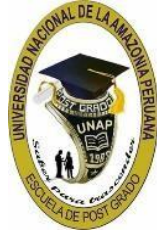




UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES CON MENCIÓN EN MANEJO
FORESTAL

TESIS

DEFORESTACIÓN Y USO DE LA TIERRA MEDIANTE IMÁGENES
SATELITALES, EN LA CARRETERA IQUITOS NAUTA 1989 –
2017.

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
FORESTALES, CON MENCIÓN EN MANEJO FORESTAL.

PRESENTADO POR: MAXIMILIANA IRENE CASTRO MEDINA

ASESOR: ING. RICHER RIOS ZUMAETA, DR.

IQUITOS, PERÚ

2020



UNAP

Escuela de Postgrado "JOSÉ TORRES VÁSQUEZ"
Oficina de Asuntos Académicos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
020-2020-OAA-EPG-UNAP

Con **Resolución Directoral N° 0408-2020-EPG-UNAP**, se autoriza la sustentación de la tesis: "DEFORESTACIÓN Y USO DE LA TIERRA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES, EN LA CARRETERA IQUITOS NAUTA 1989 - 2017", teniendo como jurados a los siguientes profesionales:

Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.	Presidente
Ing. Marlen Yara Panduro del Águila, Dra.	Miembro
Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr.	Miembro
Ing. Richer Rios Zumaeta, Dr.	Asesor

A los catorce días del mes de octubre del 2020, a horas 9:00 a.m., en la modalidad virtual zoom institucional de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se constituyó el Jurado Evaluador y dictaminador, para escuchar y evaluar la sustentación de la tesis: "DEFORESTACIÓN Y USO DE LA TIERRA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES, EN LA CARRETERA IQUITOS NAUTA 1989 - 2017" presentado por la señora MAXIMILIANA IRENE CASTRO MEDINA, como requisito para obtener el **Grado Académico de Maestra en Ciencias Forestales con mención en Manejo forestal**, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron: Respondidas satisfactoriamente

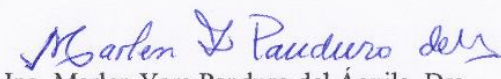
El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones, la sustentación es:


1. Aprobado como: a) Excelente () b) Muy bueno (X) c) Bueno ()
2. Desaprobado: ()

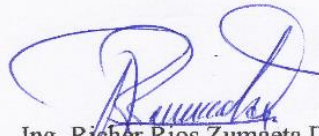
Observaciones : Ninguna

A Continuación, el Presidente del Jurado, da por concluida la sustentación, siendo las 11:05 am. del catorce de octubre del 2020; con lo cual, se le declara a la sustentante Apta para recibir el **Grado Académico de Maestra en Ciencias Forestales con mención en Manejo forestal**.


Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.
Presidente


Ing. Marlen Yara Panduro del Águila, Dra.
Miembro


Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr.
Miembro


Ing. Richer Rios Zumaeta, Dr.
Asesor

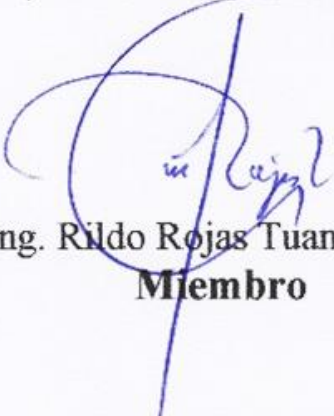
TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL (DÍA) (MES) (AÑO)
EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, EN LA CIUDAD
DE IQUITOS-PERÚ



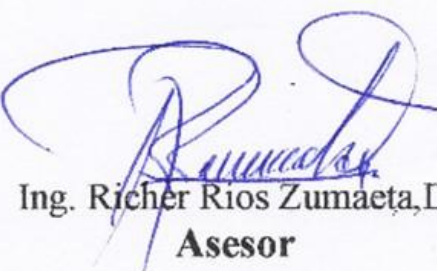
Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.
Presidente



Ing. Marlen Yara Panduro del Águila, Dra.
Miembro



Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr.
Miembro



Ing. Richer Rios Zumaeta, Dr.
Asesor

A la memoria de mi madre y hermanos,
que por decisión del hacedor partieron
muy pronto, a quienes extraño día a día.

A mi familia, por su apoyo
constante, con quienes comparto
muchas de mis inquietudes

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Escuela de Post Grado, Sección de Ciencias Forestales, por su valioso aporte en mi desarrollo y especialización profesional; en especial a los docentes: Ing. Rodil Tello, Ing. Valdemar Alegría, y todos aquellos profesores que contribuyeron a la ampliación de mis conocimientos.

Al Dr. Richer Ríos Zumaeta, por su colaboración y dedicación como asesor de la presente tesis.

A los miembros del Jurado de Tesis, Doctores Ronald Burga, Marlen Yara Panduro y Rildo Rojas, quienes me hicieron llegar sus sugerencias y apoyo para mejorar el presente trabajo.

A Tom Schröder y Carlos Cornejo, excelentes profesionales, grandes amigos y conocedores de la Amazonia Peruana, mi agradecimiento profundo por su amistad y apoyo constante.

A los profesionales Ing. Juan Carlos Vilca Tello; Eco. William Babilonia Ríos, Lic. Manuel Burga Ríos y Walter Hugo Alvarado, mis ex compañeros de trabajo del Gobierno Regional de Loreto, con quienes compartí muchos proyectos de desarrollo y sueños de mejorar con nuestro trabajo, la maravillosa región Loreto y su extenso territorio.

A mis compañeros de aula de la Maestría de Ciencias Forestales, con quienes compartí muchos momentos de reflexión académica y de compañerismo, de quienes guardo magníficos recuerdos.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por haberme formado profesionalmente y reforzado los lineamientos éticos que guían mi vida.

A todas aquellas personas cuya contribución facilitó la realización del presente estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
Carátula	i
Contracarátula	ii
Acta de sustentación	iii
Jurado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Bases teóricas	7
1.3. Definición de términos básicos	13
CAPITULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	14
2.1. Variables y su operacionalización	14
2.2. Formulación de la hipótesis	14
CAPITULO III: METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de la investigación	15
3.2. Población y muestra	15
3.3. Técnicas e instrumentos	16
3.4. Procedimientos de recolección de datos	17
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	28
CAPITULO IV: RESULTADOS	30
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	80
CAPITULO VI: PROPUESTA	88
CAPITULO VII: CONCLUSIONES	90
CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES	93
CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	
Matriz de consistencia	
Instrumento de recolección de datos	

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla N° 01. Áreas deforestadas del año 1989, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes satelitales Landsat TM4.	31
Tabla N° 02. Áreas deforestadas del año 1995, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes Landsat TM5.	33
Tabla N° 03. Áreas deforestadas del año 2005, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes Landsat TM5.	35
Tabla N° 04. Áreas deforestadas del año 2017, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8.	37
Tabla N° 05. Pérdida del bosque primario e incremento de la deforestación, en los periodos 1989-1995, 1995-2005 y 2005-2017.	40
Tabla N° 06. Áreas deforestadas y pérdida del bosque primario en hectáreas, años 1989, 1995, 2005 y 2017	41
Tabla N° 07. Tasa de deforestación en los periodos; 1989-1995, 1995-2005, 2005-2017; y el periodo 1989 – 2017 (año inicial y año final)	43
Tabla N° 08. Superficie del área agrícola y de pastos, cartografiado con imágenes de satélite.	46
Tabla N° 09. Superficie del área urbana, cartografiado con imágenes satelitales	48
Tabla N° 10. Uso de la tierra en la carretera Iquitos Nauta, año 1989	60
Tabla N° 11. Uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, año 1995	63
Tabla N° 12. Uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, año 2005	65
Tabla N° 13. Uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, año 2017	68
Tabla N° 14. Consolidado y análisis comparativo del uso de la tierra para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.	71
Tabla N° 15. Consolidado y análisis comparativo de las áreas deforestadas para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.	74
Tabla N° 16. Suma algebraica de las superficies de cambio de uso de la tierra en el área de influencia de la carretera Iquitos - Nauta, años 1989, 1995, 2005 y 2017.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura N° 01. Áreas deforestadas del año 1989.	31
Figura N° 02. Mapa de áreas deforestadas en la zona de estudio, para el año 1989.	32
Figura N° 03. Áreas deforestadas en hectáreas, año 1995.	33
Figura N° 04. Mapa de áreas deforestadas en la zona de estudio, para el año 1995.	34
Figura N° 05. Áreas deforestadas del año 2005.	35
Figura N° 06. Mapa de áreas deforestadas, año 2005.	36
Figura N° 07. Áreas deforestadas del año 2017	37
Figura N° 08. Mapa de áreas deforestadas en la zona de estudio, para el año 2017.	38
Figura N° 09. Deforestación y pérdida del bosque, años 1989, 1995, 2005 y 2017	41
Figura N° 10. Plantaciones de palma aceitera y sus frutos, en las inmediaciones de la Quebrada Zaragoza, Nauta.	51
Figura N° 11. Clase centros poblados en Imagen de Satélite Landsat	52
Figura N° 12. Clase cultivos agrícolas extensivos en imagen de satélite.	53
Figura N° 13. Clase pastos en imagen de satélite.	54
Figura N° 14. Clase: Bosque primario o Monte Alto.	56
Figura N° 15. Clase bosque secundario en imagen de satélite	56
Figura N° 16. Clase purmas en la imagen de satélite.	58
Figura N° 17. Clase: Pantanos, Aguajales y Varillales.	58
Figura N° 18. Clase cuerpos de agua (ríos, cochas y lagunas piscícola)	59
Figura N° 19. Uso de la Tierra en la carretera Iquitos - Nauta, año 1989	61
Figura N° 20. Mapa de Uso de la Tierra para el año 1989.	61
Figura N° 21. Superficie del uso de la tierra, en la carretera Iquitos - Nauta, año 1995	63
Figura N° 22. Uso de la Tierra en la zona de estudio para el año 1995.	64
Figura N° 23. Uso de la Tierra en la carretera Iquitos - Nauta, año 2005	66

Figura N° 24. Mapa de uso de la tierra para el año 2005.	67
Figura N° 25. Uso de la Tierra en la carretera Iquitos - Nauta, año 2017	69
Figura N° 26. Uso de la Tierra en la zona de estudio para el año 2017.	70
Figura N° 27. Mediciones resultantes del uso de la tierra para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.	72
Figura N° 28. Cambio de uso de la tierra, para los periodos 1989-1995, 1995- 2005 y 2005-2017	78

RESUMEN

El área de influencia de la carretera Iquitos Nauta, es un sector de la Amazonia andina que se encuentra bajo la fuerte presión que ejercen las poblaciones sobre sus recursos naturales, especialmente las ciudades de Iquitos y Nauta. Las actividades antrópicas desarrolladas están afectando los suelos y la biodiversidad, considerando que su potencial es para uso forestal y las áreas de potencial agrícola se restringen a pequeños sectores localizados en las llanuras aluviales y complejo de orillares. El objetivo fue determinar la tasa de deforestación anual, calcular y cuantificar el uso de la tierra y determinar la relación que existe entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra, mediante la utilización de imágenes satelitales entre los años 1989 – 2017. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat 8, 5 y 4, con sus sensores OLI, ETM y TM, como fuente de información, seleccionándose las imágenes, sensores, nubosidad y la fecha de toma de las mismas. La metodología aplicada se basó en técnicas de análisis, procesamiento digital e interpretación visual, tomando en consideración la respuesta espectral de los diferentes tipos de vegetación, usos del suelo y deforestación. Los resultados obtenidos fueron la identificación y cuantificación del uso de la tierra y la deforestación del área de estudio. Se identificaron siete clases de uso de la tierra; agricultura, pastos cultivados y mejorados, centros urbanos, bosque primario, bosques secundarios, purmas y cuerpos de agua. Las áreas deforestadas para el año 1989 alcanzó a 41,988 ha, para el año 1995 fue de 58,668 ha, mientras que para el año 2005 fue de 68,896 ha y para el año 2017 comprendió un área de 91,181.18 ha. Finalmente, la tasa de deforestación anual para el periodo de 28 años analizado fue de 1,756.89 ha por año.

Palabras clave: Deforestación, uso de la tierra, Amazonía, Teledetección, Sistemas de Información Geográfica, imágenes Landsat, análisis visual y procesamiento digital.

ABSTRACT

The area of influence of the Iquitos Nauta road is a sector of the Andean Amazon that is under the strong pressure exerted by the populations on their natural resources, especially the cities of Iquitos and Nauta. The anthropic activities developed are affecting soils and biodiversity, considering that their potential is for forest use and areas of agricultural potential are restricted to small sectors located in the floodplains and complex of banks. The objective was to determine the annual deforestation rate, calculate and quantify the use of the land and determine the relationship between deforestation and the change of land use, using satellite images between 1989 y 2017. It used Landsat 8, 5 and 4 satellite images, with their OLI, ETM and TM sensors, as a source of information, selecting images, sensors, cloudiness and the date they were taken. The methodology applied were based on analysis techniques, digital processing and visual interpretation, taking into account the spectral response of the different types of vegetation, land use and deforestation. The results obtained were the identification and quantification of land use and deforestation of the study area. Seven kinds of land use were identified; agriculture cultivated and improved pastures, urban centers, primary forest, secondary forests, purges and bodies of water. The deforested areas for 1989 reached 41,988 hectares, for 1995, it was 58,668 hectares, while for 2005 it was 68,896 hectares and for 2017 it included an area of 91,181.18 hectares. Finally, the annual deforestation rate for the 28-year period analyzed was 1,756.89 hectares per year.

Keywords: Deforestation, land use, Amazonia, Remote Sensing, Geographic Information Systems, Landsat images, visual analysis and digital processing.

INTRODUCCIÓN

La desaparición de la selva amazónica, uno de los sistemas ecológicos tropicales de mayor riqueza biológica en el planeta, ha estado en el centro del debate por décadas. El Perú tiene 73 millones de hectáreas de bosques que se caracterizan por una amplia diversidad, de la cual se distinguen los bosques amazónicos que comprenden la mayor superficie con 94% del área forestal, los bosques secos que abarcan el 5% y los bosques andinos con 0.5%. Tanto los bosques amazónicos como los no amazónicos experimentan fuertes presiones, ya que la deforestación afecta también las vertientes occidentales, oriental andina y laderas de valles interandinos ¹.

En la Amazonia peruana, las principales causas de la deforestación son la agricultura de menor escala, la minería comercial y la construcción de vías. La degradación de los bosques es causada principalmente por la tala ilegal. Esta pérdida forestal afecta mucho más allá que solo a árboles y la fauna peruana, ya que también es responsable de casi la mitad de las emisiones de gases efecto invernadero a nivel nacional. La deforestación y degradación de los bosques son las principales fuentes de CO₂ a nivel mundial, luego de la quema de combustibles fósiles ². Además de las actividades agropecuarias, existen factores que incrementan la deforestación como el desarrollo urbano, la infraestructura de comunicaciones, la explotación minera y petrolera, y las plantaciones ilegales de coca. El potencial forestal del Perú se ve amenazado por una creciente tasa de deforestación, que origina una gran parte de las emisiones de la Amazonia, debido a malas prácticas agrícolas y ganaderas ³.

En los años 1996 y 2005, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) realizó estudios de la deforestación en la Amazonía peruana utilizando datos de percepción remota para cuantificar la extensión de la deforestación. Los resultados para el año 1996 revelaron una tasa de tala del bosque 54,000 ha/año en el departamento de Loreto ⁴. La deforestación acumulada en el departamento de Loreto para el año 2005 fue 945 642,15 ha (13,18 %) ⁵.

Entre los años 2001 - 2014 el Perú perdió 1 653 129 ha de bosque húmedo Amazónico, a una tasa anual promedio de 118 080,10 ha/año. La tendencia de la deforestación es creciente, los datos muestran una aceleración y una pendiente más elevada de la deforestación en los últimos cuatro años del periodo 2001 – 2014 ⁶.

Además de la deforestación, los cambios de uso de la tierra dan lugar a una pérdida de hábitats valiosos, a la degradación de la tierra, la erosión del suelo, la disminución del agua limpia y la liberación de carbono a la atmósfera. Asimismo, la deforestación es una de las principales causas del cambio climático, ya que la capacidad de los bosques para retener carbono disminuye a medida que estos se pierden ⁷.

Las experiencias definidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en materia de evaluación de la deforestación, indican que la comparación de mapas existentes de dos o más fechas, han derivado en evaluaciones de cambios afectados por una consistencia pobre, debido a las diferencias en materiales y metodologías de los inventarios que se han llevado a cabo en diferentes años para la misma área, lo que comúnmente implica inconsistencia en las clasificaciones usadas, en la calidad de los sensores remotos y en las técnicas de interpretación, así como una involucración significativa de subjetividad en la delineación de las claves ⁸.

El presente trabajo utiliza imágenes satelitales como fuente de información para la evaluación de la deforestación y el uso de la tierra, asimismo, se utilizó los SIG, como herramientas de análisis y permitirá la obtención de información sobre el cambio de la cobertura en el uso de suelo en los periodos 1989-1995-2005-2017, cuantificando la tendencia de cambio, así como obtener información sobre la deforestación en el área.

Se plantea la pregunta, ¿Qué relación existe entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, durante los años 1989 al 2017?.

La Amazonia peruana es una de las principales regiones en peligro de deforestación, con expectativas de presentar mayor deforestación y degradación de los bosques a nivel mundial para el año 2030 ⁹.

La deforestación en el Perú está alcanzado niveles tan alarmantes que hasta la misma NASA expresa su preocupación sobre el problema y ha revelado, recientemente, la grave depredación de más de mil hectáreas de bosques en el departamento de Loreto, registrada mediante imágenes de satélite ¹⁰.

A nivel mundial no existen suficientes estudios semi-detallados sobre cambio de cobertura y uso del suelo a escala regional, ya que la selección de un área de estudio a menudo depende de la preocupación conjunta de investigadores, población y gobierno ¹¹.

En la presente investigación, se utilizaron imágenes satelitales como fuente de información para la evaluación y el análisis de la deforestación y el uso de la tierra. Se emplearán los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección, como herramientas de análisis y permitirán la obtención de información sobre el cambio de la cobertura en el uso de suelo en el periodo 1989 - 2017, cuantificando la tendencia de cambio, y la deforestación en el área de la carretera Iquitos – Nauta y finalmente, servirá de apoyo a las autoridades para la toma de decisiones y de medidas oportunas.

El estudio es viable porque se dispone de las imágenes de satélite libres y sin costo, en servidores como www.Earthexplorer.usgs.gov de instituciones como el Servicio Geológico de los Estados Unidos (con sus siglas en inglés, USGS) y www.remotepixel.ca.

Se cuenta con los recursos económicos necesarios para el desarrollo de la investigación en todas sus etapas y se dispone de los recursos humanos necesarios para su ejecución.

Se tiene el apoyo de especialistas en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Si bien es cierto que se dispone de imágenes de satélites, una de las limitaciones que podría encontrarse en el desarrollo de la investigación, está relacionada a la información satelital libre de nubes con un bajo porcentaje, menor de 10% y que se encuentren en cada imagen de satélite Landsat, sin embargo esta limitación puede ser superada debido a que en la actualidad se cuenta con plataformas y servidores de imágenes de satélite libres y disponibles en la red, que ayudarán en la búsqueda de productos satelitales como la plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) a través de la página <https://earthexplorer.usgs.gov/>¹².

Tiene como objetivos determinar la relación entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra mediante el uso de imágenes de satélite entre los años 1989 – 2017, en la carretera Iquitos – Nauta y entre sus objetivos específicos se encuentra, identificar y cuantificar la superficie deforestada en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 – 2017, calcular la tasa de deforestación entre los años 1989-1995-2005 y 2017, identificar las actividades antrópicas generadas por la deforestación en la carretera Iquitos Nauta, entre los años 1989 – 2017, asimismo, calcular el uso de la tierra a través de imágenes satelitales y comparar y establecer la relación entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 – 2017.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el 2018, se realizó la investigación aplicada “Diagnóstico de la deforestación (2005-2010-2012), en el marco del sistema integrado de monitoreo del Parque Nacional del Manu”, en base a imágenes de satélite Landsat y la información obtenida por los guardaparques y especialistas del Parque Nacional del Manu. El objetivo fue realizar un diagnóstico e identificar las causas de la deforestación y sus impactos, partiendo de la hipótesis que la presión por el aprovechamiento de los recursos naturales, el crecimiento demográfico y el cambio climático hace que los ecosistemas sufran cambios y que la diversidad biológica se ve afectada. Los resultados del estudio fueron: La deforestación del Parque Nacional del Manu hasta el 2005 fue principalmente por la actividad antropogénica; La tasa de deforestación por año entre el 2005 -2010 fue de 1997,49 ha. y entre el 2010 – 2012 fue de 819.37 ha. Las conclusiones de la investigación fueron: la deforestación del Parque Nacional del Manu, es principalmente por la actividad antropogénica, tales como la actividad agropecuaria, agrícola, minera y petrolera, que contribuyen a la pérdida de diversidad biológica ¹³.

En el 2017, se realizó una investigación de tipo descriptivo correlacional y predictivo “Prospectiva del cambio de uso de suelo en el distrito de Iberia, Tahuamanu – Madre de Dios, periodo 2004-2030”. El objetivo fue analizar y modelar el cambio de cobertura de bosque a deforestación, para determinar zonas deforestadas para los periodos 2004, 2011, 2016 y 2030, y se utilizaron imágenes de satélite Landsat 5 TM (2004 y 2011) y Landsat 8 con su sensor OLI (2016). La investigación abordó la prospectiva de cambio de uso de suelo para la realización de planes de gestión del territorio, y utiliza los modelos de prospectiva del cambio de uso de suelo como una herramienta para conocer las dinámicas que ayudan a establecer los patrones de uso del suelo y explorar posibles escenarios, basándose en imágenes de satélite. Los resultados fueron: El mayor cambio que se produjo fue el incremento de la deforestación entre el periodo 2004-2011 con una tasa de cambio anual de 14,25%. Se concluyó que la expansión ganadera, agrícola, de subsistencia y los proyectos de infraestructura son los más importantes motores que conllevan a la deforestación ¹⁴.

En el año 2016, se realizó la investigación descriptiva “Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la provincia Alto Amazonas del departamento de Loreto, 2000-2014”. Se analizaron la deforestación y la pérdida de la biomasa, utilizando imágenes Landsat con el objetivo de cuantificar la deforestación para el periodo 2000-2014 y determinar el incremento de la deforestación para ese periodo. Se evaluaron 1 958 133.5 ha., teniendo como resultado que en el periodo 2000 – 2014 se deforestaron un total de 79 723.01 ha, que representa 4.07% del área de estudio. En el distrito de Yurimaguas se registró la mayor superficie deforestada con 41 610.2 ha, mientras que el distrito de Lagunas presentó la menor superficie con 4 154.6 ha (0.69%). El mayor incremento de la deforestación se presentó en el año 2010 - 2011 con 62 811.70 ha/año. Las conclusiones fueron las siguientes: La cuantificación de la deforestación, está directamente relacionada al periodo de evaluación, a la ubicación espacial, a las estructuras sociales y a la población de los distritos. La más alta deforestación se presenta en los distritos asentados en los límites de la provincia del Alto Amazonas y menor en los instalados en el interior de la provincia. Asimismo, el incremento de la deforestación está influenciado por la constante presión y depredación antrópica de los bosques como consecuencia de las malas prácticas agropecuarias. La relación entre la deforestación y la pérdida de biomasa aérea es directa, por consiguiente a mayor deforestación mayor pérdida de biomasa aérea ¹⁵.

En el 2013, se realizó la investigación de tipo descriptivo comparativo "Monitoreo de la deforestación del departamento de Ucayali, periodo 2005 – 2009", mediante la interpretación de imágenes de satélite Landsat TM y ETM. Se evaluaron 10 512 090.78 ha aproximadamente. Los objetivos fueron: realizar la interpretación multitemporal de la deforestación y de la cobertura vegetal, para detectar los cambios y tendencias, determinar el incremento de la deforestación, cuantificar el área deforestada, determinar la tasa anual de deforestación. Se obtuvieron los siguientes resultados: el área de estudio muestra una superficie anual deforestada de aproximadamente 31 640,77 ha; de las cuales 5,81% le corresponde al año 2005 y 7,01% al año 2009. La tasa anual de deforestación registrada en el período 2005-2009 es de 0,30%. Se concluyó que el incremento de la deforestación es producida por actividades antrópicas como la agricultura migratoria, la tala ilegal y construcción de carreteras y el uso de herramientas geoinformáticas ha facilitado grandemente

el estudio y entendimiento del territorio en muchos niveles, aun habiendo presencias de nubes por lo que el uso de imágenes ópticas presenta ciertos inconvenientes en términos de la interpretación visual ¹⁶.

En el año 2013, se desarrolló la investigación de tipo cuantitativo “Monitoreo de la deforestación mediante técnicas geomáticas en una porción de la región Centro-Norte de México” y planteó un marco metodológico para el monitoreo espacio-temporal de la vegetación mediante información geoespacial en un sector de San Luis Potosí, México, empleando técnicas de análisis espacial, modelación estadística y procesamiento de imágenes de satélite. El objetivo fue analizar el cambio de uso del suelo con énfasis en el proceso de deforestación mediante el uso de herramientas geomáticas en las diferentes zonas biogeográficas del estado de San Luis Potosí, e investigar sus principales causas espaciales y generar un mapa de alerta temprana sobre la susceptibilidad de deforestación en los ecosistemas forestales remanentes. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento, tanto de las variables involucradas en el proceso de deforestación de ecosistemas áridos, templados y tropicales en el estado de San Luis Potosí, como de los puntos más vulnerables a sufrir este deterioro. Las conclusiones del trabajo fueron que la dinámica de uso del suelo fue similar en las zonas biogeográficas Altiplano y Media de San Luis Potosí. La agricultura de temporal y el pastizal desplazaron al matorral principalmente en los municipios de Villa Hidalgo, Moctezuma y Vanegas. La zona Centro donde se encuentra la zona metropolitana de San Luis Potosí registró una tasa de deforestación positiva de 0.13 % ¹⁷.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Deforestación: procesos antrópicos

La deforestación es la pérdida a largo plazo o permanente de la cubierta forestal e implica la transformación en otro uso de la tierra. Tal pérdida solo puede ser causada y mantenida por una continua perturbación natural o inducida por el hombre. Incluye áreas de bosque convertidas a agricultura, pastos, reservas de agua y áreas urbanas ¹⁸.

Las causas inmediatas de la deforestación son las actividades humanas o antrópicas con repercusiones directas en la cubierta forestal, por ejemplo, la expansión agrícola, el crecimiento urbano, el desarrollo de infraestructuras y la minería. Aunque la extracción de madera de forma insostenible, incluida la extracción ilegal, se considera en ocasiones una causa de deforestación, esta se asocia más a menudo a la degradación de los bosques, ya que la extracción de madera no conlleva necesariamente cambios en el uso de la tierra ¹⁹.

El proceso de ocupación del territorio en la gran región amazónica no ha sido ajeno a las dinámicas socioeconómicas a lo largo de la historia. La percepción de la Amazonía como un espacio vacío con grandes riquezas y oportunidades para el desarrollo de variadas actividades económicas, incentivó procesos de ocupación que no tomaron en cuenta la interacción con las culturas nativas ni con los ecosistemas frágiles.

La Amazonía vive un proceso de degradación ambiental que se expresa en deforestación creciente, pérdida de biodiversidad, contaminación de agua, pueblos indígenas y valores culturales en deterioro, y degradación de la calidad ambiental en las áreas urbanas. Esta situación ambiental es el resultado de un conjunto de procesos y fuerzas motrices, que afectan adversamente a este ecosistema complejo y sus servicios ecosistémicos, lo cual se traduce en la pérdida de la calidad de vida de la población local, nacional y de toda esa región ²⁰.

1.2.2 Uso de la tierra y cambio de uso de la tierra

Las evaluaciones y el levantamiento de la cobertura y uso de la tierra pueden definirse como el análisis y clasificación de los diferentes tipos de coberturas y usos asociados, que el ser humano practica en una zona o región determinada ²¹.

El uso de tierra está caracterizado por los arreglos, actividades e insumos que el hombre emprende en un cierto tipo de cobertura de la tierra para producir, cambiarla o mantenerla ²². Los cambios en el uso del suelo pueden afectar el medio ambiente y la sostenibilidad de la producción, debido a los impactos en el medio ambiente, incluida la erosión, el agua, el bosque y la biodiversidad ²³.

La información sobre la cobertura del suelo y sus principales cambios son de primordial importancia al momento de satisfacer la creciente demanda de información confiable, para la formulación de políticas sólidas sobre desarrollo sostenible y manejo de los recursos naturales, así como la realización de estudios, para la evaluación y conservación de los recursos naturales y el desarrollo de la agricultura a diferentes escalas.

El conocimiento de la cobertura del suelo y la detección de cambios son fundamentales para la gestión sostenible de los recursos naturales, conservación de la biodiversidad, ordenamiento territorial, entre otros ²⁴.

Sobre los procesos antrópicos que ocurren en el área de estudio, la deforestación se extiende sobre áreas donde los suelos son muy pobres y grandes superficies tropicales han sufrido severa degradación ambiental, ocasionando el empobrecimiento de la flora y fauna natural hasta la desertificación. Asimismo, opinan que el mayor impacto humano sobre los bosques de la región, se concentra en las cercanías de las ciudades y a lo largo de los ríos y las carreteras.

Se prevé que los cambios más severos se expresen en mayores incrementos de las tasas de deforestación y en el uso de la tierra. La extracción de recursos naturales desde madera redonda hasta carbón de leña, conjuntamente con la producción agropecuaria temporal de dos a tres años, originarán economías de muy corta duración. Esta situación puede originar una gran extensión de tierras abandonadas, empurmadas y deterioradas, con unos centros poblados que viven en condiciones de pobreza. Esto no representa ninguna atracción para economías de mayor duración, como el ecoturismo ²⁵.

1.2.3 Teledetección o percepción remota.

La Teledetección o percepción remota es la tecnología que permite la adquisición que permite la adquisición de información sobre objetos sin contacto físico con ellos ²⁶.

Consiste esencialmente en el empleo de instrumentos sensitivos de una gama de longitudes de onda de emisiones o reflexiones de la superficie terrestre o su cobertura. Tales instrumentos son transportados en plataformas de

satélites o en avión. Los valores captados por los sensores son transformados a valores digitales y grabados en material magnético y la estructura de los datos es tipo ráster ²⁷.

La percepción remota a nivel orbital es una herramienta importante para optimizar el planeamiento, control y fiscalización de las actividades humanas en la región amazónica, así como el análisis de los procesos de degradación. Las características multiespectral y multitemporal de los datos orbitales han permitido el seguimiento de la conversión de los bosques tropicales.

A. Imágenes de satélite

Una imagen es cualquier representación gráfica, sin importar cuales métodos de percepción remota se utilicen para detectar y registrar la energía electromagnética. A diferencia de las fotografías, las imágenes satelitales registran la energía electromagnética de manera electrónica desde el inicio. Estas imágenes están conformadas por cuadritos del mismo tamaño, llamados píxeles, y que representan la brillantez de cada cuadrito correspondiente al terreno mediante un valor numérico o número digital (que representa la variación en el voltaje de la radiación que capta el sensor). El conjunto de píxeles o cuadritos de una imagen forman una malla o raster ²⁸.

Las imágenes satelitales representan una herramienta ideal para monitorear y caracterizar distintos aspectos de esta actividad en forma precisa, y a costos relativamente bajos comparados con las metodologías tradicionales que implican trabajos de campo exhaustivos generalmente inviables por motivos económicos o prácticos ²⁹.

B. Procesamiento digital

Es el proceso en el cual la información de las imágenes de satélite en formato digital es corregida geoméricamente, transformada o mejorada mediante el uso de softwares especializados.

Mediante el procesamiento digital puede extraerse información sobre cada cultivo, tipo de vegetación, zonas boscosas, suelos u otra temático. Uno de los algoritmos más utilizados es el índice de vegetación o NDVI

por sus siglas en inglés (Normalized Difference Vegetation Index). Otros tipos de procesamiento son la ortorectificación, aplicación de filtros, mosaqueo de imágenes y clasificación supervisada o no supervisada, entre otros.

El procesamiento digital de imágenes no se limita sólo a la clasificación digital, también se usa para ensanche de contraste o diversos filtrados, para destacar elementos en la imagen para su posterior interpretación visual o para hacer mosaicos de imágenes. La gran ventaja del procesamiento digital reside en que la mayoría de los datos de sensores remotos vienen en forma digital y por lo tanto el procesamiento es mucho más sencillo y rápido ³⁰.

C. Análisis visual

La interpretación visual es un proceso para la extracción de información sobre una determinada área de la superficie a través del análisis y la consideración de algunas características como el tono, textura, forma, tamaño, entre otros.

En el proceso de una interpretación visual de imágenes de satélite se integran elementos y criterios de referencia inherentes a los conocimientos y habilidades de la persona que realiza el trabajo, es recomendable realizar una interpretación visual posterior a una clasificación digital, pues con ello se reduce el margen de error del producto deseado y en consecuencia aumenta su precisión y confiabilidad ³¹.

D. Clave de interpretación.

Es la descripción de un conjunto de elementos de fotointerpretación que caracterizan un determinado cuerpo en la superficie de la tierra ³².

