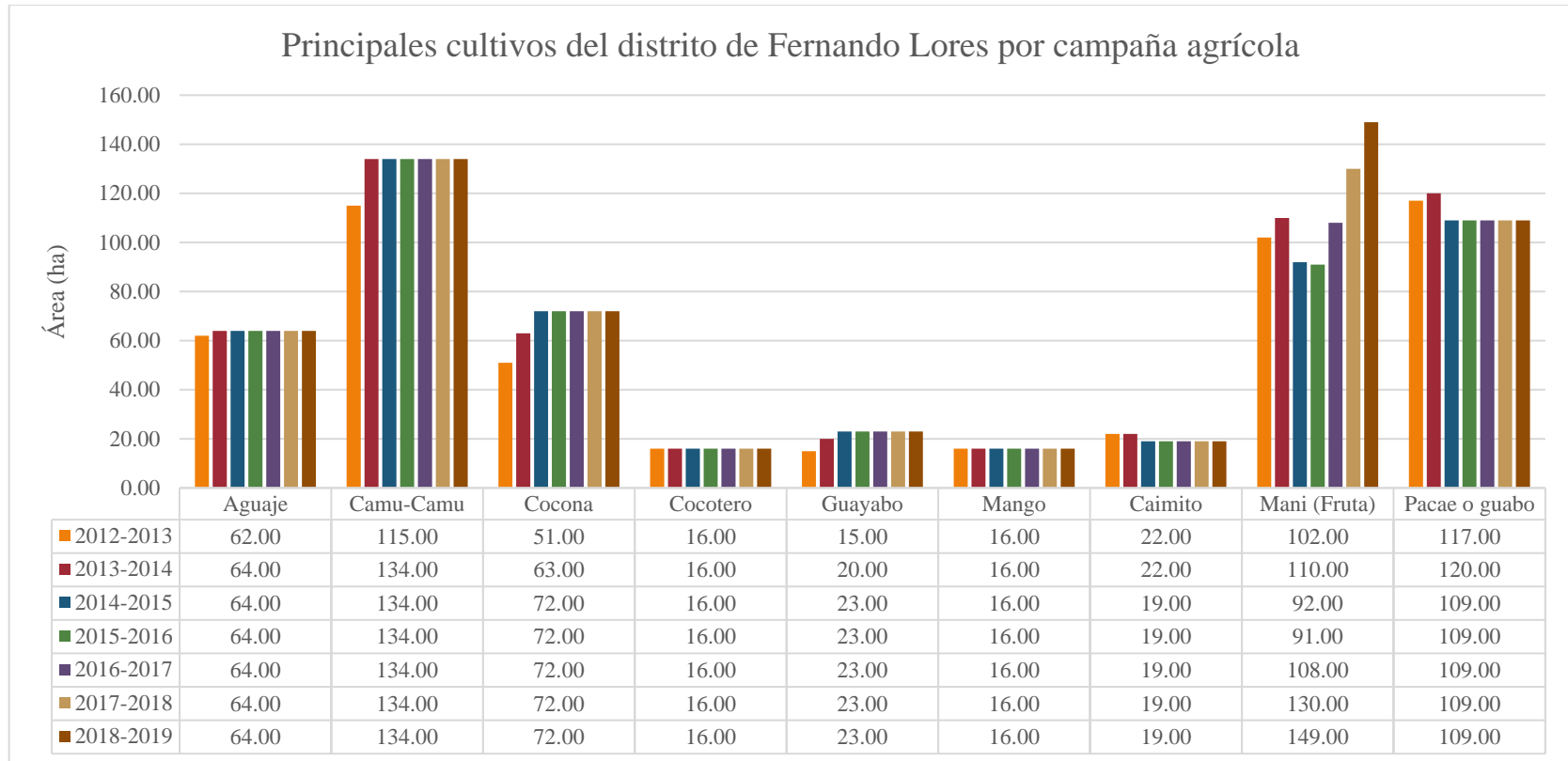


Figura 29

Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores por campaña agrícola

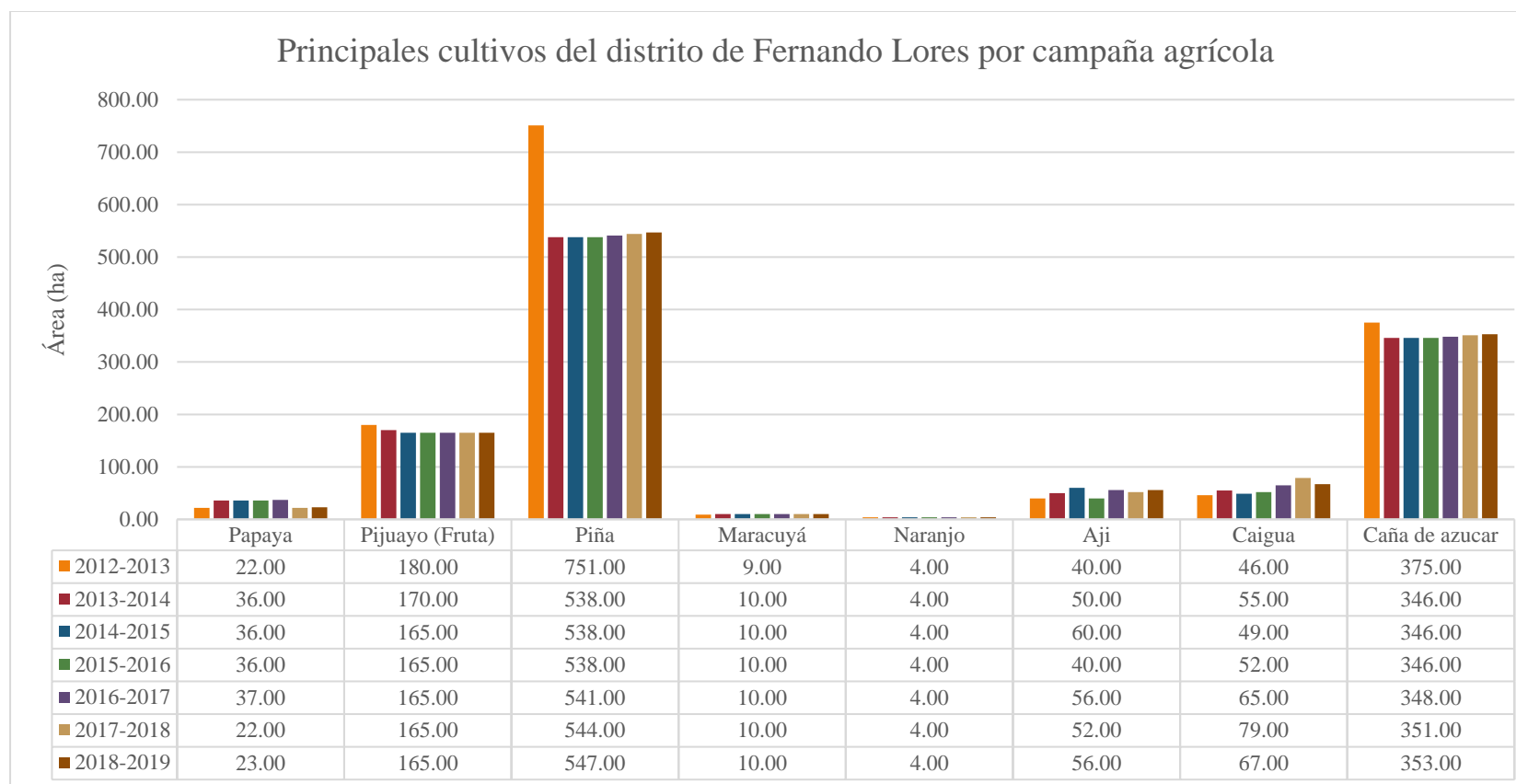
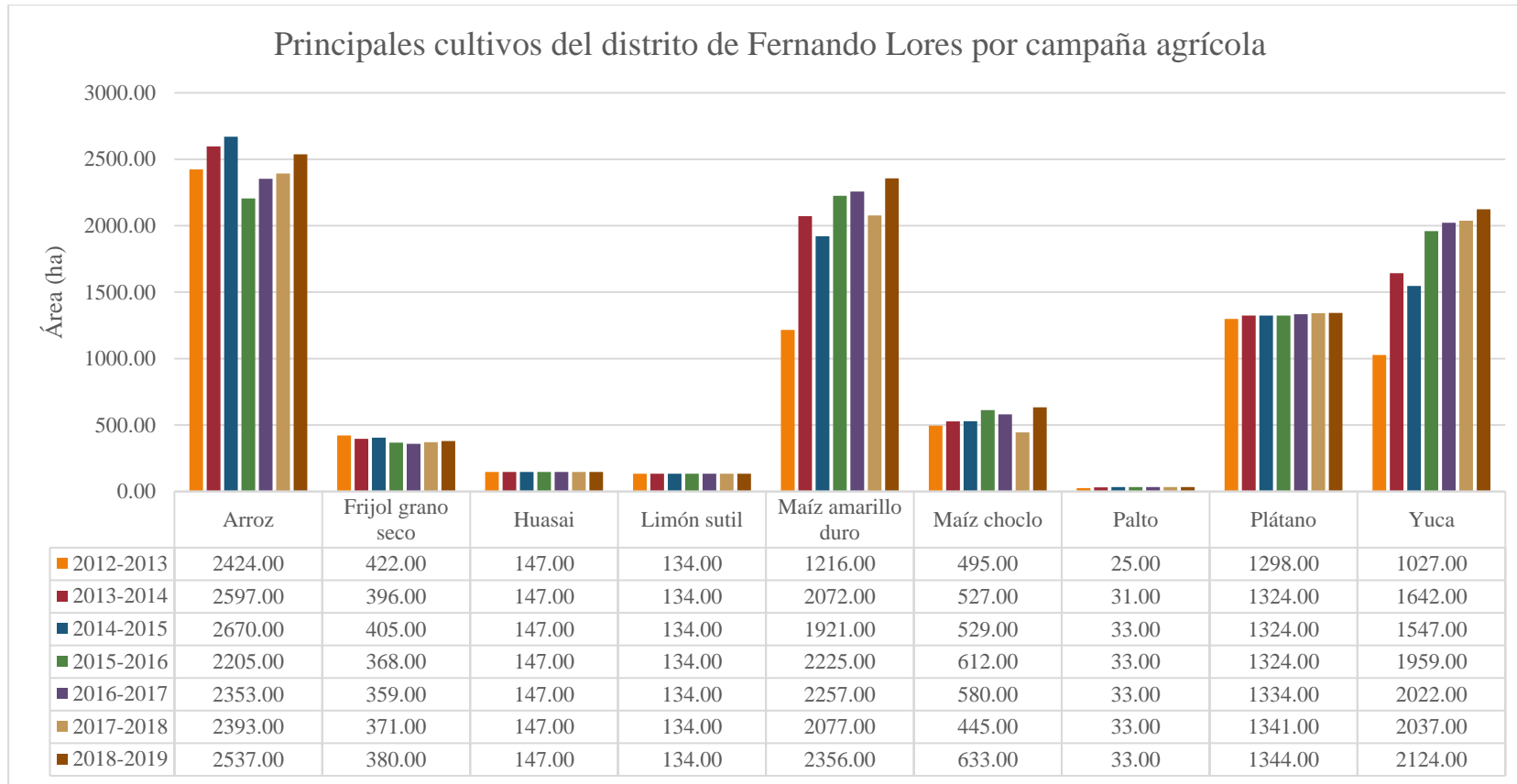


Figura 30

Superficie agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores por campaña agrícola



De la Tabla 21 y de las Figuras 28, 29 y 30 se observa que durante las campañas agrícolas desde el 2012 al 2019 existe una pequeña variación de las áreas destinadas a la agricultura tradicional, sembrando y cultivando aquellos productos agrícolas que generan una fuente de ingresos económicos para los agricultores, además los cultivos de más se ha sembrado es el arroz, frijol grano seco, maíz amarillo duro, maíz choclo, plátano y yuca; mientras que los cultivos que generan una producción por más de 1 000 toneladas son: pijuayo, piña, caña de azúcar, arroz, maíz amarillo duro, maíz choclo, plátano y la yuca.

Tabla 22*Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lorez*

Cultivo	Campaña agrícola						
	Producción en toneladas (t)						
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Aguaje	703.00	699.00	701.00	727.00	744.00	749.00	759.00
Camucamu	312.00	470.00	321.00	381.00	399.00	403.00	406.00
Cocona	128.00	127.00	148.00	163.00	170.00	175.00	181.00
Cocotero	172.00	174.00	178.00	190.00	196.00	199.00	202.00
Guayabo	35.00	35.00	41.00	42.00	41.00	44.00	45.00
Mango	52.00	60.00	75.00	74.00	77.00	79.00	81.00
Caimito	77.00	72.00	61.00	70.00	77.00	76.00	75.00
Maní (fruta)	116.00	122.00	100.00	101.00	120.00	142.00	161.00
Pacae o guabo	523.00	505.00	396.00	432.00	440.00	449.00	453.00
Papaya	236.00	347.00	368.00	379.00	395.00	366.00	365.00
Pijuayo (fruta)	1 191.00	1 439.00	1 188.00	1 128.00	1 216.00	1 219.00	1 228.00
Piña	7 536.00	5 378.00	5 410.00	5 392.00	5 405.00	5 420.00	5 431.00
Maracuyá	42.00	39.00	37.00	42.00	41.00	42.00	42.00
Naranja	28.00	25.00	33.00	39.00	44.00	47.00	50.00

Campana agrícola							
Cultivo	Producción en toneladas (t)						
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Ají	67.00	88.00	90.50	64.45	92.00	85.00	91.00
Caigua	82.00	97.00	84.00	89.00	113.00	137.00	117.00
Caña de azúcar	12 097.00	11 819.00	12 005.00	12 127.00	12 109.00	12 137.00	13 363.00
Arroz	9 132.00	8 089.00	8 652.00	6 951.00	7 231.00	7 361.00	7 786.00
Frijol grano seco	442.00	414.00	408.00	373.00	363.00	377.00	387.00
Huasai	562.00	624.00	584.00	619.00	624.00	638.00	644.00
Limón sutil	717.00	723.00	836.00	836.00	856.00	874.00	883.00
Maíz amarillo duro	3 292.00	6 644.00	5 855.00	6 853.00	6 922.00	6 374.00	7 237.00
Maíz choclo	2 166.00	2 265.00	2 262.00	2 585.00	2 432.00	1 863.00	2 652.00
Palto	240.00	298.00	339.00	350.00	352.00	358.00	365.00
Plátano	13 369.00	13 897.00	13 646.00	14 435.00	14 444.00	13 955.00	14 227.00
Yuca	10 563.00	16 840.00	16 465.00	20 627.00	20 670.00	20 889.00	21 775.00

Fuente: Adaptado de MIDAGRI (2020)

