

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



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

**“EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA DEFORESTACIÓN EN EL
DISTRITO DE MOLINOPAMPA, PROVINCIA DE CHACHAPOYAS,
DEPARTAMENTO AMAZONAS. 2015”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Bach. SEGUNDO JOSÉ MAMANI CRUZ

Bach. LISVED NOEMI SERVAN CHASQUIBOL

ASESOR : Ing. ROLANDO SALAS LÓPEZ

CO-ASESOR : Ing. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

CHACHAPOYAS – AMAZONAS – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



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

**“EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA DEFORESTACIÓN EN EL
DISTRITO DE MOLINOPAMPA, PROVINCIA DE CHACHAPOYAS,
DEPARTAMENTO AMAZONAS. 2015.”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Bach. SEGUNDO JOSÉ MAMANI CRUZ

Bach. LISVED NOEMÍ SERVAN CHASQUIBOL

ASESOR : Ing. ROLANDO SALAS LÓPEZ

CO-ASESOR : Ing. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

CHACHAPOYAS – AMAZONAS – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A DIOS:

Porque día tras día me regala la vida y me da fuerzas para seguir a delante en mi búsqueda para lograr mis metas.

A MIS FAMILIARES:

Segundo José Mamani Alvarado y Cruz Herminia Alvarado Santillán mis padres, a Sara Tuesta Alvarado y Maribel Tuesta Alvarado mis tías, Alex Mamani Cruz mi hermano, que gracias a su sacrificio y consejos han hecho posible mi formación y realización profesional.

A MIS AMIGOS:

A todas las personas que en el transcurso de mi carrera me han apoyado de diferentes maneras.

Segundo José Mamani Cruz

A MIS FAMILIARES:

*Rigoberto Servan Labajos y Elita Chasquibol
Sopla mis padres, por su constante apoyo en
el desarrollo de mi formación académica y
desarrollo personal.*

Lisved Noemi Servan Chasquibol.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida, por iluminar nuestro camino y por ayudarnos en cada momento a poder cumplir nuestras metas y objetivos.

A nuestros padres por confiar y apostar todo por nosotros, por su amor y por el apoyo incondicional.

A cada uno de nuestros familiares y amigos por su cariño y también por el apoyo que nos brindaron y nos siguen brindando, por compartir buenos y malos momentos y por alentarnos a seguir a delante.

Al Ing. Rolando Salas López, por su tiempo, paciencia, dedicación y conocimientos en el asesoramiento del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz por su tiempo, paciencia, dedicación y conocimientos en el asesoramiento del presente trabajo de investigación.

A los docentes miembros del jurado de tesis Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres, Ing. Wagner Guzmán Castillo, Ing. Lizette Daniana Mendez Fasabi, por sus aportes y recomendaciones, para mejorar el informe final.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Alma Mater, en cuyo Campus Universitario me forme profesionalmente. De manera especial a los docentes y autoridades de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental por la confianza y por permitir completar esta etapa importante en mi vida.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
RECTOR**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRE
DECANO ENCARGADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y
AMBIENTAL**

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada **“Evaluación multitemporal de la deforestación en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, departamento Amazonas - 2015.”**, de los tesisistas egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM-A.

- ✓ **Bach. Segundo José Mamani Cruz**
- ✓ **Bach. Lisved Noemí Servan Chasquibol**

El docente de la UNTRM-A que suscribe da su Visto Bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar a los tesisistas en el levantamiento de observaciones y en el Acto de Sustentación de Tesis.

Chachapoyas, diciembre de 2017

Ing. Rolando Salas López
Asesor de Tesis

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha co-asesorado la tesis titulada **“Evaluación multitemporal de la deforestación en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, departamento Amazonas - 2015.”**, de los tesisistas egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNTRM-A.

- ✓ **Bach. Segundo José Mamani Cruz**
- ✓ **Bach. Lisved Noemí Servan Chasquibol**

El docente de la UNTRM-A que suscribe da su Visto Bueno para que la tesis mencionada sea presentada al jurado evaluador, manifestando su voluntad de apoyar a los tesisistas en el levantamiento de observaciones y en el Acto de Sustentación de Tesis.