E. Clasificación digital.

Es la fase culminante del tratamiento digital de imágenes y como resultado de la clasificación digital se obtiene una cartografía e inventario de las categorías objeto de estudio ³³.

1.2.4 Análisis multitemporal

Es el análisis espacial que se realiza a través de la comparación de dos mapas o más, como resultado de la interpretación de imágenes o fotos aéreas de un mismo lugar, realizado en diferentes fechas y que permite evaluar los cambios producidos en la vegetación, uso de la tierra o cobertura vegetal.

El análisis multitemporal evalúa los cambios que ha sufrido la cobertura vegetal u otro fenómeno analizado e involucra un cruce digital de imágenes de satélite con características similares y con fechas determinadas. Al realizar este cruce digital de las imágenes permite detectar los cambios que ha sufrido en la cobertura vegetal, ya sea que gane o pierda área ³⁴.

1.2.5 Tasa de deforestación

La tasa de deforestación es la superficie de bosque que se ha perdido anualmente entre dos periodos de tiempo determinado y que puede ser medido en hectárea por año.

La estimación de la tasa de deforestación requiere de cuando menos dos mediciones en distintos momentos. Así, su error o confiabilidad está conjuntamente determinado por los errores o confiabilidad de los dos inventarios. Una tasa de cambio no puede estimarse en forma confiable sin medir el proceso dos o más veces ³⁵.

1.2.6 Los sistemas de información geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son sistemas basados en un computador que son usados para almacenar y manejar información geográfica. Ésta tecnología está diseñada para almacenar, coleccionar y analizar objetos y fenómenos, donde la ubicación geográfica es una característica muy importante para el análisis ³⁶.

Los SIG son una herramienta informática de gestión y análisis integral de datos con referencia espacial que combinan un sistema gestor de bases de datos y una serie de herramientas específicas para el manejo de información espacial, permitiendo la realización de múltiples operaciones (consultas, superposición de datos, generación cartográfica, estadísticas, análisis espacial y modelamiento espacial), que por otros medios resultaría difíciles de abordar.

El propósito de un SIG es relacionar diferentes factores y fuentes de información como datos sobre la vegetación, agua y suelos que permiten desarrollar modelos de predicción del uso de la tierra ³⁷.

1.3. Definición de términos básicos

Deforestación. Es la conversión de los bosques a otro tipo de uso de la tierra o la reducción de la cubierta de copa, a menos del límite del 10 por ciento. La deforestación es la pérdida permanente de la cubierta de bosque e implica la transformación en otro uso de la tierra, realizada por actividad antrópica ³⁸.

Teledetección: Es aquella técnica que permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre ³⁹.

Satélite Landsat 8. Es el satélite más nuevo de la serie Landsat, ofrece a los investigadores una visión más clara con una mejor resolución espacial que la mayoría de los instrumentos con sensor para aplicaciones de océano y una mayor sensibilidad al brillo y el color que los Landsat anteriores ⁴⁰.

Uso de la tierra. Describe las actividades del hombre que se desarrollan sobre la superficie terrestre y en el ambiente para producir bienes y servicios este uso tiende a transformarse. Es el resultado de las actividades humanas, reflejadas en cambios en la cobertura vegetativa o en las estructuras ⁴¹.

Cambio de uso de suelo. Se define como la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales. Es el cambio en el uso o manejo de la tierra por los seres humanos, que puede inducir un cambio de la cubierta terrestre ⁴².

CAPITULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1. Variables y su operacionalización

Las variables del estudio, con su definición conceptual, indicador e índice teniendo en consideración indicadores, índices y los instrumentos utilizados se muestran a continuación.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	INDICE	INSTRUMENTO
Deforestación	Pérdida de la cubierta forestal, causada por actividad antrópica.	<p>Procesamiento visual y digital de Imágenes satelitales para los años 1989, 1995, 2001, y 2017 para cuantificar la deforestación</p> <p>Análisis multi-temporal de la deforestación</p>	<p>Tasa de la deforestación entre los años 1989 – 2017</p> <p>Deforestación anual</p> <p>Deforestación acumulada en el periodo 1989 – 2017.</p> <p>Porcentaje de las áreas I bosque natural Incremento de la deforestación.</p>	<p>Avance de la deforestación entre 1987 - 2017</p>	<p>Ficha de registro</p> <p>Registro de unidades cartografiadas</p>
Cambio de uso de la Tierra	Actividades e intervenciones antrópicas sobre una determinada superficie para convertirlo en terreno agrícola, pecuario, o AAHH	<p>Análisis del cambio de uso del suelo e Interpretación de los resultados</p> <p>Interpretación Visual y digital de las Imágenes de Satélite para determinar y cuantificar el uso de la tierra entre los años 1989, 1995, 2001 y 2017</p>	<p>Tasa de cambio de uso de la tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Tierras con cultivos (Limpio y permanentes ❖ Pastos ❖ Purmas. ❖ Bosques secundarios ❖ Bosques primarios ❖ Otros usos 	<p>Categorías o clases de uso de la tierra</p> <p>Cambio del uso de la tierra entre los años 1989-2017</p>	<p>Claves de interpretación.</p>

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Formulación de la hipótesis

Existe relación estadística significativa entre la deforestación y el cambio del uso de la tierra en el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, mediante la interpretación visual y digital de imágenes de satélite entre los años 1989 – 2017.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación del presente trabajo consistió en el enfoque de investigación cuantitativa no experimental, porque se han recolectado datos cuantitativos sobre variables consideradas en el tiempo, ya sea retrospectivo y también actual (deforestación y cambio de uso de la tierra entre los años 1989 al 2017).

El diseño de la investigación se realizó utilizando la técnica del análisis descriptivo correlacional, porque es el que se adapta a las características del área de estudio y al trabajo de investigación realizado.

Se realizaron observaciones de las variables y las comparaciones entre los periodos a ser evaluados, que permitió determinar los cambios en las variables bajo estudio.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población.

La investigación se llevó a cabo en el área de la carretera Iquitos – Nauta, ubicado entre los distritos de San Juan Bautista, Belén y Nauta, provincias de Maynas y Loreto, con una superficie estimada de 376 856 hectáreas y una población de 459 618 habitantes aproximadamente⁴⁸.

3.2.2. Muestra

Se trabajó con el 100% de la población del área de estudio, por tanto, la muestra es igual a la población.

El tipo de muestreo de campo que se utilizó fue el sistemático no alineado. En este tipo de muestreo, la muestra se distribuye a intervalos y es producto de la variación de una de las dos coordenadas de manera aleatoria. Esto permite introducir el factor aleatoriedad, a la vez que reduce el error debido a la periodicidad, todo ello, contemplando intacta la revisión completa de todo el territorio ⁴⁹.

El análisis se realizó en toda el área de estudio, analizándose la totalidad de las imágenes de satélite utilizadas para la presente investigación.

3.3. Técnicas e instrumentos

Las técnicas empleadas fueron:

En gabinete, descarga de imágenes y el instrumento ha sido el registro de unidades cartografiadas y claves de interpretación.

En cuanto a la obtención de imágenes, se realizó los siguientes procedimientos:

- Descarga de imágenes satelitales desde el servidor del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) ⁵⁰. Las imágenes correspondieron a los años 1989, 1995, 2005 y 2017.
- Se seleccionaron siguiendo determinados criterios como: resolución espacial y temporal, porcentaje de nubes y disponibilidad. El primer criterio se refirió a la resolución de las imágenes de satélite Landsat 5 y Landsat 8, para los cuales se cuidó que tenga menos del 10% de nubosidad y en cuanto a la temporalidad, se refiere a la fecha de captura y almacenamiento de las imágenes.
- Se realizaron la corrección geométrica y atmosférica de las imágenes de satélite que corresponde al área de estudio, utilizando software SIG ArcGIS ver.10.4; QGIS 3.6 y Erdas Imagine 15.
- Se emplearon técnicas de procesamiento digital (mediante algoritmos) en las imágenes de satélite Landsat TM5 y 8, de los años 1989, 1995, 2005 y 2017 y técnicas de interpretación visual (claves de interpretación).
- Se seleccionaron las bandas adecuadas para la realización de la mejor combinación de bandas, que permitirá una mejor apreciación del uso de la tierra y la deforestación.
- Se descargaron también cartas nacionales del servidor del Instituto Geográfico Nacional y del Ministerio de Educación, desde el servidor Escale, que dispone de cartas nacionales cuyo origen es el IGN: y cartas nacionales a escala 1:100,000, elaborados por el Instituto Geográfico Nacional IGN.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

Consistió en la recopilación, revisión, análisis y selección de la información estadística, bibliográfica y cartográfica, de las instituciones públicas y privadas existentes para el área de estudio.

La metodología aplicada se basó en técnicas de análisis e interpretación visual y digital de imágenes de satélite de recursos naturales. Mediante el análisis y la interpretación visual y digital de imágenes se ha obtuvo información del área de estudio, mediante la respuesta espectral de los diferentes tipos de vegetación, usos del suelo y deforestación, identificados.

En el anexo N° 04 se presenta un esquema simplificado de la metodología utilizada. Sin embargo, conviene explicar con más detalle las diferentes etapas implementadas para lograr los objetivos propuestos en el trabajo.

3.4.1. Recopilación y adquisición de información básica y cartográfica

Esta primera etapa consistió en la descripción del área de estudio, selección, recopilación de información básica, temática, bibliografía, estadística y cartografía de estudios realizados en el área de estudio. Asimismo, se seleccionaron las imágenes de satélites utilizadas, las bandas, la nubosidad y la fecha de toma de las mismas. En el desarrollo de la presente investigación, se utilizaron los siguientes:

A. Ubicación y características del área de estudio

El área de estudio se localiza en la parte Nor oriental del territorio peruano, sector central del departamento de Loreto, región natural de selva, área tropical húmeda del Perú, selva baja de la Amazonía peruana, comprendida en la zona de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, a una altitud que varía entre los 110 a 135 msnm. Posee vegetación natural y antrópica distribuida en los diferentes tipos de bosque tales como bosques de llanuras meándricas, bosques de terrazas bajas y medias, bosques de terrazas altas de ligera a moderadamente disectadas y bosques de colinas bajas de ligera a moderadamente disectadas.

Políticamente, se ubica en parte de los distritos de Iquitos, Belén y San Juan Bautista en la provincia de Maynas y el distrito de Nauta, provincia de Loreto. Se encuentra recorrida por una red hidrográfica formada básicamente por la cuenca del río Itaya y por sectores de los ríos Nanay, Amazonas y Marañón. El anexo N° 01, muestra el mapa de ubicación.

Geográficamente se encuentra entre los meridianos 73°39'48" y 73°40'28" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y los paralelos 3°54'32" y 4°34'02" de Latitud Sur.

El área de estudio tiene como vía de comunicación principal a la carretera Iquitos – Nauta, que se encuentra totalmente asfaltada, con una longitud de 105 km., y que une los diferentes centros poblados que se encuentran en la carretera. Es de suma importancia ya que une dos ciudades importantes como Iquitos y Nauta y se constituye en la infraestructura vial más importante en el departamento de Loreto y las provincias de Maynas y Loreto. Asimismo, existen una serie de carreteras y caminos carrozables, que unen diferentes caseríos ubicados al interior de la zona.

El clima de la zona de estudio es cálido, tropical y húmeda durante todo el año. Las temperaturas más altas y los meses más calientes ocurren a finales del invierno, con máximas entre máximas entre 30 - 33°C y con mínimas medias de 20-23°C. Las medias anuales oscilan en torno a los 27 °C, y las máximas absolutas históricas llegan alcanzar los 40°C. La variación diaria de la temperatura oscila entre 10 y 12°C, lo que es mucho mayor que la variación anual, que apenas llega a ser de 1 a 2°C. La precipitación presenta valores de 2600 a 3000 mm/año¹, distribuidos de tal forma que no hay un período seco extenso, y casi ningún mes con precipitación menor de 100 mm. Las mayores precipitaciones ocurren en el mes de abril y las menores en julio-agosto ⁴³.

Presenta geoformas definidas por las características del macrorrelieve, identificándose tres grandes paisajes; Llanura aluvial formado por la acumulación de sedimentos aluviales recientes de los ríos Itaya y Nanay, con superficies planas y cóncavas; superficies plano onduladas, formado

por corrientes antiguas del Cuaternario (pleistoceno), previa a los ríos actuales y corresponde a terrazas altas y medias ligeramente ondulado a moderadamente disectado; y relieve colinoso, que presenta superficies onduladas y fuertemente onduladas producto de la disección de una antigua planicie fluvio-marina del Terciario, del Mio-Plioceno, en diferentes ambientes de depositación ⁴⁴.

Por su material de origen los suelos del área son agrupados en: suelos aluviales recientes, derivados de sedimentos fluviónicos recientes y ubicados en terrazas bajas, distribuidos a lo largo de los ríos principales; aluviales antiguos, ubicados en terrazas altas y medias, lomadas y colinas bajas denudacionales. En cuanto a la capacidad de Uso Mayor de las tierras, las áreas para cultivos en limpio comprenden un 10% del área, mientras que las tierras con aptitud para cultivo permanentes alcanzan el 33%. Las áreas con aptitud forestal corresponde el 21.7% y las áreas para protección corresponde a 31%⁴⁵.

La fauna es la que corresponde mayormente a la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana. Se caracteriza por la gran riqueza de especies por la presencia de numerosas especies de aves restringidas a los varillales y las tahuampas de aguas negras, así como varias especies endémicas y amenazadas⁴⁶. Se han registrado la presencia de 145 especies de mamíferos, incluyendo dos especies endémicas de la Ecorregión Napo: *Pithecia aequatorialis* (primates) y *Scolomys melanops* (Rodentia). Entre las especies registradas hay varias muy raras, destacándose las siguientes: *Hyladelphus kalinowskii* (Marsupialia), *Centronycteris maximiliani* (Chiroptera), *Callimico goeldi* (Primates) y *Gallictis Itatta* (Carnivora). Entre las especies altamente vulnerables se encuentran los primates *Callicebus torquatus* y *Pithecia Aequatorialis*, la "Chosna, *Potos flavus* y el ronsoco *Hydrochaeris hydrochaeris*⁴⁷. La avifauna de la RNAM es muy particular por la riqueza de especies y por el número de especies raras, endémicas o de distribución muy restringidas presentes, esto se debe a su ubicación estratégica en el centro de la Ecorregión Napo y la presencia de los varillales y los bosques inundables de aguas negras. Existen por lo menos 21 especies de aves que son de bosques de arena blanca, incluyendo 6 especies nuevas para la ciencia⁴⁷.

B. Material cartográfico

- ✓ Cartas Nacionales elaborados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100,000.
- ✓ Cartas geológicas del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET) a escala 1:100,000.
- ✓ Mapas temáticos a escala 1:150,000, correspondiente a los estudios de Zonificación Ecológica Económica de la carretera Iquitos – Nauta, elaborado por el IIAP – DEVIDA 2012.
- ✓ Mapa Forestal del Perú, a escala 1:250,000, elaborado por el Ministerio de Agricultura.
- ✓ Mapa de Capacidad de Uso mayor de las Tierras, elaborado por el Ministerio de Agricultura, escala 1:250,000.

C. Material satelital

- ✓ Imagen de Satélite Landsat4 TM, Path /Row 006/063 en formato analógico y digital, de fecha 26 de agosto de 1989.
- ✓ Imagen de Satélite Landsat5 ETM, full escena, Path /Row 006/063, en formato digital, correspondiente al 22 de junio de 1995 y Landsat5 ETM, del 02 de octubre del 2005.
- ✓ Imagen de Satélite Landsat8, OLI, correspondiente al 05 de marzo del 2017.

El anexo N° 05 presenta el material cartográfico utilizado. Asimismo, los anexos N° 06, 07 y 08 muestran el material satelital utilizado y las características de los sensores utilizados, mientras que el anexo N° 09 muestra la posición (Path/Row) de las imágenes empleadas.

D. Programas y equipos

Programas

- ❖ ArcGis 10.5.1
- ❖ Erdas Imagine ver. 10.5
- ❖ Procesadores de Texto (Word)
- ❖ Manejadores de Base de Datos (Dbase)
- ❖ Hoja de Cálculo (Excel)
- ❖ Otros

Equipos

- ❖ Laptop HP I7 8va generación, 8 gigas de RAM, disco duro 1 Terabyte
- ❖ Impresora Epson L5190
- ❖ GPS Garmin 12 LX
- ❖ Plotter Hp Design Jet 1050 C
- ❖ Scanner
- ❖ Cámara fotográfica digital Canon rebel5 EOS.
- ❖ Otros

3.4.2. Delimitación del área de estudio

Esta etapa se llevó a cabo en gabinete y consistió en la delimitación del área de estudio y el sistema de trabajo a emplearse, teniéndose en consideración los objetivos del estudio, la disponibilidad cartográfica y satelital, como es el caso del presente estudio. El área delimitada fue la misma zona utilizada en los estudios de Zonificación Ecológica Económica, realizados por el CTAR-Loreto y el IIAP en el año 1997 y 2001, con la finalidad de poder realizar análisis comparativos con la información disponible para el área de estudio.

En la delimitación de la zona se contó con las cartas nacionales a escala 1:100,000, imágenes de satélite Landsat TM5 en formato digital, a escala 1:50,000 y 1:100,000, asimismo, se utilizó el software ArcGis versión 10.5 en este procedimiento.

3.4.3. Procesamiento de la información

Esta etapa proporcionó información sobre el estado de la cobertura vegetal, la deforestación y el uso del suelo de la zona, basada en la evaluación visual y digital de imágenes satelitales. Se obtuvo información a través del análisis de la respuesta espectral de los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo identificados.

En el procesamiento cualitativo se utilizó los software ERDAS Imagine 15 (software de procesamiento digital de imágenes de satélite), ArcGis y QGIS (ambos, software de sistemas de información geográfico).

El procesamiento cuantitativo de los datos de campo, se efectuó a través de programas de análisis automatizado de información utilizando software como el Excel y SPSS.

Dentro del procesamiento de información se utilizaron las siguientes técnicas de análisis:

A. Procesamiento digital de imágenes de satélite

La interpretación digital de imágenes de satélite, siguió los siguientes procedimientos;

Pre-procesamiento, consistió en la realización de realces para mejorar la radiometría de las imágenes de satélite.

Corrección geométrica, fue realizado con la finalidad de eliminar distorsiones geométricas de la imagen y adoptar una proyección cartográfica. En este procedimiento se emplearon más de 150 puntos de control, que fueron distribuidos equitativamente en la escena con la finalidad de obtener una corrección óptima. Las imágenes utilizadas con este procedimiento se muestran en el anexo N° 10.

Este procedimiento se realizó mediante la identificación de puntos de control homólogos entre la imagen y coberturas digitales correspondientes a la carta nacional digital, a escala 1:100,000, aplicándose un polinomio de segundo grado, obteniéndose un error cuadrático medio (RMS) menor a 1 píxel (30 metros), para el logro de una óptima corrección. Asimismo, se utilizó como método de transformación, el algoritmo del vecino más cercano (maximum likelihood method).

Una vez concluido con la geo-referenciación se procedió al corte de la escena, mediante el módulo Interpreter, algoritmo **subset** en Erdas Imagine y **Raster/Clip** en ARCGIS, con la finalidad de tener una imagen más manejable y que solamente cubra el área de estudio, incluyendo su área de influencia.

Finalmente, una vez georreferenciada la primera imagen, las siguientes fueron georreferenciados imagen vs imagen.

Clasificación multiespectral de imágenes, se utilizó para la extracción de información temática de las imágenes de satélite de manera semiautomática. La clasificación digital permitió obtener una nueva imagen en la cual a cada uno de los píxeles de la imagen original se le asignó una clase o leyenda. La clasificación utilizada fue: No supervisada y supervisada, además de la clasificación visual.

La diferencia entre los tipos de clasificación, es que en la clasificación no supervisada se definió el número de clases y la interpretación se realizó de manera automática. En la clasificación supervisada se suministró al computador muestras o firmas de entrenamiento, y se aplicó algoritmos paramétricos (en función de estadísticas) y no paramétricos (independiente de estadísticas) para la asignación de los píxeles de la imagen a clases determinadas. Entre estos algoritmos figuraron los espacios de características como regla de decisión paramétrica y la no paramétrica de distancias mínimas.

Clasificación no supervisada de imágenes. La clasificación no supervisada es un método que se utiliza cuando se desconocen las características de la superficie terrestre. Este procedimiento permite mediante la computadora agrupar en diferentes clases espectrales los píxeles con similitudes. A pesar de esta ventaja pueden ocurrir agrupamientos de píxeles que no sean fácilmente reconocidos ⁵¹.

Este procedimiento se orientó a definir las clases espectrales presentes en la imagen, no requiere un conocimiento previo del área de estudio, por lo que la intervención humana se centra más en la interpretación.

En el proceso de la Clasificación No Supervisada de las imágenes de los diferentes años, se realizó con 30 clases y 10 repeticiones y con la combinación de color verdadero de las bandas 4, 3, y 2, correspondientes a los colores rojo, verde y azul de las imágenes.

Para esto se utilizó el modelo de clasificación no supervisada del programa ERDAS Imagine, el cual toma en cuenta la firma espectral de cada píxel y lo relaciona con los demás que se encuentran alrededor del mismo a través sus medias estadísticas.

El producto final de la clasificación no supervisada carecía de confiabilidad, debido a la confusión en los resultados.

Clasificación supervisada de imágenes. La clasificación supervisada requiere de la participación activa del analista que esté realizando la clasificación de la imagen de satélite a partir de la definición de unas áreas de entrenamiento (training áreas) de las cuales se conoce a priori la naturaleza de su superficie ⁵².

Debido al conocimiento que se tiene de la zona, se consideró que hacer una clasificación supervisada con el método de máxima verosimilitud era la mejor opción para identificar las clases de uso de suelo y vegetación.

En este procedimiento se utilizó un total de dos campos de entrenamiento por clase de uso, los cuales tuvieron un rango en tamaño de 100 a 1050 píxeles, resultando un total de 22 campos por clasificación.

En la clasificación supervisada se parte de un conjunto de clases conocido a priori. Las clases deben caracterizarse en función del conjunto de variables mediante la medición de las mismas en individuos cuya pertenencia a una de las clases no presente dudas.

Las áreas de entrenamiento, que son áreas que se conoce a priori la clase a la que pertenecen, sirvieron para generar una firma espectral característica de cada una de las clases. En este procedimiento se cuidó que las áreas de entrenamiento fueran lo más homogéneas posibles con la finalidad de lograr una buena clasificación para el área de estudio.

El resultado de la clasificación supervisada presentó un porcentaje de confusión por lo que se optó por utilizar una técnica mixta de clasificación supervisada y análisis visual, denominado clasificación mixta, debido a que presentaba mejores resultados.

Las firmas espectrales de las imágenes que se muestran en el anexo N° 11, son componentes puros de las imágenes digitales originales, utilizados para cada año analizado. Se utilizaron espectros de

reflectancia representativos de los bosques primarios, bosques secundarios, purmas, bosques secundarios y cultivos integrados para las bandas 5, 4 y 3 del satélite Landsat 4 y 5 y las bandas del satélite Landsat 8.

En los anexos N° 12 y 13 se muestran las imágenes resultado de la clasificación y en la derecha el resultado final, después de aplicarle un filtro modal.

Clasificación mixta de las imágenes. La clasificación utilizada en este trabajo se realizó mediante la combinación de la clasificación supervisada y clasificación visual, realizado en la pantalla del computador utilizado y teniendo como herramienta principal las claves de interpretación, que se describe más adelante.

En la clasificación mixta, se analizó cada una de las clases y se determinó a qué tipo de unidad de cobertura de suelo pertenecía, basada en el conocimiento de campo del área de estudio. Para facilitar el trabajo se cambió el color de cada clase y definiendo en forma óptica a que clase correspondía de acuerdo al conocimiento de campo. Este procedimiento es la forma más rápida y fácil de llegar a una clasificación, sin tener que realizar zonas de entrenamiento. Una vez definidas las unidades de cobertura de suelo, se procedió a poner nombres temáticos a cada una de las clases de uso de la tierra y de deforestación, estas clases se agruparon en las clases de uso, identificados en las escenas o imágenes de los años 1989, 1995, 2005 y 2017.

Las clases identificadas a través de la clasificación mixta, se agruparon en las siguientes clases:

- a) Bosque primario o monte alto. Esta clase agrupa a los bosques naturales o primarios presentes en el área de estudio
- b) Áreas deforestadas: En esta clase de uso se identificó y cartografió los siguientes uso del suelo; bosques secundarios, purmas, áreas agrícolas, los mismos que fueron unidos en una sola categoría para

los mapas de deforestación, sin embargo, se definió cada clase de uso para los mapas de uso de la tierra de cada año analizado.

- c) Centros Poblados: fue identificada en las imágenes con una reflectancia espectral muy semejante a las purmas, sin embargo fue discriminada por presentar un enrejillado que permitió su separación de las otras clases identificadas.
- d) Cuerpos de agua: se agrupó a los ríos, cochas y lagos discriminados en el área de estudio.

B. Interpretación visual de imágenes de satélite

La interpretación de las imágenes de satélite, identificación, delimitación de áreas deforestadas y clases de uso de la tierra fue obtenida mediante técnicas de análisis visual de imágenes de satélite.

La interpretación visual es un proceso para la adquisición de información sobre una determinada área de la superficie a través del análisis de la respuesta espectral en una banda individual o en combinaciones de banda (composición a color) y la comparación entre los diferentes canales y épocas.

Fueron considerados dos aspectos particularmente importantes en la interpretación de imágenes:

El aspecto espectral, permitió la colecta de información en diferentes bandas del espectro electromagnético y para los datos de las imágenes Landsat en las bandas seleccionadas.

Se seleccionó bandas individuales y combinación de bandas a ser utilizadas, esta acción fue muy importante en la realización del análisis visual. Las bandas seleccionadas para las diferentes series del satélite Landsat se muestran en el anexo N° 14.

El conocimiento previo de las características, el comportamiento de la vegetación y los cultivos en cada canal fue primordial en la elección de las bandas, que fueron utilizados en el presente trabajo.

El aspecto temporal, es la repetividad de la toma o pasaje del satélite por una misma zona, permite analizar las variaciones temporales

presentadas por los patrones de tonalidad textura de un determinado objeto. La utilización de imágenes secuenciales fue de gran importancia para este trabajo.

C. Clave de interpretación:

La clave para la interpretación es la descripción del conjunto de elementos de fotointerpretación que caracteriza a un objetivo particular de la superficie terrestre. El primer propósito de la clave de interpretación es identificar los objetivos de la superficie de la Tierra de manera más precisa y objetiva. Por lo tanto, el uso de claves de interpretación a través de procedimientos sistemáticos tiene como objetivo lograr el mismo resultado con diferentes intérpretes, o con el mismo intérprete fotográfico, pero en diferentes ocasiones utilizando el mismo producto de teledetección⁵³.

Se elaboró las claves de interpretación de datos, enfocándose y considerando las características de los tipos de uso de la tierra y de vegetación en el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta. Se consideró las características de tonalidad, textura tamaño, contraste y forma presente en las imágenes de satélite utilizadas. El anexo N° 15 muestra las claves de interpretación elaboradas para el presente trabajo.

3.4.4 Análisis multitemporal de la deforestación, uso del suelo y cálculo de la Tasa de deforestación

A través del análisis multitemporal de las imágenes, utilizando las composiciones a color 5R, 4G, 3B de las imágenes Landsat de los años 1989, 1995, 2005 y 2017, se obtuvieron los valores de cambio de cobertura en el área de estudio.

Este análisis se realizó mediante el análisis estadístico de la información resultante, así como por el cruce de los mapas obtenidos, generando así tablas y mapas con las características de cambio de cobertura.

Estos cambios de cobertura fueron analizados mediante cálculos en Excel y se determinaron las diferencias estadísticamente significativas del cambio de cobertura de zonas naturales a zonas antrópicas. Asimismo se establecieron cuáles fueron los cambios de cobertura más significativos y sus porcentajes.

Una vez obtenidos los mapas de uso del suelo y de deforestación para los años analizados, se procedió al análisis de los periodos 1989-1995, 1995-2005 y 2005-2017, así como el cambio de cobertura de la zona de estudio.

Para la obtención de las tasas de deforestación y tasa de cambio de uso de la tierra se utilizó la fórmula de FAO, descrita anteriormente.

3.4.5 Trabajo de campo y verificación in situ

El trabajo de campo estuvo constituido por 05 salidas de campo de campo al área de estudio, con recorridos terrestres a través de la carretera Iquitos - Nauta y caminos y trochas carrozables seleccionados. Previamente a este trabajo, se elaboró una ruta que tomó áreas representativas de la zona de estudio.

En esta etapa se corroboró los aspectos interpretados en gabinete y que permitió corregir la información interpretada. El anexo N° 16 muestra los trabajos de campo realizados.

3.4.6. Análisis final del avance de la deforestación y cambios del uso de la tierra e interpretación de resultados.

El análisis final fue efectuado a través de métodos automatizados y superposición de mapas a través del SIG, obteniéndose los resultados previstos, cambios de la cobertura y uso del suelo y la obtención de las tasas de deforestación, así como la detección de los cambios del uso de la tierra en el área de estudio. Finalmente, en esta etapa se redactó el informe final.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En el desarrollo de la investigación se utilizaron herramientas estadísticas como los siguientes:

- ❖ SPSS en la aplicación del cálculo de las tasas de cambios y deforestación
- ❖ Excel para tabular y procesar los resultados de la discriminación de la deforestación y las clases de uso de la tierra y realizar las mediciones.
- ❖ Algoritmos (máxima verosimilitud, paralelepípedo, convolución cúbica, etc.) para discriminar deforestación y los usos de la tierra para los años 1989 al 2017.

❖ Tasa de cambio en la cobertura vegetal y uso de la tierra

En la obtención de las tasas de deforestación se aplicaron fórmulas matemáticas para el cálculo del cambio anual en la cobertura forestal, esta fórmula corresponde a la utilizada por la FAO ⁵⁴.

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)}$$

Donde:

A₁ : superficie de bosque al inicio del período

A₂ : superficie de bosque al final del período

t₁ : año de inicio del período

t₂ : año final del período

Asimismo se utilizó la siguiente fórmula, para obtener la deforestación anual, por periodos y en el total de los 28 años bajo análisis.

$$D = (Df - Di)/N$$

Donde:

D : Tasa de deforestación

Df : Superficie deforestada año final

Di : Superficie deforestada año inicial

N : número de años del período

CAPITULO IV: RESULTADOS

La utilización de técnicas de procesamiento visual y digital facilitó realizar el análisis de la información sobre cambios relacionados a la deforestación y el uso de la tierra en el área de estudio. Se presenta la identificación, cuantificación, caracterización y cartografiado de la deforestación, la tasa de deforestación y el cambio de uso de la tierra, además del análisis de las actividades antrópicas que han generado la deforestación. Los resultados obtenidos son los siguientes:

4.1. Identificación y cuantificación de las áreas deforestadas en la carretera Iquitos – Nauta, años 1989 – 2017.

En la identificación y cuantificación de las áreas deforestadas se utilizaron como herramientas la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, que ayudaron a evaluar la deforestación en el área de estudio. Los resultados se presentan para cada año analizado.

4.1.1. Áreas deforestadas año 1989

Como resultado de este análisis se muestra que las áreas ocupadas por bosque primario poco intervenido abarcan un área total de 333,098 ha que corresponde al 88.39% del área, mientras que las áreas deforestadas por intervención antrópica alcanzaba a las 41,988 ha (11.14 %). Las áreas deforestadas agrupa a las siguientes clases de uso: áreas agrícolas, pastos, purmas, bosques secundarios y centros poblados. Anteriormente éstas áreas fueron bosques primarios o bosque clímax, pero por la presión antrópica se convirtieron en áreas deforestadas para asignarles otros usos. Finalmente, los cuerpos de agua ocupan un área de 1,770 ha, que corresponde al 0.47% del área total, como se muestra en la tabla N° 01, que presentan las áreas obtenidas para la deforestación en el año 1989.

Tabla N° 01. Áreas deforestadas del año 1989, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes satelitales Landsat TM4.