Figura 31

Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores

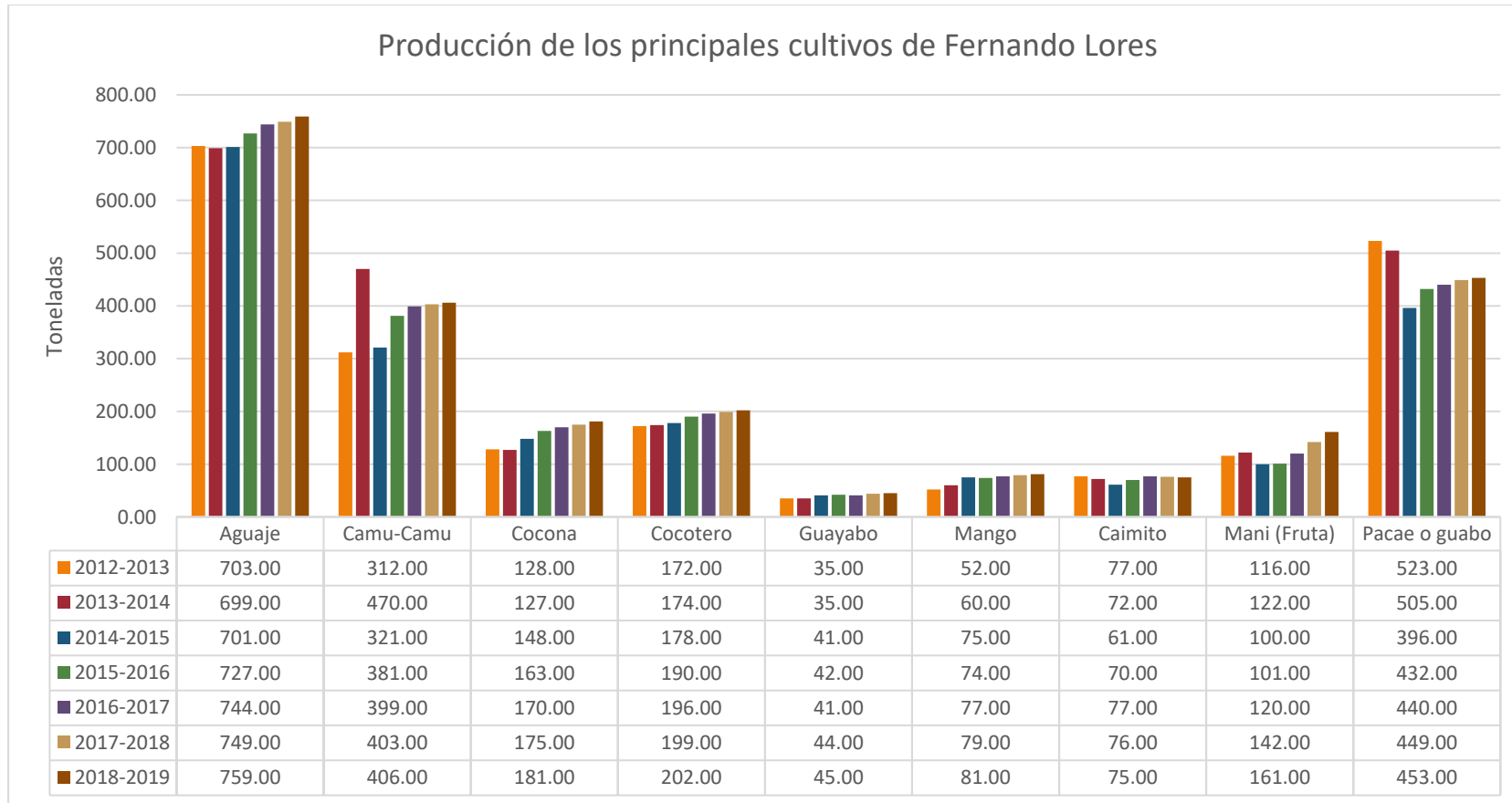


Figura 32

Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores

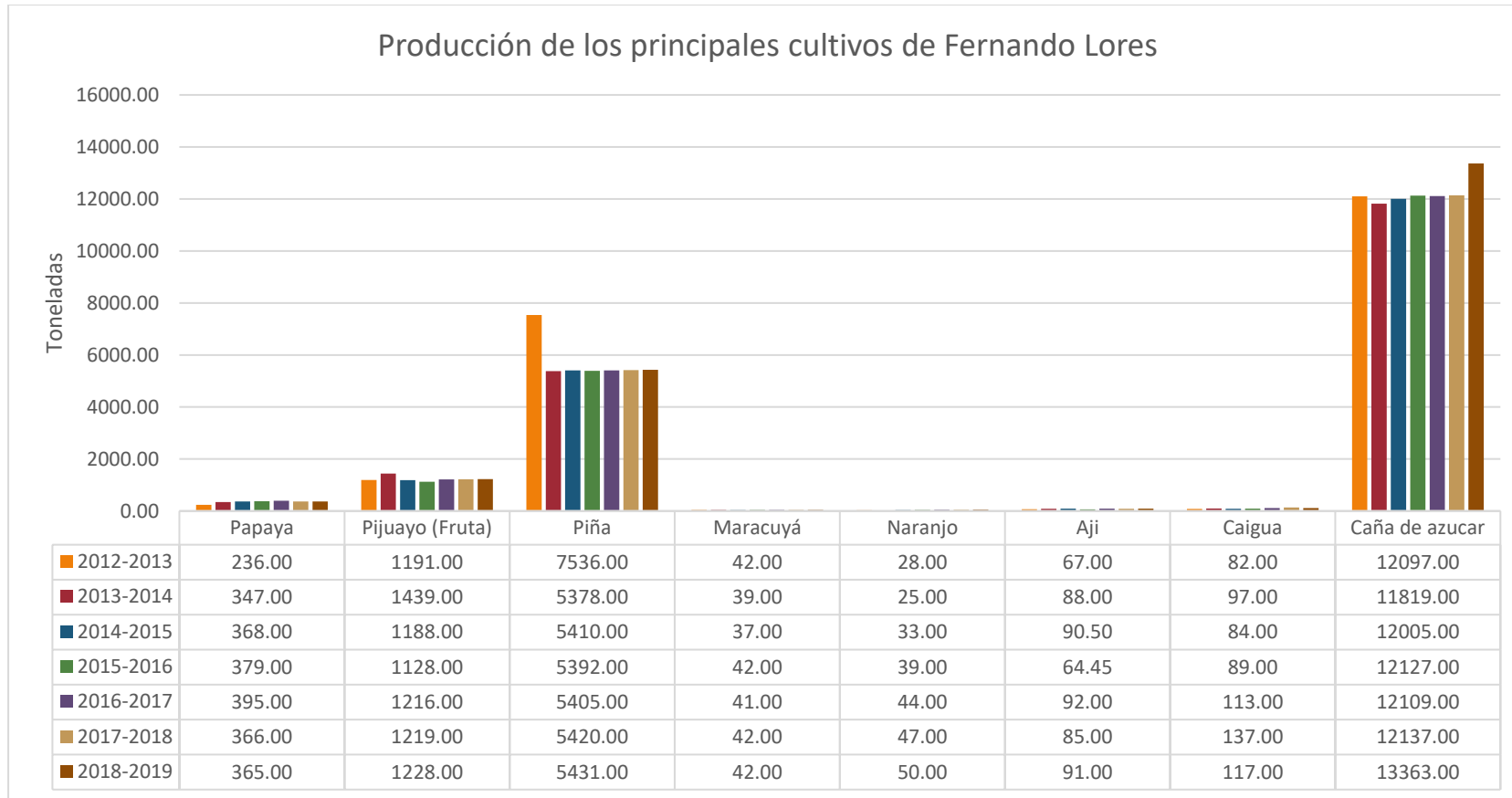
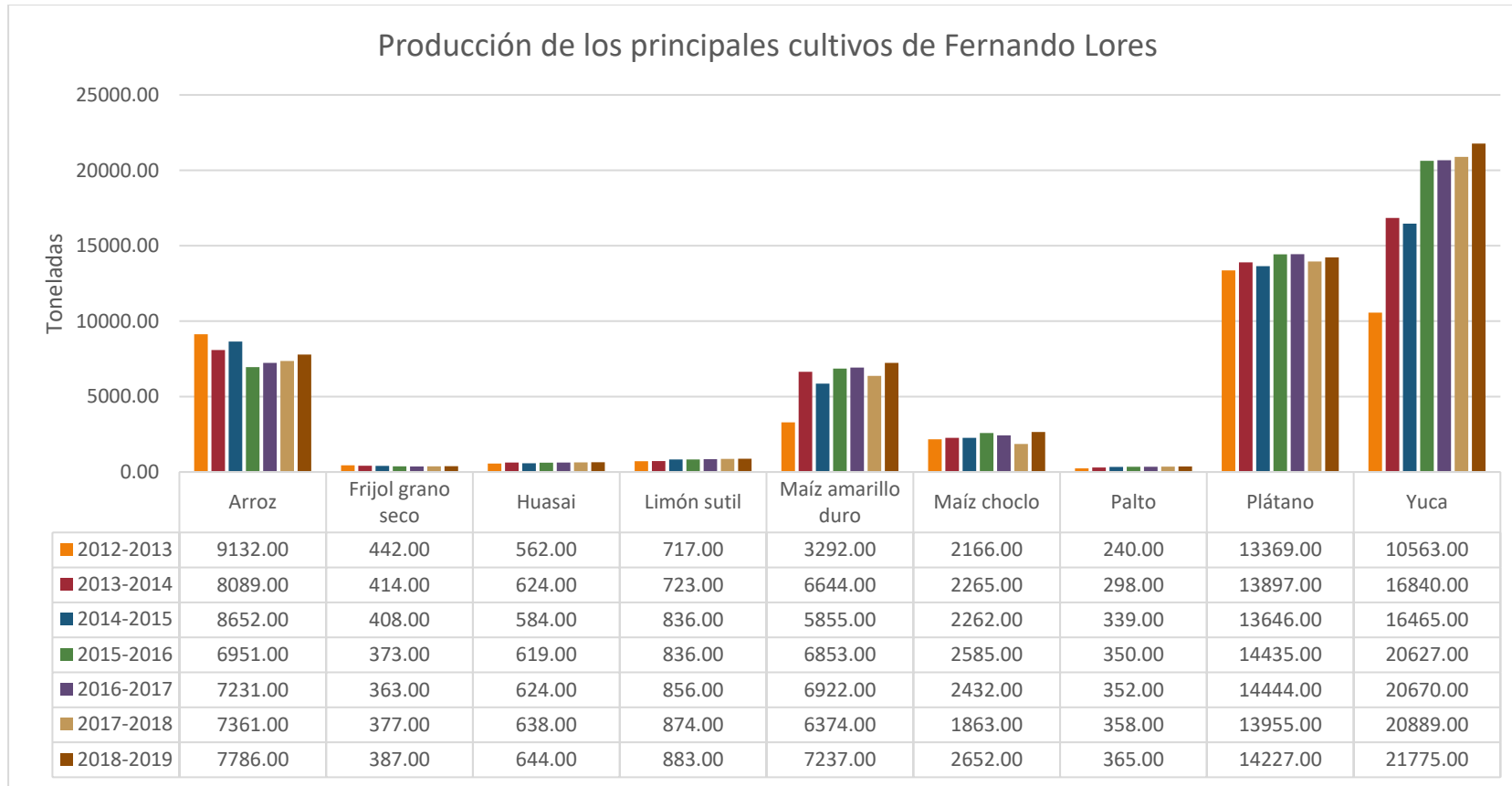


Figura 33

Producción agrícola de los principales cultivos del distrito de Fernando Lores



En la Tabla 22 y las Figuras 31, 32 y 33 se muestra la producción de los principales cultivos que se producen en el distrito de Fernando Lores en que sobrepasan las 500 toneladas son el aguaje, pijuayo, piña, caña de azúcar, arroz, huasai, limón sutil, maíz amarillo duro, plátano y yuca.

Pérdida de servicios de suministro

La pérdida de estos servicios que básicamente son los productos que ofrece este bosque para el beneficio de la población de Fernando Lores, ya que generan algún valor monetario como es la provisión de madera, plantas medicinales, aprovechamiento de la carne de monte y de peces de ríos y cochas, entre otros (SERNANP- World Wildlife Fund [WWF] Perú, 2016, p. 14).

Al producirse el cambio de la cobertura boscosa se está agotando el agua, oxígeno y sombra que nos dan los bosques, además nos brindan frutos aptos para el consumo humano y otras plantas que son de uso medicinal. Otra consecuencia es la pérdida de aves, insectos y animales de menor tamaño, etc., que son polinizadores; con la pérdida de esta fauna desaparece el proceso de polinización lo que conlleva a detener el crecimiento de especies de la flora local (García, 2016, p. 164) y se generan áreas con suelo descubierto (sin vegetación) por ende si desaparece una especie tan pequeña y siguiendo la red trófica podrían llegar a desaparecer otras especies y así sucesivamente, de este modo se afecta a existencia de todos los seres vivos incluido el hombre.

Debido a la deforestación y degradación del bosque se está perdiendo especies de fauna de mayor y menor tamaño que habitan esa zona, ocasionando que se desplacen hacia otras áreas, la fauna de mayor tamaño de una forma u otra pueden llegar hasta áreas habitadas por los propios pobladores generando grandes peligros. Para aquellas especies de las cuales los pobladores se alimentan y/o les genera algún tipo de beneficio económico son

desplazadas a lugares de difícil acceso, lo que genera una disminución en la economía de la población que aprovechaba este recurso. Con el desplazamiento de ciertas especies sensibles a la deforestación como es el caso de la sachavaca "*Tapirus terrestres*" y huangana "*Tayassu pecari*" presentes en la área de estudio y consideradas como especies casi amenazadas según el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú, cumplen un rol fundamental el de dar forma al suelo y disipar semillas, por lo que esta especie es muy sensible a la fragmentación del bosque y genera un aumento de su estado amenaza (SERFOR, 2014), también se están perdiendo especies forestales y/o frutales que sirven de anidación para aquellas aves propias del lugar o migratorias.

La fragmentación del hábitat especialmente en los bosques del distrito de Fernando Lores reflejaría los efectos netamente en la biodiversidad ya que generaría espacios aislados poniendo en riesgo a aquellas especies que se encuentren amenazadas. Esta fragmentación también influye en los procesos de polinización, es decir se perdería la interacción que existe entre la planta y sus polinizadores de esta manera se reduciría la probabilidad de encontrar dicha vegetación en otro espacio del distrito (Altamirano et al., 2007).

En la Figura 34 se observa como en la cobertura boscosa del distrito Fernando Lores hay presencia de mosaicos de fragmentación y hasta llegamos a encontrar zonas completamente deforestadas y degradadas incluso se observa la pérdida de fertilidad del suelo hasta el punto de encontrar solo arena blanca. Esta pérdida del ecosistema es netamente por acción del hombre con la finalidad de extraer madera y la instalación de monocultivos agroindustriales que afectan seriamente a la flora y fauna silvestre.

Figura 34

Pérdida de bosques en el distrito de Fernando Lores



Fuente: Kené (2015) y SPDE (2014)

4.3.2. Pérdida de servicios de regulación

Cuando se habla de servicios de regulación se refieren a las funciones que se llevan a cabo en los ecosistemas que en general no proporcionan un valor monetario en mercados

convencionales, es decir, se refieren a la regulación del clima mediante el almacenamiento de carbono (SERNANP-WWF Perú, 2016, p. 14).

Respecto al carbono

Los bosques que llegan a albergar en mayor proporción la cantidad de carbono son los tropicales húmedos que crecen en suelos inundados periódicamente, estos bosques por lo general forman parte del sureste del continente asiático (Indonesia y Malasia), los demás bosques tropicales húmedos y secos los encontramos en todo el planeta y son considerados como almacenadores de carbono ocupando el cuarto lugar (Anderson & Delucia, 2010).

Con la pérdida de especies forestales de gran valor, se está disminuyendo la capacidad de stock de carbono con la que se contaba en un inicio, ya que los bosques añaden biomasa por medio del crecimiento de diversas plantas, lo que conlleva a tener depósitos de carbono en mayor cantidad, por otro lado, si se talan y queman estos recursos se está añadiendo dióxido de carbono a la atmosfera generando calentamiento (DeFries et al., 2008, citado en Young et al., 2016, p. 30). Hoy en día se sabe que es complicado que un área intervenida sea regenerada y contar con la presencia de las especies con las que se contaba, ya que estos suelos han sufrido variaciones por ende necesitarían varios años para poder repoblarse pero con otras especies (Valqui et al., 2014, p. 53), del mismo modo ocurre con la regulación climática, es decir, los rayos solares son absorbidos por las hojas de los árboles y son transformados en el proceso de la fotosíntesis, en el mismo proceso también se libera agua cuando las estomas de las hojas se abren. Al momento en que los árboles y demás especies realizan la fotosíntesis y se está intercambiando energía y se logra regular la temperatura de la superficie (Anderson et al., 2012), de este modo la vegetación hace que se regule la temperatura del ambiente con lo cual hace posible la vida de las demás especies.

El distrito de Fernando Lores al estar dentro de la cuenca amazónica, y donde las precipitaciones (aproximadamente el 50%) son originadas de la evapotranspiración de la misma cuenca, estas se verían afectadas con la pérdida de los bosques ya que fácilmente las precipitaciones se reducirían en un 20% mientras que la temperatura de la superficie se incrementa en dos grados. (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2007).

En la Figura 35 podemos observar que si contamos con la presencia de árboles con una altura considerable los cuales absorben los rayos solares para transformarlos en energía mediante la fotosíntesis y también contribuyen con la regulación de la temperatura haciendo posible la vida de otras especies tanto de flora y fauna, también contribuyen para poder contar con el recurso hídrico. Mientras que si quitamos la cobertura boscosa queda un suelo desnudo lo que contribuye con la pérdida de la biodiversidad que alguna vez se tenía.

Figura 35

Presencia de vegetación, cochas y deforestación en el distrito de Fernando Lores



Fuente: Kené (2019), SPDE (2015)

Relacionado al suelo y el recurso hídrico

Al perder grandes áreas de bosque en el área de estudio y, además, forma parte de la selva peruana genera grandes efectos negativos por ejemplo los elementos atmosféricos del ciclo del agua como es la evapotranspiración, la precipitación y temperaturas superficiales.

Al quedar el suelo descubierto (sin vegetación) llegada la época de lluvias de considerada intensidad hace que el suelo vaya sellándose y evitando la infiltración del agua al subsuelo modificando la severidad de la escorrentía lo que genera erosión y por ende mayor carga de sedimento que llega a modificar la calidad del agua (Galicia, 2014, pp. 6-7) en un cuerpo hídrico, por el contrario si contamos con presencia de árboles, las gotas atraviesan el dosel del bosque lo que dificulta su camino hacia el suelo y llega con una mínima velocidad (Lieberman et al., 1996) de esta manera este recurso no se ve afectado.

Por otra parte, cuando se reemplaza un área de bosque primario por cultivos agrícolas incrementa la generación de nitrógeno además de otros componentes biológicos del recurso agua, lo que produce una contaminación y aumentando la salinización (Galicia, 2014, p. 7).