Chachapoyas, diciembre de 2017

Ing. Segundo Manuel Oliva Cruz
Co-asesor de Tesis

JURADO EVALUADOR

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

PRESIDENTE

Ing. WAGNER GUZMÁN CASTILLO

SECRETARIO

Ing. LIZETTE DANIANA MÉNDEZ FASABI

VOCAL

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 18 de Diciembre del año 2017, siendo las 3:30 pm horas, el aspirante: Bach. Segundo José Mamani Cruz defiende públicamente la Tesis titulada: "Evaluación Multitemporal de la deforestación en el distrito de Yalinasapampa, provincia de Chachapoyas, Departamento Amazonas 2015" para optar el Título Profesional en Ingeniero Ambiental otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por:
Presidente: Dr. Oscar Andrés Gamara Tones
Secretario: Ing. Mg. Wagner Guzmán Castillo
Vocal: Ing. Mg. Lizette Daviana Méndez Tasabi



Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el (los) aspirante (s).

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente () Aprobado (X) No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las horas 5:20 pm del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación del Trabajo de Investigación.

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

OBSERVACIONES:

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 18 de Diciembre del año 2017, siendo las 3:30 pm horas, el aspirante Bach. Gisvel Noemi Servan Chasqui Bol defiende públicamente la Tesis titulada: "Evaluación multi-temporal de la deforestación en el distrito de Molinospampa, provincia de Chachapoyas, Departamento Amazonas. 2015" para optar el Título Profesional en Ingeniería Ambiental otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por:
Presidente : Dr. Oscar Andrés Gamara Torres
Secretario : Ing. MSc. Wagner Guzmán Castilla
Vocal : Ing. Mg. Lizette Dariana Méndez Escabi



Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el los aspirante (s).

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente () Aprobado (X) No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las horas 5:20 pm del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación del Trabajo de Investigación.

[Firma]
PRESIDENTE

[Firma]
SECRETARIO

[Firma]
VOCAL

OBSERVACIONES: _____

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	vi
VISTO BUENO DEL ASESOR	vii
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR.....	viii
JURADO EVALUADOR	ix
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	x
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Marco teórico	5
1.3.1. Importancia de los bosques en el Perú.....	5
1.3.2. Geomática.....	5
1.3.3. Deforestación.....	6
1.3.4. Migración	7
1.3.5. Teledetección.....	8
1.3.6. Cambio de uso del suelo.....	9
1.3.7. Análisis multitemporal de cambio de uso del suelo	9
1.3.8. Imágenes satelitales	9
1.3.9. Modelo digital de elevación (MDE).....	13
1.3.10. Sistema de información geográfico.	13
1.3.11. Componentes de los SIG.....	14
1.3.12. Puntos de control terrestre (GCPs).	17
1.3.13. Georreferenciación.....	18
1.3.14. Clasificación no supervisada	18
1.3.15. Clasificación supervisada.....	19
1.3.16. Clasificación Corine Land Cover.....	19
1.4. Objetivos	21
1.5. Hipótesis	21

II.	MATERIAL Y MÉTODOS	22
2.1.	Área de estudio	22
2.2.	Características socioeconómicas de la zona	23
2.3.	Material	25
2.3.1.	Material de investigación	25
2.3.2.	Material cartográfico y satelital.....	25
2.3.3.	Materiales y equipos.....	25
2.3.4.	Software	25
2.4.	Métodos	25
2.4.1.	Fase Preliminar.....	27
2.4.2.	Fase de campo	28
2.4.3.	Fase de gabinete	28
III.	RESULTADOS	34
3.1.	Determinación de la tasa de deforestación en el periodo 1986- 2015.	34
3.2.	Propuesta de actividades para el manejo de recursos naturales en el distrito de Molinopampa.....	47
IV.	DISCUSIONES	49
V.	CONCLUSIONES.....	52
VI.	RECOMENDACIONES	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	ANEXOS	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones de Landsat 8 OLI.	12
Tabla 2. Softwares SIG.....	15
Tabla 3. Datos de las imágenes utilizadas en la investigación	27
Tabla 4. Campos de entrenamiento	28
Tabla 5. Clases consideradas para el estudio.....	32
Tabla 6. Uso de suelo año 1986.....	35
Tabla 7. Uso de suelo año 1992.....	35
Tabla 8. Uso de suelo año 2000.....	36
Tabla 9. Uso de suelo año 2007.....	36
Tabla 10. Uso de suelo año 2015.....	37
Tabla 11. tasa de deforestación en los periodos de estudio	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del SIG	14
Figura 2. Proceso de los SIG	16
Figura 3. Esquema Metodológico de Corine Land Cover	20
Figura 4. Mapa de ubicación	23
Figura 5. Flujograma metodológico	26
Figura 6. Imagen sin corregir (A), imagen con corrección atmosférica (B)	30
Figura 7. Combinación de bandas visibles (infrarrojo lejano, infrarrojo próximo y rojo) falso color para análisis de vegetación, imagen Landsat 5 año 1986.....	32
Figura 8. Áreas deforestadas por periodos	34
Figura 9. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 1986.	38
Figura 10. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 1992.....	39
Figura 11. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 2000.....	40
Figura 12. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 2007.....	41
Figura 13. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 2015.....	42
Figura 14. Tasa de deforestación por periodos.....	46