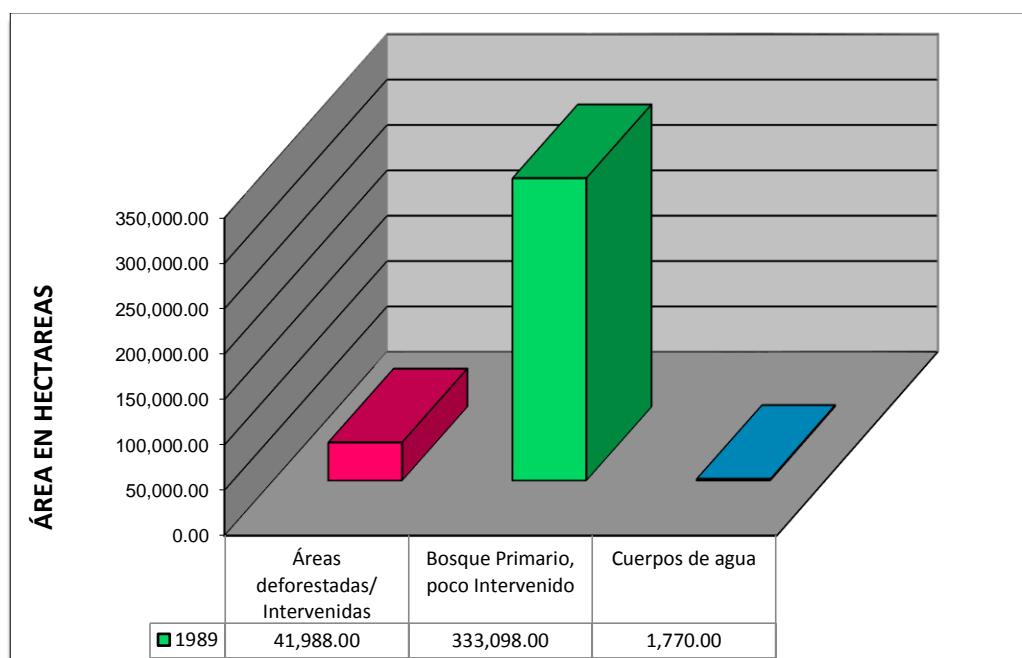
Descripción	Superficie (ha)	%
Bosque primario poco intervenido	333,098.00	88.39
Áreas deforestadas/ Intervenidas	41,988.00	11.14
Cuerpos de agua	1,770.00	0.47
TOTAL	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

La figura N° 01 muestra que el área acumulada de la deforestación en el año 1989, fue de 41 988 ha. y los bosques primarios comprendían en el año inicial 333,098 ha.

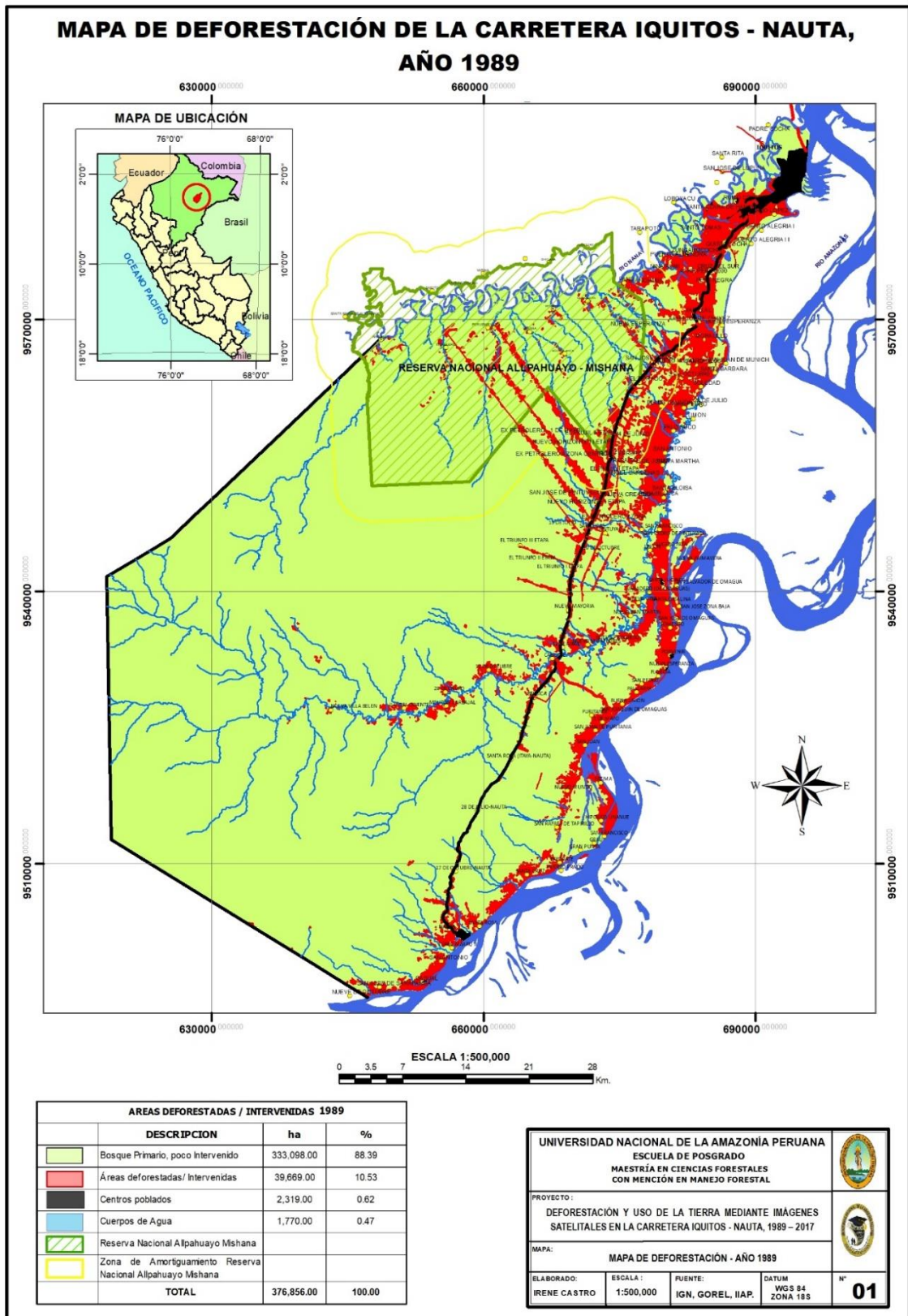
La figura N° 02, muestra el mapa resultante del procesamiento de las imágenes de satélite y su cuantificación, para el año 1989.

Figura N° 01. Áreas deforestadas del año 1989.



Fuente: Elaboración propia.-

Figura N° 02. Mapa de áreas deforestadas en la zona de estudio, para el año 1989.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Áreas deforestadas año 1995

Las áreas deforestadas para el año 1995 ocuparon una superficie, de 58 668 ha, que representa el 15,57 %, lo que muestra que se incrementó en 16 730 ha, tomando como base el año 1989. Las áreas ocupadas por bosque primario o poco intervenido alcanza a 316 368 ha (83,95 %) y los cuerpos de agua a 1 820 ha, que representa el 0.48 % del área total. La tabla N° 02, figura N° 03, presentan las áreas obtenidas para la deforestación en el año 1995.

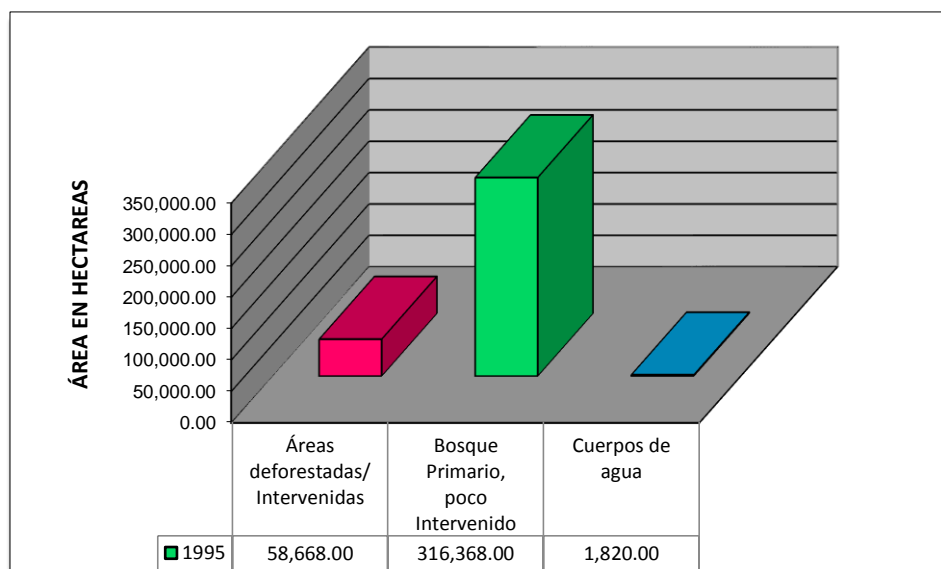
La figura N° 04, muestra el mapa de áreas deforestadas para el año 1995

Tabla N° 02. Áreas deforestadas del año 1995, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes Landsat TM5.

Descripción	Superficie (ha)	%
Bosque primario poco intervenido	316,368.00	83.95
Áreas deforestadas/ Intervenidas	58,668.00	15.57
Cuerpos de Agua	1,820.00	0.48
TOTAL	376,856.00	100.00

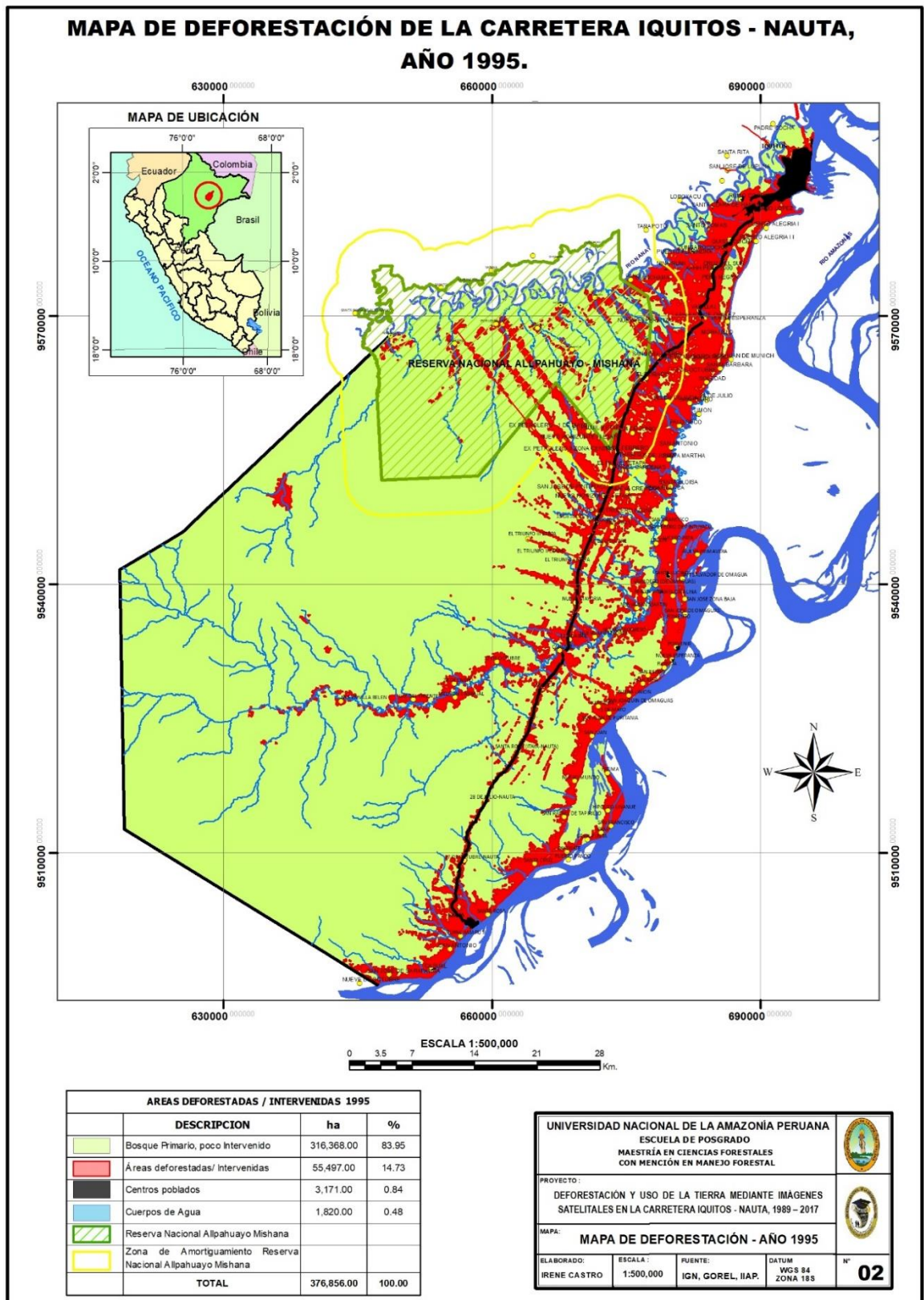
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 03. Áreas deforestadas en hectáreas, año 1995.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 04. Mapa de áreas deforestadas en la zona de estudio, para el año 1995.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Áreas deforestadas año 2005

De acuerdo al análisis de las áreas deforestadas para el año 2005, estas ocupan un total de 68 896 ha, representando el 18,28 %, mientras que las áreas ocupadas por bosque primario ocupan 306 170 ha (81,24 %) y la superficie de los cuerpos de agua se extienden a 1790 ha (0,47%). La tabla N° 03 y la figura N° 05, presentan las áreas deforestadas para el año 2005.

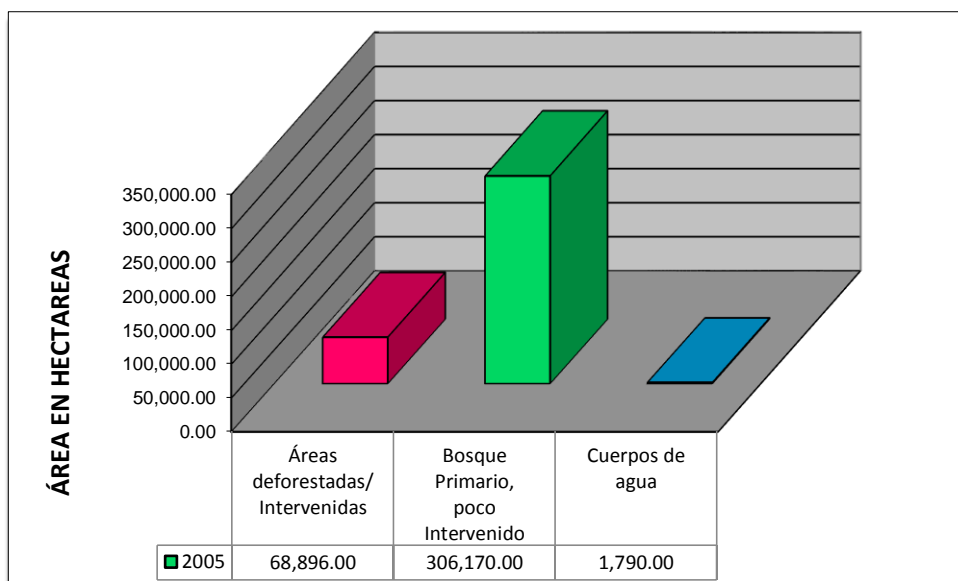
La figura N° 06, muestra el mapa obtenido para el año 2005.

Tabla N° 03. Áreas deforestadas del año 2005, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes Landsat TM5.

Descripción	Superficie (ha)	%
Bosque primario poco intervenido	306 170.00	81,24
Áreas deforestadas/ Intervenidas	68 896.00	18,28
Cuerpos de Agua	1 790.00	0,47
Total	376 856.00	100,00

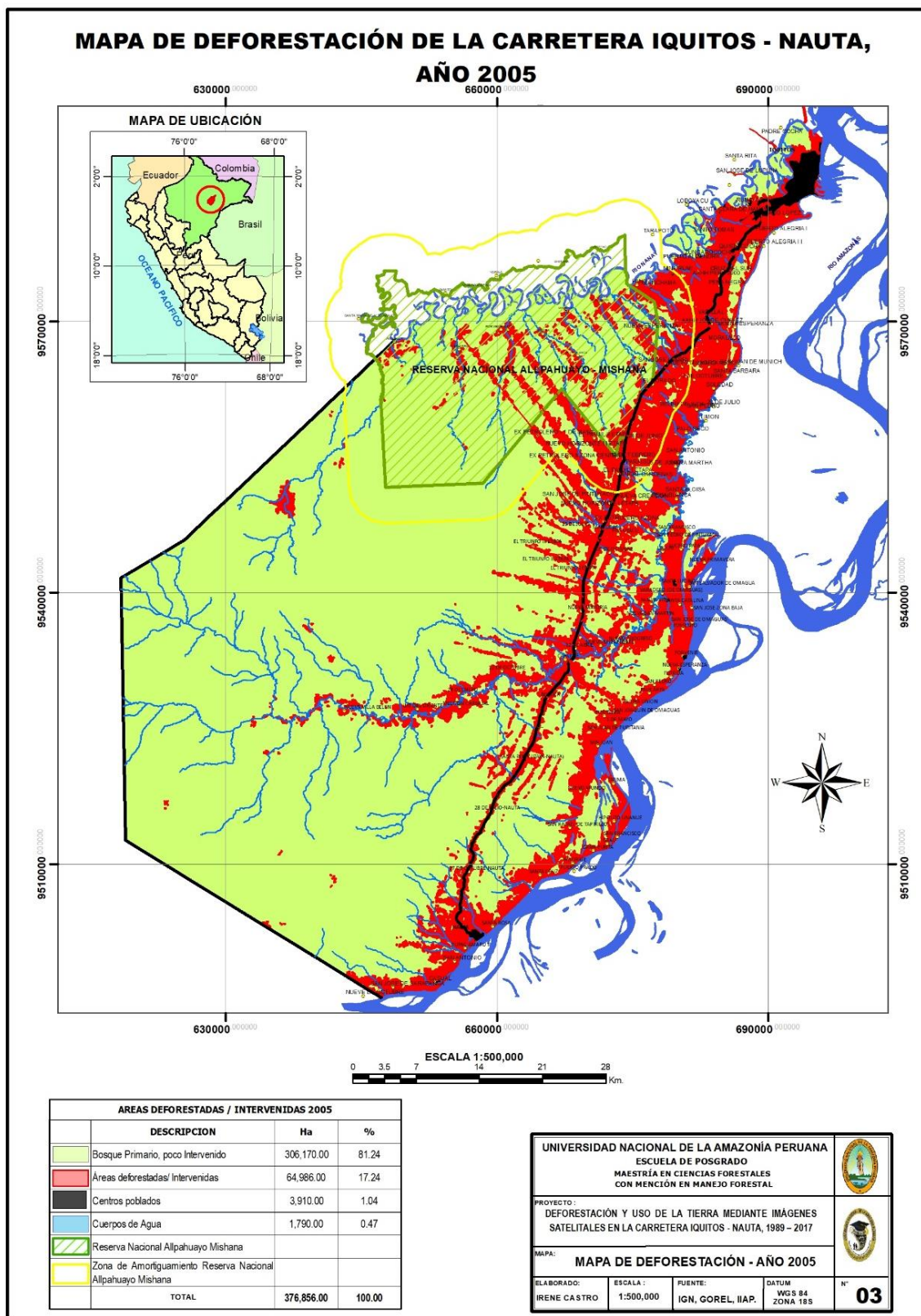
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 05. Áreas deforestadas del año 2005.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 06. Mapa de áreas deforestadas, año 2005.



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Áreas deforestadas año 2017

La deforestación para el año 2017 alcanzó un total de 91 181,18 ha que representa el 24,20 %, este incremento considerable se debe a la ocupación de nuevas tierras por actividades agrícolas y la apertura de caminos carrozables y trochas que parten desde la carretera Iquitos – Nauta. Las áreas que corresponden al bosque primario se extiende sobre 283 142,05 ha, que representan 75.13% y la superficie de los cuerpos de agua se extiende en 2 532 790 ha (0,67%). La tabla N° 04 y la figura N° 07, presentan las áreas deforestadas para el año 2005.

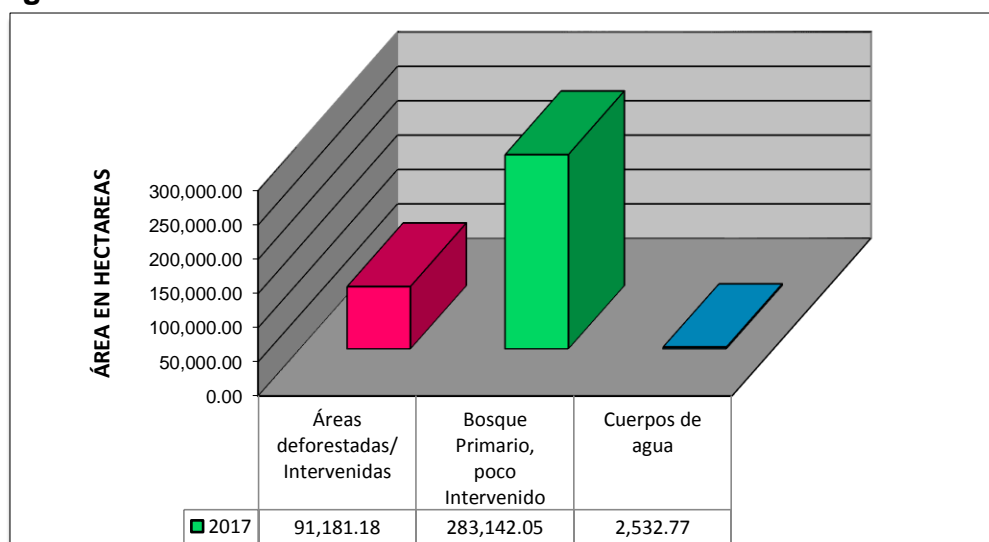
La figura N° 08, muestra el mapa obtenido para el año 2017

Tabla N° 04. Áreas deforestadas del año 2017, obtenidas del análisis y procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8.

Descripción	Superficie (ha)	%
Bosque primario poco intervenido	283,142.05	75.13
Áreas deforestadas/ Intervenidas	91,181.18	24.20
Cuerpos de agua	2,532.77	0.67
TOTAL	376,856.00	100.00

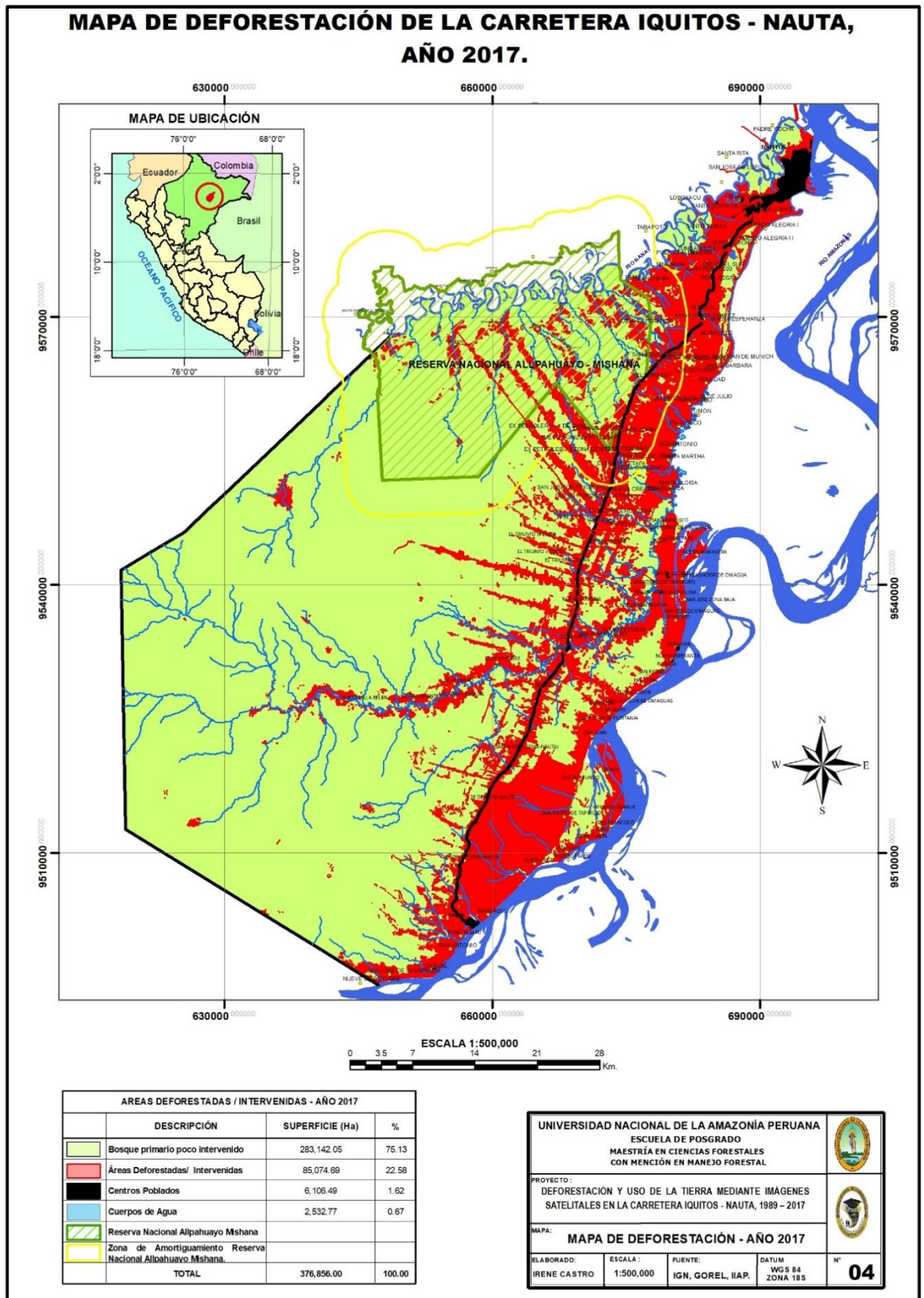
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 07. Áreas deforestadas del año 2017



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 08. Mapa de áreas deforestadas en la zona de estudio, para el año 2017.



Fuente: Elaboración propia

4.2 Deforestación y cálculo de la tasa de deforestación entre los años 1989-1995-2005 y 2017.

En el cálculo de la tasa de la deforestación se obtuvieron los siguientes:

4.2.1. Deforestación entre los años 1989 y 2018 y en los periodos: 1989-1995, 1995-2005 y 2005-2017.

El área de la carretera Iquitos – Nauta abarca una superficie de 376 856 ha, que representa el 1.02 % del área departamental. Si bien esta área puede ser no representativa en extensión, sin embargo, es muy importante debido a que la ciudad de Iquitos, se encuentra ubicada dentro del área de estudio. Iquitos es la ciudad más importante de la Amazonia peruana y capital del departamento de Loreto, por tanto, esta ciudad ejerce una fuerte presión antrópica sobre los recursos naturales, con una población de 459 618 hab. aproximadamente.

La tabla N° 05 muestra la deforestación y las áreas de pérdida del bosque e incremento de la deforestación en los periodos 1989-1995, 1995-2005 y 2005-2017, medido mediante la tasa anual de deforestación

Analizando el primer periodo, años 1989 - 2017, el bosque primario disminuyó dando paso a las actividades agrícolas, pastos, bosques secundarios, purmas y otros usos de la tierra. Durante este periodo de 28 años, la deforestación total acumulada alcanzó a 49,193.18 ha, siendo la deforestación promedio anual de 1,756.9 ha. Asimismo, el bosque primario, disminuyó en -49,955.95 ha lo que muestra que la pérdida anual promedio del bosque, fue de -1784.14 ha.

Si analizamos el incremento de la deforestación en los tres periodos, se puede observar que el periodo del año 1989 - 1995 se deforestaron un total de 16 680 ha de bosque, mientras que el periodo 1995 – 2005 la deforestación acumulada alcanzó a 10,228 ha, y la deforestación promedio fue 1 022.8 ha. Y finalmente el periodo 2005 – 2017 la deforestación total acumulada para estos 12 años fue de 22,275.18 ha con una deforestación promedio anual de 1857.10 ha.

Tabla N° 05. Pérdida del bosque primario e incremento de la deforestación, en los periodos 1989-1995, 1995-2005 y 2005-2017.

DESCRIPCION	AÑOS / PERIODO													
	1989	1995	Deforestación acumulada en el Periodo (1989-1995)	Deforestación anual en el periodo (1989-1995) (año2-año1)/N° de años	1995	2005	Deforestación en el Periodo (1995-2005)	Deforestación anual en el periodo (1995-2005) (año2-año1)/N° de años	2005	2017	Deforestación acumulada en el Periodo (2005-2017)	Deforestación anual en el periodo (2005-2017) (año2-año1)/N° de años	Deforestación total en el periodo (1989-2017)	Deforestación anual periodo (1989-2017) (año inicial-año final)/N° de años
Áreas deforestadas/Intervenidas	41988.000	58668.00	16680.00	2780.000	58668.00	68896.00	10228.00	1022.80	68896.00	91181.18	22285.18	1857.09	49193.18	1756.89
Bosque Primario, poco intervenido	333098.000	316368.00	-16730.00	-2788.333	316368.00	306170.00	-10198.00	-1019.80	306170.00	283142.05	-23027.95	-1918.99	-49955.95	-1784.14
Cuerpos de Agua	1770.000	1820.00	50.00	----	1820.00	1790.00	-30.00	----	1790.00	2532.77	742.77	----	762.77	----

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la deforestación anual

$$D = (Df - Di)/N$$

Donde:
 D: Tasa de deforestación
 Df: Superficie deforestada año final
 Di: Superficie deforestada año inicial
 N: número de años del período

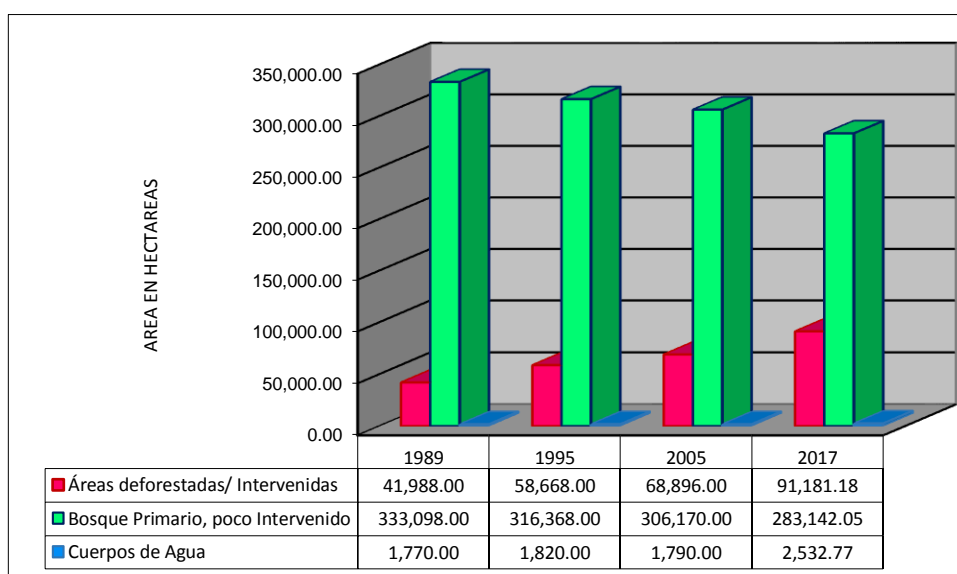
La tabla N° 06 y la figura N° 09 muestra las áreas deforestadas para cada año evaluado, así como el porcentaje respectivo. Ahí se puede observar que el año 1989 se cuantificó 41,988 ha (11.14 %) de áreas deforestadas, mientras que para el año 1995 estas áreas se incrementaron en 16 680 ha más, totalizando 58 668 ha (15.57%), para el año 2005 las áreas deforestadas alcanzaron a 68 896 ha (18.28%) y en el año 2017, las áreas deforestadas comprendieron una superficie de 91 181.18 ha que representa el 24.2% del área de estudio.

Tabla N° 06. Áreas deforestadas y pérdida del bosque primario en hectáreas, años 1989, 1995, 2005 y 2017

Descripción	AÑOS							
	1989	%	1995	%	2005	%	2017	%
Áreas deforestadas	41,988.00	11.14	58,668.00	15.57	68,896.00	18.28	91,181.18	24.20
Bosque Primario	333,098.00	88.39	316,368.00	83.95	306,170.00	81.24	283,142.05	75.13
Cuerpos de Agua	1,770.00	0.47	1,820.00	0.48	1,790.00	0.47	2,532.77	0.67
TOTAL	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 09. Deforestación y pérdida del bosque, años 1989, 1995, 2005 y 2017



Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Tasa de deforestación - período 1989-2017

La deforestación es uno de los problemas ambientales más agudos que enfrenta la Amazonia, por lo que vienen realizando denodados esfuerzos para realizar su cuantificación.

La tasa de deforestación ha sido utilizada en numerosas oportunidades para analizar los cambios de cobertura forestal, sin embargo, las diferencias en la escala de análisis, los períodos considerados y las metodologías utilizadas no siempre proporcionan resultados que puedan ser comparados. Para cuantificar la deforestación se ha agrupado las actividades como agricultura, pastos, bosques secundarios y purmas, diferenciándolo de los bosques primarios.

En el área de estudio se distinguen dos grandes espacios, el bosque primario y áreas intervenidas, como resultado del proceso de uso y ocupación de las tierras, del desarrollo de diversas actividades económicas. Los bosques primarios, se caracterizan por su poca intervención e integradas por bosques de terrazas medias y altas con diferentes tipos de drenaje y disección, y bosques de varillales, que son utilizados para la extracción de productos maderables, no maderables, caza y recolección de frutos silvestres; y, bosques intervenidos, conformada por bosques secundarios, purmas y áreas agropecuarias ⁵⁵.

Una de las formas más comunes de expresar la deforestación es como la proporción expresado en porcentaje de la superficie de bosque presente al inicio del período que continúa siendo bosque al final del período analizado.

La tasa promedio anual de deforestación es la superficie del bosque que se ha perdido entre dos tiempos determinados, el año inicial y el año final, se mide en hectáreas. En esta investigación se calculó a partir de la información obtenida para los años 1989, 1995, 2005 y 2017, además del inicio del año de deforestación: año 1989 y el año final: 2017.