La existencia de la relación entre la sociedad y la calidad del agua para la viabilidad de diferentes actividades como son el desarrollo urbano, el sector agropecuario, lo energético, etc., depende netamente de los flujos inter-temporales, es decir, el agua viene siendo regulada por la presencia de la vegetación, microorganismos y suelo, otro factor viene a ser la cobertura vegetal y los ecosistemas ya sean los bosques, paramos y los humedales (Corredor et al., 2013). De esta forma si uno de los factores se ven afectados se tendrá una baja calidad del recurso hídrico por lo que se afectaría el bienestar de las comunidades del distrito de Fernando Lores.

De la Figura 36 podemos ver como se ha ido modificando el bosque ya sea por apertura de carreteras, la tala de los recursos forestales algunos de ellos sin contar con la autorización por parte de la autoridad competente, dejando a su paso grandes pérdidas como es la infertilidad y compactación del suelo lo que hace una complicada o casi imposible regeneración del bosque y la crecida de purma, también se llegan a modificar los cursos de agua generando más impactos negativos al suelo y al propio recurso ya que se está

incorporando material sólido generando mayor turbiedad y afectar aguas abajo a los recursos hidrobiológicos.

Figura 36

Modificación del bosque y cambio de uso de suelo en el distrito de Fernando Lores



Fuente: Kené (2019), SPDE, (2014 y 2015)

4.3.3. Pérdida de servicios culturales

Los bosques son atractivos para el sector turismo y son apreciados por la belleza escénica, ya que transmite calma y conexión directa con la naturaleza al admirar la presencia de la flora y fauna nativa presente en esta área de Fernando Lores, que es única en comparación a otro ecosistema a nivel mundial. Con la pérdida de los bosques se está

perdiendo el atractivo que generaba en un inicio, cuya consecuencia es la pérdida de interés de las personas para visitarlo.

El valor científico se perdería ya que los ecosistemas del distrito de Fernando Lores que permiten realizar distintas investigaciones y poder descubrir nuevas especies tanto de flora como de fauna que son propias de la zona ya no sería posible, y mientras más extensiones de bosques se pierdan también se están perdiendo valiosas especies biológicas.

Figura 37

Pérdida de biodiversidad en el distrito de Fernando Lores



Fuente: Kené (2016), SPDE (2015), Macedo (s.f.), Hyssen (s.f.) y Zanferrari (s.f.)

De la Figura 37 podemos ver la quema de una parcela de bosque, lo que podría llevar a perder grandes zonas de bosque cuya consecuencia es la pérdida de especies valiosas que aún no han sido descubiertas y también se están afectando a diversos ecosistemas que podemos encontrar en el distrito como son es el ecosistema frágil de varillales (bosques que

crecen en suelos de arena blanca, es decir estos suelos son muy pobres en nutrientes), que son muy difícil o imposible de recuperar.

4.3.4. Reporte de valorización de los recursos perdidos en la zona de Tamshiyacu.

Debido a la intervención en el año 2013 de la empresa Tamshi S.A.C. (Cacao del Perú Norte en ese entonces) con pretensiones de instalar cultivos agroforestales de palma aceitera y cacao deforestó un área de 3 500 Ha de bosques primarios de esta manera se ocasionó grandes pérdidas de productos y servicios ecosistémicos que brindaba esta área intervenida.

En la Tabla 23 se detalla los beneficios que se han dejado de obtener con la pérdida de estos bosques en los próximos 30 años, en el cual se muestra que la pérdida de los bosques afecta directamente a la calidad de vida de las personas. El reemplazo de monocultivos agroindustriales en la zona de Tamshiyacu al compararlo en una balanza las ganancias generadas en aproximadamente diez años en que se empiece a cosechar, otras causas como la expansión de áreas agrícolas, la tala ilegal, en contraste con la valorización de lo que se dejaría de obtener por los beneficios brindados por estos bosques se llega a más de trescientos millones de soles para los próximos 30 años.

Tabla 23

Valorización de bienes y servicios ocasionados por la pérdida de bosques en Tamshiyacu

Descripción	Monto (S/)
Valorización de madera pérdida	
Valorización de madera pérdida	5 531 597.24
Valorización de productos forestales no maderables, madera redonda y biodiversidad	
Valorización de bienes de bosque diferentes a la madera-Irapay	6 591 705.65
Valorización de bienes del bosque- Madera redonda	302 813
Valorización de bienes diferentes a la madera-Biodiversidad	51 322 509

Descripción	Monto (S/)
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Aguaje	2 090 575
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Tamshi	341 597
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Chambira	144 777
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Yarina	36 893
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Cortezas	307 438
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Miel	136 639
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- plantas medicinales	24 595
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Plantas místicas	28 694
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Plantas psicotrópicas	90 182
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- Hojas	737 850
Valorización de bienes del bosque diferentes a la madera- fibras	409 917
Valorización de la fauna silvestre y peces perdidos	
Valorización de la fauna silvestre y peces perdidos	16 188 207.3
Valorización del servicio ecosistémico de producción de energía (leña) pérdida	
Valorización del servicio ecosistémico de producción de energía (leña) pérdida	217 200
Valorización del servicio ecosistémico de regulación hídrica	
Valorización del servicio ecosistémico de regulación hídrica	12 581 430.6

Descripción	Monto (S/)
Valor de la fertilidad del suelo perdido-erosión	
Valor de la fertilidad del suelo perdido-erosión	20 217 026
Valorización de la restauración de áreas deforestadas 10 años	
Valorización de la restauración de áreas deforestadas 10 años	48 160 000
Valorización del servicio de mantenimiento del carbono	
Valorización del servicio de mantenimiento del carbono	3 411 096.73

Fuente: Adaptado de SPDE y Blue Moon Foundation (2014)

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación la cual se tiene como objetivo evaluar la pérdida de cobertura boscosa y el uso del suelo en el distrito de Fernando Lores por medio de técnicas de teledetección y SIG. Mediante el uso de un análisis multitemporal y con el uso de las imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8 se obtuvo como pérdida de bosque en el área de estudio por causa natural o antrópica durante el periodo 2012 al 2018 un valor de 14 131.4 Ha.

En el estudio realizado por (Lara, 2017) cuyo objetivo fue analizar espacialmente y multitemporalmente las cicatrices de quemas en los bosques de la provincia Cordillera obtuvo una pérdida de bosques por quemas en un total de 45.030 Ha. Lo cual indica que siguiendo la metodología a través del árbol de toma de decisiones y la aplicación de técnicas de teledetección se llega a obtener la pérdida de la cobertura boscosa para el área de estudio.

Para Furumo y Mitchell (2017), en su artículo en el que determinaron la expansión de la palma aceitera provocando cambios en el uso del suelo y el la cobertura del terreno determinaron que del total de la superficie estudiada, el 79% que era destinada a la siembra de pastos, cultivos de banano y otros cultivos de panllevar, el 56% con tierras destinadas a la siembra de pastos para ganadería y el 21% que eran áreas clasificadas como vegetación arbórea (bosques) fueron reemplazados por la siembra de palma aceitera. En nuestro estudio concuerda con lo señalado con Furumo y Mitchell pues con el ingreso de Tamshi S.A.C. en la parte noreste de Fernando Lores han sido reemplazadas por cultivos de cacao y palma aceitera. Así mismo, esto nos conlleva a estar de acuerdo con la investigación realizada por Damián (2017) quien cuantificó los cambios de uso del suelo durante el periodo 1991 al 2011 en la microcuenca del río Jubal (MCJ) en Ecuador, logró distinguir seis usos de suelo que son páramo, bosque, cultivos, pastizales, humedales y cuerpos de agua, en este periodo de tiempo estudiado concluye que las actividades agrícolas (cultivos) han influenciado en mayor

medida; favoreciendo la disminución de cobertura vegetal en la MCJ. Así mismo, en los hallazgos de la investigación de Rojas (2017), cuyo objetivo fue analizar el cambio de la cobertura y uso del suelo del distrito de Ichocán para los años 1989 al 2015 tuvo como resultado las siguientes coberturas: tejido urbano continuo, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosques plantados, arbustal, vegetación arbustiva/herbácea y lagunas, lagos y ciénagas, concluyendo que estos cambios de cobertura se deben por intervención antrópica, y concluye que gran parte de la pérdida de cobertura boscosa y uso actual del suelo se debe en gran parte a la intervención del hombre ya sea para la construcción de carreteras, expansión de la frontera agrícola tanto para cultivos de pan llevar y para monocultivos agroindustriales, estos últimos son los que más problemas genera al suelo por los químicos que se emplea para su producción y generando fragmentación del bosque lo que hace que se pierda y/o se desplace la fauna nativa.

En el estudio de Rodríguez (2011), para detectar patrones de degradación forestal en el sureste de Camerún en Brasil. Mediante el uso del NDFI para la serie temporal de los años 2002, 2004, 2006-2009, logró determinar una degradación dentro del área de la concesión Pallisco en el 2006 y se extendió al 2008 ya que construyó zonas de aterrizaje y caminos, también determino una regeneración rápida del bosque en un 10% por año. En el presente estudio se ha determinado la pérdida de la cobertura boscosa y el uso del suelo mediante el NDFI y se confirma que este índice es capaz de diferenciar y clasificar como pérdida a aquellas zonas que han sido intervenida por acción del hombre, además, los bosques de Fernando Loes han ido aumentando ligeramente cada año, también se ha visto una variabilidad en el aumento y disminución en diferentes años de la vegetación secundaria concordando con la investigación de Manchego (2017), cuyo objetivo fue evaluar la variabilidad espacio-temporal de la vegetación en la cuenca Quilca-Chili durante el periodo

2005 al 2015, tuvo como resultado durante el periodo 2005 al 2006 un incremento de cobertura vegetal en 843.35 Km² al año, también hubo periodos en los que esta cobertura se redujo en 300 Km² al año, durante el periodo del 2012 al 2014 y para el año 2015 se tuvo una superficie de 7 854.38 Km² de cobertura vegetal.

VI. CONCLUSIONES

1. Con la metodología empleada en la presente investigación se cumplió con el procesamiento y uso de imágenes satelitales Landsat en la plataforma de Google Earth Engine y mediante el uso del índice de fracciones de diferencia normalizada (NDFI) se logró diferenciar los siguientes tipos de cobertura: cuerpos de agua, vegetación secundaria, bosque y pérdida de bosque, las cuales fueron plasmadas en los mapas desde el año 2012 al año 2018 para el distrito de Fernando Lores. El uso de las imágenes Landsat fue efectiva y aplicable para el estudio multitemporal de la cobertura boscosa y el cambio del uso del suelo.
2. Los resultados obtenidos luego del procesamiento de las imágenes satelitales mostraron: la superficie ocupada con cuerpos de agua es de 18 656.2 Ha, para la vegetación secundaria ocupa 3576.6 Ha, la presencia de bosques es de 43 1548.1 Ha para el año 2018 y el total de pérdida de bosque para el periodo de tiempo del 2012 al 2018 a causa natural y antrópica en un total de 12 367.2 Ha en el área de estudio. En la cual se vio una clara pérdida de cobertura boscosa en el año 2013 cerca de la ciudad de Tamshiyacu. Se determinó una pérdida de cuerpos de agua debido a la eliminación de cobertura boscosa y a la menor captación del recurso hídrico a través del proceso de infiltración, con respecto a la presencia de vegetación secundaria es mayor ya que se ha eliminado cobertura boscosa para la instalación de cultivos transitorios, permanentes y hasta para asentamientos humanos, en cuanto al bosque ha habido un ligero incremento generado posiblemente por aquellas especies forestales que llegaron a expandir su copa de árbol, de esta manera hace que nuestro modelo lea como abundancia de vegetación fotosintética y clasificándola como bosque.

3. El uso actual del suelo está orientado básicamente a cultivos de panllevar instalados en zonas cuya vocación natural del suelo no son aptas es por lo que los rendimientos de producción no se incrementan sino al contrario cada año serán menores por la pérdida de fertilidad. La instalación de cultivos agroindustriales como la palma aceitera y cacao han llegado a más de 2 500 Ha y son cultivos exigentes en suelo, nutrientes, manejo y remoción lo que genera la incorporación de altos volúmenes de fertilizantes, pesticidas, herbicidas que contaminan el suelo, aire incluso el agua. Así mismo, con la pérdida de la cobertura boscosa se ha perdido valiosas especies de flora especialmente el palo de rosa (*Aniba rosaeodora*), y fauna como sachavaca (*Tapirus terrestres*), huangana (*Tayassu pecari*), sajino (*Tayassu tajacu*), leoncito (*Cabuella pymeia*), entre otros.

VII.RECOMENDACIONES

1. La aplicación en los estudios de monitoreo del bosque el índice de fracciones de diferencia normalizada (NDFI) y el árbol de decisiones con el cual obtendremos mejores resultados del área de bosques que se está perdiendo año a año y establecer medidas correctivas, con la finalidad de conservar nuestros bosques, estas medidas correctivas deben ser implementadas por las autoridades nacionales como son SERFOR, MINAM, MINEM, MIDAGRI, Gobiernos regionales y locales.
2. Para futuras investigaciones se recomienda que al hacer uso de la plataforma de Google Earth Engine (GEE) con la posibilidad de realizar un estudio multitemporal con un periodo de tiempo más amplio y de esta forma lograr un mejor monitoreo de la pérdida del bosque. Al hacer uso de la plataforma GEE disminuye el tiempo de procesamiento de datos por ende se recomienda su uso para diferentes estudios de investigación en el que se aplique el uso de imágenes satelitales de diferentes sensores ya que no es necesario descargar imágenes satelitales para ser procesadas en un software posteriormente, es así como GEE facilita el procesamiento de los datos en la nube de trabajo. En la actualidad encontramos a diferentes plataformas web que realizan el procesamiento y el análisis de imágenes satelitales similares a GEE como EOS Platform, World View, Sentinel Hub Playground, etc.
3. Las instituciones del estado, universidades y aquellas organizaciones no gubernamentales que velan por los recursos naturales, deben implementar el uso de GEE ya que se podrá contar con una gran variedad de imágenes satelitales (de mayor resolución) de diferentes sensores que permitirán monitorear el avance de la frontera agrícola, la minería informal, tráfico de recursos forestales, etc., de distintas partes del territorio peruano.

VIII. REFERENCIAS

- Altamirano, A., Echeverría, C., & Lara, A. (2007). Effect of forest fragmentation on vegetation structure of *Legrandia Concinna* (Myrtaceae) threatened populations in south-central Chile [Efecto de la fragmentación del bosque sobre la estructura de la vegetación de poblaciones amenazadas de *Legrandia Concinna* (Myrtaceae) en el centro-sur de Chile]. *Revista chilena de historia natural*, 80(1), 27-42.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2007000100003>
- Anderson, K. & Delucia, E. (2010). The greenhouse gas value of ecosystems [El valor de los gases de efecto invernadero de los ecosistemas].
Global Change Biology 17(1), 425-438. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02220.x>
- Anderson, K., Snyder, P., Twine, T., Cuadra, S., Costa, M. & Delucia, E. (2012). Climate regulation services of natural and agricultural ecoregions of the Americas [Servicios de regulación climática de las ecorregiones naturales y agrícolas de las Américas].
Nature Climate Change 2(3), 177-181. Doi:10.1038/nclimate1346.
- Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER) (2019). *Tratamiento y clasificación de imágenes satelitales Landsat 8 OLI, para determinar el incremento de la deforestación en el periodo 2014-2017 en la región de referencia del proyecto REDD+ “Manejo de bosques para reducir deforestación y degradación en comunidades indígenas shipibo Conibo y Cacataibo de la región Ucayali”*
- Armenteras, D., González, T., Retana, J. y Espelta, J. (2016). *Degradación de bosques en Latinoamérica: Síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales.*

<http://www.cyted.org/sites/default/files/Degradacion%20de%20bosques%20en%20latinoamerica.pdf>

Ariza, A. (2013). *Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM*. Colombia.

<http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

Barrena, V. y Vásquez, P. (1988). *Diseño de una metodología para el monitoreo del Impacto de las Actividades Humanas en las Unidades de Conservación*. Documento de Campo Nro. 15. Monitoreo de procesos de deforestación, degradación en bosques húmedos tropicales.

Cabrera, C. (2014). *Google Earth Engine an analysis and control tool [Google Earth Engine una herramienta de análisis y control]*. <https://docplayer.es/8587894-Google-earth-engine-an-analysis-and-control-tool.html>

Calizaya, E. (2018). *Modelamiento de la desglaciación de los nevados de la cuenca del río Santa y su impacto en los recursos hídricos*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3793>

Cerda, J y Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia ínter observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista chilena de pediatría*, 79(1), 54-58. <https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062008000100008>

Constitución Política del Perú. (1993). Congreso Constituyente Democrático.

<http://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>

Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de la Teledetección Espacial*. Edición Ilustrada.

<http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>

Chuvieco, E. (2002). *Fundamentos de Teledetección espacial*. Rialp S.A.