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Toma de puntos de control (GCPs)	62
Fotografía 2. Lugares donde se priorizaron la toma de GCPs	62
Fotografía 3. Bosque de palmeras de Ocol	63
Fotografía 4. Toma de puntos de entrenamiento (patrones).....	63
Fotografía 5. Área deforestada utilizada como potrero para ganado	64
Fotografía 6. Área en proceso de deforestación dentro de ACP	64
Fotografía 7. Área reforestada con Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)	65

RESUMEN

La investigación estuvo orientada a evaluar los factores que inciden en la deforestación mediante la aplicación de sistemas de información geográfica, que vienen impactando al medio ambiente, con el propósito de evaluar los factores de deforestación para un mejor manejo de los recursos naturales, en tal sentido nos trazamos el siguiente objetivo, evaluar los cambios de uso de suelos y la pérdida de cobertura vegetal con el análisis multitemporal en el periodo de 1986-2015 dividido en 4 periodos , con la finalidad de conocer la tasa de deforestación en el área de estudio para proponer actividades de manejo de los recursos naturales en el distrito de Molinopampa. La automatización de la información gráfica y no gráfica, así como la formación de la base de datos se realizó mediante los softwares SIG, como son ERDAS versión 2014 y ArcGis versión 10.3. Para el análisis multitemporal se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI, así como material cartográfico del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se obtuvo una tasa de deforestación de 110,82 ha/año en el periodo inicial que comprende desde el año 1986 a 1992, la cual representa la más elevada, que se relaciona directamente con el aumento de la producción ganadera, por la necesidad de aumentar las áreas de pastoreo, así como el aumento del tejido urbano.

Palabras claves. Deforestación, multitemporal, sistema de información geográfica.

ABSTRACT

The research was aimed at evaluating the factors that affect deforestation through the application of geographic information systems, which are impacting the environment, with the purpose of evaluating deforestation factors for a better management of natural resources, in this sense we set out the following objective, to evaluate the changes of land use and the loss of vegetation cover with the multitemporal analysis in the period of 1986-2015 divided into 4 periods, with the purpose of knowing the rate of deforestation in the study area for propose natural resources management activities in the district of Molinopampa. The automation of graphic and non-graphic information, as well as the formation of the database, was done using the GIS softwares, such as ERDAS version 2014 and ArcGis version 10.3. For the multi-temporal analysis, Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI satellite images were used, as well as cartographic material from the National Geographic Institute (IGN). A deforestation rate of 110,82 ha / year was obtained in the initial period from the year 1986 to 1992, which represents the highest, which is directly related to the increase in livestock production, due to the need to increase the areas of grazing as well as the increase of the urban fabric.