Para la obtención de la tasa de cambio del bosque, se utilizó la fórmula de FAO para la medición de la tasa anual de deforestación en el área de interés.

La tabla N° 07 muestra la tasa de deforestación obtenida para los años analizados.

Tabla N° 07. Tasa de deforestación en los periodos; 1989-1995, 1995-2005, 2005-2017; y el periodo 1989 – 2017 (año inicial y año final)

DESCRIPCION	AÑOS / PERIODO											
	1989	1995	<i>q</i> (Tasa de cambio FAO) (1989-1995))	1995	2005	<i>q</i> (Tasa de cambio FAO) (1995-2005)	2005	2017	<i>q</i> (Tasa de cambio FAO) (2005- 2017)	1989	2017	<i>q</i> (Tasa de cambio FAO) (1989-2017)
Áreas deforestadas/ Intervenidas	41,988.00	58,668.00	0.057	58,668.00	68,896.00	0.016	68,896.00	91,181.18	0.024	41,988.00	91,181.18	0.028
Bosque Primario, poco Intervenido	333,098.00	316,368.00	-0.009	316,368.00	306,170.00	-0.003	306,170.00	283,142.05	-0.006	333,098.00	283,142.05	-0.006
Cuerpos de Agua	1,770.00	1,820.00	0.005	1,820.00	1,790.00	-0.002	1,790.00	2,532.77	0.029	1,770.00	2,532.77	0.013

Fuente: Elaboración propia.

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)}$$

Donde:

A1: superficie de bosque al inicio del período

A2: superficie de bosque al final del período

t1: año de inicio del período

t2: año final del período

Como se aprecia en la tabla 07, los resultados de la tasa de cambio de la cobertura y uso del suelo se calcularon mediante la aplicación de la fórmula de tasa de cambio de FAO. De acuerdo al análisis de la tasa anual de cambio, cuando éste resulta negativo significa una pérdida de cobertura de bosque por la deforestación, y si este valor es positivo, se interpreta como un incremento de la superficie boscosa.

Durante el periodo 1989 – 2017 se obtuvo una tasa de cambio anual de 0.028, registrándose un incremento de las áreas deforestadas a 49 193.18 ha, con una deforestación anual de 1784.14 ha. Finalmente, se obtuvo una tasa de cambio de -0.060 para el bosque primario poco intervenido para el periodo 1989 – 2017, lo que muestra una disminución y pérdida del bosque primario de 49 955.95 ha con una deforestación anual de 1784.14.

4.3. Actividades antrópicas que ha generado la deforestación en la carretera Iquitos Nauta, entre los años 1989 – 2017.

La población asentada en el área de influencia de la carretera Iquitos Nauta y el desarrollo de sus actividades socioeconómicas, han dado como resultado la deforestación de la zona.

La deforestación se ha incrementado en las últimas décadas debido a la presión que ejerce Iquitos y las poblaciones presentes, incidiendo en la actividad agrícola, pecuaria, explotación de madera entre otras actividades. Estas actividades antrópicas vienen generando un gran impacto en la flora y fauna del área, conociendo que este territorio alberga una de las zonas más biodiversas del departamento de Loreto.

Para conservar esta diversidad biológica y el medio ambiente del entorno de Iquitos, se creó la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana - RNAM. Esta área de conservación es importante por albergar un rico patrimonio natural ubicado en el sector suroeste de Iquitos, muy cerca de la ciudad y que presenta una intensa ocupación humana.

En este punto se analizará cuáles son las causas de la deforestación en el área de estudio, donde se han identificado las siguientes actividades, han generado la deforestación en sus bosques primarios:

4.3.1. Actividad agrícola y pecuaria

La agricultura es la actividad antrópica más importante del área que se caracteriza por ser de pequeña escala y por desarrollarse bajo condiciones absolutamente precarias de tenencia de tierra.

La agricultura en la carretera depende de un uso intensivo de la mano de obra familiar, dado que las áreas agrícolas hasta hace unos años no estaban mecanizadas ni se usaba en ellas tracción animal para las labores culturales. El sistema empleado es el tumba/rozo-quema y siembra, con rotación de cultivos y, dada la ausencia de capital en la zona, la mano de obra depende de la familia y en algunas ocasiones se contrata mano de obra, cuando los cultivos son desarrollados por alguna empresa, como es el caso de empresa de pijuayo y palmito. Dada la calidad de los suelos y la topografía, además de la estructura del comercio regional, esta agricultura se caracteriza por ser muy poco productiva.

Otros cultivos importantes sembrados con similar intensidad a lo largo de la zona son el pijuayo, palmito. A partir del caserío villa El Buen Pastor en el kilómetro 22 de la carretera y la caña de azúcar al lado Este de la carretera, entre el centro poblado 13 de Febrero, en las inmediaciones del río Itaya. Asimismo, los nuevos asentamientos humanos y asociaciones agrarias inician el cultivo de palmito. Otros frutales que se cultivan son la toronja y la sidra, que llegan a los mercados locales. Iquitos se consolida como ciudad y los diversos fundos, abastecen de diversos productos agropecuarios (ganado, frejoles, yuca, maíz, caña, etcétera), aguardiente, fariña y varios recursos propios de la biodiversidad de la zona (balata, tagua, leche caspi y maderas, entre otros, a los comercios de Iquitos⁵⁶).

Otra de las actividades económicas desarrolladas en la zona es la actividad pecuaria, la crianza de animales, el comercio y la transformación de productos diversos. La caza y la pesca son esporádicas y básicamente las efectúan algunos pobladores solo de algunos caseríos. La tabla N° 08 muestra la extensión de las áreas agrícolas y los pastos.

Tabla N° 08. Superficie del área agrícola y de pastos, cartografiado con imágenes de satélite.

USO DEL SUELO	AÑOS							
	1989	%	1995	%	2005	%	2017	%
Áreas Ocupadas por Agricultura	5,070.00	1.35	5,756.00	1.53	4,965.00	1.32	12,073.34	3.20
Terrenos Ocupados con Pastos Cultivados	1,245.70	0.33	1,056.60	0.28	1,352.50	0.36	1,659.62	0.44
AREA TOTAL	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla, en el año 1989 las áreas agrícolas alcanzaron a 5 070.0 ha y los terrenos con pastos alcanzaron a 1245.7 ha. En el año 1995, estas se incrementaron a 5756 ha, mientras en el año 2005 se extendieron a 4 965 ha. Finalmente, en el año 2017, las áreas agrícolas alcanzaron a 12,074.34 ha, incrementándose en más de 150% del área anterior.

4.3.2. Crecimiento urbano.

Los orígenes de la ciudad de Iquitos se remontan desde el siglo XVIII, se inició como una reducción jesuita ubicada inicialmente en el río Nanay, donde tenía el nombre de San Pablo de Napeanos, conformada por Yameos e Iquitos. En 1759 fue trasladada al río Amazonas, en la boca de Nanay y dejó de ser una reducción indígena y comenzó a denominarse Iquitos por estar habitado por familias de este pueblo. En los censos de 1814, Iquitos aparece con 81 habitantes y en 1828 figuran con 59 habitantes y la mayoría de ellos indígenas Iquitos. A fines del siglo XVII e inicios del siglo XX, con el advenimiento de las embarcaciones a vapor y luego con el auge económico del caucho y la siringa, productos clave de exportación, surge la búsqueda de mano de obra suficiente por tanto la población de Iquitos se incrementa con migrantes de San Martín y Amazonas, y llega a tener alrededor de 25,000 pobladores en la primera década del siglo XX. Durante esta época el sector de la carretera Iquitos-Nauta y de los ríos Itaya y Nanay se convirtió en foco de extracción cauchera. Mientras pasaban los años, en el eje carretero se asentaban numerosos poblados que empezaron a explotar los recursos del área, así como la práctica de agricultura de subsistencia en una primera etapa.

En década de los 80's se crean las asociaciones agrarias y las parcelaciones de El Paujil, Nuevo Horizonte, Ex Petroleros y El Triunfo, entre otras. En pocos años creció el número de adjudicatarios particulares, al mismo tiempo que avanzaron las trochas de penetración. El impacto de estos procesos sobre los bosques de la zona resultó enorme, por cuanto impulsó la deforestación para fomentar las actividades agrícolas que en pocos años se evidenciaron como poco sustentables o rentables⁵⁷.

Sin embargo se prevé que los cambios más severos se expresen en mayores incrementos de las tasas de deforestación y en el uso de la tierra. La extracción de recursos naturales desde madera redonda hasta carbón de leña, conjuntamente con la producción agropecuaria temporal de dos a tres años, están originando economías de muy corta duración. Esta situación han ocasionado grandes extensiones de tierras abandonadas, empurmadas y deterioradas, con unos centros poblados que viven en condiciones de pobreza

Las ciudades y poblaciones urbanas alrededor de la carretera Iquitos – Nauta, tienen una población aproximada de 459,618 habitantes, siendo Iquitos y Nauta las que concentran mayor población por ser la capital de provincias, y en el caso de Iquitos la capital del departamento, aquí se encuentra asentada el 52.02% de la población departamental y donde se realizó unos de los procesos demográficos más dinámicos, ocurridos en todo el departamento. Loreto tiene una población aproximada de 883 510 habitantes según los datos del último censo del año 2017.

La evaluación realizada en el presente trabajo, presenta el crecimiento de la mancha urbana en este espacio geográfico, como lo muestra la tabla N° 09.

Analizando la información de la Tabla N° 09, se puede apreciar que el área ocupada por centros urbanos ha ido crecimiento en cada periodo analizado. Durante el año 1989 el área ocupada por los centros poblados alcanzó a 2 319 ha, mientras que en el año 1995 esta superficie se incrementó a 3 171 ha y en el año 2005, el área urbana alcanzó a 3 910 ha, y en el año 2017, el área se incrementó en 2 196 ha, alcanzando a 6106.49 ha.

Tabla N° 09. Superficie del área urbana, cartografiado con imágenes satelitales

USO DEL SUELO	AÑOS							
	1989	%	1995	%	2005	%	2017	%
Áreas Ocupadas por								
Centros Poblados /	2,319.00	0.62	3,171.00	0.84	3,910.00	1.04	6,106.49	1.62
Áreas Urbanas								
AREA TOTAL	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Es probable que en términos de área, puede no ser representativo, pero significa que ahí se asientan los 459 618 habitantes que representa el 52.02% de la población total departamental. Es esta población que ejerce presión sobre los recursos de entorno de Iquitos y de las demás localidades y están impactando en la biodiversidad y los recursos naturales del área de estudio.

Las áreas urbanas son ecosistemas construidos, que requieren agua, energía y alimentos; y las ciudades de Iquitos y Nauta, además de los otros centros poblados ubicados en el área, requieren estos recursos del entorno inmediato, cuya población y la satisfacción de las necesidades están provocando la deforestación del área.

4.3.3. Las actividades de explotación de canteras

Otra de las actividades que se desarrolla en el área es la explotación de canteras de arena blanca cuarzosa, estas arenas blancas eran el sustento de los bosques de varillales, cuando se deforestó para implementar las áreas agrícolas y los pobladores vieron que eran suelos de capacidad de uso mayor no apto para la agricultura pero si para la construcción de viviendas, edificaciones e infraestructura de esta zona.

El material es un recurso disponible en la zona y existen muchas canteras que viene operando a lo largo de la carretera, especialmente en las inmediaciones de la RNAM. Se están deforestando estas tierras con fines de comercializar la arena que se torna escasa, cada vez que el Gobierno Regional o los Gobiernos Locales cercanos a Iquitos ejecutan obras de infraestructura, llegando a costar a 1200 soles la camionada de arena.

El primer paso a llevar a cabo para la extracción de arena a cielo abierto, consiste en despojar el área de interés de la cobertura vegetal para poder acceder a los horizontes o capas de arena, objeto de explotación. La pérdida de cobertura desencadena procesos erosivos los que se incrementan al eliminarse las capas superiores del suelo (capa contaminada por suelo vegetal o en algunos casos suelo cultivable), debajo de las cuales se encuentra el manto de arena blanca.

En la carretera Iquitos – Nauta existen 55 canteras operativas, de los cuales 89.09% son informales, solo el 10.91% se encuentran formalizadas, Estas canteras realizan actividades y mayoritariamente, no asumen las obligaciones que ordena la Ley N° 26570, sustituyen artículo de la Ley N° 26505 referido a la utilización de tierras para el ejercicio de actividades mineras o de hidrocarburos, porque así como causa modifican el paisaje, causan pérdidas de la biodiversidad y de acuíferos, y que deberían cumplir con subsanar las áreas afectadas a través de tecnologías apropiadas para su pronta recuperación⁵⁸. El anexo N° 17 muestra las canteras formales e informales que vienen operando en el área de estudio.

4.3.4. Construcción de la carretera Iquitos Nauta y vías de acceso a caseríos.

La construcción de la carretera Iquitos Nauta es mencionada desde el año 1885, cuando las embarcaciones que transitan por el río Marañón hacia Iquitos, pierden accesibilidad al puerto de Nauta como producto de los cambios en el curso del río. Décadas más tarde, el arenamiento del puerto de Iquitos conduce nuevamente a que Nauta se convierta en puerto de importancia para las embarcaciones de mayor tamaño.

En los albores del siglo XX surge la idea de construir la carretera, pero pasó rápidamente al olvido, una vez que los precios del caucho y de la siringa decayeron, sin embargo, Iquitos se consolida como ciudad y los diversos fundos alrededor de Iquitos, abastecían de diversos productos agropecuarios, a los comercios de Iquitos.

La apertura del trazo de la carretera se inicia en el año 1970 y se realizó sin ningún trazo, posteriormente en el año 1980, se realizan las evaluaciones para su construcción. En el año 1998 la carretera estaba asfaltada hasta el puente Itaya, faltando aun un pequeño tramo que fue concluido en los años siguientes.

La construcción de la carretera ha acelerado los procesos de deforestación ocurridos en el área de estudio, además ha contribuido a la pérdida de la Biodiversidad, contaminación del agua, erosión de suelos, debido a que existen cárcavas o procesos erosivos en varios tramos de la carretera.

4.3.5. Proyectos productivos impulsados por el gobierno regional

Durante las últimas décadas el Gobierno Regional ha elaborado proyectos productivos para difundir cultivos agroindustriales como la palma aceitera y sacha Inchi, que en el caso de la palma aceitera es importante analizar por su fuerte impacto en los bosques en la Amazonía andina.

A. Cultivo de palma aceitera

La palma aceitera es un cultivo permanente y su cultivo se viene expandiendo en la Amazonia peruana, especialmente en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali. Es una especie que genera muchas controversias a nivel mundial por las amplias hectáreas de bosques deforestados para el desarrollo de sembríos a gran escala. Esta situación genera a su vez impactos sociales y ambientales como la concentración de la propiedad de la tierra, emisiones de carbono, pérdida de biodiversidad y contaminación de fuentes de agua.

Las potencialidades de la palma aceitera y su alta rentabilidad, pueden conllevar el riesgo del cambio de uso del suelo amazónico sin restricciones, además de que se convierta en una amenaza para invadir tierras de cultivos agrícolas, afectando la seguridad alimentaria. En zonas como la Amazonía, la instalación de plantaciones de gran escala se asocia a un potencial cambio de uso de suelos de extensas áreas de bosques primarios, especialmente, porque la rentabilidad de las plantaciones requiere vastas áreas disponibles para su desarrollo.

En el caso de la palma aceitera en la carretera Iquitos Nauta, estas fueron instaladas dentro del Convenio MINAG – IICA con 110 ha y dentro del Convenio Marco entre el Gobierno Regional y la Oficina de Naciones Unidas para el Desarrollo con la implementación de 534 ha. Sin embargo, el convenio fue resuelto, por incumplimiento de metas por parte de Naciones Unidas, motivo por el cual los productores se encuentran en total abandono en cuanto a recursos financieros para continuar con la siembra en campo definitivo y asistencia técnica⁵⁹.

En la actualidad, las plantaciones de palma aceitera se encuentran en abandono, no genera recursos económicos a los pobladores puesto que no existen canales de comercialización y sin la existencia de algún planeamiento, este cultivo puede convertirse en un grave problema ambiental. Figura N° 10.

Figura N° 10. Plantaciones de palma aceitera y sus frutos, en las inmediaciones de la Quebrada Zaragoza, Nauta.



Fuente: Tomado por la tesista.

4.4. Cálculo del uso de la tierra a través de imágenes satelitales en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 y 2017.

En el cálculo del uso de la tierra a través de imágenes de satélite, se realizó previamente la leyenda del mapa de uso de la tierra de acuerdo al conocimiento del área de estudio, para los periodos evaluados y se identificó las clases de uso de la tierra existentes con conocimientos de campo y en

base en la interpretación de las series temporales de imágenes Landsat TM5 y Landsat8, refrendado por trabajo de campo que se desarrolló en el área de estudio. Se elaboraron mapas de uso del suelo y cobertura vegetal para las fechas de 1989, 1995, 2005 y 2017, utilizando como cartografía base la escala 1: 100,000, cubriendo un área de 376,856 hectáreas aproximadamente.

Las categorías de cobertura y uso de la tierra identificada son descritos a continuación:

4.4.1. Descripción de las clases de uso de la tierra

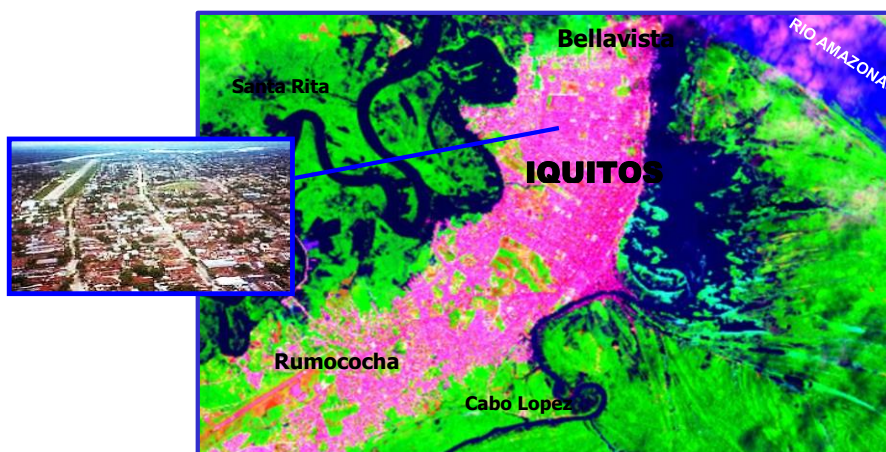
Se discriminaron 07 clases de cobertura y uso de la tierra; áreas agrícolas, pastos, purmas, bosques secundarios, bosque primario, áreas urbanas y cuerpos de agua, como se presenta en las leyendas de los mapas de uso de las tierras obtenidas, para cada periodo evaluado.

Las clases de los usos de la tierra identificados y discriminados en el periodo evaluado, son descritas a continuación:

A. Áreas ocupadas por centros poblados / áreas urbanas

Esta clase de uso comprende las áreas que muestran los poblados más importantes y significativos del área de estudio. El conjunto de viviendas ubicadas uno a continuación de otro se muestra como un enrejado en las imágenes de satélite utilizadas, discriminándose hasta los centros poblados, de la categoría de caseríos, pueblos y ciudades. La figura N° 11 muestra los centros poblados en las imágenes Landsat.

Figura N° 11. Clase centros poblados en imagen de satélite Landsat



Fuente: Imagen de satélite Landsat 8. Elaboración propia.

Entre los centros poblados más importantes que se ubican en el área de estudio se tiene a los siguientes; Iquitos, Nauta, Quistococha, Rumococha, Santa Clara de Nanay, Santo Tomás, Nina Rumi, Zúngarococha, San Joaquín de Omaguas, Porvenir entre otros.

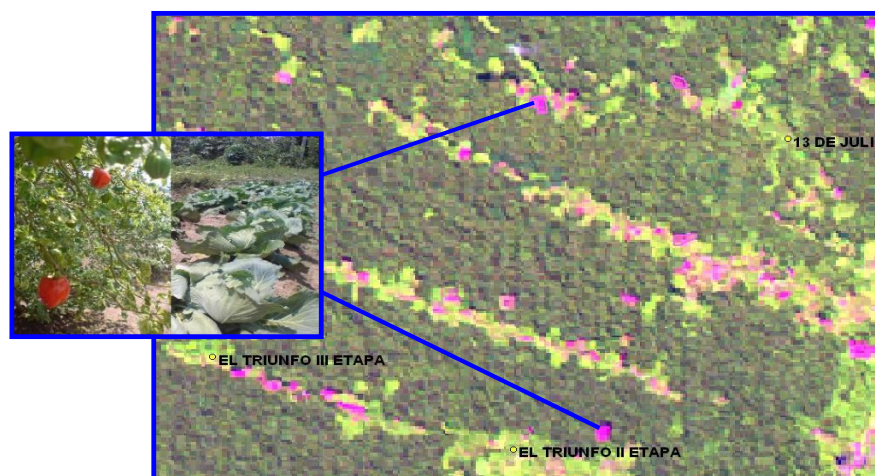
Iquitos y Nauta son las ciudades más importantes y se ubican en las inmediaciones de los ríos Itaya, Nanay y Amazonas, y el río Marañón respectivamente. Su importancia radica en que la primera es la capital de la provincia de Maynas y del departamento de Loreto; y la segunda es la capital de la provincia de Loreto. Cuentan con servicios de infraestructura y de saneamiento básico, así como centros de salud, colegios, universidades, institutos tecnológicos y un aeropuerto internacional.

B. Terrenos ocupados con cultivos agrícolas.

Comprende las áreas de cultivo, constituidas por yuca, plátano, frutales, etc. Incluye áreas que han sido recientemente cultivadas, áreas en barbecho o descanso temporal. Espectralmente ésta clase presentó en las imágenes 5,4 y 3, tonalidades de rojo medio a rosado.

Han sido agrupadas por las extensiones muy pequeñas en las que estas se llevan a cabo y que por su naturaleza son muy difíciles de cartografiar. Se encuentran en forma asociada (fraccionada), con los cultivos permanentes, como se aprecia en la figura N° 12.

Figura N° 12. Clase cultivos agrícolas extensivos en imagen de satélite.



Fuente: Imagen de satélite Landsat 5. Elaboración propia.

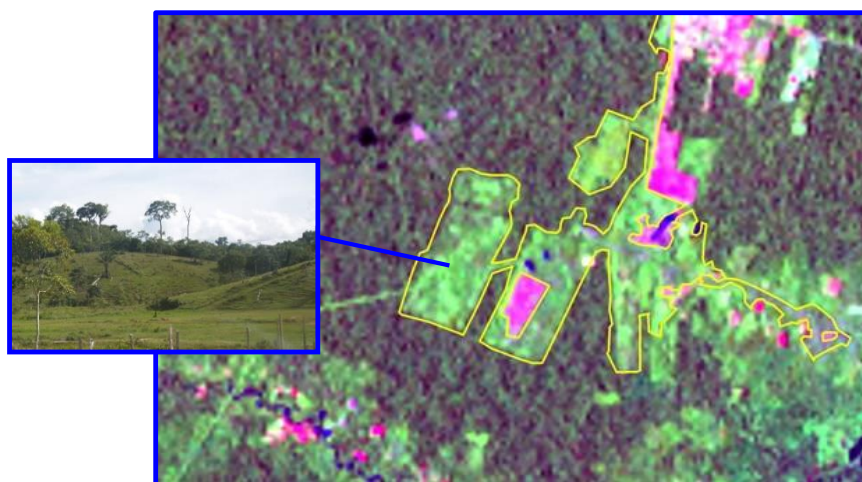
El área de esta actividad no es significativa pero si muy importante por proveer de productos a la población asentada en la zona. Provee de alimentos, predomina el cultivo de plátano, yuca, legumbres, verduras, frutales, etc. Los cultivos extensivos son principalmente de subsistencia y los excedentes son comercializados por los agricultores. Por la cercanía a Iquitos y Nauta, estos excedentes son transportados a estas ciudades para su comercialización.

La agricultura es implementada con cultivos de corto periodo vegetativo y cultivos permanentes. Estas actividades son realizadas en secano y en altura, en zonas de fisiografías de terrazas medias o altas, zonas de colinas y en llanuras inundables estacionalmente en áreas cercanas a los ríos Itaya y Nanay. Está íntimamente ligada a los factores climáticos que se desarrollan en la zona. Una gran parte de la población desarrolla esta actividad a lo largo de la carretera Iquitos – Nauta, vías secundarias y en las márgenes de los ríos Itaya y Nanay.

C. Terrenos ocupados con pastos cultivados

Comprende áreas de pastos mejorados y pastos empurmados. Esta clase de uso ha podido ser apreciada en las imágenes de satélite por su tonalidad y textura, límite y forma, se encuentra en toda el área de estudio. Las especies de pastos más utilizadas son: *Brachiaria sp* “nudillo”, *Paspalum conjugatum*, “torourco”, *Axonopus scoparius* “maicillo verde” y *Pueraria phaseoloides* “kudzú”. La figura N° 13 muestra cómo se identifican los pastos en la imagen de satélite.

Figura N° 13. Clase pastos en imagen de satélite.



Fuente: Imagen de satélite Landsat 8. Elaboración propia.

El pasto brachiaria es una de las especies establecidas más importantes en el área por su fácil adaptabilidad, buena palatabilidad y valor nutritivo, otra especie que se aprecia en la zona es el torourco que es de menor valor alimenticio y que viene extendiéndose en el área de estudio. Asimismo se aprecia el incremento del cultivo del kudzú, cuya característica principal es que perenne de crecimiento vigoroso, rastrero y que por sus características y hábitos de crecimiento cubren rápidamente superficies de terreno formando una densa cobertura, aunque su desventaja es que es menos palatable que el torourco.

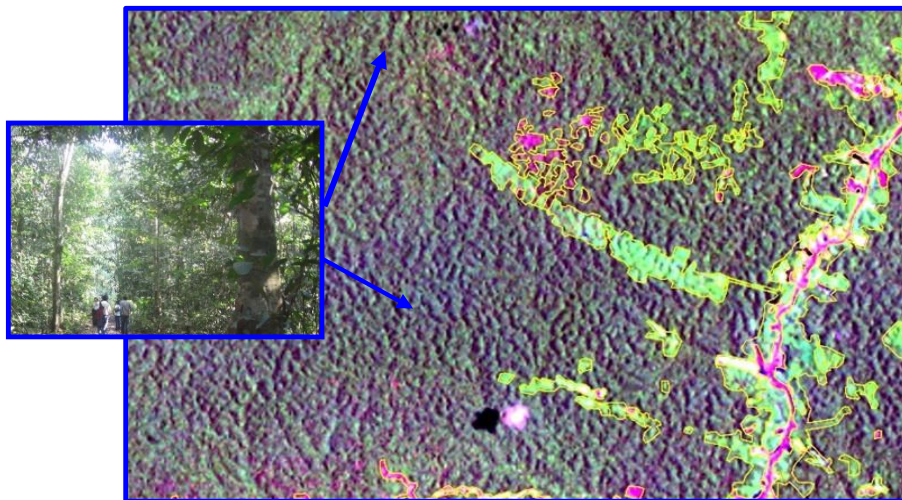
D. Terrenos ocupados con bosques / vegetación natural

Constituido por vegetación arbórea natural y agrupa a las áreas con bosque clímax o primario, bosques secundarios, purmas, así como las áreas de pantanos, aguajales y bosques de varillales, identificados en el área de estudio. Las clases identificadas en el área de estudio son las siguientes:

Áreas ocupadas por bosques clímax / monte alto. Se denomina bosque alto o primario a aquellos que pueden o no haber sufrido una extracción de madera selectiva sin necesidad de haber deforestado el bosque. Está constituido por masas de vegetación arbórea madura, compuesto por árboles de diámetro considerable y desarrollo vertical significativo. Asimismo agrupa también a árboles bajos y con diámetros menores. En gran parte de estos bosques se ha realizado una explotación forestal de tipo selectivo que no han modificado su condición de bosque climax pero que si ha disminuido su valor comercial. La figura N° 14 muestra su presentación en las imágenes de satélite Landsat8, bandas 7,5,3.

Áreas ocupadas por bosques secundarios. Los bosques secundarios son áreas donde la vegetación se ha regenerado después de grandes disturbios o perturbaciones que resulta en la deforestación total de un sitio, que puede haber sido causado por el hombre o por fenómenos naturales (vientos huracanados o incendios forestales).

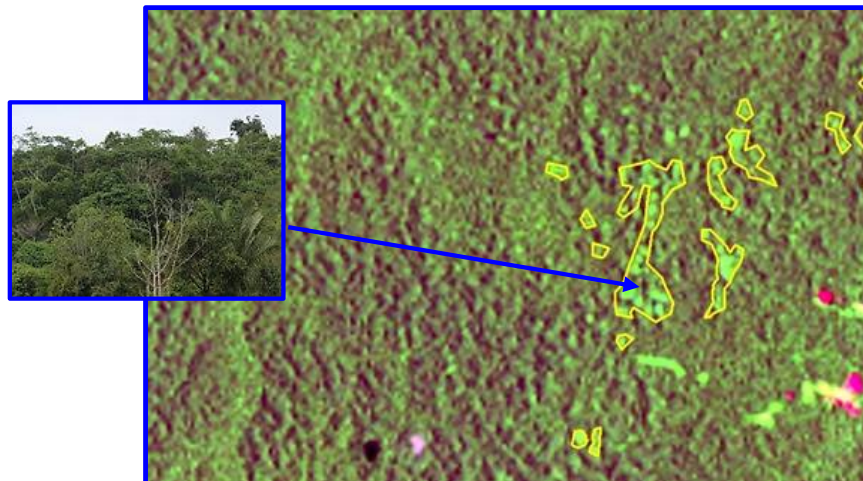
Figura N° 14. Clase: Bosque primario o Monte Alto.



Fuente: Imagen de satélite Landsat 8. Elaboración propia.

Estas áreas inicialmente constituidas por bosques primarios fueron deforestadas para la instalación de cultivos y agricultura de tipo migratorio. Agrupa a la vegetación natural en su segundo estadio sucesional, son más antiguos que las purmas y está compuesto por vegetación natural que empieza a ser maderable, como se muestra en la figura N° 15.

Figura N° 15. Clase bosque secundario en imagen de satélite



Fuente: Imagen de satélite Landsat 8. Elaboración propia.

En el periodo que no ha sido utilizado ha permitido la regeneración del bosque, luego de haber estado bajo la realización de prácticas agrícolas. La regeneración natural se ha realizado mediante la germinación de semillas provenientes del bosque circundante.

Se diferencia del bosque primario, por su composición florística, por la existencia y predominancia de especies arbustivas de rápido crecimiento así como de madera de baja densidad, su característica principal es la predominancia de árboles delgados y bajos y las especies que se regeneran no son las mismas que predominan en el bosque clímax.

Áreas ocupadas por purmas. Esta clase constituye la vegetación que se regenera en el primer estadio sucesional, que se instala en las áreas abandonadas por la agricultura y está compuesto por especies herbáceas y arbustivas.

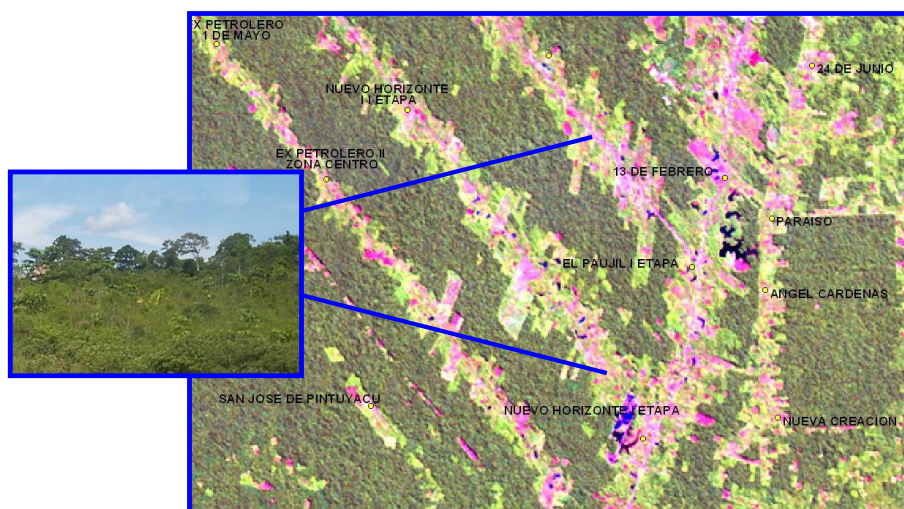
Se ubica en tierras con diferente aptitud potencial, constituyéndose como consecuencia de las prácticas agrícolas de tipo migratorio y una vez perdida la fertilidad natural de los suelos son abandonadas, produciéndose la regeneración rápida del bosque.

Las purmas comprenden a la vegetación joven de menos de 06 años de regeneración natural a diferencia del bosque secundario, cuyas especies empiezan a ser maderables y cuya composición florística varía de los bosques secundarios. A diferencia de estas, las especies que predominan son las herbáceas y los arbustos jóvenes. Agrupa y comprende a purmas de diferentes edades, cuyas formas de vida de los vegetales que la componen, así como la composición florística, varían según la edad.

Se encuentran distribuidas de manera irregular y se les encuentra generalmente al lado de las áreas que actualmente están bajo actividad antrópica. La figura N° 16 muestra a esta clase en las imágenes de satélite5 ETM 5, 4 y 3.