- Damián, D. (2017). *Análisis de la dinámica de los cambios de uso del suelo mediante teledetección en una microcuenca Alto Andina de Ecuador*. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/26386>
- Dammert, J. (2014). *Cambio de uso de suelos por agricultura a gran escala en la Amazonía Andina: El caso de la palma aceitera*. <http://www.actualidadambiental.pe/wp-content/uploads/2014/09/Cambio-de-uso-de-suelo-y-el-caso-de-la-palma-aceitera-en-la-Amazon%C3%ADa.pdf>
- Dammert, J. (2015). *Hacia una ecología política de la palma aceitera en el Perú*. <http://peru.oxfam.org>
- Dammert, J. (2017). *Acaparamiento de tierras en la Amazonía peruana. El caso de Tamshiyacu*. <https://peru.oxfam.org/latest/policy-paper/acaparamiento-de-tierras-en-la-amazon%C3%ADa-peruana-el-caso-de-tamshiyacu>
- Espínola, A. (2014). *Clasificación de Imágenes de Satélite mediante Autómatas Celulares*. [Tesis doctoral, Universidad de Almería]. https://w3.ual.es/personal/moises.espinola/datos/documentos/titulos/Tesis_Doctoral.pdf
- Fernández, I y Herrero, E. (2001). *El satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ Satélite Landsat*. <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
- Flórez, D y Fernández, D. (2017). Los sistemas de información geográfica. Una revisión. *Fagropec*, 9(1), 11-16. <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ciencias-agropecuarias/article/view/708/html>
- Fonseca, J. y Gómez, M. (2013). Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat caso de estudio: cambio de área laderas de la Ciénaga de Tumaradó Parque Natural los Katíos.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9268/FonsecaJohnJairo2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Furumo, P. y Mitchell, T. (2017). Caracterización de la expansión de la palma de aceite para uso comercial en América Latina: cambio en el uso del suelo y comercialización. *Revista Palmas*, 38(2), 27-48.

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12123>

Galicia, L. (2014.). *El cambio de uso de suelo: consecuencias en el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua*.

https://www.researchgate.net/publication/263845334_El_cambio_de_uso_de_suelo_consecuencias_en_el_ciclo_hidrologico_y_la_disponibilidad_de_agua

García, A. (2008). *Landsat*. kimerius.com/app/download/5784863998/LANDSAT.pdf

García, M. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad.

Producción + Limpia, 11(2), 161-168. Doi: 10.22507/pml.v11n2a13

García, R. (2007). *Los sensores remotos y su aplicación en la meteorología: Un estudio de caso*.

https://www.researchgate.net/publication/243458591_LOS_SENSORES_REMOTOS_Y_SU_APLICACION_EN_LA_METEOROLOGIA_UN_ESTUDIO_DE_CASO

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz, C., Encina, A., Jones, A.,

Krasilnikov, P., Mendonça, M., Montanarella, L. Muniz, O., Schad, P., Vara, M. y

Vargas, R. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Doi:10.2788/37334

Gonzales, G. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000 – 2016*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional Federico Villarreal].

<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2277/GONZALES%20ALARCON%20GILMER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017).

Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone [Google Earth Engine: análisis geoespacial a escala planetaria para todos]. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. doi:10.1016/j.rse.2017.06.031

Gutierrez, R. (2013). *Monitoreo de la deforestación del departamento de Ucayali periodo 2005 – 2009*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].

<http://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2583/Monitoreo%20de%20la%20deforestaci%C3%B3n%20del%20departamento%20de%20Ucayali%20periodo%202005-2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, O. (2012). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del municipio del distrito Central años 1987 y 2006*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional Autónoma de Honduras].

http://faces.unah.edu.hn/mogt/images/stories/PDF/Tesis/13_Tesis_Olga_Hernandez_2012.pdf

Ibáñez, N. y Damman, G. (2014). Cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac. *Zonas Áridas*, 15(1), 48-67.

<http://dx.doi.org/10.21704/za.v15i1.108>

Inade-Apodesa (1990). *Desarrollo sostenido de la selva, apoyo a la política de desarrollo regional-selva alta, manual para promotores y extensionistas*. Serie documentos técnicos No 25, Consulting Corp.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2007). *Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano*. [http://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-](http://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11900)

[detail.pl?biblionumber=11900](http://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11900)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2014). *Elementos de la percepción remota*.

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/elementos.aspx>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2018). *Resultados Definitivos del departamento de Loreto 2017*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1561/

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Cambio climático y biodiversidad*.

Inuma, F. (2018). *Análisis de la cobertura, uso de la tierra utilizando la metodología de Corine Land Cover en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, departamento de Loreto*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].

http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5725/Francisca_tesis_titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Koo, A. (2017). *Diagnóstico del manejo de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos en el distrito de Fernando Lores – Tamshiyacu, en base a la norma técnica peruana 900.064:2012*. 2016. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/5361>

Lara, P. (2017). *Análisis multitemporal de cicatrices de quemas en bosques durante el periodo 2009 a 2014 en la provincia Cordillera, Santa Cruz, Bolivia*. [Tesis de bachiller, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno].

- <https://forestaluagrm.com/wp-content/uploads/2019/05/Lara-Pablo.2017.An%C3%A1lisis-multitemporal-de-cicatrices-de-quemas-en-bosques-durante-el-periodo-2009-a-2014-en-la-provincia-Cordillera-Santa-Cruz-Bolivia.pdf>
- Learn ArcGIS (s.f.). *Download Imagery from an Online Database [Descargar imágenes de una base de datos en línea]*. <https://learn.arcgis.com/en/projects/download-imagery-from-an-online-database/>
- Ley N° 28611. *Ley General del Ambiente* (2005, 13 de octubre).
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Ley N° 29263. *Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente* (23 de setiembre del 2008).
[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/EE8D0A730C50857105257BF8005F9379/\\$FILE/Ley_29263.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/EE8D0A730C50857105257BF8005F9379/$FILE/Ley_29263.pdf)
- Ley N° 29763. *Ley Forestal y de Fauna Silvestre* (21 de julio del 2011).
<https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29763.pdf>
- Lund, H. (2009). *What is a degraded forest? [¿Qué es un bosque degradado?]*.
https://www.researchgate.net/publication/280921178_What_is_a_degraded_forest
- Manchego, G. (2017). *Variabilidad espacio-temporal de la vegetación en la cuenca Quilca-Chili durante el periodo 2005-2015*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4043/AGmahumg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marcano, J. (2006). *Deforestación y cambio climático*. www.jmarcano.com.
- Martínez, J. y Martín, M. (2010). *Guía didáctica de teledetección y medio ambiente*.
Ministerio de Ciencia e Innovación- España. <http://www.aet.org.es/?q=guia-didactica>

- Mendoza, J. (2012). *Determinación de áreas deforestadas por actividades humanas en la zona de amortiguamiento de la reserva nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene Madre de Dios*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
<http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/90>
- Mesía, J. (2015). *Deforestación en el eje vial Iquitos-Nauta y su relación con la variabilidad climática local a través de los años*. [Tesis de maestría, Universidad de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3801>
- Millennium Ecosystem Assessment-Mea (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis [Ecosistemas y bienestar humano: síntesis de la biodiversidad]*. World Resources Institute.
<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI), Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), Ministerio Del Ambiente (MINAM), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Ministerio de Relaciones Exteriores de Finlandia (2016). *Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre*. <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Marco-metodologico-INFFS.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *La Conservación de Bosques en el Perú 2011 - 2016*. Depósito Legal de la Biblioteca Nacional del Perú.
- Mingorria, S. (2017). *The nadies waving resistance: Oil palm and sugarcane conflicts in the territory, communities and households of the Q'epchil', Polochic Valley, Guatemala [Los nadies agitan la resistencia: Conflictos de palma aceitera y caña de azúcar en el territorio, comunidades y hogares del Q'epchil ', Valle de Polochic, Guatemala]*.

[Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona].

<http://www.tdx.cat/handle/10803/402364>

Montenegro, C., Gasparri, I., Manghi, E., Strada, M., Bono, J. y Parmuchi, M. (2004).

Situación mundial. En la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Informe sobre deforestación en Argentina.

<http://www.ecopuerto.com/bicentenario/informes/INFDEFORenARGENT2004.pdf>

Morgan, E. (2015). *Company chops down rainforest to produce 'sustainable' chocolate [La empresa tala la selva tropical para producir chocolate "sostenible"]*. Mongabay.

<https://news.mongabay.com/2015/01/company-chops-down-rainforest-to-produce-sustainable-chocolate/>

Mozombite, L. (2005). *Evaluación de sistemas de producción y su influencia en el nivel de vida de los agricultores en tres comunidades del río Tahuayo-distrato de Fernando Lores*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].

<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4728>

Municipio de Miranda (2016). *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Miranda – Cauca*. Diagnóstico Territorial.

https://mirandacauca.micolombiadigital.gov.co/sites/mirandacauca/content/files/000401/20032_acuerdo-no-023-de-2018se-modifica-el-eot.pdf

Municipalidad distrital de Fernando Lores (2019). *Plan de desarrollo concertado actualizado 2019-2029*. <https://www.regionlima.gob.pe/index.php/transparenciagri/documentos-gestion-1/planes-institucionales/plan-desarrollo-concertado>

Muñoz, G. (2004). *La deforestación*. [www.monografias.com /deforestación/deforestación.shtml](http://www.monografias.com/deforestación/deforestación.shtml).

- Ochochoque, J. (2017). *Aplicación de la teledetección en el avance de la explotación minera, centro poblado de Malenowski, distrito de Mazuco, región de Madre de Dios*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4184/Ochochoque_Condori_Juan_Pastor.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2000). *Cambios en la cobertura forestal*. Programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA). Documento de Trabajo 36.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Términos y Definiciones*.
<http://www.fao.org/docrep/014/am665s/am665s00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2015). *Atlas de cobertura del suelo de Uruguay. Cobertura de suelo y cambios 2000 – 2011*. Land Cover Classification System. <http://www.fao.org/3/a-i4372s.pdf>
- Pérez, D. (2007). *Introducción a los sensores remotos-aplicaciones en geología*.
<https://es.scribd.com/document/267140654/Sensores-Remotos-PDF>
- Pinedo, C. (2012). *Monitoreo de la deforestación en el periodo 2005-2009, en la provincia de Maynas, región Loreto, Perú*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3089>
- Ponce, R. (1993). La zonificación ecológica - económica de la Amazonía y los sistemas de información geográfica.
- Rodriguez, A. (2011). *Detecting forest degradation patterns in Southeast Cameroon [Detectando patrones de degradación forestal en el sureste de Camerún]*. Brasil.
<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.14.12.29/doc/p0558.pdf>

- Rojas, F. (2017). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos - Cajamarca, periodo 1989-2015*. [Tesis de bachiller, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo].
<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/212>
- Ruiz, V., Savé, R. y Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993–2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117-123. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-3.16
- Sáenz, S. (2015). *Uso actual del suelo y régimen de tenencia de tierras; rol de los productores frente a los recursos naturales y las actividades extractivas en Tamshiyacu, distrito de Fernando Lores, región Loreto*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/UNAP/3241>
- Samanez, R. (1990). *El Desafío de la Amazonía*. Unasyuva.
- Sánchez, A. (2009). *Análisis multitemporal de la cobertura de la tierra en la cuenca del valle de Jesús de Otoro entre los años 2000 – 2006 aplicando técnicas de teledetección*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Honduras].
http://faces.unah.edu.hn/decanato/images/stories/PDF/Revista_Congreso_V2/analisis_multitemporal_cobertura.pdf
- Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. [Tesis de bachiller, Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>
- Schultz, M., Clevers, J., Carter, S., Verbesselt, J., Avitabile, V., Quang, H., & Herold, M. (2016). Performance of vegetation indices from Landsat time series in deforestation monitoring [Rendimiento de los índices de vegetación de las series temporales de

Landsat en el seguimiento de la deforestación]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, 318–327.

<https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.06.020>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) (2014). *Informe N° 165-2014-SERFOR-DGGSPFFS*.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) (25 de enero del 2017a). *La pérdida de bosques húmedos amazónicos peruanos en el 2015 fue de 156 mil hectáreas*. <https://www.serfor.gob.pe/noticias/forestal/la-pérdida-de-bosques-humedos-amazonicos-peruanos-en-el-2015-fue-de-156-mil-hectareas>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) (08 de setiembre del 2017b). *MINAGRI y MINAM presentan datos sobre pérdida de cobertura de bosques húmedos amazónicos del 2016*. <https://www.serfor.gob.pe/portal/noticias/minagri-y-minam-presentan-datos-sobre-pérdida-de-cobertura-de-bosques-humedos-amazonicos-del-2016>

Servicio Nacional de áreas Naturales Protegidas por El Estado (SERNANP) y World Wildlife Fund (WWF-Perú) (2016). *Servicios Ecosistémicos que brindan las Áreas Naturales Protegidas*. Documento de Trabajo No. 23. Perú
<https://www.sernanp.gob.pe/servicios-ecosistemicos#:~:text=Nuestras%20áreas%20naturales%20protegidas%20suministran,así%20como%20los%20desastres%20naturales>

Sigmur Sig y teledetección en la Universidad de Murcia (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Smith, J. y Schwartz, J. (2015). *La deforestación en el Perú*. Perú.

https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/la_deforestacion_en_el_peru.pdf

- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) (11 de agosto del 2014a). *Loreto: Cacao del Perú Norte pagó 10 céntimos por metro cuadrado de Amazonía que luego deforestó*. <https://www.actualidadambiental.pe/video-loreto-cacao-del-peru-norte-pago-10-centimos-por-metro-cuadrado-de-amazonia-que-luego-deforesto/>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) (15 de agosto del 2014b). *MINAM presentó medida cautelar para detener tala de árboles en Tamshiyacu (Loreto)*. <https://www.actualidadambiental.pe/minam-presento-medida-cautelar-para-detener-tala-de-arboles-en-tamshiyacu-loreto/>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) (27 de febrero del 2015). *Loreto: paralizan actividades de Cacao del Perú Norte por caso de deforestación en Tamshiyacu*. <https://www.actualidadambiental.pe/loreto-paralizan-actividades-de-cacao-del-peru-norte-por-caso-de-deforestacion-en-tamshiyacu/>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) (25 de julio del 2019). *Fallo histórico: Poder Judicial sentencia a Cacao del Perú Norte a pagar 15 millones de soles por deforestar bosques en Loreto*. <https://www.actualidadambiental.pe/loreto-hoy-dictan-sentencia-a-empresa-que-deforesto-cerca-de-2-mil-hectareas-de-bosques-en-tamshiyacu/>
- Sociedad Peruana de Ecodesarrollo (SPDE) y Blue Moon Foundation (2014). *Valorización de los bienes y servicios ambientales perdidos por la deforestación en Tamshiyacu (Loreto) y Nueva Requena (Ucayali)*. <http://www.biofuelobservatory.org/Documentos/Informes-de-la-SPDE/Valorizacion-de-danos-por-deforestacion-Loreto-y-Ucayali-2014.pdf>
- Souza, C., Roberts, D. & Cochrane, M. (2005). Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires [Combinando información

espectral y espacial para mapear el daño del dosel de la tala selectiva y los incendios forestales]. *Remote Sensing of Environment*, 98, 329–343.

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.07.013>

Souza, C., Siqueira, J., Sales, M., Fonseca, A., Ribeiro, J. Numata, I. & Barlow, J. (2013).

Ten-Year Landsat Classification of Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon [Clasificación Landsat decenal de deforestación y degradación forestal en la Amazonía brasileña]. *Remote Sensing*, 5(11), 5493–5513. <https://doi.org/10.3390/rs5115493>

Souza, C., & Siqueira, V. (2013). *ImgTools: a software for optical remotely sensed data analysis [ImgTools: un software para el análisis de datos ópticos por teledetección]*.

Anais XVI Simposio Brasileiro de Sensoramento Remoto.

<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1235.pdf>

Tarrillo, L. (2019). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Tacabamba años 2003 y 2018*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de Cajamarca].