Key words. Deforestation, multistorm, geographic information system

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que posee características muy especiales, vinculados fundamentalmente a su topografía, regiones latitudinales y pisos altitudinales, así como su evolución geológica, presenta una superficie significativamente boscosa en su territorio, la cual reconoce como el segundo país de Sudamérica en cobertura arbórea, después de Brasil, tanto en la parte Amazónica, región alto andina, así como en las zonas de bosques costeros (INRENA, 1996). Parte de esta vegetación arbórea se ubica en el departamento de Amazonas que en los años 1985 y 1990 fue catalogado como el primer departamento con mayor área deforestado INRENA, (1996) y en el año 2000 fue el segundo departamento con mayor superficie deforestado con 1 001 467,16 ha después de San Martín (MINAM, 2009). En el periodo 2000-2009 se muestra con un valor de 56430,81 ha haciendo una tasa de deforestación de 6270,09 ha/año (MINAM, 2014) y para el periodo 2009-2011 con una tasa de deforestación promedio de 4 261,55 ha/año (MINAM, 2014).

El incremento de la densidad poblacional humana implica una mayor ocupación de la superficie, para permitir el desarrollo de las diferentes actividades; esto, sumado a la ampliación de las áreas urbanas, pone en peligro la existencia y conservación de las áreas naturales de nuestro planeta, ocasionando en la mayoría de los casos, problemas ambientales derivados de la destrucción de los bosques, que implica la alteración de ecosistemas vitales que garantizan la permanencia de las especies (Rivero, 1994).

Todas las sociedades dependen de los bosques y tienen responsabilidades inherentes a la conservación de la biodiversidad, la regulación del clima, el aire limpio, la conservación del suelo y el agua, la seguridad de los alimentos, los productos madereros, los servicios de energía, los medicamentos y los valores culturales (Congreso Forestal Mundial, 2004).

Una de las muchas herramientas que se utilizan en la actualidad es la teledetección que utiliza imágenes de sensores satelitales para realizar estudios e investigación en diferentes áreas, tales como la cartografía, gestión de desastres, gestión de los recursos de la vegetación, en los estudios de efectos de las inundaciones, incendios forestales, desertificación, planificación urbana y caracterización de los océanos (Arai *et al*, 2011).

Para la determinación de la tasa de deforestación de los periodos 1986-1992, 1992-2000, 2000-2007 y 2007-2015 y superficie deforestada del distrito de Molinopampa al año 2015, se realizó procesamiento digital e interpretación visual de imágenes del satélite Landsat.

1.1. Problemática

La pérdida de suelo productivo y cobertura vegetal son uno de los problemas mayores que enfrenta el planeta actualmente, a causa del crecimiento poblacional y al aumento de demanda de estos recursos. El especialista en temas forestales, Gustavo Suárez de Freitas (2013), señaló que el 90% de la deforestación en nuestro país se da por el cambio de uso de suelo para fines agropecuarios. Asimismo, indicó que, según un estudio reciente, “el 75% de la deforestación anual ocurre por talas que son menos de media hectárea, o sea, eso es para agricultura de pequeña escala”. (SERVINDRI, 2015) En el distrito de Molinopampa un alto porcentaje de la población tiene como principal actividad económica la ganadería y agricultura. A consecuencia de estas actividades el cambio de uso de suelos es cada vez más notorio y está reflejado en la pérdida de cobertura vegetal; estos cambios se asocian a importantes transformaciones sobre los ecosistemas en todas las escalas. A nivel local induce la pérdida, degradación de suelos, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies. A nivel regional afecta en el funcionamiento de cuencas hidrográficas y de asentamiento humanos. A nivel global, coadyuvan a las emisiones de gases de efecto invernadero que conllevan al cambio climático (Bocco & Masera, 2001).

El cambio de cobertura y uso del suelo es un proceso dinámico, originado por acción del hombre, que cada vez es más evidente. Estos procesos de cambio son cada vez mayores y ocurren con rapidez, generando la pérdida de cobertura boscosa disminuyendo la cantidad y calidad del recurso hídrico, así como del suelo; afectando así a las comunidades aledañas. En las zonas andinas y amazónicas, los bosques nativos han sido sobrexplotados por los asentamientos poblacionales, donde se ha cambiado la vocación del suelo por otros no aconsejables ambientalmente (CORPONARIÑO, 2008).