Zonas hidromórficas (aguajales). Este tipo de vegetación natural constituye parte del conglomerado del bosque natural, que sin embargo son muy características y aunque no fueron discriminados, forman parte del bosque primario. Se encuentran cercanas a los ríos Itaya y Nanay, y se ubican en una extensión importante dentro de la Reserva Nacional Allpahuayo – Mishana, como se aprecia en la figura N° 17.

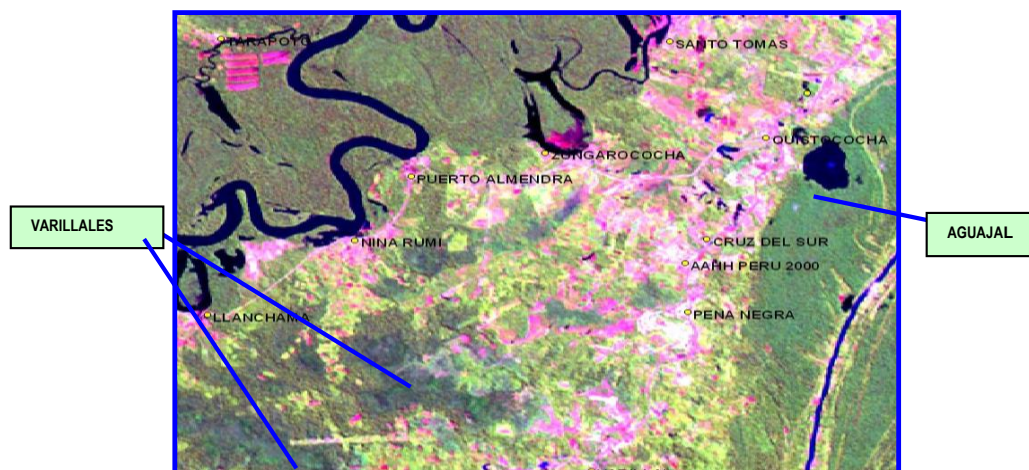
Figura N° 16. Clase purmas en la imagen de satélite.



Fuente: Imagen de satélite Landsat 5. Elaboración propia.

Los aguajales y los pantanos se desarrollan sobre terrenos de topografía plana y depresionada que se conocen como áreas hidromórficas, que presentan inundación permanente. Se alimenta de las precipitaciones pluviales y los desbordes de los ríos, permaneciendo inundada durante todo el año. El drenaje natural de estas áreas es extremadamente pobre por lo que la presencia de un subsuelo arcilloso e impenetrable impide el escurrimiento de las agua.

Figura N° 17. Clase: Pantanos, aguajales y varillales.



Fuente: Imagen de satélite Landsat 8. Elaboración propia.

Una característica importante es que las comunidades de palmeras predominan sobre otras formas de vida y están representadas por la especie de palmera conocida como aguaje (*Mauritia fleuxosa* s.p.).

Presenta un sotobosque ralo de especies de latifoliadas en contraposición con la regeneración natural de palmeras de “aguaje” que se presentan en mayor cantidad.

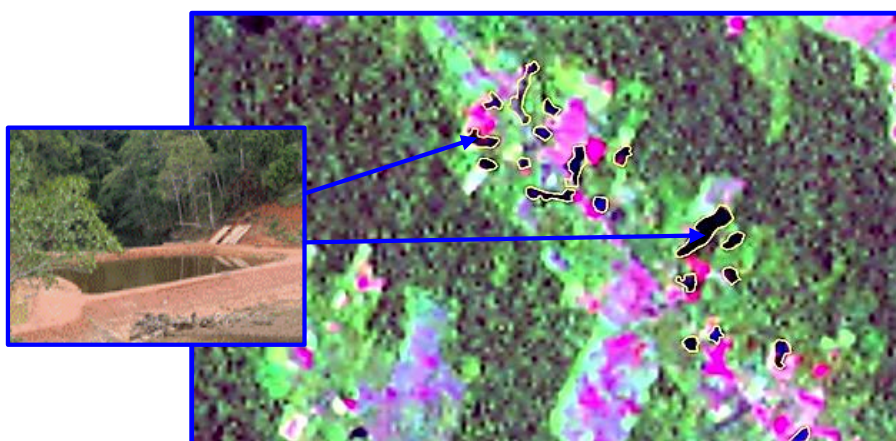
Bosque de varillales. Al igual que los aguajales, están agrupados con los bosques primarios y se encuentran en mayor abundancia en el área de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (RNAM) y los alrededores. Esta clase de vegetación se ubica en la parte norte del área de estudio, muy próxima al río Nanay, y se ubican en mayor extensión en la RNAM.

El bosque estructuralmente, presenta especies relativamente delgadas, con un sotobosque pobre, constituidas por varillales, que son delgadas y de poco follaje, asimismo, se aprecia ocasionalmente algunas palmeras de *Bactris bifida* (ñejilla), con los estratos medios y superiores más densos. Los varillales pueden llegar a 25 metros de altura y esporádicamente pueden llegar a medir 70 cm de DAP, debido a que las raíces generalmente son simples y superficiales. Este tipo de bosque presenta una fragilidad ante vientos fuertes y tormentas estacionales (vientos de Santa Rosa) que puede echarlos abajo.

E. Cuerpos de agua (ríos y cochas)

Agrupar a los ríos principales y secundarios, lagunas y cochas y brazos menores de ríos que presentan espejo de agua y está representado por el río Itaya y por las cochas más importantes y zona de piscicultura que se muestran como cuerpos de agua y se distinguen en las imágenes de satélite. Figura N° 18.

Figura N° 18. Clase cuerpos de agua (ríos, cochas y lagunas piscícola)



Fuente: Imagen de satélite Landsat 8. Elaboración propia.

4.4.2. Cálculo del uso de la tierra, años 1989, 1995, 2005 Y 2017

El uso de la tierra fue calculado a través del procesamiento de imágenes de los diferentes años, y cada una de las clases ha sido descrita previamente, para dar a conocer las diferentes formas de uso de la tierra existente y que se ha venido dando en el área de estudio. El cálculo del uso de la tierra se muestra a continuación

A. Uso de la tierra año 1989.

De acuerdo a la evaluación del uso de la tierra se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla N° 10 y la figura N° 19.

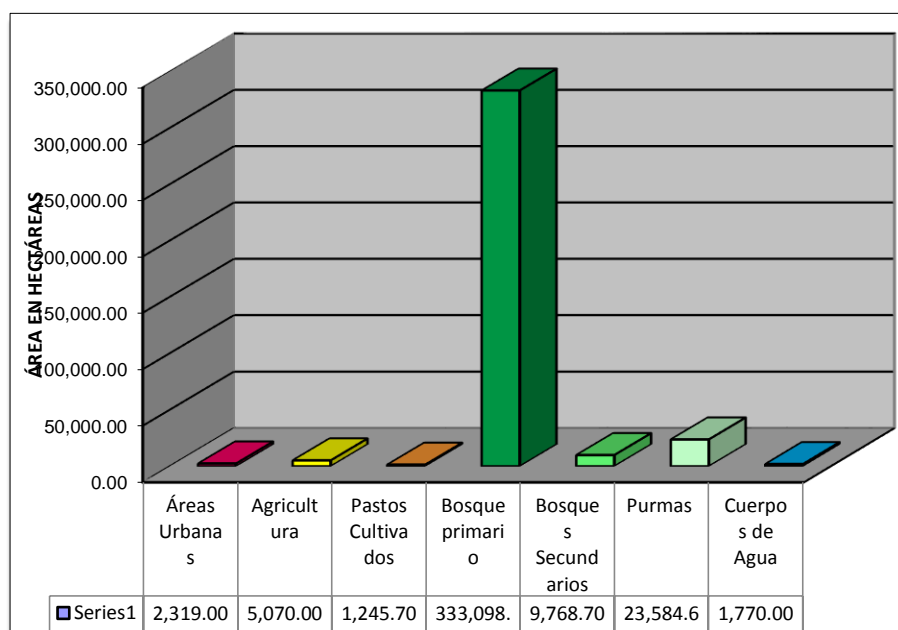
Analizando el cuadro siguiente, las áreas de mayor extensión son los bosques primarios alcanzaron un total de 333,098 ha, que representan el 88.39%, seguido por las áreas ocupadas por las purmas con un área de 23,584.6 ha (6.26%), seguido de los bosques secundarios con una extensión de 9,768.70 ha (2.59%). Las áreas agrícolas ocupaban 5070 ha (1.35), y los centros poblados ocupaban una extensión de 2319 ha (0.62%).

Tabla N° 10. Uso de la tierra en la carretera Iquitos Nauta, año 1989

.SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (ha)	%
Ar-Urb	Áreas ocupadas por centros urbanos / áreas urbanas	2,319.00	0.62
Agric	Áreas ocupadas por agricultura	5,070.00	1.35
Cult-Ext.	terrenos ocupados con cultivos agrícolas extensivos: : (yuca, maíz, arroz,, otros)		
Cult-Perm	Terrenos agrícolas con cultivos permanentes (frutales diversos, etc)		
Past-Cult	Terrenos ocupados con pastos cultivados	1,245.70	0.33
Veg-Nat	Terrenos ocupados con bosques / vegetación natural	366,451.30	97.24
	- Áreas ocupadas por bosques clímax/ monte alto	333,098.00	88.39
	- Áreas ocupadas por bosques secundarios	9,768.70	2.59
	- Áreas Ocupadas por Purmas	23,584.60	6.26
	- Áreas ocupadas por zonas hidromórficas (Aguajales) y varillales		
Rios-Lag	Cuerpos de agua (ríos y cochas)	1,770.00	0.47
	TOTAL:	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 19. Uso de la tierra en la carretera Iquitos - Nauta, año 1989



Fuente: Elaboración propia

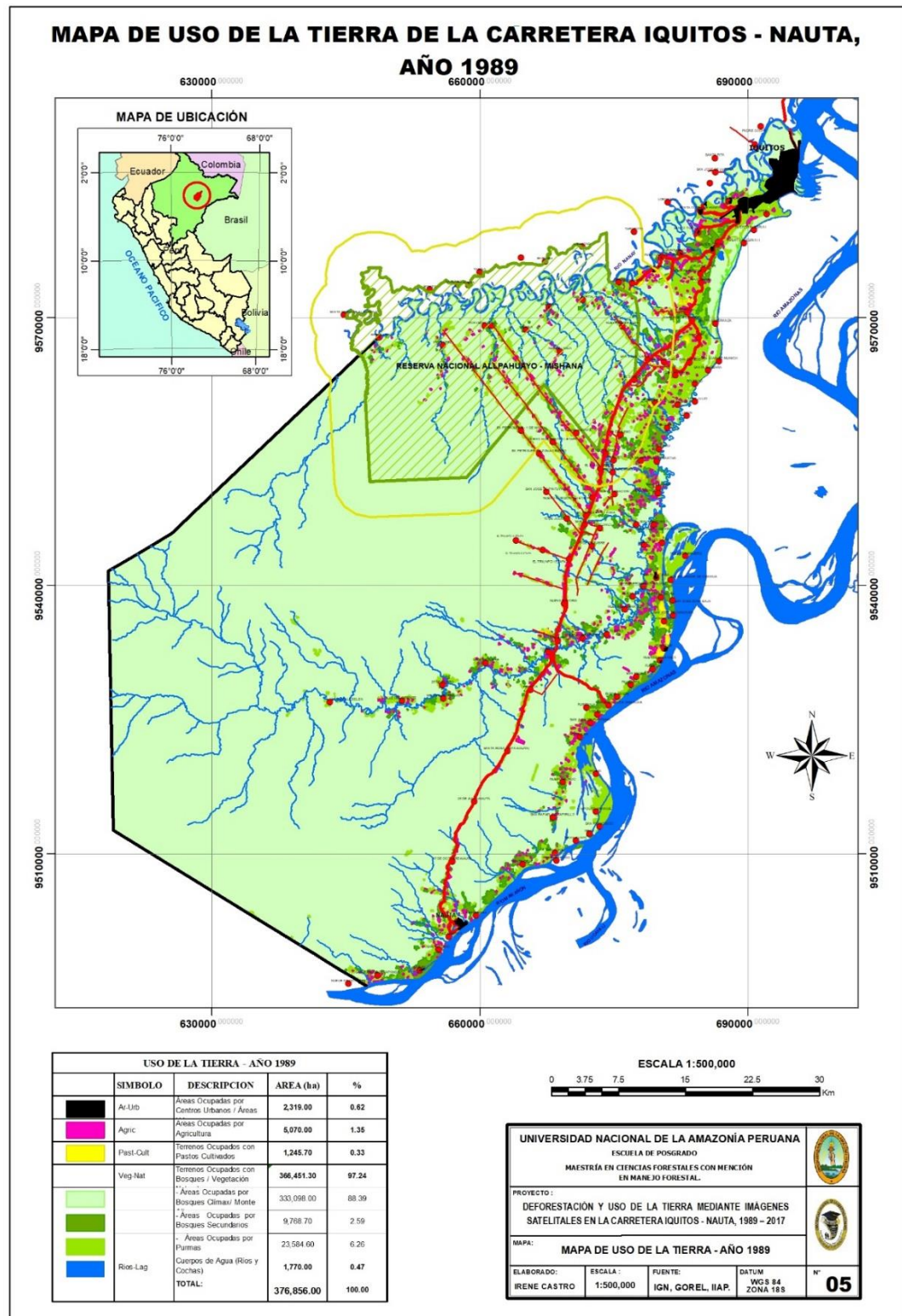
La figura N° 20 muestra el mapa resultante para el año 1989, con la distribución de las clases cartografiadas para ese año.

B. Uso de la tierra año 1995.

En el cálculo del uso de la tierra para el año 1995 que se muestra en la tabla N° 11 y figura N° 21, se puede comprobar que las áreas urbanas alcanzaron a 3 171 ha, mientras para las áreas agrícolas se extendieron a 5 756 ha, estas áreas se distribuyen a ambos lados de la carretera y se observan alrededor de Ex Petroleros, Nuevo Horizonte, Cahuide, 12 de Octubre, Santa Rosa y demás centros poblados de la carretera Iquitos – Nauta. En el grupo de cultivos se apreció cultivos como la yuca, caña de azúcar, piña cítricos, maíz amarillo duro, plátano, papaya y otros. Las áreas con pastos no son muy extensas y solo alcanza a 1056 ha que solo alcanza al 0.28%

Asimismo, los bosques primarios comprendían un área de 316 368 ha, que para el año 1995 representaba el 83.95 %, los bosques secundarios se extendía sobre 32,080 ha (8.51 %) y las purmas alcanzaba un área de 16,604 ha (4.41%).

Figura Nº 20. Mapa de uso de la tierra para el año 1989.



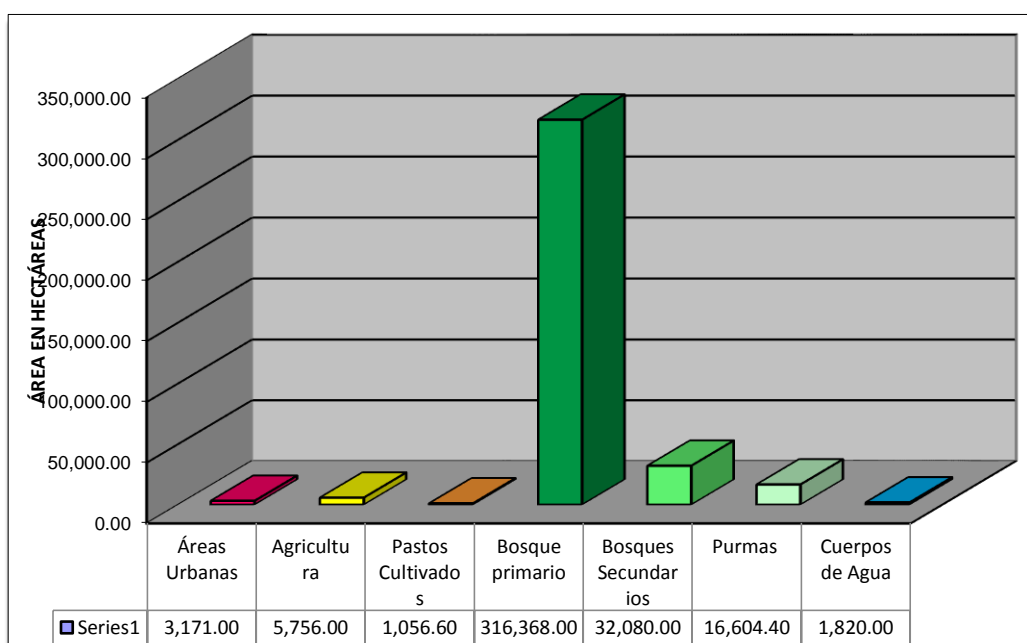
Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11. Uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, año 1995

SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (ha)	%
Ar-Urb	Áreas ocupadas por centros urbanos / áreas urbanas	3,171.00	0.84
Agric	Áreas ocupadas por agricultura	5,756.00	1.53
Cult-Ext.	Terrenos ocupados con cultivos agrícolas extensivos: (yuca, maíz, arroz,, otros)		
Cult-Perm	Terrenos agrícolas con cultivos permanentes (frutales diversos, etc)		
Past-Cult	Terrenos ocupados con pastos cultivados	1,056.60	0.28
Veg-Nat	Terrenos ocupados con bosques / vegetación natural	365,052.40	96.87
	- Áreas ocupadas por bosques clímax/ monte alto	316,368.00	83.95
	- Áreas ocupadas por bosques secundarios	32,080.00	8.51
	- Áreas ocupadas por purmas	16,604.40	4.41
	- Áreas ocupadas por zonas hidromórficas (aguajales) y varillales.		
Rios-Lag	Cuerpos de agua (ríos y cochas)	1,820.00	0.48
TOTAL:		376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

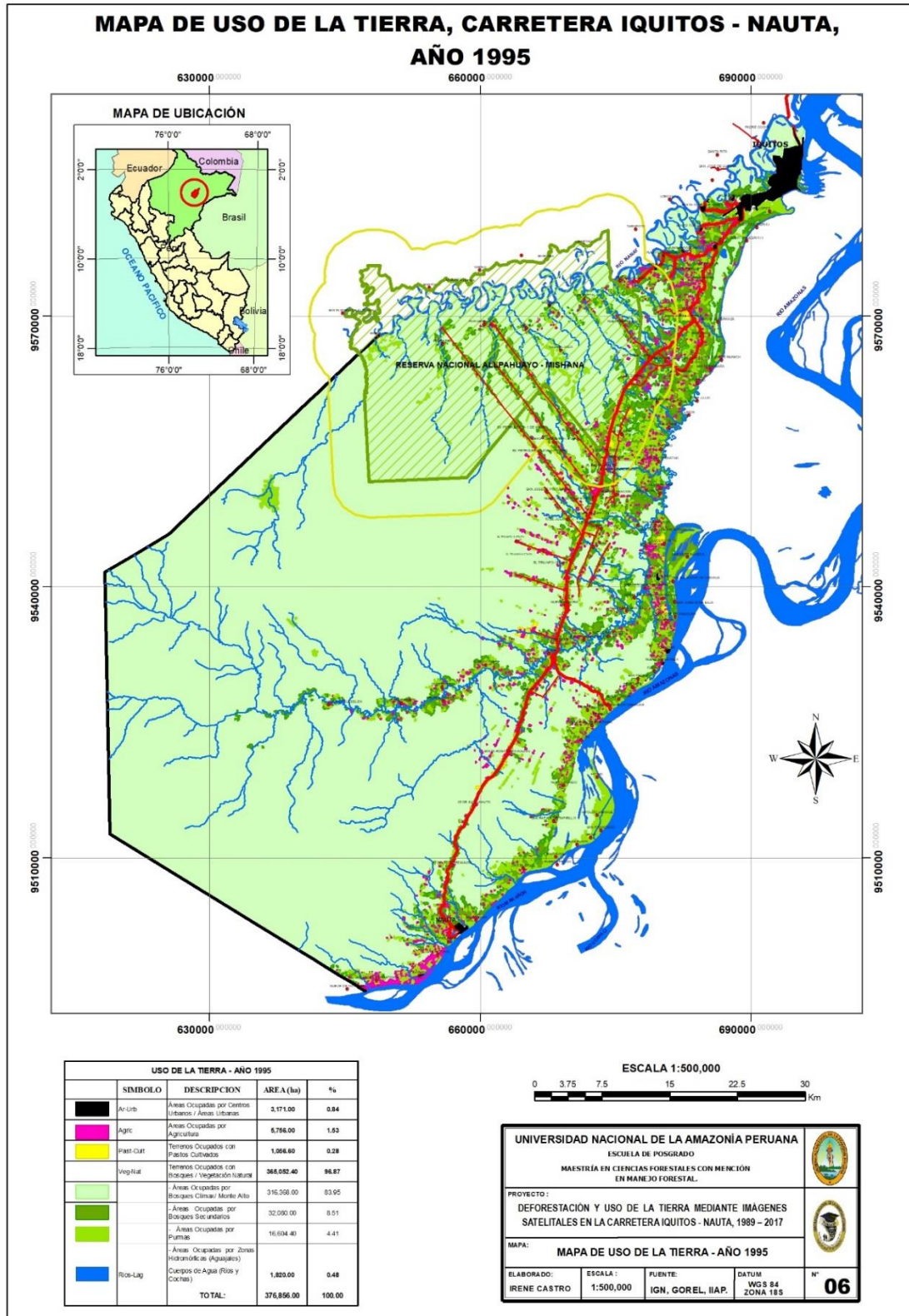
Figura N° 21. Superficie del uso de la tierra, en la carretera Iquitos - Nauta, año 1995



Fuente: Elaboración propia

La figura N° 22 muestra el mapa resultante para el año 1995, con la distribución de las clases cartografiadas para ese año.

Figura N° 22. Uso de la Tierra en la zona de estudio para el año 1995.



Fuente: Elaboración propia

C. Uso de la tierra año 2005.

La tabla N° 12 y la figura N° 23 muestran los resultados de la evaluación del uso de la tierra para el año 2005. Analizando la tabla se observa la superficie para el bosque primario que se extendía en 306 170 ha (81.24%), seguido de la superficie de áreas ocupadas por purmas, con un total de 34 795.9 ha (9.23%), los bosques secundarios alcanzaban a 23 872.6 ha (6.33%), mientras que los suelos agrícolas cubrían 4965 ha aproximadamente (1.32%). Las áreas agrícolas para ese año se extendían en pequeñas áreas en ambos lados de la carretera y en las afueras de la ciudad de Nauta en mayor densidad hasta la quebrada de Zaragoza. Las áreas de pastos no eran aun significativas ya que estas se extendían en 1352 ha (0.36%) y finalmente las áreas urbanas ocupaban el 3910 ha (1.04%).

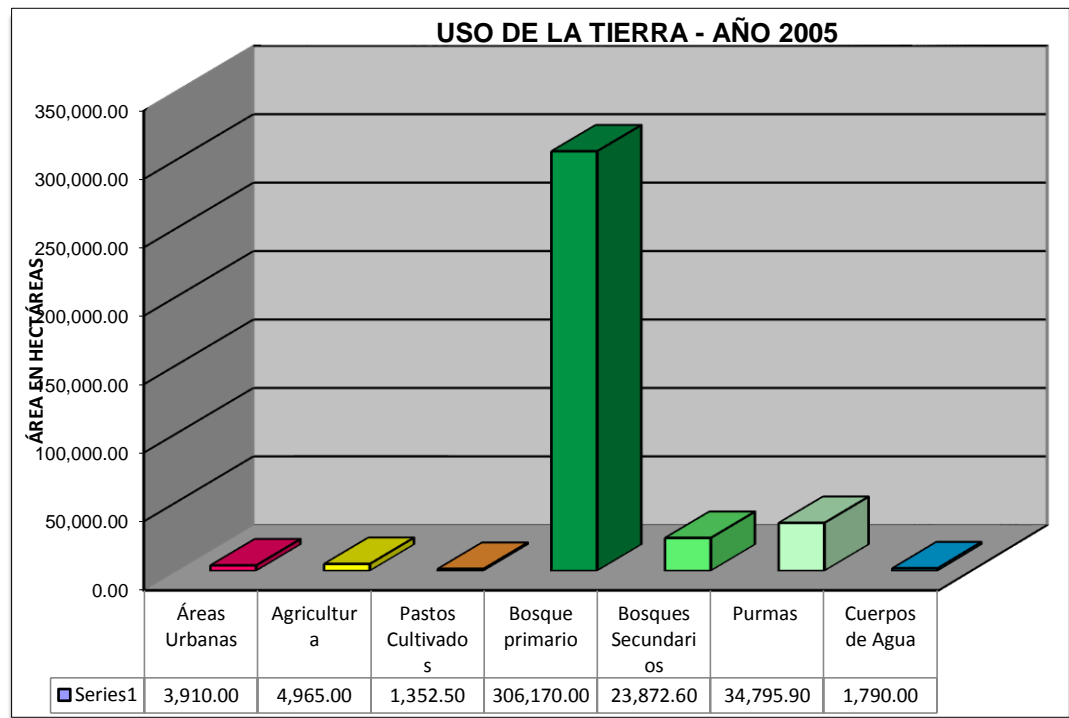
Tabla N° 12. Uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, año 2005

SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (ha)	%
Ar-Urb	Áreas ocupadas por centros urbanos / áreas urbanas	3,910.00	1.04
Agric	Áreas ocupadas por agricultura	4,965.00	1.32
Cult-Ext.	Terrenos ocupados con cultivos agrícolas extensivos: (yuca, maíz, arroz,, otros)		
Cult-Perm	Terrenos agrícolas con cultivos permanentes (frutales diversos, etc)		
Past-Cult	Terrenos ocupados con pastos cultivados	1,352.50	0.36
Veg-Nat	Terrenos ocupados con bosques / vegetación natural	364,838.50	96.81
	- Áreas ocupadas por bosques climax/ monte alto	306,170.00	81.24
	- Áreas ocupadas por bosques secundarios	23,872.60	6.33
	- Áreas ocupadas por purmas	34,795.90	9.23
	- Áreas ocupadas por zonas hidromórficas (aguajales)		
Rios-Lag	Cuerpos de agua (ríos y cochas)	1,790.00	0.47
	TOTAL:	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

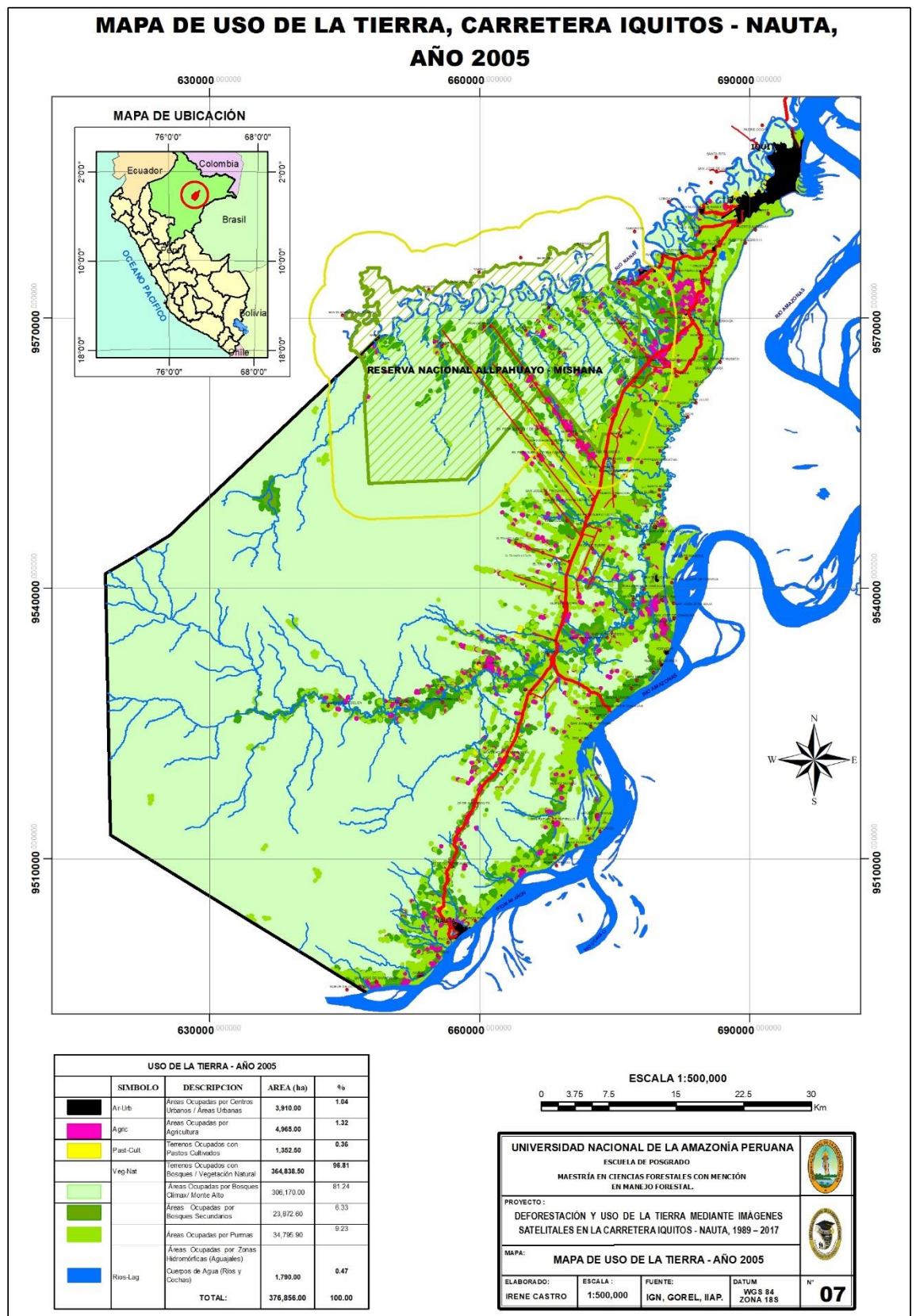
La figura N° 24, muestra el mapa obtenido en la evaluación y cálculo del uso de la tierra para el año 2005.

Figura N° 23. Uso de la tierra en la carretera Iquitos - Nauta, año 2005



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 24. Mapa de uso de la tierra para el año 2005.



Fuente: Elaboración propia

D. Uso de la tierra año 2017.

En el cálculo de áreas realizadas para el año 2017, se muestran en la tabla N° 13 y figura N° 25. Los pastos se extienden en 1659.62 ha. (0.44 %) mientras que los cultivos alcanzaron una extensión de 12,073.34 ha (3.20 %).

Tabla N° 13. Uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, año 2017

SIMBOLO	DESCRIPCION	AREA (ha)	%
Ar-Urb	Áreas ocupadas por centros urbanos / áreas urbanas	6,106.49	1.62
Agric	Áreas ocupadas por agricultura	12,073.34	3.20
Cult-Ext.	Terrenos ocupados con cultivos agrícolas extensivos: : (yuca, maíz, arroz,, otros)		
Cult-Perm	Terrenos agrícolas con cultivos permanentes (frutales diversos, palma aceitera, sachá inchi, etc)		
Past-Cult	Terrenos ocupados con pastos cultivados	1,659.62	0.44
Veg-Nat	Terrenos ocupados con bosques / vegetación natural	354,483.77	94.06
	- Áreas ocupadas por bosques clímax/ monte alto	283,142.05	75.13
	- Áreas ocupadas por bosques secundarios	33,440.86	8.87
	- Áreas ocupadas por purmas	37,900.87	10.06
	- Áreas ocupadas por zonas hidromórficas (aguajales)		
Rios-Lag	Cuerpos de agua (ríos y cochas)	2,532.77	0.67
	TOTAL:	376,856.00	100.00

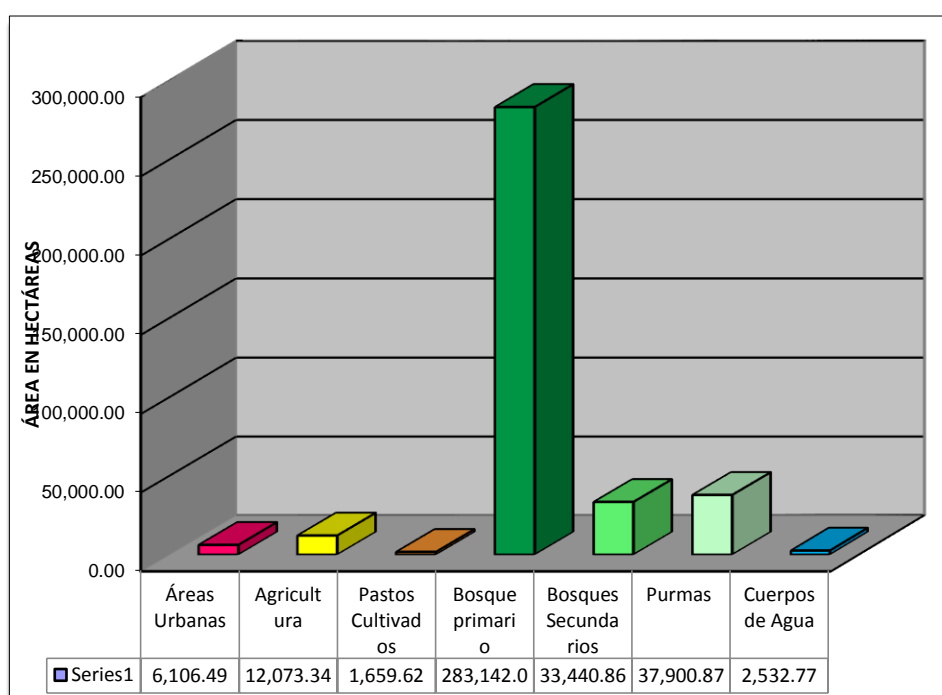
Fuente: Elaboración propia.