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2952/AN%C3%81LISIS%20DE%20LOS%20CAMBIOS%20DE%20COBERTURA%20Y%20USO%20DEL%20SUELO%20CON%20IM%C3%81GENES%20SATELITALES%20DEL%20DISTRITO%20DE%20TAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

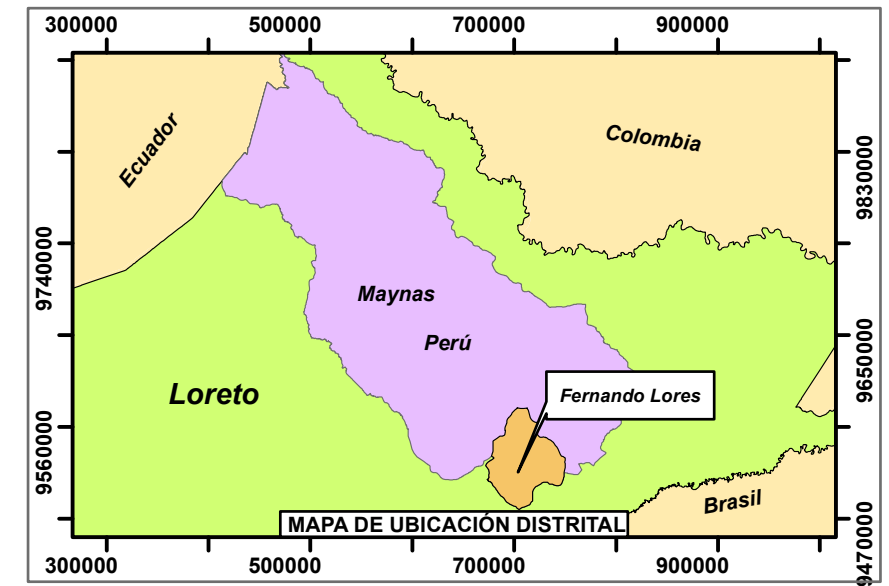
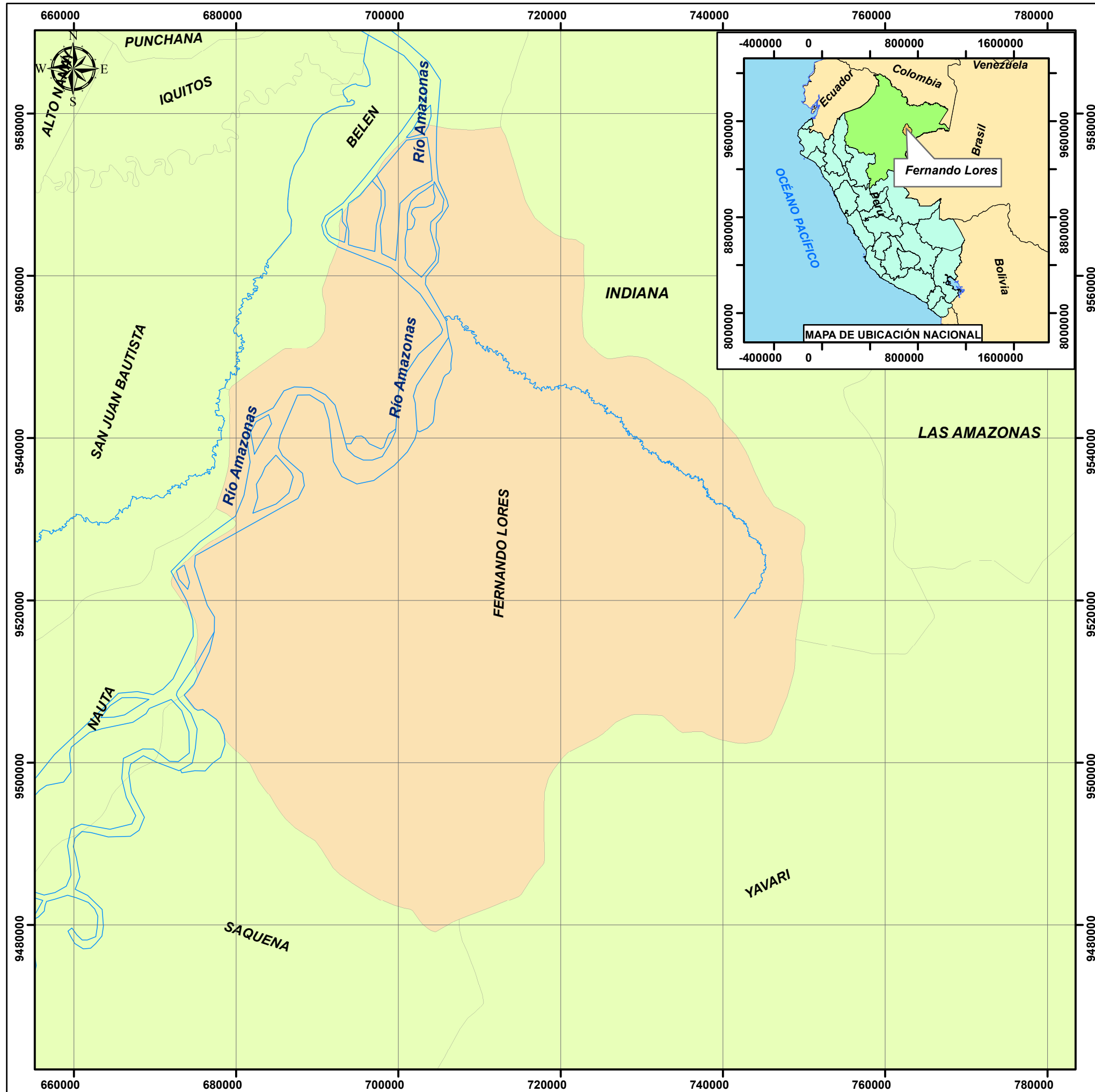
Taxa, L. (2015). *Sistema tradicional de clasificación de tierras utilizado por la comunidad campesina de Laraos-Yauyos*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3512/Taxa%20Villegas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Thompson Id, Guariguata Mr, Okabe K, Bahamondez, C., Nasi, R., Heymell V., & Sabogal, C. (2013). An Operational Framework for Defining and Monitoring Forest Degradation [Un marco operativo para definir y monitorear la degradación forestal]. *Ecology and Society*, 18(2), 1-23. Doi: 10.5751/ES-05443-180220
- Valqui, M. Feather, C. y Espinoza, R. (2014). *Haciendo visible lo invisible. Perspectivas indígenas sobre la deforestación en la Amazonía peruana*.
http://www.forestpeoples.org/sites/fpp/files/private/news/2014/12/FPP_AIDSESEP%20Peru%20Deforestation%20Study_low.pdf
- Venturino, R., Schall, U. & Solichin, U. (2014). *Google Earth Engine as a Remote Sensing Tool [Google Earth Engine como herramienta de teledetección remota]*. International Journal of Remote Sensing & Geoscience.
- Young, K., Arima, E., Ashkenazi, E. y Mercado, A. (2016). *Amenazas a los servicios ambientales de Loreto*. <https://peru.wcs.org/es-es/WCS-Peru/Noticias/articleType/ArticleView/articleId/9925/Amenazas-a-los-servicios-ambientales-de-Loreto--Peru.aspx>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Ubicación del distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto.



LEYENDA

- Red Hídrica
- Loreto
- Fernando Lores

ESCALA GRÁFICA
 0 3,156,300 12,600 18,900 25,200 Metros
 1:500,000
 PROYECCION - DATUM
 UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
 Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO FERNANDO LORES

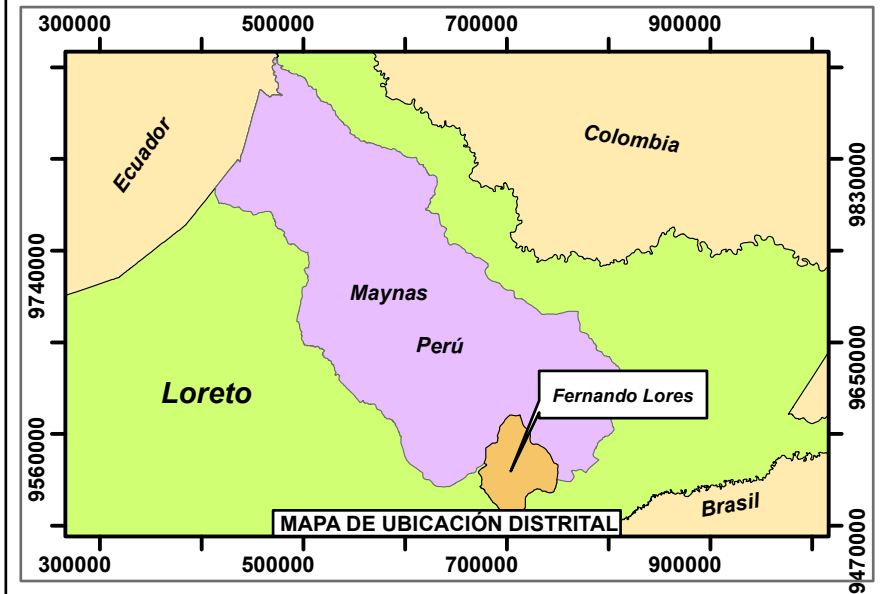
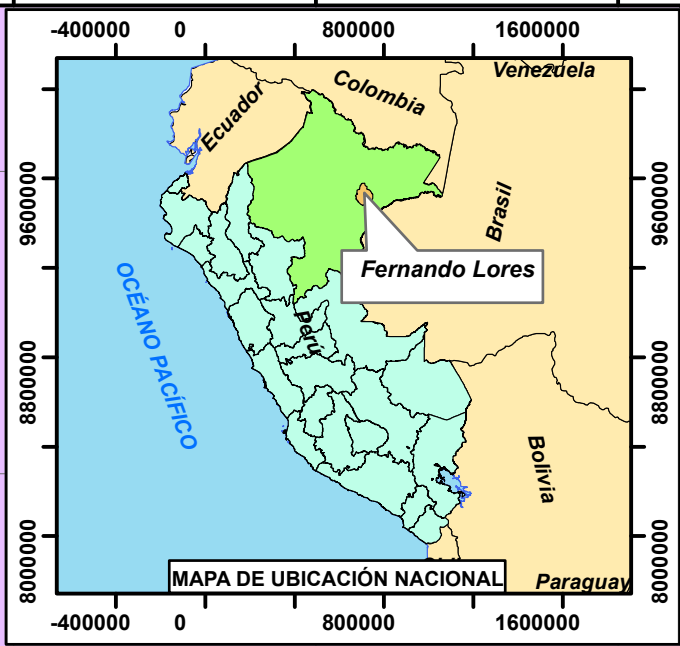
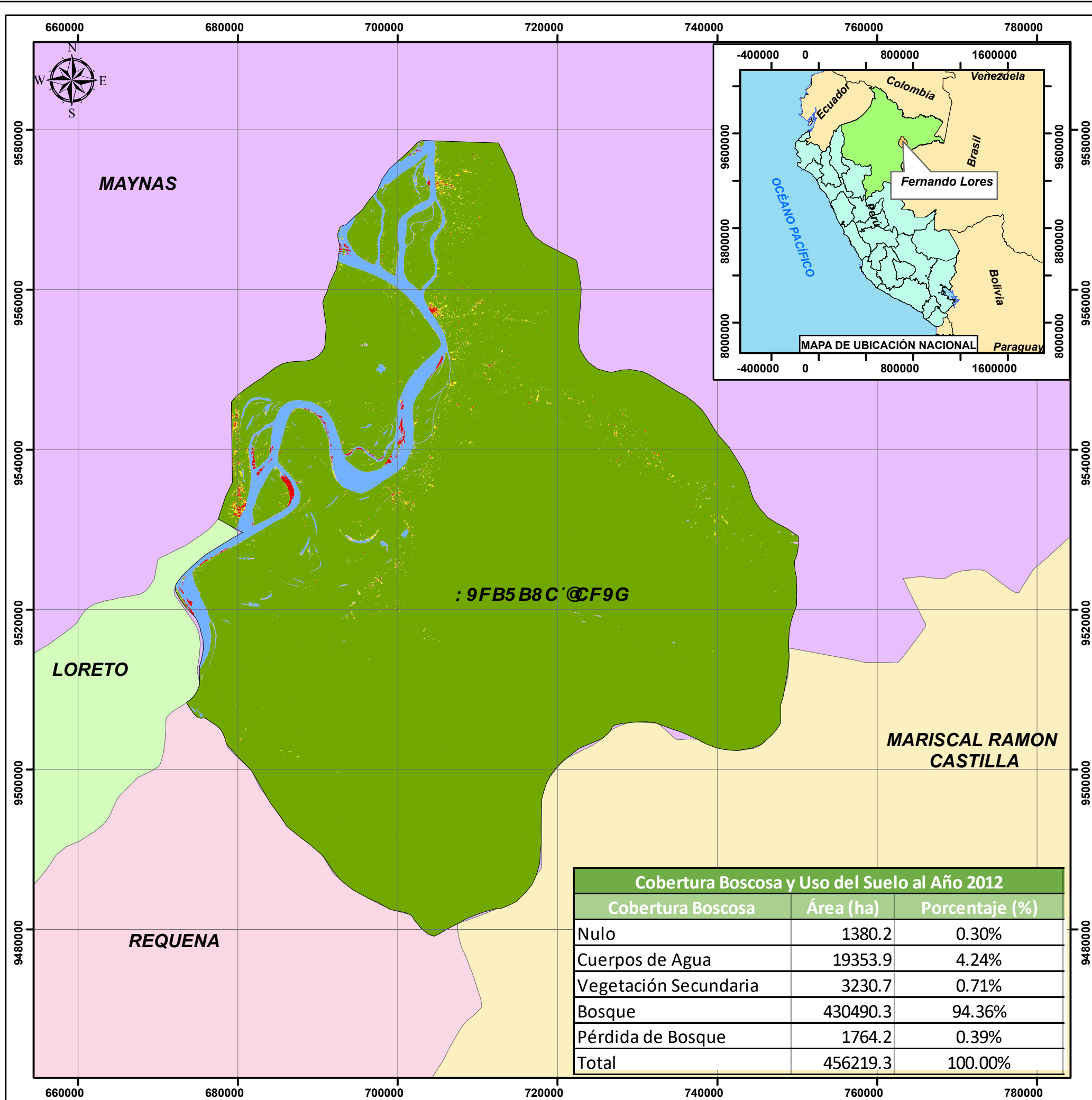
Elaborado por: Arana Tejada, Lesly Lluina	Asesor: Noe Zamora Talaverano
---	---

Ubicación:	Departamento : Loreto
	Provincia : Maynas
	Distrito : Fernando Lores

MP - 1

Fecha: Enero 2020	Fuente: IGN, MINAM
-------------------	--------------------

Anexo 2. Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo de los años 2012 al 2018.



LEYENDA

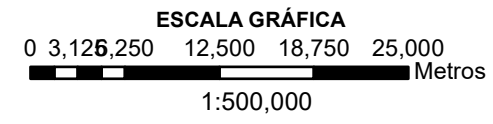
- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA



PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2012		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1380.2	0.30%
Cuerpos de Agua	19353.9	4.24%
Vegetación Secundaria	3230.7	0.71%
Bosque	430490.3	94.36%
Pérdida de Bosque	1764.2	0.39%
Total	456219.3	100.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