Las áreas agrícolas agrupa también a los cultivos permanentes, debido a que para este año ya existían en el área, las plantaciones de palma aceitera, cuya siembra se inicia en el año 2008 a través de un convenio entre MINAG –IICA y Gobierno Regional de Loreto y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Estos proyectos contribuyeron a la incorporación de 538 ha, que luego fueron abandonadas, cuando se resolvió el convenio entre el Gobierno Regional de Loreto y PNUD. Las áreas urbanas alcanzaron a 6106.49 ha (1.62%), incrementándose notablemente en comparación a otros años analizados.

Las superficie ocupadas por bosques primarios comprendían un área de 283 316 368 ha (75.13%). Mientras que las áreas ocupadas por purmas totalizaron a 37,900.87 ha (10.06) y los bosques secundarios ocuparon 33,440.86 ha (8.87%).

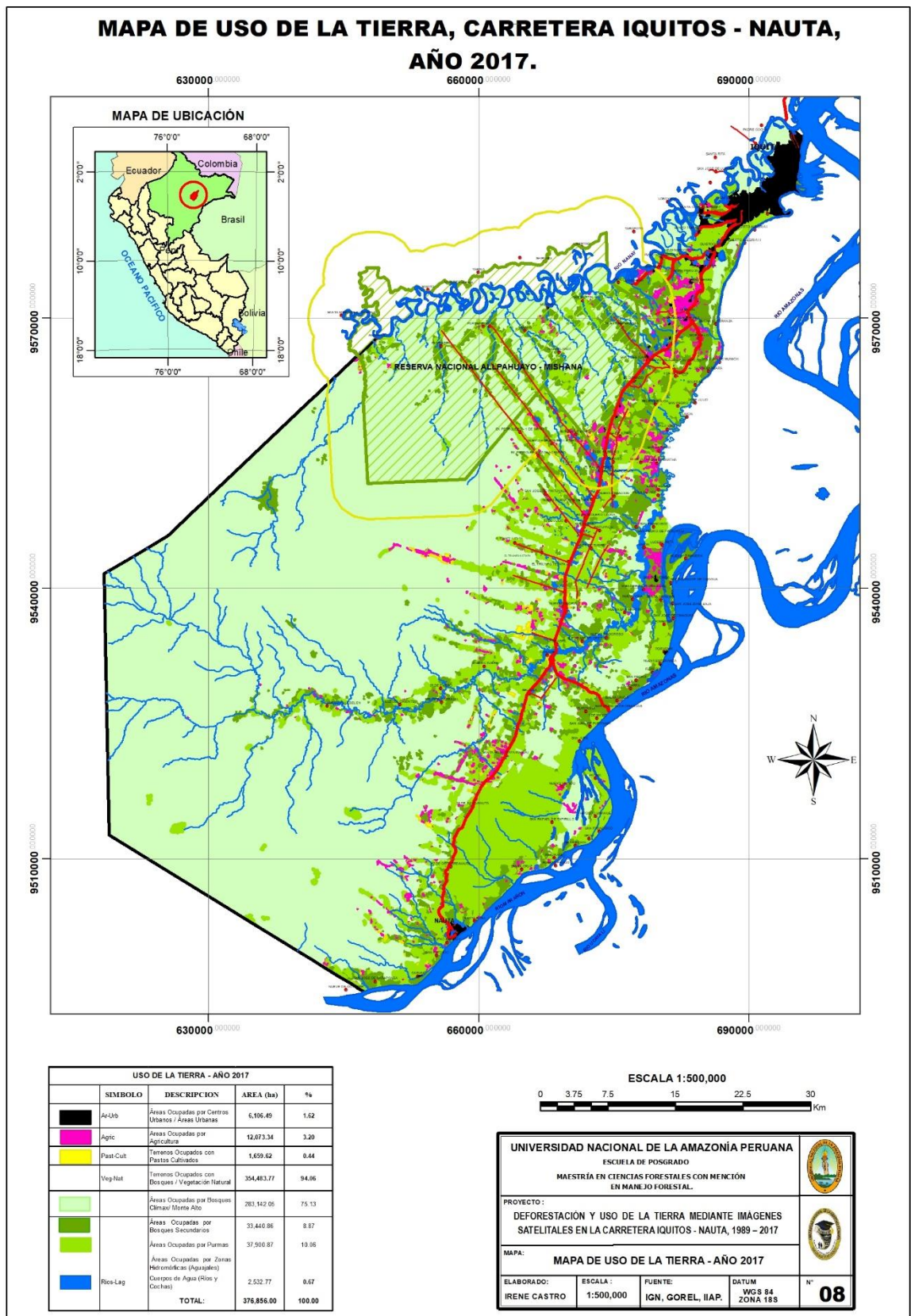
La figura N° 26, muestra el mapa obtenido en la evaluación y cálculo del uso de la tierra para el año 2017

Figura N° 25. Uso de la tierra en la carretera Iquitos - Nauta, año 2017



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 26. Uso de la tierra en la zona de estudio para el año 2017.



Fuente: Elaboración propia

4.5. Comparación de las mediciones de la deforestación y uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 – 2017.

El análisis realizado mediante la comparación de las imágenes satelitales clasificadas de los años 1989, 1995, 2005 y 2017, permitió observar el cambio del paisaje de bosque a áreas con actividades antrópicas como la agricultura, pastos para la ganadería, purmas y bosques secundarios como parte del proceso de regeneración del bosque y enriquecimiento de los suelos, a lo largo de estos veintiocho años en el área de estudio.

Para el análisis comparativo y la evolución del uso del suelo se tiene la tabla N° 14 y figura N° 27, que muestran las mediciones, las superficies y porcentajes de la deforestación y el uso del suelo en el área.

Tabla N° 14. Consolidado y análisis comparativo del uso de la tierra para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.

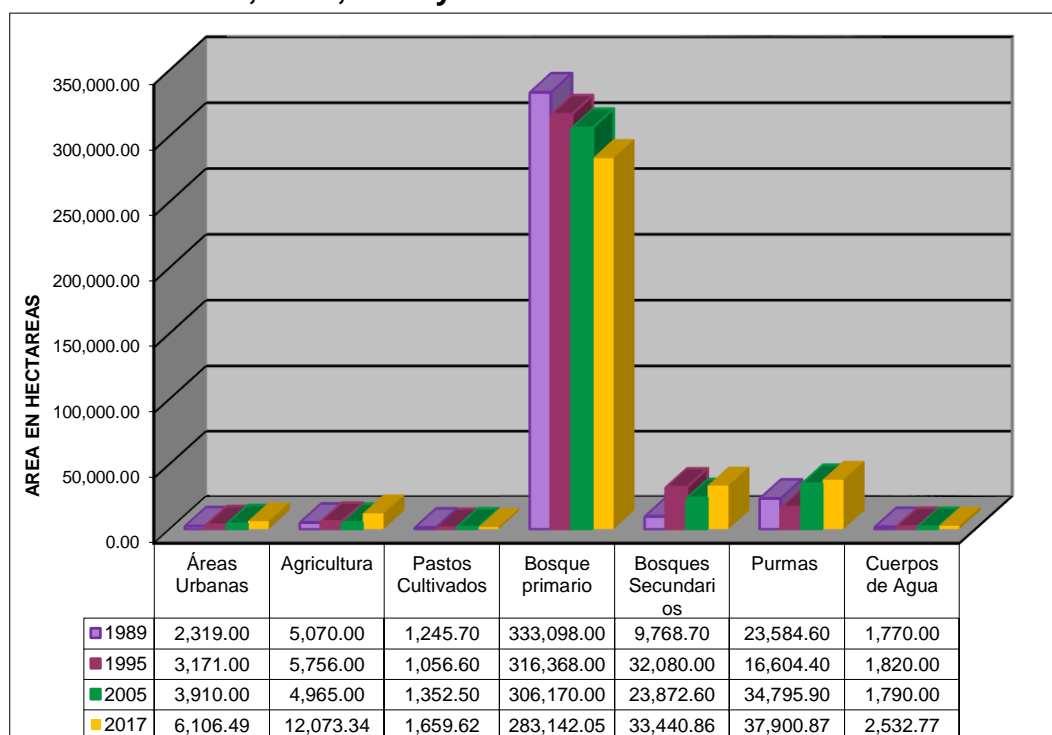
USO DEL SUELO	AÑOS							
	1989	%	1995	%	2005	%	2017	%
Áreas Ocupadas por Centros Poblados / Áreas Urbanas	2,319.00	0.62	3,171.00	0.84	3,910.00	1.04	6,106.49	1.62
Áreas Ocupadas por Agricultura	5,070.00	1.35	5,756.00	1.53	4,965.00	1.32	12,073.34	3.20
Terrenos Ocupados con Pastos Cultivados	1,245.70	0.33	1,056.60	0.28	1,352.50	0.36	1,659.62	0.44
Áreas Ocupadas por Bosques Clímax/ Monte Alto	333,098.00	88.39	316,368.00	83.95	306,170.00	81.24	283,142.05	75.13
Áreas Ocupadas por Bosques Secundarios	9,768.70	2.59	32,080.00	8.51	23,872.60	6.33	33,440.86	8.87
Áreas Ocupadas por Purmas	23,584.60	6.26	16,604.40	4.41	34,795.90	9.23	37,900.87	10.06
Cuerpos de Agua	1,770.00	0.47	1,820.00	0.48	1,790.00	0.47	2,532.77	0.67
TOTAL	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

De esta información se puede analizar lo siguiente: El total de la superficie de áreas ocupadas por centros poblados para el año 1989 fue 2,319 ha (0.62 %) mientras que en 1995 el área de centros poblados fue 3,771 ha (0.84 %), lo

que significó un ligero incremento del área ocupada por centros poblados y para el año 2005 estas áreas alcanzaron 3,910 ha (1.04 %). Las cifras obtenidas muestran que el incremento en el área ocupada por los centros poblados se dio en el periodo 1989-1995, donde se registró un mayor crecimiento urbano, debido a los importantes procesos migratorios hacia Iquitos y Nauta.

Figura Nº 27. Mediciones resultantes del uso de la tierra para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.



Fuente: Elaboración propia.

Las áreas agrícolas ocuparon una superficie de 5,070 ha (1.35%) en el año 1989, incrementándose ligeramente para el año 1995, alcanzando a 5,756 ha (1.53%), mientras que para el año 2005 estas áreas sufrieron un pequeño descenso alcanzando a 4,965 ha (1.32%), y para el año 2017 éste uso ocupó 12,073.34 ha (1.23%), habiéndose incrementado notablemente en este periodo de 12 años. Esta clase agrupa a los cultivos agrícolas extensivos y terrenos con cultivos permanentes.

En lo que se refiere a pastos, en el año 1989 estos ocuparon una superficie de 1,245.7 ha (0.33%), presentando una ligera variación en menos área para 1995 de 1056.6 ha (8.51%), este decrecimiento de área fue de 189.1 ha, lo

que significó una menor área en relación al año 1989, se produjo debido a que áreas con este uso pasaran a purmas y otros usos pasaron a descanso y fueron abandonados provocando un cambio en la cobertura vegetal a bosque secundario u otro uso.

En el año 1989 los bosques secundarios ocuparon una superficie de 9,768.7 ha (2.59%), presentando un fuerte incremento para 1995 cuyas áreas alcanzaron a 32,080 ha (8.51%), este incremento fue de 22,311.30 hectáreas, lo que significó un aumento en la vegetación secundaria en relación al año 1989, esto se produjo debido a que áreas muy importantes con purmas y otros usos pasaron a descanso y fueron abandonados provocando una transformación paulatina a bosque secundario.

Las áreas de bosque primario ocuparon en 1989 una superficie de 333,098.0 hectáreas (88.39%), mientras que en 1995 la superficie ocupada fue de 316,368 ha (83.95%), cuya diferencia fue de 16,730 hectáreas. Esto significa una disminución significativa de bosque, convertido en agricultura u otros usos. El análisis mostró que estas áreas utilizadas para cultivos, fueron posteriormente abandonadas provocando una transformación paulatina a purmas o bosque secundario.

En cuanto a las purmas, para el año 1989 las áreas ocupadas con pastos tenían una superficie de 23,584.6 ha (6.26%), mientras que para el año 1995 las purmas disminuyeron, alcanzando a 16,604 ha (4.41%). Para el año 2005 las áreas con purmas se incrementaron notablemente alcanzado a 34,795.9 ha (9.23%), este crecimiento en ha, se debió a que áreas de cultivos u otro uso del suelo fueron abandonadas y pasaron a este uso. Para el año 2017, las áreas se ocuparon 37,900.87 ha (10.06%), incrementándose en 3104.97 ha.

En lo referente a las áreas deforestadas, estas son un fiel reflejo de la tabla anterior debido a que ambos temas están relacionados, el uso de la tierra están relacionados y para el caso de la medición de la deforestación se agrupó las diversas actividades como agricultura, pastos, centros poblados, purmas y bosques secundarios en una solo, deforestación, debido a que las zonas que ocupan todas estas clases fueron bosque en algún momento.

En la tabla N° 15 se muestra claramente el avance y la evolución de la deforestación para los años analizados, donde se puede observar que la deforestación para el año 1989 fue de 41,988 ha, que representaba el 11.14% del área total: para el año 1995 este se incrementó en 58,668 ha (15.57%) incrementándose en 16,680 ha, área que cambió de bosque primario a deforestación. La deforestación registrada para el año 2005 fue de 68,896 ha y para el año 2017 alcanzó a 91,181.18 ha y el incremento del área fue de 22,285.18 ha entre los años 2005 y 2017.

Tabla N° 15. Consolidado y análisis comparativo de las áreas deforestadas para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.

DESCRIPCION	AÑOS							
	1989	%	1995	%	2005	%	2017	%
Áreas deforestadas/Intervenidas	41,988.00	11.14	58,668.00	15.57	68,896.00	18.28	91,181.18	24.20
Bosque Primario, poco Intervenido	333,098.00	88.39	316,368.00	83.95	306,170.00	81.24	283,142.05	75.13
Cuerpos de Agua	1,770.00	0.47	1,820.00	0.48	1,790.00	0.47	2,532.77	0.67
TOTAL	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00	376,856.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

4.6. Deforestación y el cambio de uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 – 2017.

Existe una relación estrecha entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra, debido a que las actividades que se han venido desarrollando en este espacio geográfico han generado la deforestación, inclusive desde la fundación de las ciudades de Iquitos y Nauta, el mismo que en un primer momento fue imperceptible y sin mayor impacto en el bosque, debido a la poca presión de la incipiente población de las dos principales ciudades. Sin

embargo, éstas se incrementaron en las últimas décadas del siglo pasado, con el crecimiento de numerosos centros poblados a lo largo de la carretera. Este incremento se dio con fuerza en el año 1995, cuando la carretera Iquitos Nauta llegaba hasta la localidad de El Varillal situado en el kilómetro 15, un segundo crecimiento se dio hasta el Otorongo en el año 1998 y un tercer crecimiento en el año 2002, con la construcción de la carretera hasta el puente Itaya. El avance de la construcción de la carretera contribuyó a la deforestación, debido q que la población asentada en el área inició su ocupación con actividades agropecuarias, cambiando el bosque primario actividades agrícolas y pastos.

La deforestación como consecuencia del cambio de uso de la tierra, viene generando el reemplazo de los ecosistemas existentes, por ecosistemas más simples como la agricultura, los pastos ocupados por ganadería y la implementación de ciertas extensiones de plantaciones como la palma aceitera y otros ⁶⁰. Cultivos que si se masifican en la carretera y su área de influencia, podría poner en riesgo ecológico esta zona donde existían ecosistemas únicos como los varillales, las zonas hidromórficas y el bosque en su conjunto.

La tabla N° 16 y la figura N° 28 muestran los cambios producidos en los usos de la tierra para los años 1989, 1995, 2005 y 2017.

Tabla N° 16. Suma algebraica de las superficies de cambio de uso de la tierra en el área de influencia de la carretera Iquitos - Nauta, años 1989, 1995, 2005 y 2017.

DESCRIPCION	AÑOS / PERIODOS											
	1989	1995	Cambio de la superficie en Ha	1995	2005	Cambio de la superficie en Ha	2005	2017	Cambio de la superficie en Ha	1989	2017	Cambio de la superficie en Ha
			Periodo 1989-1995			Periodo 1995-2005			Periodo 2005-2017			Periodo 1989-2017
Áreas Ocupadas por Centros Poblados / Áreas Urbanas	2,319.00	3,171.00	852.00	3,171.00	3,910.00	739.00	3,910.00	6,106.49	2,196.49	2,319.00	6,106.49	3,787.49
Áreas Ocupadas por Agricultura	5,070.00	5,756.00	686.00	5,756.00	4,965.00	-791.00	4,965.00	12,073.34	7,108.34	5,070.00	12,073.34	7,003.34
Terrenos Ocupados con Pastos Cultivados	1,245.70	1,056.60	-189.10	1,056.60	1,352.50	295.90	1,352.50	1,659.62	307.12	1,245.70	1,659.62	413.92
Áreas Ocupadas por Bosques Clímax/ Monte Alto	333,098.00	316,368.00	-16,730.00	316,368.00	306,170.00	-10,198.00	306,170.00	283,142.05	-23,027.95	333,098.00	283,142.05	-49,955.95
Áreas Ocupadas por Bosques Secundarios	9,768.70	32,080.00	22,311.30	32,080.00	23,872.60	-8,207.40	23,872.60	33,440.86	9,568.26	9,768.70	33,440.86	23,672.16
Áreas Ocupadas por Purmas	23,584.60	16,604.40	-6,980.20	16,604.40	34,795.90	18,191.50	34,795.90	37,900.87	3,104.97	23,584.60	37,900.87	14,316.27
Cuerpos de Agua	1,770.00	1,820.00	50	1,820.00	1,790.00	-30.00	1,790.00	2,532.77	742.77	1,770.00	2,532.77	762.77
TOTAL	376,856.00	376,856.00		376,856.00	376,856.00		376,856.00	376,856.00		376,856.00	376,856.00	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de la tabla N° 16, el cambio de uso de la tierra en los periodos registrados, muestran que el bosque primario perdió masa boscosa en el periodo 1989 - 1995, correspondiente a -16,730 ha, por tanto el bosque primario cambio de uso y pasó a otras actividades como agricultura (en limpio y permanentes), incrementándose en 686.0 ha y las áreas ocupadas por purmas disminuyeron sus áreas en -6,980.20 ha, lo que demuestra que estas áreas cambiaron de uso de purmas a bosques secundarios y áreas ocupadas por centros poblados, con un incremento de área de 852 ha, que indica que Iquitos y Nauta inician un crecimiento demográfico importante en la región Loreto.

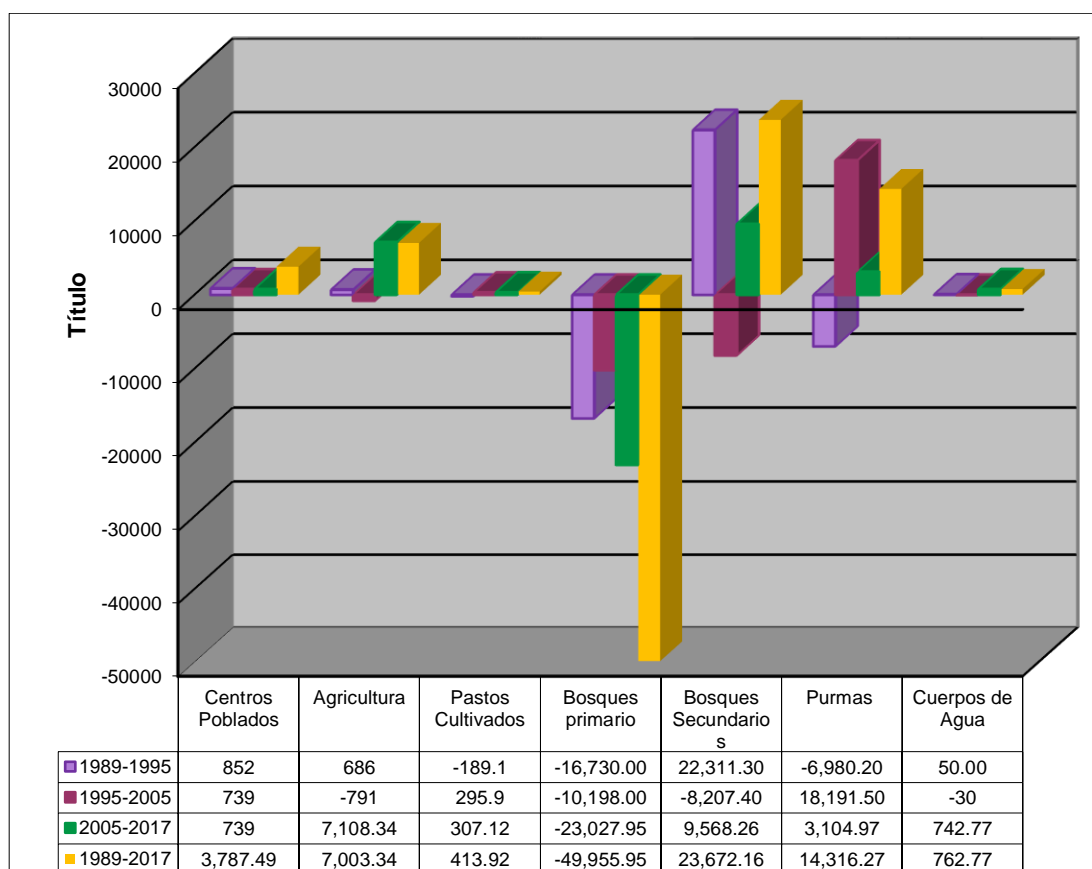
Para este periodo, el método tradicional en la implementación de los cultivos consiste en la tala/rozo/quema/siembra de cultivos, que proporcionan rendimientos aceptables durante las primeras cosecha, el mismo que va disminuyendo pues esta actividad agota los nutrientes del suelo y luego se produce el abandono de estas áreas y se busca nuevas tierras para implementar los cultivos. Asimismo, la mayoría de las chacras o parcelas realizaban actividades agrícolas que se llevaban a cabo en áreas muy pequeñas y en la mayoría de los casos no alcanzan la hectárea, lo que demostraba que se practicaba para satisfacer la demanda familiar.

En el periodo 1995 – 2005, el bosque primario perdió 10,198 ha, produciéndose un incremento de tierras en otros usos. Es importante señalar que en este periodo los bosques primarios, sufrieron un cambio de uso, pasando a actividades agrícolas, presentándose una reducción de estas áreas en 791.0 ha y que después de ser abandonados, tuvieron un cambio de uso a purmas con un incremento de 18,191.5 ha y los bosques secundarios disminuyeron en -8207.40 ha. .

Una de las características de la agricultura practicada durante este periodo, es que este tipo de uso de la tierra se desarrollaba como agricultura de subsistencia y en una sola área de terreno de cultivo, menor a 0.5 ha., donde se podía encontrar cultivos de plátano, yuca, maíz, frijol, frutales diversos, etc.

Es a partir de la apertura y acceso de la carretera a fines de los 90's e inicios del año 2000 que las áreas de cultivos se incrementan por el acceso a mercados como Iquitos y Nauta. Las áreas agrícolas también se incrementaron y se ampliaron a partir de este año, posteriormente las áreas agrícolas se distribuyen tanto en suelos aluviales como en suelos de altura. En estas áreas se puede encontrar frutales como papaya, piña, caña de azúcar, achiote y frutales nativos como la ubilla, el camu camu en el río Nanay e Itaya, ungrahui, cashu, pijuayo, pan de árbol, etc.

Figura Nº 28. Cambio de uso de la tierra, para los periodos 1989-1995, 1995- 2005 y 2005-2017



Fuente: Elaboración propia

Para el periodo 2005 - 2017, el bosque primario perdió -23,027 ha, produciéndose un incremento de tierras agrícolas en 7 108.34 ha, mientras que las tierras ocupadas por centros poblados se incrementaron en 2 196.49 ha, que correspondió a la ocupación y creación de nuevos centros poblados

en la carretera Iquitos Nauta y al crecimiento de las ciudad de Iquitos en el sector Sur (área de expansión urbana) y el crecimiento urbano de Nauta en el sector Norte Este y Sur Oeste. Durante este periodo se puede observar que las tierras que fueron ocupadas por actividades agrícolas y pastos se convirtieron en purmas incrementándose en 3104.97 ha y los bosques secundarios se incrementaron en 9568.26 ha, extendiéndose en una superficie total de 33,440.86 ha.

Las características que presenta la agricultura en este periodo, es que los cultivos se incrementaron debido a la presencia de agricultores con mayor poder adquisitivo y que podían invertir algo más en sus cultivos. Asimismo, el Gobierno Regional implementó proyectos productivos y dando créditos para la producción agrícola

Finalmente, para el periodo de 28 años, 1989 - 2017, el bosque primario perdió -49,955.95 ha, este cambio de uso se bosques a tierras agrícolas se incrementó en 7003.34 ha, pasando de ocupar 5070 ha a 12,073.34 ha.

Otro cambio de uso importante se produjo en que las tierras ocupadas por bosques secundarios tuvo un incremento de 23,672.16 ha mientras que las purmas alcanzaron a 14,316.27 ha. Sin embargo, este cambio de uso tiene menor impacto ya que se trata del bosque que se viene regenerando y aunque se trata de bosque que ya no es primario, su conversión a bosques protege el suelo de los procesos erosivos y de manera indirecta protege también a la biodiversidad. Durante este periodo inicial y final, los centros poblados tuvieron un crecimiento importante alcanzando a 3,787.49 ha, pasando de 2,319 ha a 6,106.49 ha. Otro punto importante para analizar son los espejos de cuerpos de agua, cuyo incremento denota el crecimiento de la producción piscícola, que se ha incrementado en los últimos años, especialmente en el último periodo de análisis.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Identificación y cuantificación de las áreas deforestadas en la carretera Iquitos – Nauta, años 1989 – 2017.

En las últimas décadas existe una preocupación en evaluar la deforestación de los bosques de la Amazonía andina para conocer su estado actual y la tendencia de crecimiento, como parte del proceso de planificación y ordenamiento del territorio. El desarrollo y aplicación de las tecnologías de punta como la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica vienen facilitando estos trabajos, especialmente en la nuestra Amazonia.

Las técnicas de análisis multitemporal a partir de imágenes satelitales para el seguimiento de la deforestación, ofrecen una fuente de gran utilidad para la gestión de los territorios afectados por este fenómeno. Esta información permitiría concentrar los recursos y medios necesarios para paliar o reducir los efectos negativos producidos por los procesos de deforestación en aquellas áreas más afectadas o de mayor valor ecológico⁶¹.

El uso de imágenes de satélite y fotografías aéreas son métodos de evaluación más precisos, a nivel local y han sido aplicados en muchos casos, como estudios realizados en el Valle del Perené y el Alto Mayo, en ambos casos el instrumento de la deforestación fue la carretera; pero, en el primero, la mayor parte de la deforestación se hizo en tierras con fuertes pendientes⁶².

En décadas pasadas antes de la aparición del primer satélite de la series Landsat era muy dificultosa realizar la cuantificación de la deforestación y el uso de la tierra y si se hacía era con fotografías aéreas que era muy caro por las ingentes cantidades que cubrían en determinado territorio, las imágenes satelitales de mediana y alta resolución permiten la realización de su cuantificación de manera adecuada, menos costosa y de manera más efectiva.

Identificar, cuantificar y estimar la deforestación en la carretera Iquitos Nauta es un trabajo que conlleva a conocer el bosque y su estado en dos o más momentos y en la presente investigación se evaluó el bosque en 4 años diferentes. El trabajo se llevó a cabo utilizando la Teledetección y los sistemas

de información geográfica, que ayudaron a evaluar el área de estudio. El análisis fue analizado para los siguientes años; 1989, 1995, 2005 y 2017, realizándose la evaluación para un total de 28 años, tomando como año inicial a 1989 y año final al año 2017.

A nivel del área de estudio, la presente investigación encontró una superficie deforestada acumulada al año 1989 de 41 988.00 ha, que representa el 11,14% de la superficie total del área de estudio, mientras que para el año 1995 la deforestación alcanzó a 58 668 ha, es decir un 15.57% del área total, incrementándose en 16 680 ha. La deforestación cuantificada para el año 2005 fue de 68 896 ha, con un 18,28 % del área total, incrementándose en 10 228 ha en relación al año 1995. Para el año 2017, la deforestación presentó un total de 91,181.18 ha, lo que demuestra que en estos últimos 12 años las áreas deforestadas se incrementaron en 22 285.18 ha.

Las imágenes satelitales son excelentes herramientas para la cuantificación y el análisis de la deforestación en la Amazonía, especialmente en la Amazonia de nuestro país, como lo viene demostrando los trabajos que ha realizado el Ministerio del Ambiente, el Ministerio de Agricultura y otras instituciones, a nivel nacional, así como la Academia a través de sus trabajos de investigación.

5.2. Deforestación y cálculo de la tasa de deforestación entre los años 1989-1995-2005 y 2017.

El cálculo de áreas deforestadas se realiza comúnmente con imágenes de mediana y alta resolución espacial, con el objetivo de calcular la tasa de deforestación anual con imágenes satelitales. Son varios los autores que utilizan diferentes fórmulas para calcular la tasa anual de cambio de la cubierta forestal o su opuesto, la tasa anual de deforestación y usan términos diferentes para describirla y esto genera confusión. Una de ellas es la propuesta por FAO que. La deforestación es un proceso no homogéneo y es interesante centrarse en el área más afectada por razones socio-económicas o legales. La pérdida de bosque puede medirse utilizando imágenes satelitales y análisis espaciales. La tasa de cambio anual se calcula comparando el área de bosque y con cubierta forestal, en dos momentos diferentes⁶³.

El proceso de deforestación está necesariamente vinculado a una serie de factores o causales que muchas veces no es posible analizar en forma aislada, en realidad existen una serie de factores recurrentes, que dependiendo de las características ecológicas y socio-económicas de cada país, pueden tener mayor o menor influencia en la tala de bosques en la región tropical, donde normalmente se presentan las tasas más altas de deforestación o eliminación de la cubierta forestal. Desde hace mucho tiempo atrás se ha tratado de desarrollar modelos que puedan predecir o explicar las causas inmediatas de la deforestación o hacer estimaciones sobre las tendencias en el futuro inmediato, lo cual generalmente se enfrenta al problema de situaciones coyunturales o imprevistas que modifican sustancialmente los resultados previstos⁶⁴.

La evaluación de la deforestación para calcular la tasa de deforestación correspondiente fue de 28 años, en este tiempo se han producido cambios en la cobertura vegetal, con una total de 49 193.18 ha y una tasa anual de deforestación de 1756.89 ha/año. La definición y selección de los años analizados dependió mucho de la disponibilidad de imágenes actuales e históricas disponibles para el área de estudio. Otro análisis realizado, fue el desarrollado también por periodos, el primero de 6 años, entre 1989 a 1995, periodo en el cual la deforestación fue mucho mayor que los otros periodos analizados, obteniéndose una tasa anual de 2 780 ha/año. Los resultados para el periodo 1995 al 2005, fue de 1022.8 ha/año, siendo este periodo de 10 años el que menor área de deforestación se cuantificó. En términos generales, la deforestación en el área de estudio es creciente, con un crecimiento moderado, sin embargo el impacto que puede tener este proceso, puede contribuir a la degradación y empobrecimiento del bosque.

5.3 Actividades antrópicas que han generado la deforestación en la carretera Iquitos Nauta, entre los años 1989 – 2017.

En la Amazonía, las principales actividades económicas son, a la vez, los principales drivers o manejadores de deforestación. En estas actividades se tiene a la agricultura y la ganadería donde se incluye la pequeña agricultura, con cultivos de subsistencia de corto periodo vegetativo, ganadería a

diferentes escalas, principalmente ganado vacuno; además de actividades ilícitas y/o informales que incluyen principalmente el cultivo de la coca, la minería aurífera aluvial ilegal además de la tala forestal ilegal y; los grandes proyectos de inversión, proyectos de infraestructura vial (carreteras); infraestructura de producción y transporte de energía hidroeléctrica (centrales y líneas de transmisión de energía); y las industrias extractivas, así como accesos a las áreas de producción contribuyen además, de forma directa o indirecta, a la deforestación⁶⁵.

En la Amazonia peruana, las principales causas de la deforestación son la agricultura de menor escala, la minería comercial y la construcción de vías. Asimismo, de todas las actividades económicas que se realizan, la que más impacto tiene en la Amazonia es la agropecuaria; toda la deforestación producida en el pasado remoto o reciente es atribuible directa y exclusivamente a la agricultura y a la ganadería⁶⁶.

La pobreza extrema y la falta de recursos alternativos para sobrevivir o agenciarse de un ingreso mínimo, es de hecho un factor muy determinante en el cambio del uso del bosque o la tierra forestal a la producción agrícola que de hecho es mucho más inmediatista en los resultados, aunque muchas veces con resultados económicos negativos aún en las primeras fases de su establecimiento. La principal preocupación de los estratos sociales menos favorecidos, es el de agenciarse el mínimo de recursos para alimentarse y satisfacer otras necesidades primarias y esto es lo que motiva a una ocupación inmediata y masiva de las tierras forestales, que además no tienen un “dueño” conocido o con suficiente autoridad reconocida frente a los otros sectores de la administración pública⁶⁷.

En el área de interés, las principales actividades económicas que se han identificado y contribuyen a la deforestación son: la agricultura a pequeña escala y de sostenimiento y autoconsumo, que comprende la producción de cultivos como la yuca, el plátano, maíz, arroz, y algunas hortalizas y frutales como la cocona, caña de azúcar, marañón, pijuayo, mani, frijo, aji dulce entre otros. Estos cultivos se realizan en pequeñas extensiones y con métodos tradicionales como la tumba, roza y quema. Está orientada principalmente a

los mercados locales, y de autoconsumo y se caracteriza por ser de pequeña escala y de nivel de subsistencia. Sin embargo, en los sectores de Paujil, Nuevo Horizonte y Ex – Petroleros, el tamaño de la parcelas fluctúan entre las 30 y 40 ha, sin embargo, solo se cultiva un promedio de 2.5 ha por familia. Las actividades agropecuarias se realizan en tierras con aptitud forestal, y en tierras de protección, con rotación de cultivos. Sin embargo, por las características del área, la agricultura en zonas aluviales se realiza con especies de corto periodo vegetativo.

Otras actividades identificadas son; la construcción de la Carretera Iquitos Nauta, que devino en la aceleración de los de los procesos de deforestación ocurrido desde el año 1998, cuando ya se encontraba asfaltado el tramo Iquitos - puente Itaya y por el lado de Nauta, la carretera venia construyéndose desde Nauta al puente Itaya con la finalidad de concluir la carretera. En los años siguientes se realizó todo un proceso de pedir la titulación de predios o la solicitud del certificado de posesión de parte de la población, con la finalidad de tener una parcela en el eje carretero para la realización de actividades económicas. Otras actividades que han contribuido a la deforestación son; proyectos productivos impulsados por el Gobierno Regional como el de Palma Aceitera que finalmente fue abandonado por incumplimiento de metas.

5.4. Cálculo del uso de la tierra a través de imágenes satelitales.

En la elaboración del Mapa de deforestación de la Amazonía Peruana del año 2000, se trabajó con 45 imágenes del satélite Landsat TM y ETM+, de este grupo, fueron 11 imágenes de satélite correspondientes al año 1999, 14 imágenes de satélite correspondientes al año 2000, 16 imágenes de satélite correspondientes al año 2001, de estas, 3 imágenes de satélite correspondientes al año 2002 y 1 imagen de satélite correspondiente al año 2003. Uno de los objetivos de este estudio fue determinar la superficie deforestada de la Amazonía peruana al año 2000, en clases de uso de la tierra: agricultura, pastizales, bosque secundario, mixturas de cultivos agrícolas, bosque secundario y áreas sin vegetación. Para ello se utilizó la interpretación visual en pantalla de imágenes del satélite Landsat y validación en cuatro zonas; con los resultados obtenidos se proporcionó información para el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) como resultado del cambio del uso de la tierra en la cuenca Amazónica⁶⁸.

Se han realizado muchos estudios que han identificado los impulsores (drivers) de la deforestación en los bosques tropicales y en la mayoría de los casos se han reconocido diferencias en el nivel de amenaza. Sin embargo, solo unos pocos también han analizado las dinámicas temporales y espaciales mediante las cuales actúan esos impulsores, lo cual es crítico para evaluar la conservación de la biodiversidad, así como para la planificación del paisaje. Se analizó el cambio de la cubierta terrestre entre el año 2000 y 2009 en el noroeste de la Amazonía colombiana para identificar las interacciones entre el uso del fuego, la agricultura, cultivos ilícitos y el establecimiento de pastos, y sus impactos en la pérdida de bosques en la región. Se llevaron a cabo análisis anuales en áreas muestras, seleccionadas al azar para cuantificar las áreas promedio de transición de los tipos de cobertura vegetal bajo diferentes composiciones de paisajes⁶⁹.

En estudios realizados en Brasil, el uso de imágenes se ve favorecido por el conocimiento razonable que los usuarios tienen sobre la teledetección y por las múltiples aplicaciones que estas imágenes han tenido en todo el territorio nacional. Los sistemas de sensores orbitales cubren todo el territorio brasileño de manera continua y repetitiva. La investigación adoptó un enfoque para clasificar el uso del suelo y la cobertura del suelo en función a las imágenes de teledetección, como elemento principal del trabajo. Las imágenes de teledetección no registran directamente las actividades de uso, la imagen es una respuesta basada en muchas características de la superficie del terreno, incluidas las cubiertas naturales y artificiales. De esta manera, las categorías se definieron utilizando la cobertura de la tierra como indicador principal, además de las referencias habituales del intérprete, la ubicación geográfica y otras características que se muestran en las imágenes⁷⁰.

Las clases de uso de la tierra identificadas en el área de la investigación, se realizó utilizándose las imágenes de satélite Landsat 4 con sus sensores TM, Landsat 5 con el sensor +ETM y Landsat 8 con el sensor OLI, los mismos que permitieron cartografiar y calcular las clases de uso de la tierra, discriminados en el área de estudio. Se identificaron 7 clases de uso de la tierra realizándose previamente la leyenda del uso de la tierra de acuerdo al conocimiento del área de estudio, para los periodos evaluados, identificándose el uso de la

tierra existente, reforzado con trabajo de campo. Se elaboraron 04 mapas de uso de la tierra para las fechas de 1989, 1995, 2005 y 2017, utilizando como cartografía base la elaborada por el Instituto Geográfico Nacional, y la escala de trabajo fue a escala 1: 50,000. Las clases de uso de tierra cartografiadas fueron: áreas agrícolas, pastos, áreas urbanas, bosque primario, bosque secundario, purmas y cuerpos de agua. La tabla N° 14 muestran las clases de uso identificadas, y el análisis comparativo a lo largo de los años medidos.

5.5. Mediciones de la deforestación y el cambio de uso de la tierra, entre los años 1989 – 2017.

En el departamento de Piura se evaluaron y se hicieron mediciones de la cobertura y el uso de la tierra en el bosque seco, utilizándose métodos como los inventarios forestales, basados en el uso e interpretación analógica de fotografías aéreas e imágenes de satélite. Las imágenes del satélite Landsat 5 permitieron evaluar la dinámica espacio temporal de los bosques secos, y cuantificar los retrocesos y mejoras de los mismos. En las mediciones realizadas se obtuvo que el 38% del área del bosque seco permanece sin variación, mientras que 13% ha mejorado su condición y el otro 23% tiende a la reducción de su cobertura⁷¹.

En el distrito de Llanacora se realizó el análisis de cambio por cobertura y uso de la tierra para el periodo 2001 - 2016, es decir de una cobertura inicial a una actual entre cada periodo, evaluándose las áreas en las que hubo cambio. Este análisis dio como resultado cambios en la cobertura en el periodo señalado. Se determinó que los principales cambios de cobertura fueron; la categoría Afloramiento rocoso que fue reemplazada por: cultivos transitorios con una área de 18.27 ha, la clase herbazal con una área de 1.62 ha y Pastos, con un área de 6.91 (ha). La categoría bosques plantados fue reemplazada por: arbustal, con una área de 15.04 ha, mientras que los cultivos transitorios alcanzaron un área de 1.67 ha. Por lo tanto la categoría bosques plantados tuvo una pérdida total de 16.71 ha⁷².

A partir de las mediciones realizadas de cambio de uso para el área de estudio, se obtuvieron las áreas para cada uno de las 7 clases y su evolución para los años analizados, donde las áreas agrícolas ocuparon una superficie

de 5,070 ha en el año 1989, presentando un incremento ligero para el año 1995, con un total de 5756 ha. Para el año 2005 estas áreas descendieron, alcanzando a 4,965 ha, y para el año 2017 éste uso ocupó 12,073.34 ha, habiéndose incrementado notablemente en este periodo de 12 años. Esta clase agrupa a los cultivos agrícolas extensivos y terrenos con cultivos permanentes. Asimismo, se evaluó y cuantificó cada uno de los usos de la tierra y las áreas de bosque primario, que para el año 1989 alcanzó un área de 333,098 ha, en 1995 la superficie correspondiente fue de 316,368 ha, presentando una pérdida del bosque correspondiente a 16,730 ha, y representa una disminución significativa de bosque, convertido en agricultura u otros usos. El análisis realizado, mostró que estas áreas utilizadas para cultivos, fueron posteriormente abandonadas provocando una transformación paulatina a purmas o bosque secundario.

CAPITULO VI: PROPUESTA

La investigación presenta un procedimiento metodológico que contribuye a la evaluación y el análisis de la deforestación y el cambio de uso de la tierra mediante el uso de imágenes satelitales, utilizando la teledetección y los sistemas de información geográfica para evaluar áreas como la carretera Iquitos Nauta. Los resultados obtenidos presentan información que puede ser considerada en la toma de decisiones y al ordenamiento territorial de zonas importantes como lo es el área de estudio.

El procedimiento utilizado permite calcular la deforestación para cada uno de los años evaluados, así como detalla las características del uso del suelo y el impacto de las actividades antrópicas en el área de estudio. Por ello la investigación contribuye como procedimiento para determinar la cuantificación del uso de la tierra, el cambio de uso y su impacto en la deforestación, en territorios con características similares como la del área de estudio.

La Academia debe involucrarse en este tipo de estudios y metodologías, la Facultad de Ingeniería Forestal cuenta con los laboratorios y el personal docentes especializado para realizar trabajos en la región Loreto, conjuntamente con instituciones de investigación como el IIAP y el involucramiento del GORE como brazo político y tomador de decisiones.

En el contexto de participación de la población se propone que los niveles de gobierno tanto el Gobierno Regional y locales, contribuyan y trabajen en el involucramiento de los agricultores, productores y usuarios de los recursos que se extraen y manejan en el área de estudio, con la finalidad de un manejo y producción más sostenible.

Se cuenta con información satelital de diferentes sensores, actuales e históricas, con diferentes niveles de resolución que se encuentran gratis y disponibles en distintas plataformas y servidores, este insumo es valioso y puede ser punto de partida para la implementación y el desarrollo de proyectos de investigación en cualquier institución pública o privada, esto unido al conocimiento existente en la región puede llegar a constituirse en una poderosa herramienta de desarrollo para la región Loreto.

Se propone involucrar a la Dirección Regional de Agricultura y Energía y Minas para formalizar la explotación de arena blanca cuarzosa debido a que más del 80% de las canteras no cuentan con los permisos oficiales y vienen generando un impacto en el ecosistema de varillales.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES

1. El área de estudio tiene una superficie de 376 856 ha, que representa el 1.02% del territorio departamental, es un área representativa de la Amazonia andina que se encuentra enclavada en una zona con características y condiciones biodiversas, lo que justificó la creación de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, como una manera de conservar esta biodiversidad biológica y el patrimonio natural existente. En términos de superficie geográfica no es representativa, sin embargo, ahí se asientan 459 618 habitantes, que representa el 52.02% de la población total departamental y el 1.42 % de la población nacional.
2. De acuerdo a la cuantificación de la deforestación, ésta dio como resultado que la deforestación acumulada para el año 1989 fue de 41 988 ha (11.14%), mientras que para el año 1995 fue de 58 668 ha (15.57) y para el año 2005 alcanzó a 68 896 ha (18.28%). En el año 2017 la deforestación fue de 91 181.18 ha (24.20%). En términos generales, la pérdida del bosque por efectos de la deforestación hasta el año 2017, con un área de 91 181.18, representó el 0.247% del área departamental.
3. La superficie deforestada en el periodo de 1989 al 2017, fue de 49 193.18 ha, siendo la tasa de deforestación anual de 1756.89 ha/año. La mayor tasa de deforestación se produjo en el periodo 1989 – 1995 donde la deforestación anual fue de 2780 ha/año, seguido por el periodo 2005 – 2017 donde la tasa de deforestación fue de 1857 ha/año y la menor tasa de deforestación se dio en el periodo 1995 – 2005 donde tuvo una tasa anual de 1022.8 ha/año.
4. Las actividades antrópicas que han tenido gran impacto y han contribuido a la deforestación son: la actividad agrícola y pecuaria que de haberse iniciado como una actividad de subsistencia, se ha empezado a mecanizar para la obtención de una mayor “productividad”.. La actividad se caracterizó por un sistema de tumba/rozo quema y siembra con rotación de cultivos, sin embargo en los últimos años, proyectos productivos emprendidos para el Gobierno Regional propusieron plantaciones de palma aceitera y sacha Inchi, con poco

éxito. Otra de las actividades son el crecimiento urbano, la construcción de la carretera Iquitos – Nauta y la explotación de canteras de arena blanca que han colocado en riesgo los bosques de varillales, ecosistemas frágiles que se debe conservar.

5. Se han identificado siete clases de uso de la tierra: áreas agrícolas, pastos, purmas, bosques secundarios, bosque primario, áreas urbanas y cuerpos de agua. Estos usos de la tierra fueron evolucionando a través de los 28 años. En cuanto al cambio de uso de la tierra en los periodos registrados, muestran que el bosque primario perdió masa boscosa en el periodo 1989-1995, correspondiente a -16,730 ha y en el periodo 1995 – 2005, el bosque primario perdió -10,198 ha, produciéndose un incremento de tierras en otros usos, mientras que en el periodo 2005-2017 los bosques primarios, sufrieron un reducción 23027.95 ha, de las áreas, que fueron orientados a actividades agrícolas y que después de ser abandonados, tuvieron un cambio de uso a purmas y bosques secundarios.
6. En cuanto a la deforestación y el cambio de uso de la tierra en el área de estudio, existe una estrecha relación entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra, debido a que este último es el que genera la deforestación. Cuando se produce el cambio de uso de la tierra, las áreas boscosas son ocupados por diversas actividades y diversos usos en una primera instancia con cultivos agrícolas de tipo en limpio y permanentes o perennes, como resultado de las actividades antrópicas desarrolladas en la zona.
7. En el cambio de uso de la tierra para el periodo 1989 - 2017, el bosque primario perdió -49,955.95 ha, mientras que las áreas agrícolas se extendieron en 7,003.34 ha., asimismo los bosques secundarios se incrementaron 23,672.16 ha y las purmas ocuparon 14,316.27 ha. También los cuerpos de agua tuvieron un crecimiento de 762.77 ha, incrementándose de 1,770.00 ha a 2,532.77, que denota el crecimiento de la producción piscícola. Otro cambio de uso producido, es la conversión de tierras boscosas por áreas urbanas que se incrementaron

en 3787.49, que aunque parece no representar grandes extensiones como otros cambios de uso, como las purmas o bosques secundarios, sin embargo, estas áreas concentran a la población asentada en el área de estudio y cuya presión por aprovechar los recursos del entorno inmediato vienen poniendo en peligro a los ecosistemas frágiles existentes en el área de estudio debido a que las ciudades y centros poblados requieren de recursos como alimentos (agricultura, pesca, frutos y otros) además de agua y energía que son recursos que no se genera en las mismas poblaciones pero si en el entorno inmediato, como lo es la carretera Iquitos Nauta.

8. La deforestación que se produce en la carretera Iquitos – Nauta como consecuencia del cambio de uso de la tierra, viene generando el reemplazo de los ecosistemas existentes, por ecosistemas más simples como la agricultura, los pastos ocupados por ganadería y la implementación de ciertas extensiones de plantaciones como la palma aceitera, el sachá inchi y otros cultivos, que ponen en riesgo a ecosistemas únicos como los varillales, las zonas hidromórficas y pantanosas, el bosque y la biodiversidad en su conjunto.

CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

1. La evaluación de la deforestación y el cambio de uso de la tierra debe realizarse, utilizándose las imágenes satelitales de la serie Landsat, con sus sensor OLI, que mediante métodos de fusión y utilizándose la banda PAN, puede obtenerse imágenes de mejor resolución espacial y espectral para la realización de evaluaciones del uso de la tierra en la Amazonia peruana, en especial de Loreto. Asimismo se debe usar las imágenes Sentinel 2 o 3 de la Agencia Espacial Europea (ESA) y CBERS de Brasil, que se encuentra disponible de manera gratuita, en los diferentes servidores libres.
2. Realizar estudios similares en otras zonas del departamento de Loreto, que debido a su gran extensión, no se encuentra aún evaluado con estudios y conocimientos sobre los diferentes usos de la tierra y que puede realizarse con poco costo, debido a la gratuidad del material satelital.
3. Replicar este tipo de estudios en otros lugares de la Amazonia peruana, que presenten características similares a la carretera Iquitos – Nauta.
4. Para escalas de mayor detalle, a nivel micro debe utilizarse imágenes de satélite de muy alta resolución, como las imágenes WoldView2 o 3, u otro que ofrezcan mayor resolución espacial y evaluar de esa manera al detalle, dependiendo de los objetivos del trabajo.
5. Se dispone de imágenes libres de diferentes servidores en el mundo, que cuentan con imágenes satelitales actuales, así como de imágenes históricas, que pueden contribuir a la evaluación de la deforestación y el uso de la tierra, a través de estudios mutitemporales.
6. Se recomienda realizar investigaciones sobre el impacto de las actividades antrópicas en la carretera Iquitos Nauta, con la finalidad de establecer medidas de correctivas para frenar el impacto de estas actividades y que se genere información para la toma de decisiones en el área de estudio.

CAPITULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, SERFOR. Interpretación de la dinámica de la deforestación Perú y lecciones aprendidas para reducirla. Jul. 2015. Documento de Trabajo, 42 pág. Lima.
2. Smith, J. y J. Schwartz. La deforestación en el Perú. Lima 2015. Fondo Mundial para la Naturaleza WWF -Perú.
3. Ministerio del Ambiente, MINAM. El Perú y el Cambio Climático, Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático Lima 2010. Segunda Comunicación Nacional del Perú. MINAM. Primera edición.
4. Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Monitoreo de la deforestación en la Amazonia peruana, 1996. Institucional. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima.
5. INRENA. Mapa de deforestación en la Amazonia Peruana - 2000. Memoria Descriptiva. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima.
6. MINAM. Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático. 2016. Institucional. Lima: Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC).
7. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El estado de los bosques del mundo. Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible 2018. Roma FAO. ISBN 978-92-5-130715-1.
8. SERMARNAP. Diagnóstico de la deforestación en México. Institucional. México D.F.: SERMARNAP. 1998., Subsecretaria de Recursos Naturales, Dirección General Forestal. 1998.
9. Mendoza Chichipe, M., Salas López, R., & Barboza Castillo, E. Análisis multitemporal de la deforestación usando la clasificación basada en objetos, distrito de Leymebamba (Perú). Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable, INDES. May. 2017; (ISSN: 2520-0119).
10. Marapi R. La deforestación de los bosques: un proceso indetenible. La Revista Agraria LRA. Nov. 2013; I.

11. Pastrana Pineda O. Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de valle de Santiago. Tesis. México D.F.: Centro de Investigación en Geografía y Geomática, Ing. Jorge Tamayo A.C. CentroGeo.
12. United States Geological Survey (USGS). <https://earthexplorer.usgs.gov/documents/helptutorial.pdf>. [Online]; 2013. Acceso 15 de Julio de 2018. Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/distribution>.
13. Escalante Valencia N. Diagnóstico de la deforestación (2005-2010-2012) en el marco del sistema integrado de monitoreo del Parque Nacional Del Manu. Tesis. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa., Arequipa 2018.
14. Tuesta E. Prospectiva del cambio de uso de suelo en el distrito de Iberia, Tahuamanu – Madre de Dios, periodo 2004-2030. Tesis de grado, año 2017, 164 pág. Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
15. Burga Rios M. Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la provincia Alto Amazonas del Departamento de Loreto, 2000-2014. Tesis. Iquitos 2016. Universidad Científica del Perú.
16. Gutiérrez R. Monitoreo de la deforestación del departamento de Ucayali periodo 2005 - 2009. Tesis. Iquitos 2013, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Loreto.
17. Miranda A. L. Monitoreo de la deforestación mediante técnicas geomáticas en una porción de la región Centro-Norte de México. Tesis de Doctorado. Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León., San Luis de Potosí. 2013.
18. FAO. Global Forest Resources Assessment 2000. 9th ed. Rome: FAO; 2001.
19. FAO. El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: Desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. 139 Pág. Roma: FAO.

20. Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA). Geo Amazonía: Perspectiva del medio ambiente en la Amazonia. Lima: PNUMA; 2009.
21. Vargas E. Análisis y clasificación del uso y cobertura de la tierra con interpretación de imágenes Codazzi IGA, editor. Bogotá: IGAC; 1992.
22. Di Gregorio A. Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra (LCCS), versión 2: Conceptos de clasificación y manual del usuario. Roma, Italia.: FAO 2005. ISBN: 92-5-105327-8.
23. United States Department of Agriculture (USDA). Agricultural Resources and Environmental Indicators, 2006 Edition. Economic Research Service. 2006; Bulletin(16).
24. FAO. Atlas de cobertura del suelo de Uruguay. Cobertura de suelo y cambios 2000 – 2011. Land Cover Classification System. Montevideo, UY. ed. FAO. Montevideo: Empresa Grafica Mosca.; 2015.
25. Kalliola R. Geocología y desarrollo Amazónico. Risto K, Salvador. F, editores. Turku, Finlandia.: Finnreklama Oy; 1998.
26. De Moraes E. Sensoriamento remoto, principios e aplicacoes. 20104th ed. Florenzano , editor. Sao José Dos Campos.: Blucher Ltda.; 2010.
27. Tratado de Cooperación Amazónica (TCA). Zonificación Ecológica Económica, Instrumento para la conservación y el Desarrollo Sostenible de los Recursos de la Amazonía. Manaus - Brasil. 382 p. Compugrafis, editor. Manaus: TCA; 1994.
28. Centro de Investigaciones Geoespaciales (CIG). Introducción a las Imágenes Satelitales. Material de Apoyo. Santo Domingo, República Dominicana.: Tribunal Superior de Tierras 2002., Programa de Modernización de la Jurisdicción de Tierras.
29. Mieza M.; Kovac F; y Martinez D. Imágenes satelitales y aéreas en aplicaciones sitio específicas. En Corró M. E, Ghironi , editores. Avances de la agricultura por ambientes en la región semiarida pampeana. Buenos Aires: INTA; 2012. p. 72.
30. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Aplicación de la teledetección y los sistemas de información geográfica en la gestión de los recursos naturales. Melh H. ME, editor. Feldafing: Proff Offsetdruck; 1997.

31. Vega, A; López-García, J., Manzo, L. Análisis espectral y visual de vegetación y uso del suelo con imágenes Landsat ETM+ con apoyo de fotografías aéreas digitales en el Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Institucional. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía.
32. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Cobertura e Uso da Terra através de Sensoriamento Remoto. Institucional. Sao José Dos Campos: INPE, Sensoriamento Remoto. INPE-5032-MD/042.
33. Chuvieco E. Fundamentos de Teledetección Espacial. Segunda Edición. ed. Chuvieco. Madrid, España.: Rialp S.A.; 1990.
34. Jaramillo D. Análisis multitemporal de la expansión urbana del Municipio de Santiago de Cali, Colombia. Tesis. 81 pág. Santiago de Cali 2016.: Universidad de Manizales., Facultad de Ciencias e Ingeniería.
35. FAO. Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes. 75 pág. Rome. Italy: FAO, Forest Resources Assessment.
36. Aronoff S. Geographic Information Systems: A Management perspective. ed. S. A, editor. Ottawa: WDL Publications; 1989.
37. Castro I. Estudio de conformidad de uso de la tierra, susceptibilidad a la erosión y deforestación, utilizando Sistemas de Información Geográfica y Percepción remota en la zona de Pucallpa - Nueva Requena. Tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos., Lima 1993.
38. FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Términos y definiciones. Documento de trabajo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Programa de Evaluación de los Recursos forestales. 144/S.
39. Chuvieco E. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. 3rd ed. Chuvieco. E, editor. Barcelona, España.: Ariel S.A.; 2002.
40. United States Geological Survey (USGS). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. 2016. Handbook. 106 pág. Sioux Falls, South Dakota,: Versión 2.0. LSDS-1574.

41. Guerra C. E. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz. La Paz: Universidad Mayor de San Simón. 2006.
42. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Glossary of terms. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. New York, NY, USA. 2012: Cambridge, UK.
43. Paredes M. Clima, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la carretera Iquitos - Nauta. Iquitos - Perú.: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana y DEVIDA. 2012, Loreto.
44. Escobedo, R.; Torres G. Fisiografía, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA 2012. Iquitos – Perú.
45. Escobedo, R.; Torres G. Suelos y capacidad de uso mayor de las tierras, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA 2012. Iquitos - Perú
46. Álvarez J. Characteristic Avifauna of White Sand Forest in Northern Peruvian Amazonia 2002. MScThesis, Louisiana State University, Baton Rouge, LA.
47. Álvarez, J. & Soini, P. Importancia de la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana para la conservación de la Biodiversidad de la Amazonia Peruana IIAP, Iquitos Peru 2003.
48. Álvarez L. Socioeconomía, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la carretera Iquitos - Nauta. Iquitos - Perú.: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana y DEVIDA. 2012, Loreto.
49. Chuvieco E. Fundamentos de Teledetección. Segunda edición. ed. E. Chuvieco. , editor. Madrid: Ediciones RIALp s.a.; 1995.
50. United States Geological Survey: Landsat Mission, diciembre 2019, recuperado de https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

51. Chuvieco E. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach*. Second edition. CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, USA. 2016. ISBN 978-1-4987-2805-8. 468 pages with 267 colour figures.
52. Hernández R. *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del municipio del distrito Central, años 1987 y 2006*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa, M.D.C. Honduras, C.A. octubre, 2012.
53. Oliveira A., Spinelli A., Izaya N. *Estudo da dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra na região de Ji-Paraná/RO, nais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18, INPE, p. 89-98.*
54. FAO. *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forestcover and study of change processes*. Año 1996. FAO Forestry Paper 130. Rome Italy. 145 pag. Forestry.M-35 ISB50N 92-5-103808-2.
55. Ríos R. *Propuesta de recuperación de tierras forestales amazónicas degradadas por monocultivo de Pijuayo "palmito" *Bactris gasipaes* H. B. K. a partir de la evaluación de los cambios en la cobertura vegetal*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Trujillo, año 2008.
56. Barclay, F. *La evolución del espacio rural en la Amazonía nororiental del Perú*, en *Amazonía: escenarios y conflictos*. Editor Ruiz L. CEDIME (Centro de Investigación de los Movimientos Sociales del Ecuador), FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales), ILDIS (Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales),
57. Wahl L., Limachi L. y Barletti J. *Del discurso oficial al caserío rural: el desarrollo regional y la carretera Iquitos-Nauta*. En *Amazonía: Procesos demográficos y ambientales*. Editores Aramburú C. y Bedoya E. Lima, marzo de 2003. Impreso en el Perú, Consorcio de Investigación Económica y Social - CIES.
58. Álvarez L., Irigoín U. *Efectos de la extracción y comercialización de arena cuarzosa blanca de canteras del área de influencia de la carretera Iquitos–Nauta, 2009-2010*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Escuela de Post Grado, Maestría en Ciencias con Mención en Ecología y Desarrollo Sostenible.

59. Arce, Jorge. Palma aceitera, documento temático. Proyecto Microzonificación Ecológica y Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta, convenio entre el IIAP y DEVIDA 2012. Iquitos – Perú.
60. Dammert J., Cárdenas C., Canziani E. Potenciales impactos ambientales y sociales del establecimiento de cultivos de palma aceitera en el departamento de Loreto. Gobierno Regional de Loreto, Fundación MacArthur, Naturaleza y Cultura Internacional y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
61. Chuvieco, E, Salas J., Meza E, Vargas F. Empleo de la teledetección en el análisis de la deforestación tropical: el caso de la reserva forestal de Ticoporo (Venezuela). Revista Serie Geográfica, ISSN 1136-5277, N° 10, 2001-2002, págs. 55-76. Universidad Alcalá de Henares.
62. Dourojeanni, M. Amazonia ¿Qué hacer? Centro de Estudios Teológicos de la Amazonia Peruana CETA. Iquitos, Perú. 444 p.
63. Puyravaud J.P. Standardizing the Calculation of the Annual Rate of Deforestation. Forest Ecology and Management. 2002. 177, 593-596. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3).
64. Ministerio del Ambiente. Instrumentos financieros para la conservación de bosques en los Gobiernos Regionales Amazónicos. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC). Consejo Interregional Amazónico (CIAM). Documento de trabajo, diciembre 2014.
65. Lanly J-P. Los factores de la deforestación y degradación de los bosques. XIII Congreso Forestal Mundial, Quebec City, Canadá, año 2003. Recuperado en <http://www.fao.org/3/XII/MS12A-S.htm>
66. Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG). Deforestación en la Amazonía (1970-2013). 48 págs. Año 2015 (www.raisg.socioambiental.org)
67. FAO. Causas y tendencias de la deforestación en América Latina. FRA – Documento de trabajo 52, Roma 2001. Recuperado de http://www.fao.org/3/ad680s/ad680s05.htm#P754_65053
68. MINAM. Mapa de deforestación de la Amazonía Peruana – 2000. PROCLIM - Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para manejar el impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire. PROCLIM 2009. PNUD, GEF.

69. Armenteras D, Rodríguez N, Retana J. Landscape Dynamics in Northwestern Amazonia: An Assessment of Pastures, Fire and Illicit Crops as Drivers of Tropical Deforestation. PLoS ONE 8: e54310. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054310>
70. Filho, M.; Meneses, P, Sano, E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. Revista Brasileira de Cartografia. 2007.
71. Zorogastúa, P; Quiroz, R; Garatuza, J. 2011. Evaluación de Cambios en la Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes de Satélite en Piura - Perú (en línea). Consultado el 14 ago. 2017. Recuperado en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n1/a02v10n1>
72. Murillo A. Análisis de cambios de cobertura y uso actual de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Llacanora, periodo 2001-2016. Universidad Nacional de Cajamarca, 89 pag. Año 2017.

ANEXOS

Anexo N° 01.

Matriz de consistencia

Titulo	Problema de investigación	Objetivos	Hipótesis	Tipo de diseño	Población de estudio y procesamiento	Instrumento de recolección
Deforestación y uso de la tierra mediante imágenes satelitales, en la carretera Iquitos – Nauta, 1989 – 2017	¿Qué relación existe entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, durante los años 1989 al 2017?	<p>General Determinar la deforestación y el cambio de uso de la tierra mediante el uso de imágenes de satélite entre los años 1989 – 2017, en la carretera Iquitos – Nauta.</p> <p>Específicos Identificar y cuantificar las áreas deforestadas en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 – 2017. Calcular la tasa de deforestación entre los años 1989-1995-2005 y 2017, en el área de estudio. Identificar los tipos de actividades antrópicas generadas por la deforestación en la carretera Iquitos Nauta, entre los años 1989 – 2017. Calcular el uso de la tierra a través de imágenes satelitales en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 y 2017. Comparar las mediciones de deforestación y uso de la tierra en el área de estudio en los años 1989– 2017. Establecer la relación entre la deforestación y el cambio de uso de la tierra en la carretera Iquitos – Nauta, entre los años 1989 – 2017.</p>	“Existe relación estadística significativa entre la deforestación y el cambio del uso de la tierra en el área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, mediante la interpretación visual y digital de imágenes de satélite entre los años 1989 – 2017”	Investigación cuantitativa no experimental	<p>Área de la carretera Iquitos – Nauta, ubicado, con una superficie estimada de 376 856 hectáreas.</p> <p>Procesamiento: SPSS Excel. Algoritmos</p>	<p>Ficha de registro</p> <p>Registro de unidades cartografiadas</p> <p>Claves de interpretación</p>

Anexo N° 02.