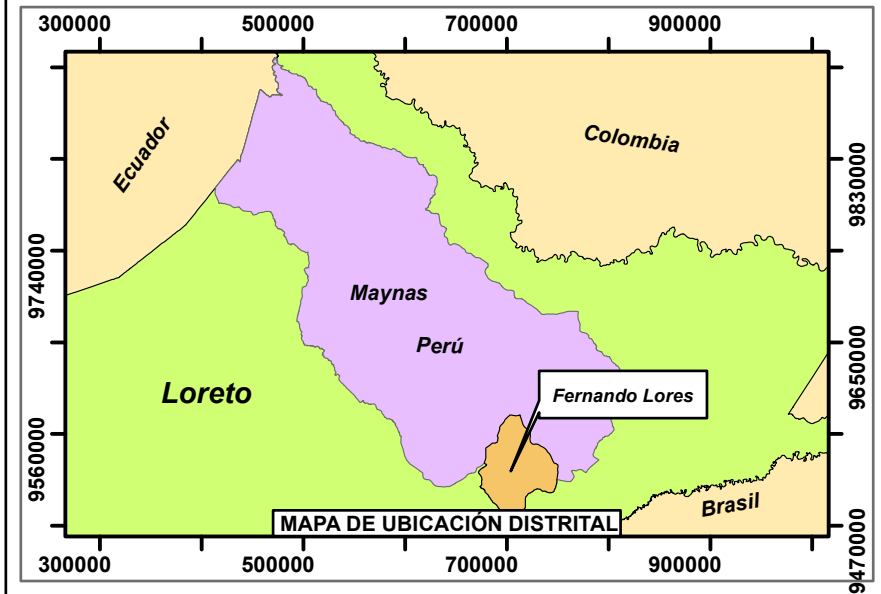
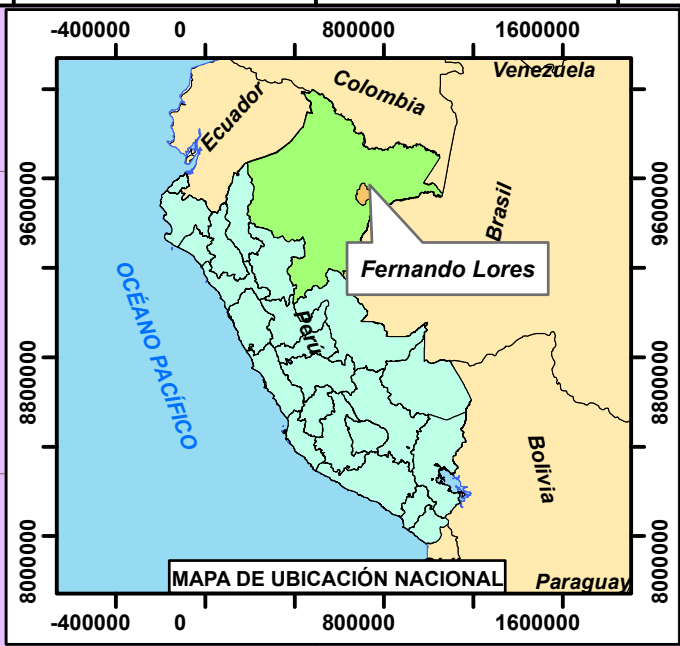
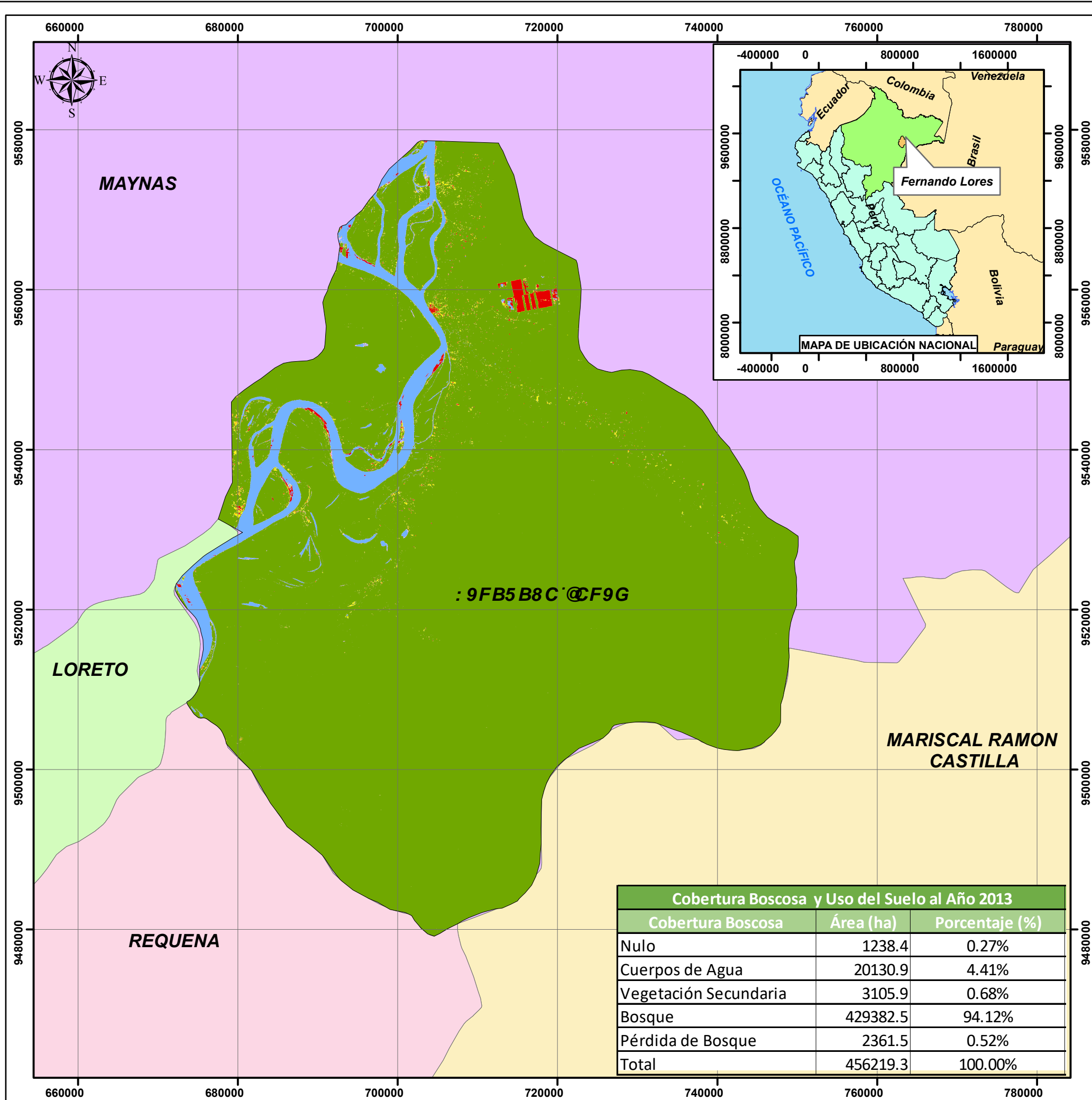
MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2012

Elaborado por: **Arana Tejada, Lesly Llulina** Asesor: **Noe Zamora Talaverano**

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

MP - 2



LEYENDA

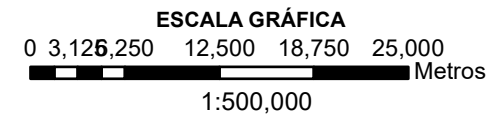
- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA



PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2013		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1238.4	0.27%
Cuerpos de Agua	20130.9	4.41%
Vegetación Secundaria	3105.9	0.68%
Bosque	429382.5	94.12%
Pérdida de Bosque	2361.5	0.52%
Total	456219.3	100.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

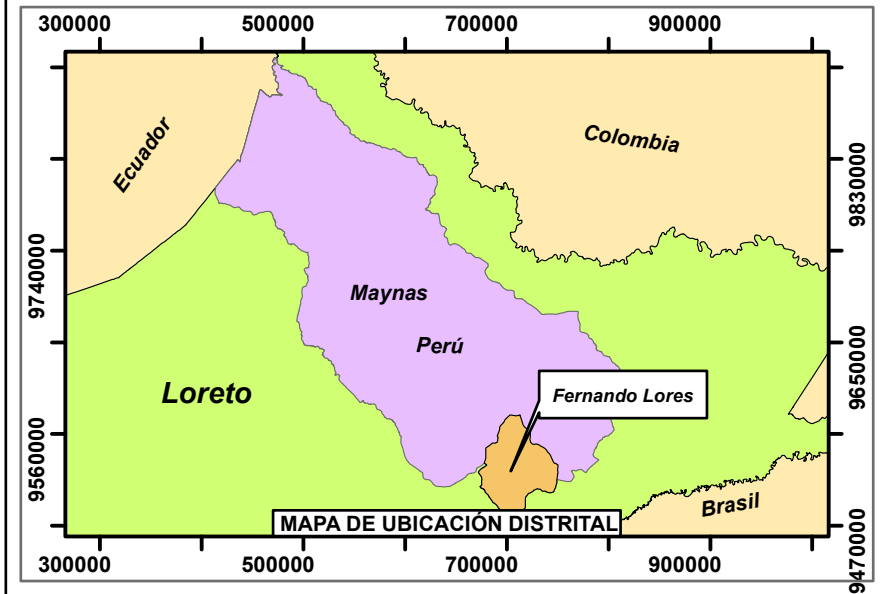
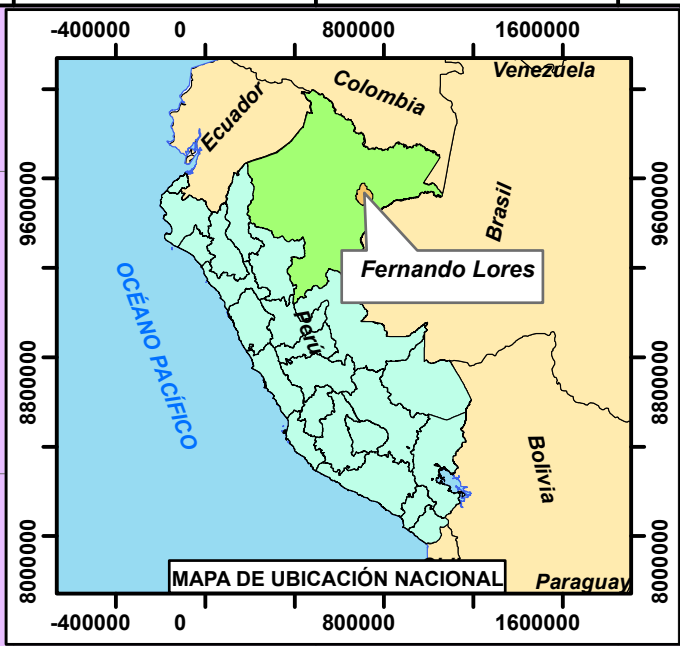
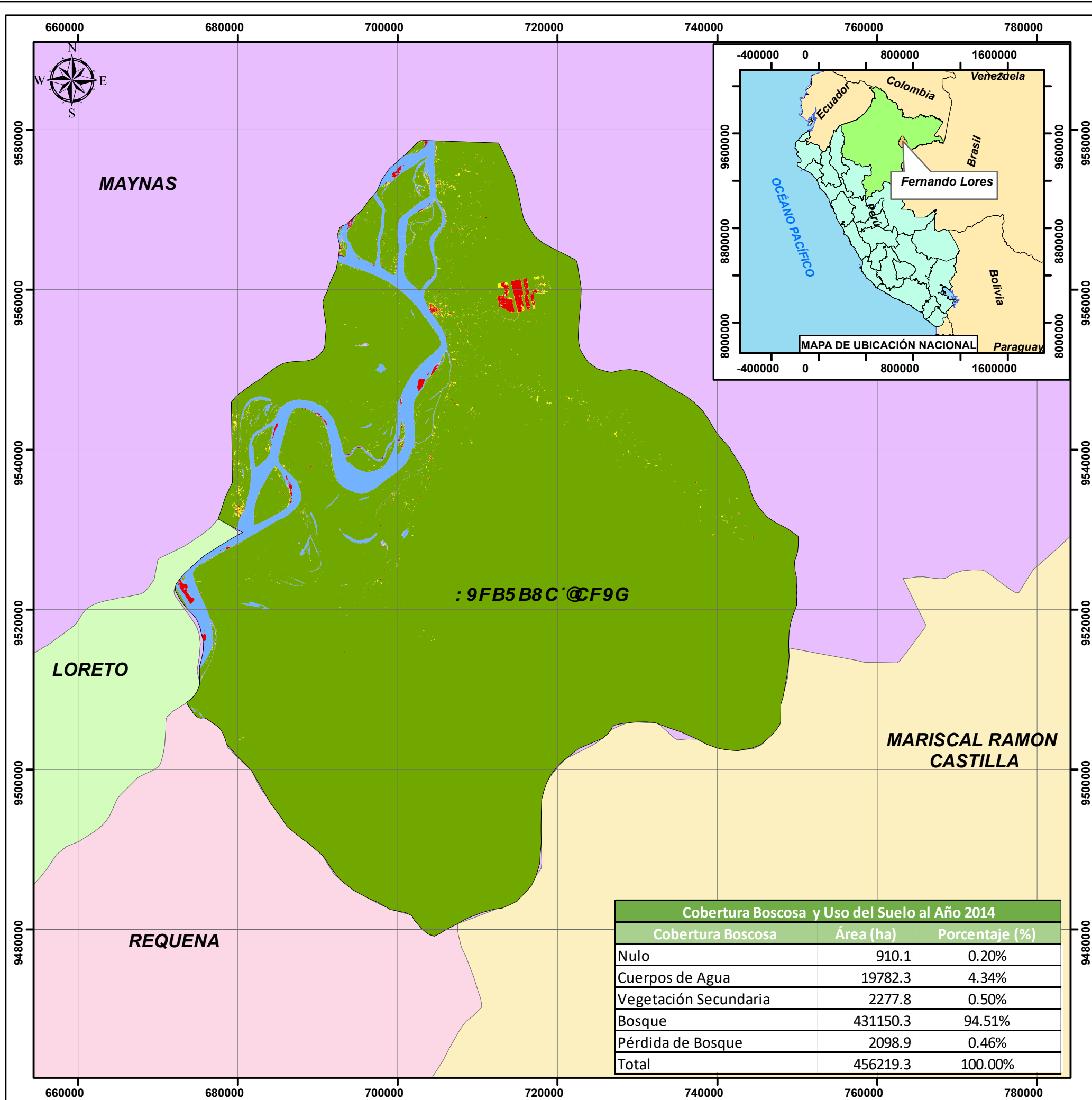
MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2013

Elaborado por: **Arana Tejada, Lesly Llulina** Asesor: **Noe Zamora Talaverano**

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

MP - 3



LEYENDA

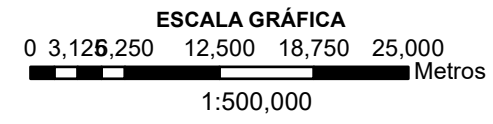
- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA



PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2014		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	910.1	0.20%
Cuerpos de Agua	19782.3	4.34%
Vegetación Secundaria	2277.8	0.50%
Bosque	431150.3	94.51%
Pérdida de Bosque	2098.9	0.46%
Total	456219.3	100.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

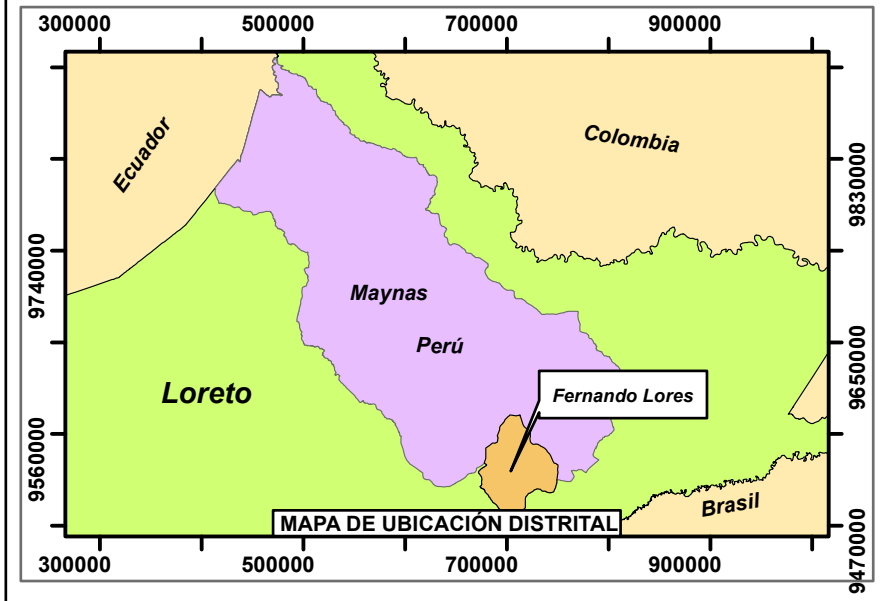
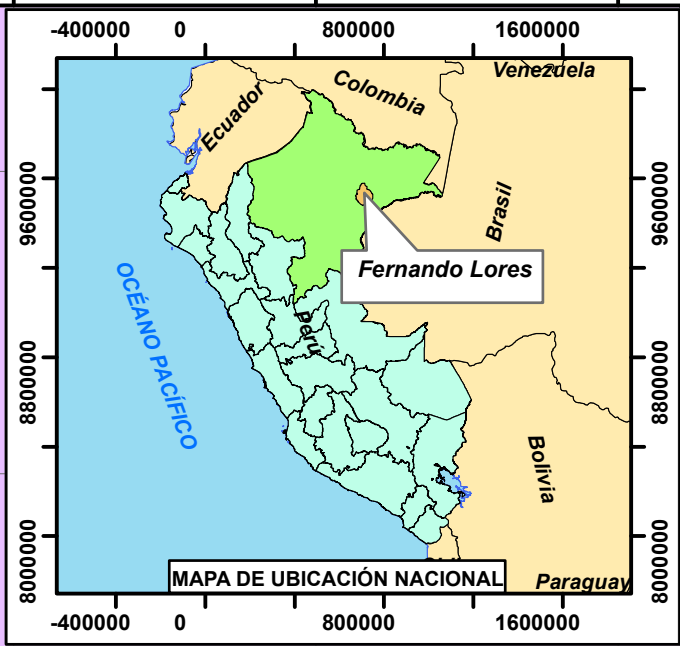
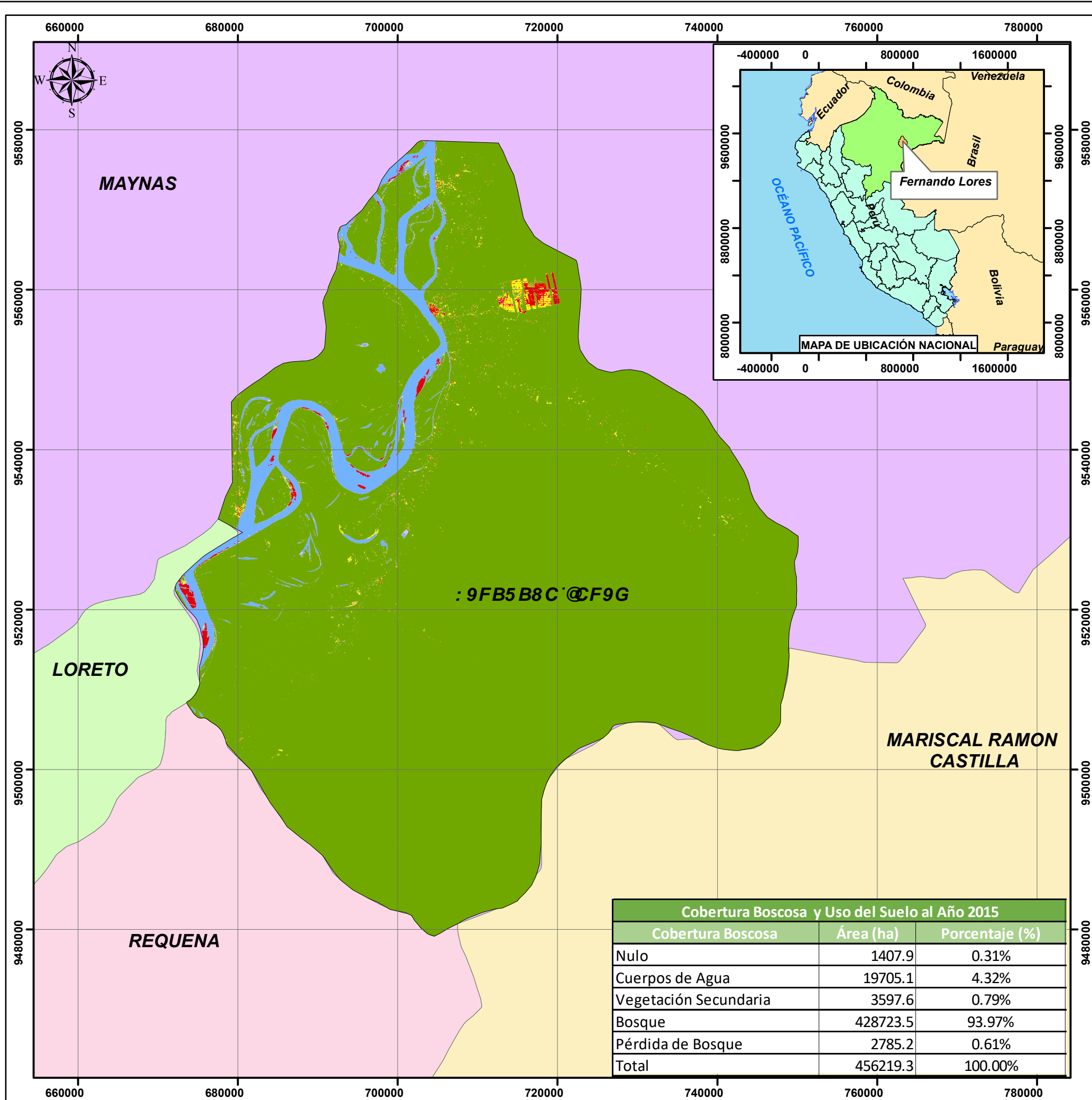
MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2014