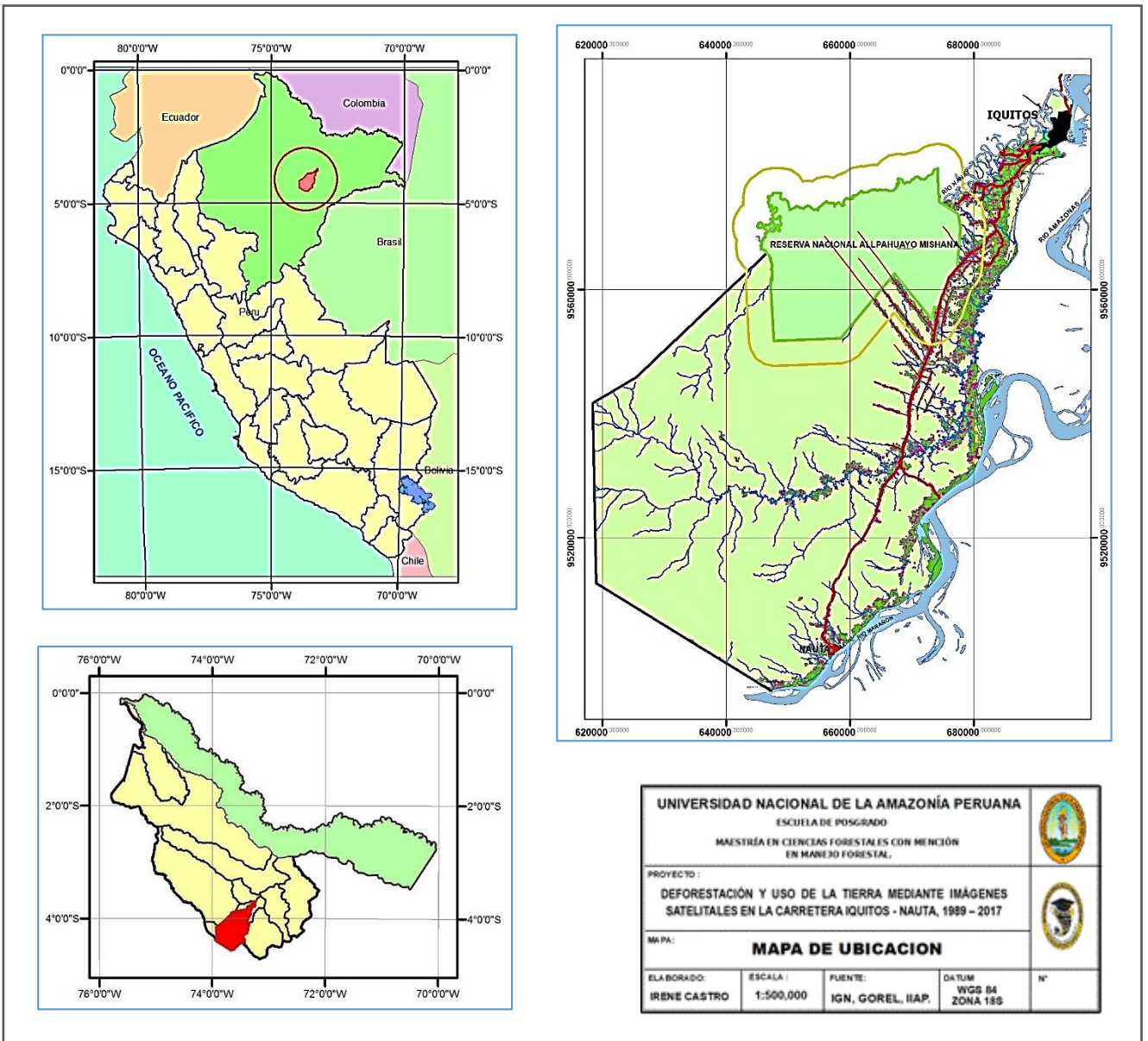
Instrumento de recolección de datos

LUGAR/CENTRO POBLADO:		COORDENADAS UTM::		
DISTRITO		FECHA:		
CARACTERISTICAS E INFORMACIÓN SOBRE LA DEFORESTACIÓN Y EL USO DE LA TIERRA				
USO DE LA TIERRA	TIPOS DE CULTIVO/VEGETACION	RIEGO	AREA APROX. (Ha)	OBSERVACIONES
<u>AGRICULTURA</u> En limpio:				
Permanente:				
Pastos:				
Purmas:				
Bosque secundario:				
Bosque primario/climax Bosque relicto				
Áreas Urbanas				
Otros				

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 03

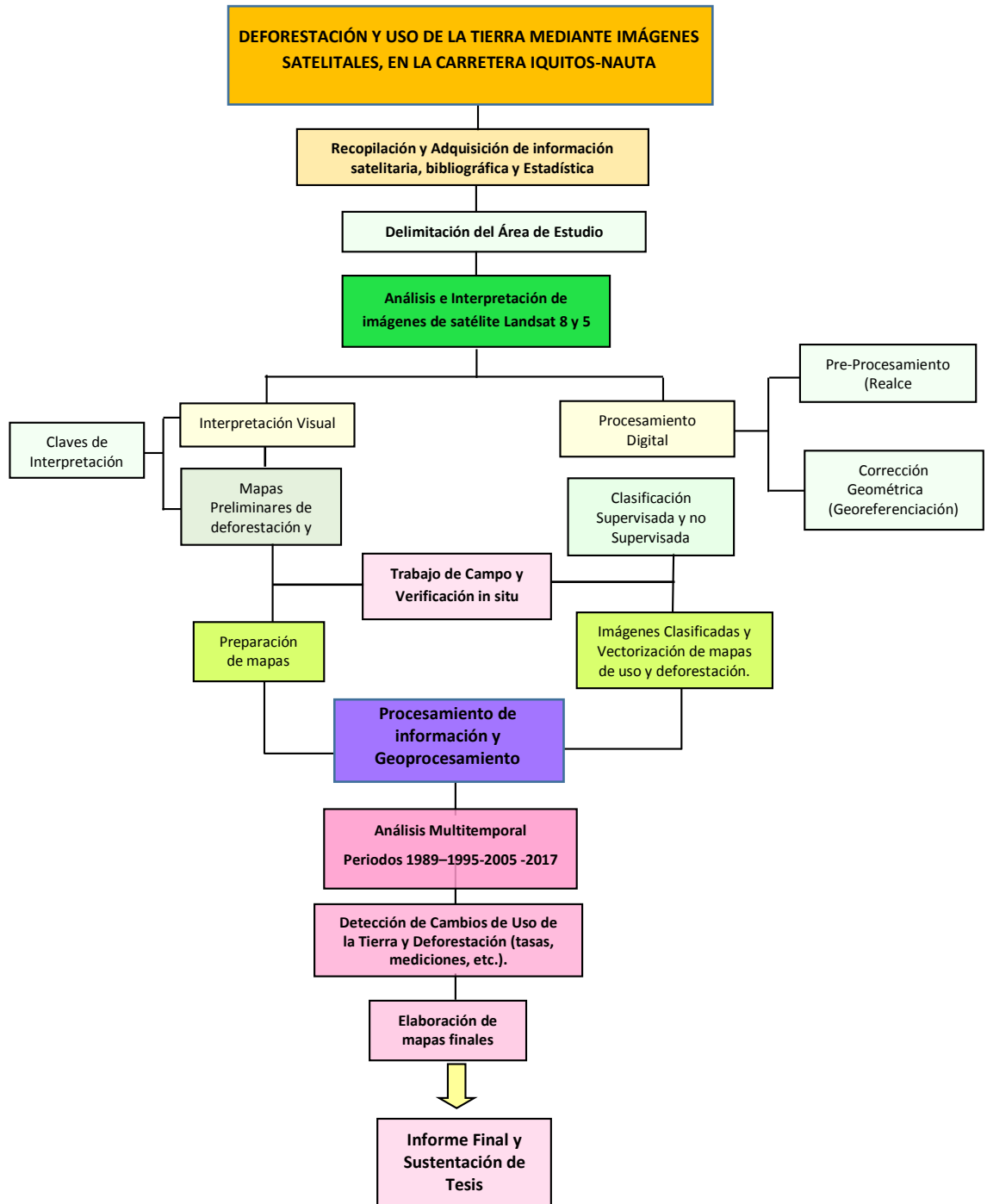
Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo N° 04

Flujograma de la metodología y el procesamiento de información.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°05

Material cartográfico, básico y temático utilizado.

TIPO DE CARTOGRAFIA	INSTITUCION	ESCALA	CÓDIGOS	AÑO DE ELABORACIÓN	TEMATICO
Carta Nacional	Instituto Geográfico Nacional - IGN	1:100,000	08-p, 08-q, 09-o, 09-p, 09-q	Años diversos (1998 – 2007)	Mapa topográfico En formato digital
Carta Geológica	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú - INGEMMET	1:100,000	08-p, 08-q, 09-o, 09-p, 09-q	2003	Mapa Geológico En formato digital
Mapas temáticos de estudios de Zonificación Ecológica Económica de la carretera Iquitos – Nauta.	Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP – DEVIDA	1:100,000	Varios	2012	Mapa Forestal Mapa de Suelo Mapa de CUM Mapa Geomorfológico Mapa Fisiográfico En formato digital
Mapa Forestal del Perú las Tierras	Ministerio de Agricultura	1:250,000	Varios	2005	En formato digital y analógico
Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras	Ministerio de Agricultura	1:250,000	Varios	2005	Formato digital y analógico

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°06

Imágenes de satélite Landsat, sensores y bandas espectrales utilizadas

Satélite	Sensor	Path/ Row	Fecha	Resolución espacial	Resolución espectral
Landsat 4	TM (Tematic Mapper) Multiespectral	006/063	26 de agosto de 1989	30 m	7 bandas
Landsat 5	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) Multiespectral/ pancromático)	006/063	22 de junio de 1995	30m	7 bandas
				15 m	1 banda
Landsat 5	ETM+ (multiespectral/ pancro)	006/063	02 octubre del 2005	30m	7 bandas
				15 m	1 banda
Landsat 8	OLI/TIRS (Operational Land Imager/Thermal InfraRed Sensor) (Multiespectral/ Pancromatico/Termal)	006/063	05 de marzo del 2017	30 m	8 bandas
				15 m	1 bandas
				100 m	2 bandas

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°07

Bandas espectrales del satélite Landsat 8

BANDAS ESPECTRALES	LONGITUD DE ONDA	RESOLUCIÓN
Banda 1 - Costero / Aerosol	0.433 – 0.453 μm	30 m
Banda 2 – Azul	0.450 – 0.515 μm	30 m
Banda 3 - Verde	0.525 – 0.600 μm	30 m
Banda 4 – Rojo	0.630 – 0.680 μm	30 m
Banda 5 – Infrarojo cercano	0.845 – 0.885 μm	30 m
Banda 6 – Infrarojo medio	1.560 – 1.660 μm	30 m
Banda 7 – Infrarojo Medio	2.100 – 2.300 μm	30 m
Banda 8 - Pancromático	0.500 – 0.680 μm	15 m
Banda 9 - Cirrus	1.360 – 1.390 μm	30 m

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Anexo N° 08.

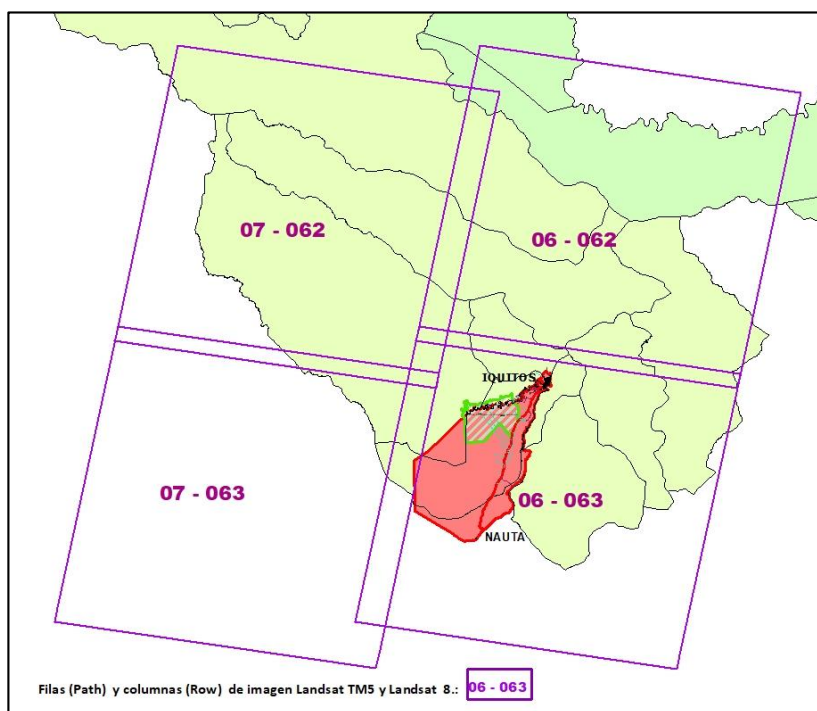
Bandas espectrales del satélite Landsat 4 y (Sensor Thematic Mapper TM)

Bandas espectrales	Longitud de onda	Resolución
Banda 1: Azul	0.45 – 0.52 μm	30 m
Banda 2: Verde	0.52 – 0.60 μm	30 m
Banda 3: Rojo	0.63 – 0.69 μm	30 m
Banda 4: Infrarojo cercano	0.76 – 0.90 μm	30 m
Banda 5: Infrarojo medio	1.55 – 1.75 μm	30 m
Banda 6: Infrarojo térmico	10.40 – 12.50 μm	60 m
Banda 7: Infrarojo lejano	2.08 – 2.35 μm	30 m

Fuente: Adaptado de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Anexo N° 09

Filas (path) y columnas (row) de imagen Landsat TM5 y Landsat 8, utilizada en el trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 10.

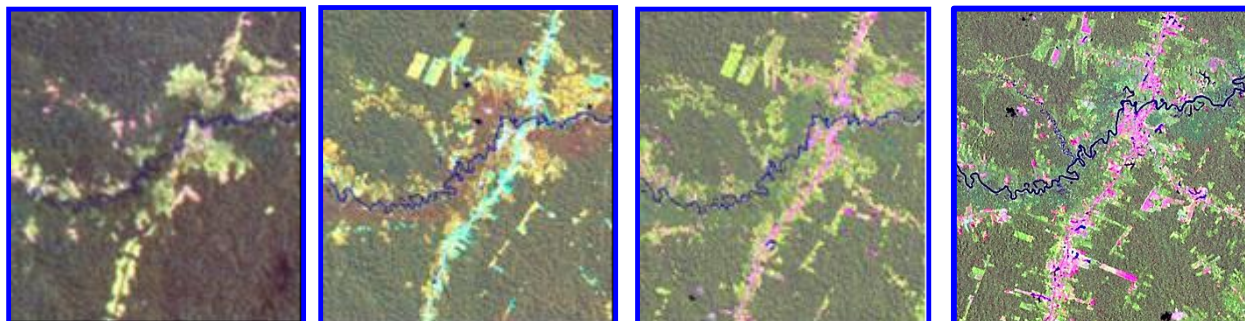
Secuencia de imágenes de satélite Landsat TM Bandas 5R, 4G y 3B y Landsat 8, bandas 7R, 5G y 3B, utilizadas.

1989

1995

2005

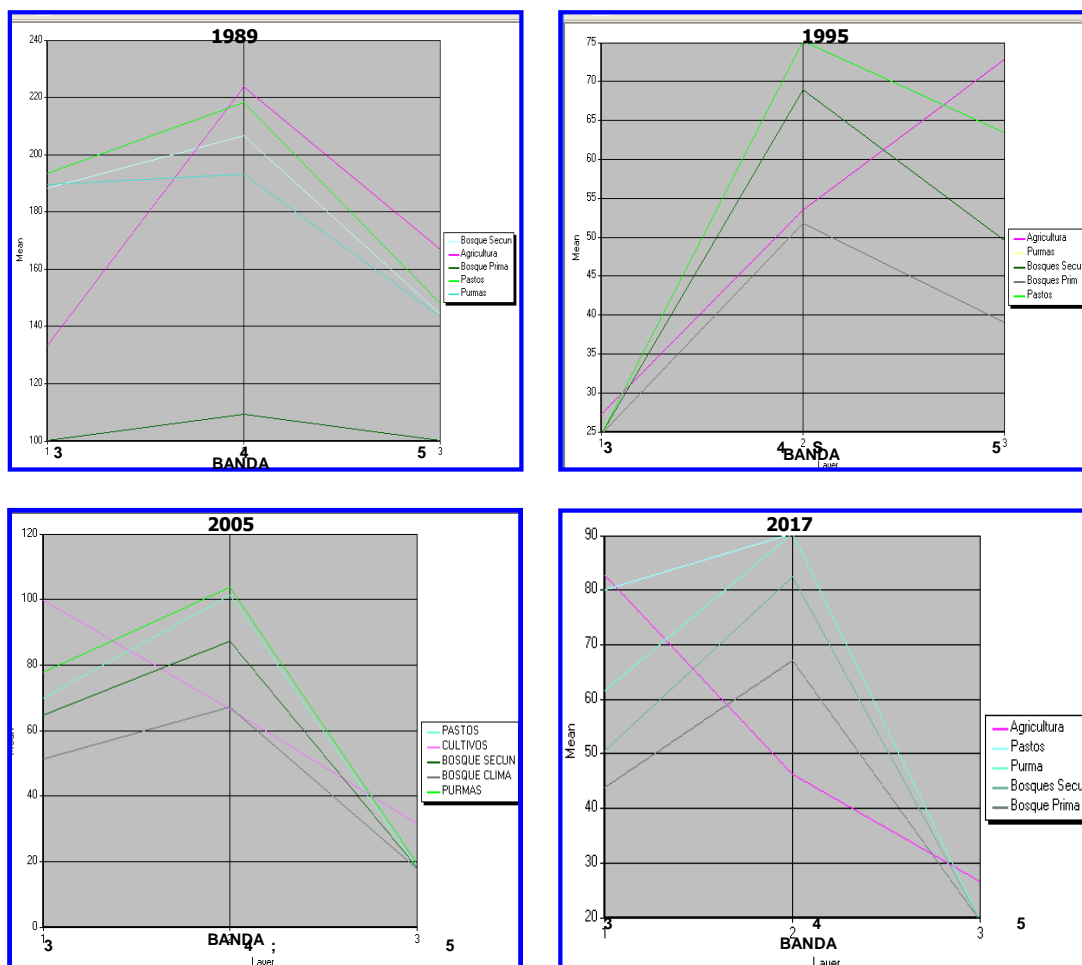
2017



Fuente: Imágenes de satélite 1989 -1995 – 2005 y 2017. Elaboración propia.

Anexo N° 11.

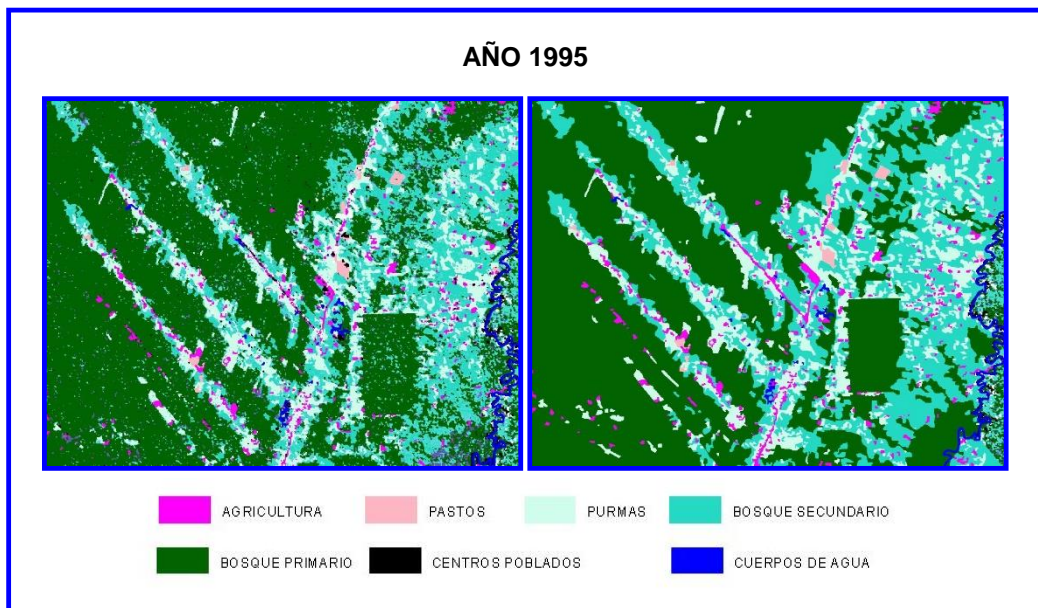
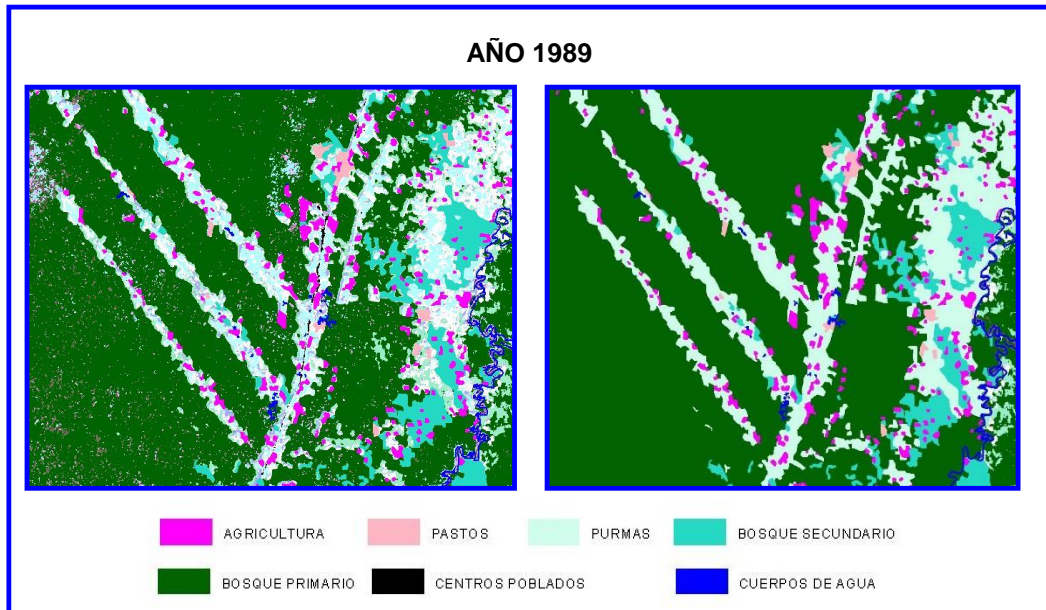
Firmas espectrales de las clases de uso del suelo en las imágenes de los años 1989, 1995, 2005 y 2017



Fuente: Elaboracion propia

Anexo N° 12.

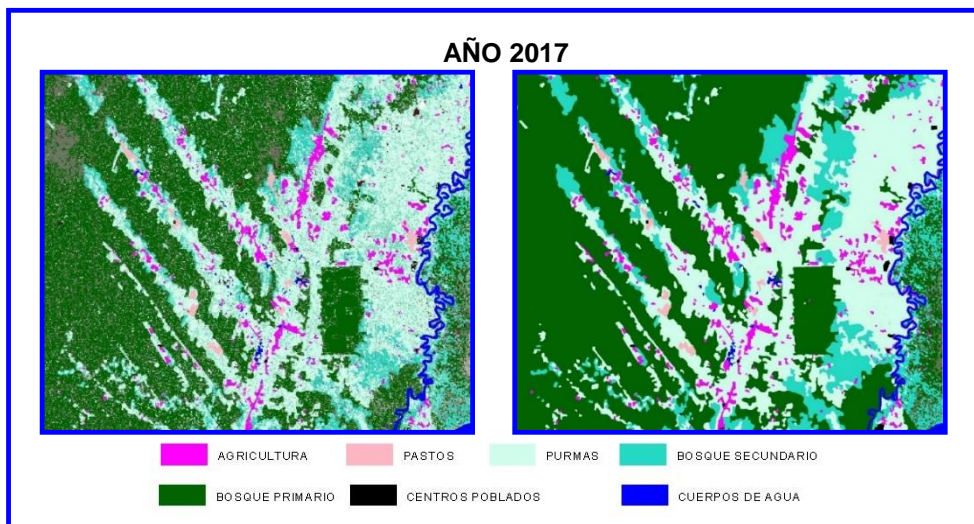
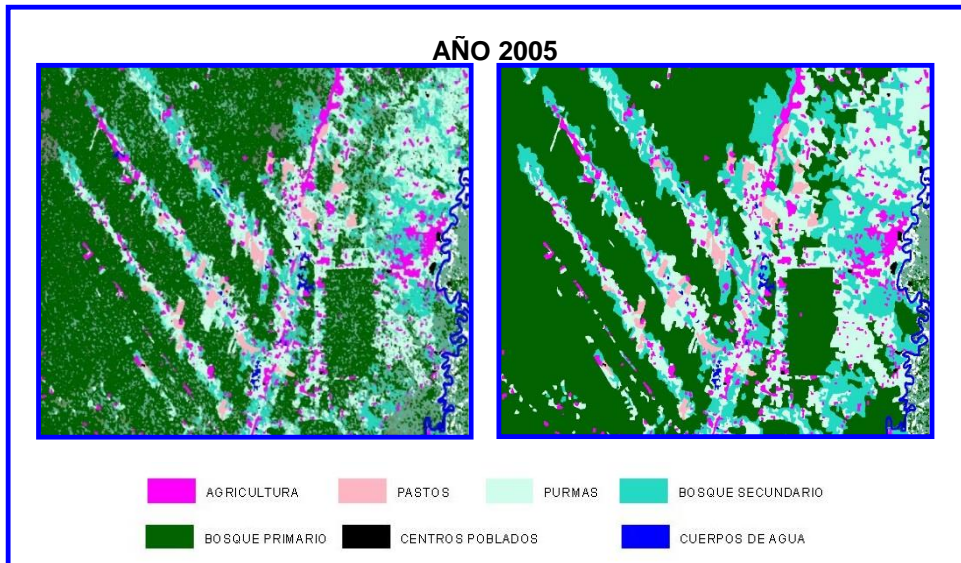
Clasificación supervisada de las imágenes de satélite de los años 1989 y 1995



Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 13.

Clasificación supervisada de las imágenes de satélite de los años 2005 y 2017.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 14.

Combinaciones de bandas en las diferentes series del satélite Landsat utilizados.

Satélite/ Sensor	Combinaciones de bandas	Bandas	Longitud de onda de las bandas seleccionadas	Observaciones
Landsat 4 TM (Año 1989)	4R, 3G y 2B (4 en el rojo, 3 en el verde y 2 en el azul)	4 3 2	0.75 – 0.90 μm (Infrarojo cercano) 0.63 – 0.69 μm (Visible rojo) 0.52 – 0.60 μm (Visible verde)	Color natural, la vegetación es verde y facilita la identificación de los diferentes usos de la tierra y vegetación.
Landsat 5 ETM+ (Años 1995 y 2005)	5R, 4G, y 3B (5 en el rojo, 4 en el verde y 3 en el azul)	5 4 3	1.55 – 1.75 μm (Infrarojo medio) 0.76 – 0.90 μm (Infrarojo cercano 0.63 - 0.69 μm (Visible - rojo)	Presenta un “color natural” donde la vegetación es verde, sin embargo tiene dos bandas en el infrarojo (medio y cercano), simulando el color verdadero, lo que da buenos resultados en la discriminación de usos y tipo de vegetación.
Landsat 8 OLI (Año 2017)	7R, 5G, y 3B (5 en el rojo, 4 en el verde y 3 en el azul)	7 5 3	2.100 – 2.300 μm (Infrarojo medio) 0.845 – 0.885 μm (Infrarojo cercano) 0.525 – 0.600 μm (Visible – verde)	Presenta un color verdadero o natural, pero en el infrarojo medio y cercano que unido con el verde, ayuda a obtener una imagen adecuada para la vegetación.

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 15.

Claves de interpretación empleadas en las imágenes de satélite Landsat TM 5, bandas 5R, 4G y 3B y Landsat8, bandas 7R, 5G y 3B.

Clases de uso	Tonalidad	Textura	Limite / forma	Descripción
Área urbana/ centros poblados/	Fucsia claro a rosado claro	Media	Regular e irregular	Se ubican en zonas cercanas a los cursos de agua y lugares como terrazas medias y altas (zonas no inundables) y zonas ligeramente onduladas (colinas bajas)
Área agrícola (cultivos extensivos y permanentes)	Verde claro a verde medio en áreas con cultivos, rosado a rojo claro en áreas con tierras en preparación	Lisa a media	Regular e irregular	Se presentan en relieve plano y en áreas ligeramente ondulado y en casi todos los ambientes fisiográficos (menos en Pantanos y Zonas Hidromórficas)
Pastos	Amarillo medio a verde claro	Medio	Regular en áreas con pastos mantenidos	Se localizan tanto en terrazas bajas como en zonas onduladas.
Purmas	Verde claro a verde medio	Medio a rugoso	Irregular	Se ubican en áreas extensas y todas las formas de relieve
Bosque secundario	Verde medio a Verde oscuro	Medio a rugoso	Irregular	Se ubican en zonas cercanas al área aluvial y en menor extensión en zonas de colinas
Bosque clímax primario	Verde oscuro	Medio en áreas de bosque aluvial y de terraza y rugoso en bosque de colina	Irregular	Se ubican en zonas relativamente extensas y casi todas las formas de relieve
Pantanos	Color púrpura y morado	Lisa	Irregular	Se ubican en el área inundable, muy cercano a las llanuras meandricas, alternando con los aguajales
Aguajales	Verde jade suave a verde más intenso	Lisa	Irregular	Se ubica cercano a la llanura inundable de los grandes ríos.
Cuerpos de agua	Azul claro en aguas turbias y azul oscuro en aguas limpias	Lisa	Nítido	Se ubican en todos los paisajes.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 16.

Trabajos de campo realizados en el área de estudio.

Número	Fecha del trabajo de campo	Sectores	Observaciones
1	1 – 02 Marzo 2019	Identificación de los usos del suelo y la deforestación entre el km 10 al 20 de la carretera Iquitos Nauta, sector Norte.	Se observó las unidades de vegetación como centros poblados (caseríos y pueblos al borde de la carretera), cultivos y cuerpos de agua.
2	15 – 16 marzo 2019	Recorrido entre el Km 21 al 36.	Se realizó trabajos entre el área de esparcimiento El Encanto de la Laguna y la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana. Se observó los bosques de Varillales y las áreas deforestadas de estas zonas de arena blanca
3	13 – 14 julio 2019	Límite entre las provincias de Maynas y Loreto (km 79 a 102 km)	Se verificaron las zonas de pastos, las plantaciones de Palma Aceitera, además de verificar las áreas de purmas y bosques secundarios.
4	17 de setiembre 2019	Verificación de clases de uso, entre el puente en el río Itaya y el límite interprovincial.	Se observaron clases de uso de la tierra como: áreas agrícolas, pastos, purmas y cultivos permanentes,
5	15 de noviembre 2019	Verificación de clases de uso entre el Km 5 al km 20.	En general se observó clases de uso como áreas deforestadas en zona de arena blanca, antes cubiertas de bosques de varillales y que se encuentran ocupadas por centros poblados, además de cuerpos de agua y otros usos.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 17.

Canteras formales e informales que operan en la carretera Iquitos - Nauta

N°	Cantera	Titular	Fecha trámite denuncia minero	Trámite	Situación
1	Fundo Furia				Informal
2	Don Pollo				Informal
3	Fundo Los Chanchitos				Informal
4	LACONSI				Informal
5	San Martín de Porres I				Informal
6	Brazz I				Informal
7	Brazz II				Informal
8	JL Mina				Informal
9	JAVIREN	Roger Armando Chong Villacorta	2007.09.04	D.L. 708	Constancia de pequeño productor minero no metálico N° 341-2009 de fecha 2009.03-24
10	SERGEPIN I	Roger Armando Chong Villacorta	2009.06.10	D.L. 708	Titulado R.D. N° 025-2010-GRL/DREM- L-DE 2010.03.10
11	LAMOSAS	Roger Armando Chong Villacorta	2009.02.10	D.L. 708	Titulado R.D. N° 025-2010-GRL/DREM- L-DE 2009.03.24
12	Roma				Informal
13	Costa Brava				Informal
14	Silvana Katerina	Geodesica Amazon S. A.	2009.07.14	D.L. 708	Constancia de pequeño productor minero no metálico N° 1005-2009 de 2010.10.19
15	Corriente Viva				Informal
16	Fundo San Gerardo				Informal
17	Fundo Melissa				Informal
18	Jorge Luis 2010	Patricia Elizabeth Donayre Pasque	2010.05.06	D.L. 708	Titulado R.D. N° 063-2010-GRL/DREM- L-DE 2010.06.07
19	Cantera El Dorado				Informal
20	Juliana				Informal
21	Amaro Soto				Informal
22	Cantera Huancahuari				Informal
23	Villa Milagritos 2				Informal
24	San Carlos				Informal
25	Independencia				Informal

N°	Cantera	Titular	Fecha trámite denuncia minero	Trámite	Situación
26	El Riojano I				Informal
27	EL Riojano II	Ronald Reátegui Aspajo	2009.08.19	D.L. 708	Titulado R.D. N° 063-2010-GRL/DREM- L-DE 2010.10.08
28	Abelardo Panaifo				Informal
29	Cantera Andrés				Informal
30	Cantera Cesar Arce				Informal
31	Cantera Oscar Alberca				Informal
32	Cantera Brashico				Informal
33	Cantera Chuquival				Informal
34	Cantera El Encanto				Informal
35	Cantera Guillen Pinedo				Informal
36	Cantera Ilegal				Informal
37	Cantera Jorge Cueva				Informal
38	Cantera Lantananza				Informal
39	Los Cedros 1				Informal
40	Los Cedros 2				Informal
41	Cantera Martha Rimachi				Informal
42	Cantera MULFAO				Informal
43	Cantera Murrieta				Informal
44	Cantera Nueva Esperanza				Informal
45	Cantera Mauro Vela				Informal
46	Cantera Parcela 9				Informal
47	Cantera Peña Negra				Informal
48	Cantera Progreso				Informal
49	Cantera Romer Ruiz				Informal
50	Cantera Rubiños Bartens				Informal
51	Cantera Sanjurjo				Informal
52	Cantera Valqui				Informal
53	Cantera Vidal Murrieta				Informal
54	Cantera Yolanda Vigil				Informal
55	Cantera Extracción Temporal				Informal
Canteras formalizadas					10.91%

Fuente: Álvarez L, Irigoin U, 2014.