Elaborado por: **Arana Tejada, Lesly Llulina** Asesor: **Noe Zamora Talaverano**

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

MP - 4



LEYENDA

- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA

ESCALA GRÁFICA

0 3,125 6,250 12,500 18,750 25,000 Metros

1:500,000

PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2015		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1407.9	0.31%
Cuerpos de Agua	19705.1	4.32%
Vegetación Secundaria	3597.6	0.79%
Bosque	428723.5	93.97%
Pérdida de Bosque	2785.2	0.61%
Total	456219.3	100.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

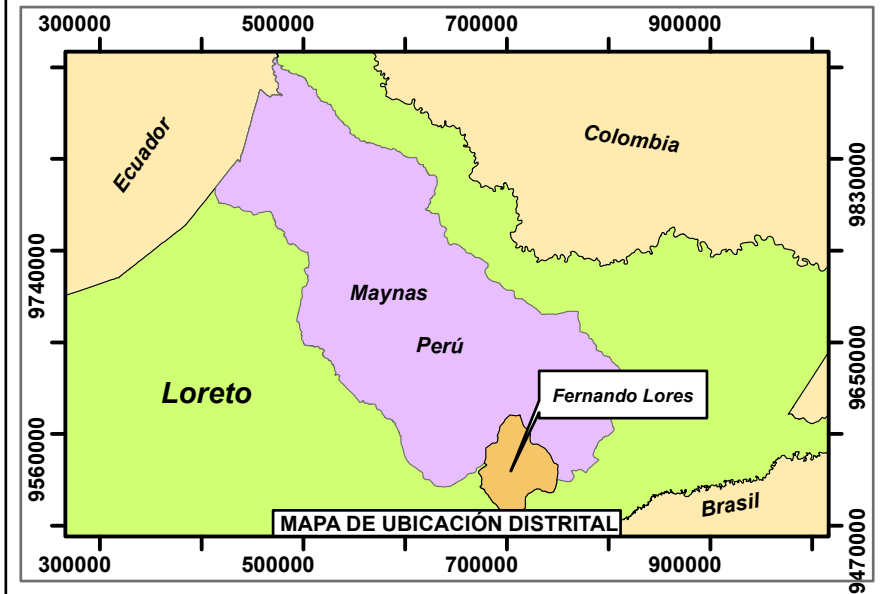
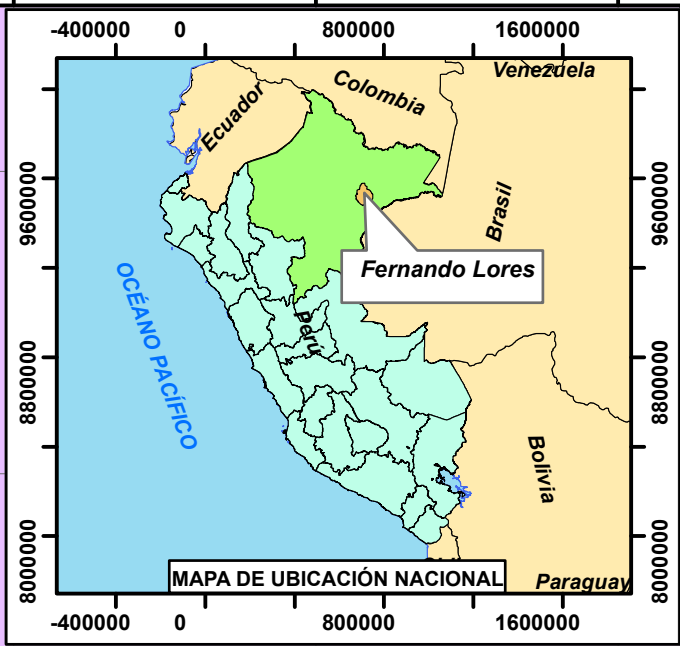
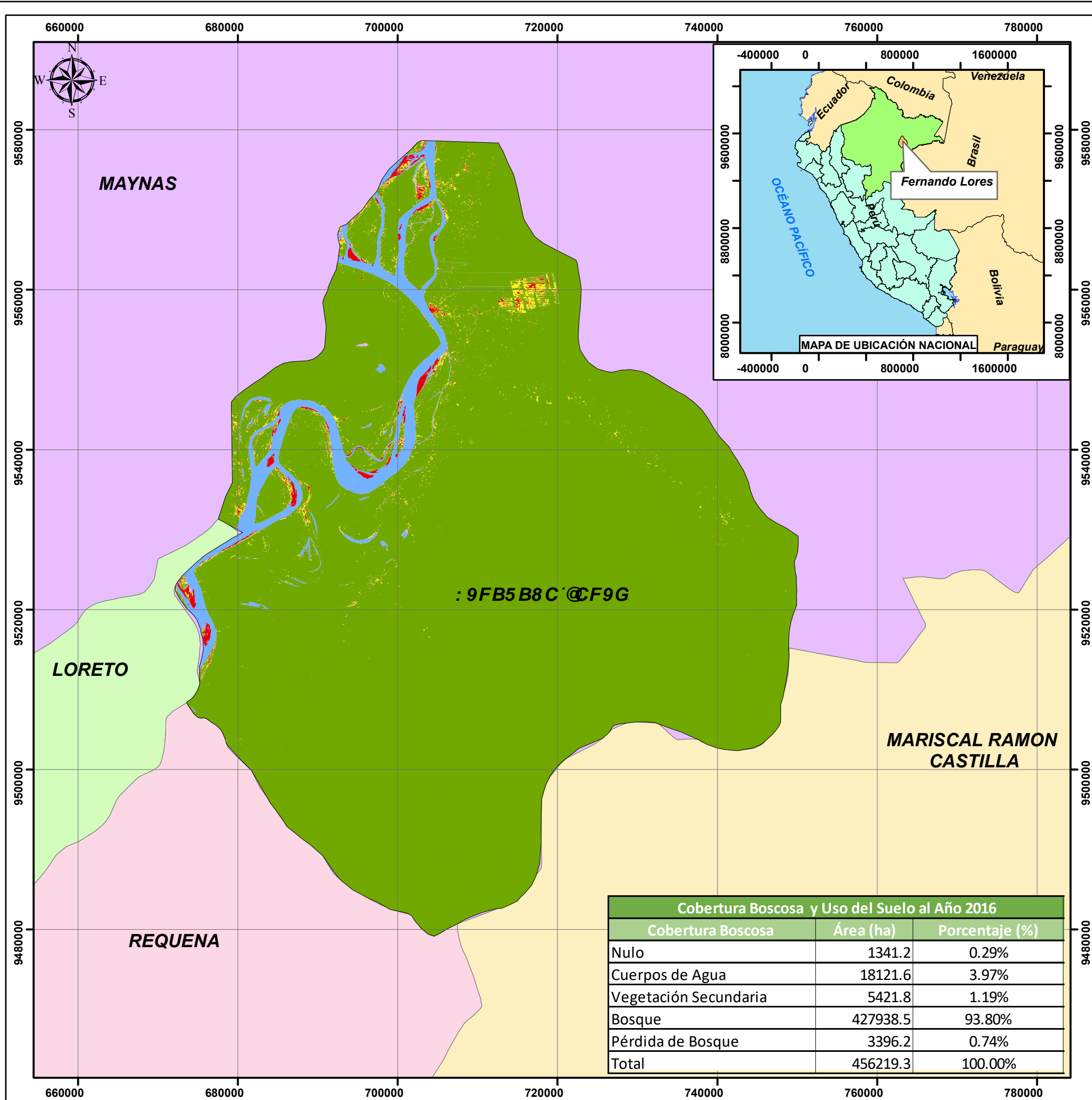
MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2015

Elaborado por: **Arana Tejada, Lesly Llulina** Asesor: **Noe Zamora Talaverano**

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

MP - 5



LEYENDA

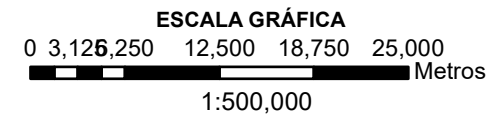
- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA



PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2016		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1341.2	0.29%
Cuerpos de Agua	18121.6	3.97%
Vegetación Secundaria	5421.8	1.19%
Bosque	427938.5	93.80%
Pérdida de Bosque	3396.2	0.74%
Total	456219.3	100.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2016

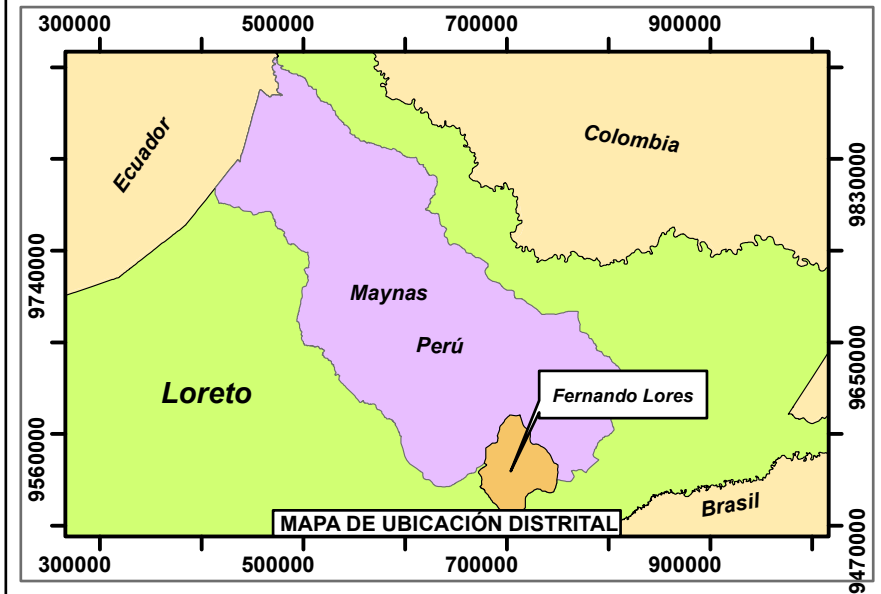
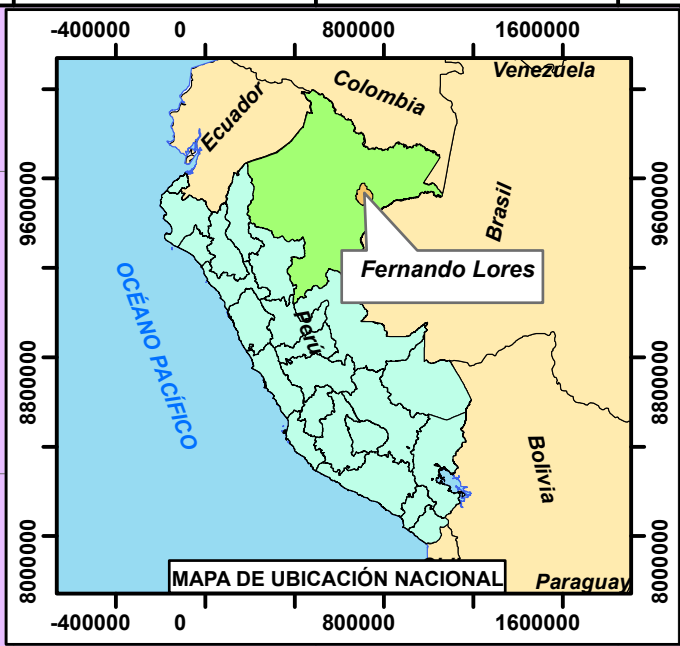
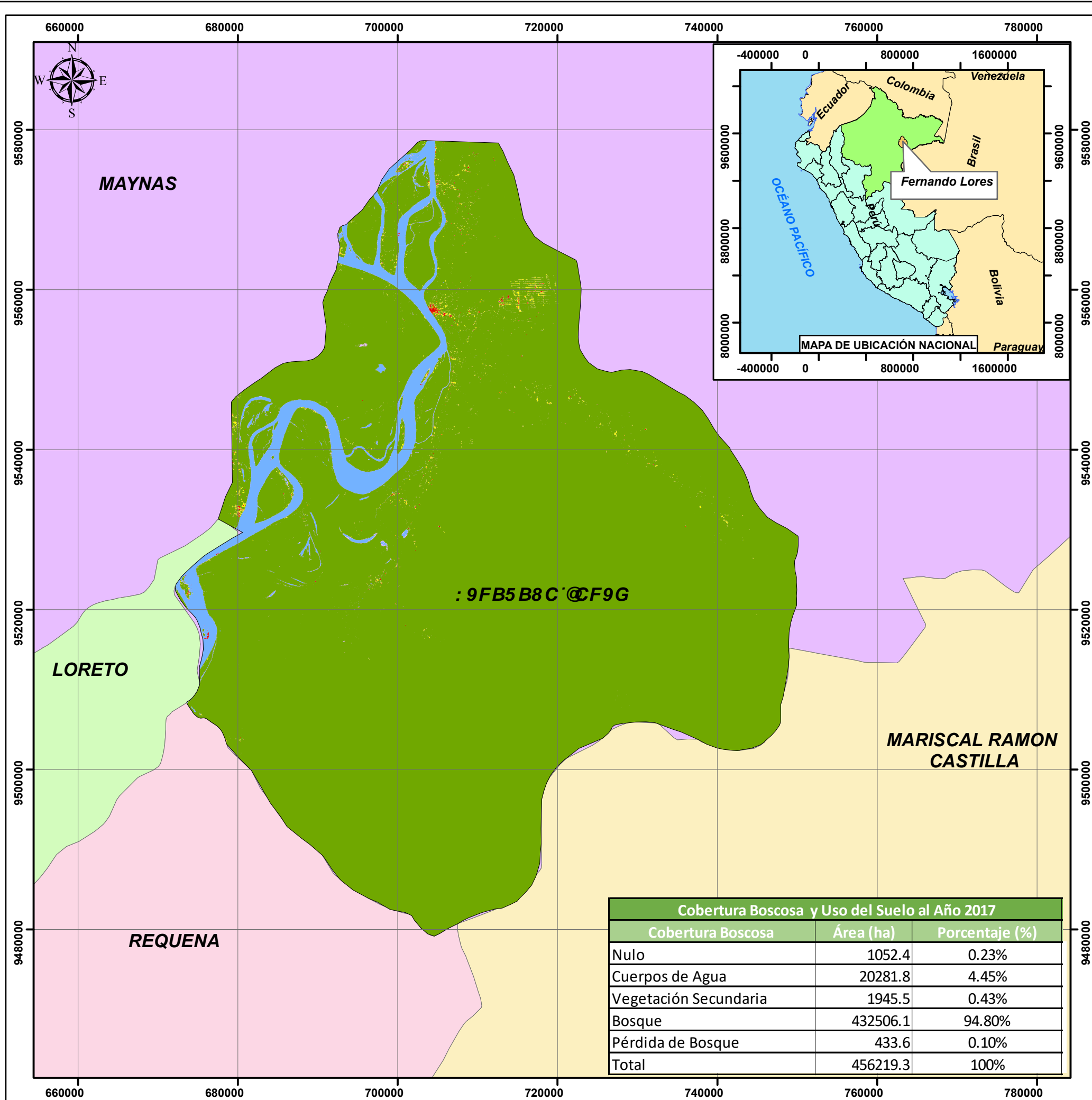
Elaborado por:
Arana Tejada, Lesly Llulina

Asesor:
Noe Zamora Talaverano

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

MP - 6



LEYENDA

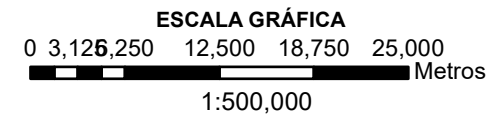
- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA



PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2017		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1052.4	0.23%
Cuerpos de Agua	20281.8	4.45%
Vegetación Secundaria	1945.5	0.43%
Bosque	432506.1	94.80%
Pérdida de Bosque	433.6	0.10%
Total	456219.3	100%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

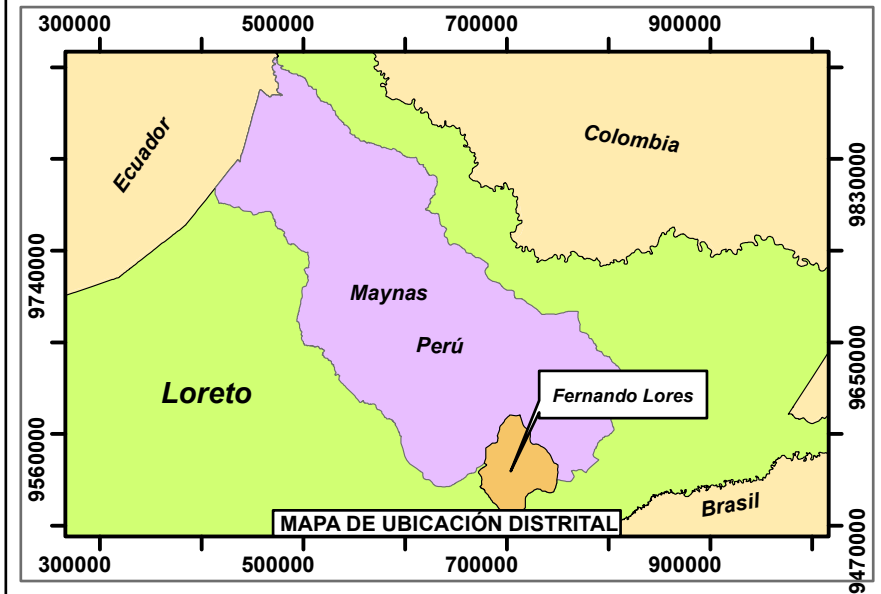
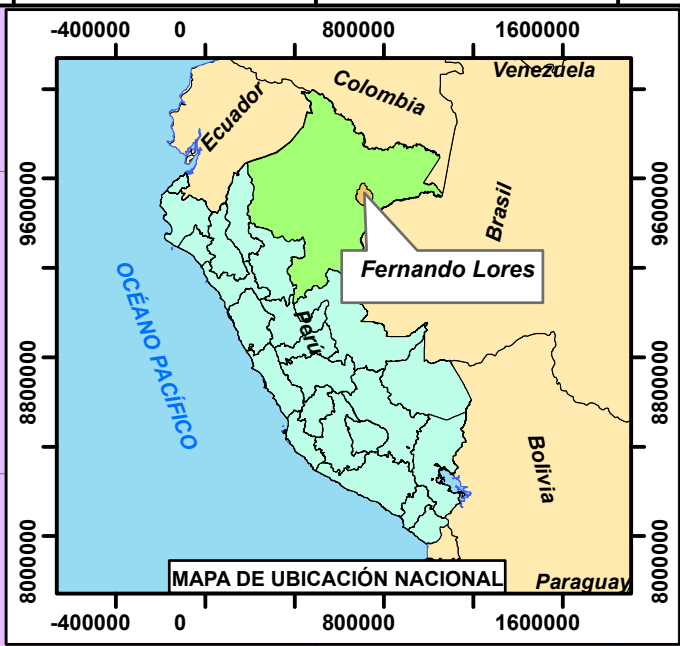
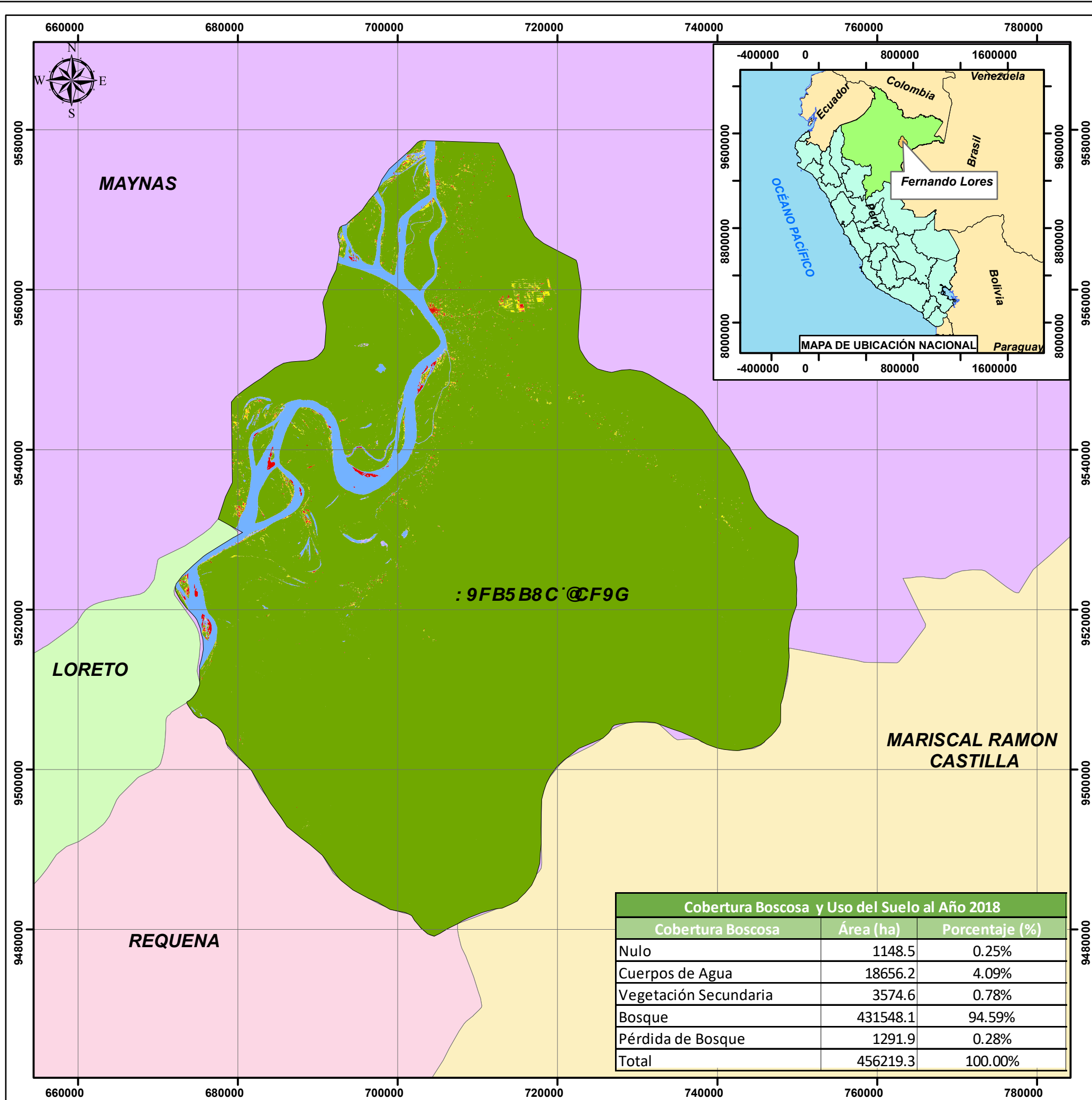
MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2017

Elaborado por: **Arana Tejada, Lesly Llulina** Asesor: **Noe Zamora Talaverano**

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

MP - 7



LEYENDA

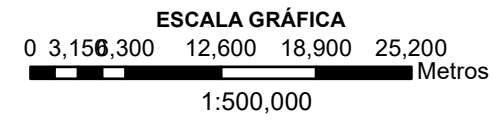
- Distrito de Fernando Lores

Cobertura

- Cuerpos de Agua
- Vegetación Secundaria
- Bosque
- Pérdida de Bosque

PROVINCIAS

- LORETO
- REQUENA
- MAYNAS
- MARISCAL RAMON CASTILLA



PROYECCION - DATUM
UTM - WGS 84 - ZONA 18 S

Cobertura Boscosa y Uso del Suelo al Año 2018		
Cobertura Boscosa	Área (ha)	Porcentaje (%)
Nulo	1148.5	0.25%
Cuerpos de Agua	18656.2	4.09%
Vegetación Secundaria	3574.6	0.78%
Bosque	431548.1	94.59%
Pérdida de Bosque	1291.9	0.28%
Total	456219.3	100.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis:
Evaluación de la pérdida en la cobertura boscosa y su uso actual del suelo en el distrito de Fernando Lores, provincia de Maynas, región Loreto, periodo 2012-2018.

MAPA DE COBERTURA BOSCOSA Y USO DEL SUELO AÑO 2018

Elaborado por: **Arana Tejada, Lesly Llulina** Asesor: **Noe Zamora Talaverano**

Ubicación:
Departamento : Loreto
Provincia : Maynas
Distrito : Fernando Lores

MP - 8

Fecha: Enero 2020 Fuente: IGN, Imágenes Landsat

Anexo 3: Algorithm code Google Earth Engine

```

var geometry = ee.FeatureCollection('users/LLLAT/Fer_Lor');

//var display = ee.Image(0).updateMask(0).paint(geometry, '000000', 2.5);

var miscUtils = require('users/bullocke/coded:coded/miscUtils');

Map.centerObject(geometry, 12)

var endmembers = ee.Dictionary({

gv:  [500, 900, 400, 6100, 3000, 1000],

npv: [1400, 1700, 2200, 3000, 5500, 3000],

soil: [2000, 3000, 3400, 5800, 6000, 5800],

cloud: [9000, 9600, 8000, 7800, 7200, 6500],

shade: [0, 0, 0, 0, 0, 0]})

var makeEndmemberMedian = function(start, end, endmembers) {

var medianImg = ee.Image(miscUtils.getInputsNoRegion(start, end, endmembers))

var gvShade = medianImg.expression('GV / (1 - SHADE)', {'GV':

medianImg.select('GV'),'SHADE': medianImg.select('Shade'),}).rename('GVshade')

return medianImg.addBands(gvShade)}

var decisionTree = function(img) {

var decision1 = img.select("GV").gt(-2)

var decision2 = img.select('GVshade').gt(.65)

var decision3 = img.select('GVshade').lt(.5)

var decision4 = img.select('NPV').add(img.select('Soil')).gt(.15)

var decision5 = img.select('GV').gt(.85)

var decision6 = img.select('NDFI').gt(.85)

```



```

var forest =
decision1.and(decision2.and(decision5.eq(0)).and(decision6)).selfMask()

var degradation =
decision1.and(decision2.and(decision5.eq(0)).and(decision6.eq(0))).selfMask()

var agua = (decision4.eq(0)).and(decision3.and(decision5.eq(0))).selfMask()

var nonForest =
(decision1.and(decision2.and(decision5).or(decision2.eq(0).and(decision3)).or(decision2.e
q(0).and(decision3.eq(0).and(decision4))))).and((decision4.eq(0)).and(decision3.and(decisi
on5.eq(0))).eq(0)).selfMask()

return agua.addBands([forest,degradation,
nonForest]).rename(['agua','Forest','Degradation','NonForest'])

var median2011 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2011-01-
01'),ee.Date('2012-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var median2012 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2012-01-
01'),ee.Date('2013-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var median2013 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2013-01-
01'),ee.Date('2014-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var median2014 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2014-01-
01'),ee.Date('2015-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var median2015 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2015-01-
01'),ee.Date('2016-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

```

```

var median2016 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2016-01-01'),ee.Date('2017-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var median2017 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2017-01-01'),ee.Date('2018-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var median2018 = ee.Image(makeEndmemberMedian(ee.Date('2018-01-01'),ee.Date('2019-01-01'),endmembers)).clip(geometry)

var serie_ndfi = ee.Image.cat([median2011.select('NDFI').rename('NDFI-2011'),median2012.select('NDFI').rename('NDFI-2012'),median2013.select('NDFI').rename('NDFI-2013'),median2014.select('NDFI').rename('NDFI-2014'),median2015.select('NDFI').rename('NDFI-2015'),median2016.select('NDFI').rename('NDFI-2016'),median2017.select('NDFI').rename('NDFI-2017'),median2018.select('NDFI').rename('NDFI-2018')])

var serie_GV = ee.Image.cat([median2011.select('GV').rename('GV-2011'),median2012.select('GV').rename('GV-2012'),median2013.select('GV').rename('GV-2013'),median2014.select('GV').rename('GV-2014'),median2015.select('GV').rename('GV-2015'),median2016.select('GV').rename('GV-2016'),median2017.select('GV').rename('GV-2017'),median2018.select('GV').rename('GV-2018')])

var serie_GVshade =
ee.Image.cat([median2011.select('GVshade').rename('GVshade-2011'),median2012.select('GVshade').rename('GVshade-2012'),median2013.select('GVshade').rename('GVshade-

```

```

2013'),median2014.select('GVshade').rename('GVshade-
2014'),median2015.select('GVshade').rename('GVshade-
2015'),median2016.select('GVshade').rename('GVshade-
2016'),median2017.select('GVshade').rename('GVshade-
2017'),median2018.select('GVshade').rename('GVshade-2018']]

    var serie_NPV = ee.Image.cat([median2011.select('NPV').rename('NPV-
2011'),median2012.select('NPV').rename('NPV-
2012'),median2013.select('NPV').rename('NPV-
2013'),median2014.select('NPV').rename('NPV-
2014'),median2015.select('NPV').rename('NPV-
2015'),median2016.select('NPV').rename('NPV-
2016'),median2017.select('NPV').rename('NPV-
2017'),median2018.select('NPV').rename('NPV-2018')])

    var serie_Soil = ee.Image.cat([median2011.select('Soil').rename('Soil-
2011'),median2012.select('Soil').rename('Soil-
2012'),median2013.select('Soil').rename('Soil-
2013'),median2014.select('Soil').rename('Soil-
2014'),median2015.select('Soil').rename('Soil-
2015'),median2016.select('Soil').rename('Soil-
2016'),median2017.select('Soil').rename('Soil-
2017'),median2018.select('Soil').rename('Soil-2018')])

    //Map.addLayer(serie.select('GVshade'), {}, 'NDFI-2011')

```

```

//Export.image.toDrive({image:serie_ndfi, description: 'NDFI',scale:
30,region:geometry,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

//Export.image.toDrive({image:serie_GV, description: 'GV',scale:
30,region:geometry,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

//Export.image.toDrive({image:serie_GVshade, description: 'GVshade',scale:
30,region:geometry,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

//Export.image.toDrive({image:serie_NPV, description: 'NPV',scale:
30,region:geometry,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

//Export.image.toDrive({image:serie_Soil, description: 'Soil',scale:
30,region:geometry,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

var c2011 = decisionTree(median2011);
var c2012 = decisionTree(median2012);
var c2013 = decisionTree(median2013);
var c2014 = decisionTree(median2014);
var c2015 = decisionTree(median2015);
var c2016 = decisionTree(median2016);
var c2017 = decisionTree(median2017);
var c2018 = decisionTree(median2018);

var mapa_2011_VS=c2011.select('NonForest').eq(1).add(3)
var mapa_2011_BOSQUE=c2011.select('Forest').eq(1).add(2)
var mapa_2011_PÉRDIDA=c2011.select('Degradation').eq(1).add(1)
var mapa_2011_AGUA=c2011.select('agua').eq(1)

```

```

    Export.image.toDrive({image:mapa_2011_VS,description: 'VS_2011',scale:
30,region:geometry ,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

    Export.image.toDrive({image:mapa_2011_BOSQUE,description:
'BOSQUE_2011',scale: 30,region:geometry ,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

    Export.image.toDrive({image:mapa_2011_PÉRDIDA,description:
'PÉRDIDA_2011',scale: 30,region:geometry ,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

    Export.image.toDrive({image:mapa_2011_AGUA,description:
'AGUA_2011',scale: 30,region:geometry ,fileFormat: 'GeoTIFF',maxPixels:1e13});

    //.add(c2011.select('NonForest').eq(2)).add(c2011.select('Degradation').eq(3)).add(c
2011.select('agua').eq(4))

    var clasificacion =
ee.ImageCollection([c2011,c2012,c2013,c2014,c2015,c2016,c2017,c2018])

    //Map.addLayer(c2014.select('Forest'), {palette: ['green']}, 'BOSQUE')

    //Map.addLayer(c2014.select('NonForest'), {palette: ['yellow']}, 'VEGETACION
SECUNDARIA')

    //Map.addLayer(c2014.select('Degradation'), {palette: ['red']}, 'PÉRDIDA DE
BOSQUE')

    //Map.addLayer(c2014.select('agua'), {palette: ['blue']}, 'AGUA')

    Map.addLayer(mapa_2011_VS, {}, 'Mapa_2011')

```