La alarmante reducción de los bosques naturales tiene demoledores efectos sobre la biodiversidad global en tanto afecta de modo irreversible la flora y fauna dependiente. La satisfacción de requerimientos socio-económicos inmediatos torna vulnerable el presente y el futuro de las comunidades humanas vivientes y, más aun, el de las que han de sucederlas. En ese sentido se torna necesario revertir la pérdida de cubierta forestal a través de la ordenación sostenible de los bosques, lo cual entraña actividades de protección. Ello implica restaurar, reforestar, forestar, prevenir la degradación de los bosques, mitigar los incendios, controlar las plagas por insectos y enfermedades, responder rápidamente a las catástrofes naturales, contener las especies invasivas.

1.2. Antecedentes

Ruiz *et al.*, (2013), realizaron la investigación “Análisis multitemporal del cambio de usos de suelo, en el paisaje terrestre protegido Mirafior Moropotente Nicaragua, 1993-2011” con el objetivo de evaluar el cambio de uso de suelo en el paisaje terrestre Mirafior Moropotente en el periodo 1993-2011, a través de imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje. Los cambios de usos de suelo fueron derivados de la clasificación de tres imágenes satelitales Landsat TM, con una resolución espacial de 30 metros tomadas en febrero de 1993, abril del 2000 y enero 2001. Realizaron verificación en campo para la identificación de coberturas de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales. Los resultados muestran que los cambios de uso de suelo están determinados por la degradación antrópica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería.

Mendoza y García (2009), llevaron a cabo la investigación “Análisis multitemporal de uso y cobertura de suelo en el municipio de Manaure-Guajira-Colombia, implementando imágenes Landsat” con el objetivo de evaluar el uso y cobertura de suelo, se analizó dos imágenes Landsat (TM julio de 1986 y ETM julio 2002). El procesamiento digital de imágenes se llevó a cabo en el software libre GRASS GIS, la metodología asociado con el uso y la ocupación del suelo Corine Land Cover (CLC), esta metodología se realiza generalmente mediante clasificación visual, sin embargo, este proyecto implementó el clasificación supervisada con buenos resultados. Los resultados obtenidos fueron que mientras las tierras desnudas y degradadas aumentan en un 2,62%, la vegetación esclerófila disminuye en 1,15%. La investigación realizada no analiza los cambios de la población y actividades antrópicas que se desarrolla en el territorio en el periodo de estudio.

Norabuena y Orellana (2012), llevaron a cabo la investigación “determinantes de la deforestación en la amazonia” con el objetivo de determinar la importancia del ser humano en la destrucción de la amazonia al llevar a cabo sus actividades de subsistencia. La metodología se basó en fuentes secundarias de internet, en donde se ha realizado una búsqueda de información para realizar el análisis descriptivo de los determinantes que producen la deforestación; es decir, se trabaja sobre realidades de hecho.

Meza y Díaz (2011), realizaron la investigación “Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales en la provincia del Padre Abad” con el objetivo de estudiar y analizar la deforestación y el cambio en el medio con la finalidad de interpretar los impactos ambientales que está ocasionando en la provincia, la investigación se realizó mediante el análisis multitemporal de mapas temáticos del año 1988 – 2007, elaborados mediante imágenes satelitales y superpuestas a fin de identificar los cambios en el uso de la tierra durante el periodo de estudio. Una vez identificadas las áreas deforestadas delimitaron las zonas a fin de cuantificar la superficie afectada. Los resultados muestran que las áreas de bosque húmedo de montaña y bosque húmedo tropical de clima alto, están consideradas como bosque de protección, que se encuentran en la ceja de selva, selva alta y baja; sin embargo, está siendo concesionada ocasionando deforestación en un porcentaje considerable.

Zuleta (2015), realizó la investigación estudio multitemporal de la deforestación en Colombia utilizando procesamiento de imágenes satelitales, con el objetivo de generar información confiable acerca de la distribución y usos de los bosques, que es un insumo de valor para estimar las tasas de deforestación y áreas degradadas de un país, la metodología utilizada fue la recopilación de información de investigaciones similares, de lo que concluyó que las fotografías aéreas digitales son una buena herramienta, para analizar áreas pequeñas; y cuando es necesario identificar especies dentro de una comunidad. Además, gracias a la alta resolución espacial permite tener imágenes de gran detalle, muy útiles en la realización de inventarios forestales y estimación de áreas degradadas de bosques. En esta investigación se hizo uso de las imágenes satelitales lo cual está directamente relacionado con esta investigación.

Salas *et al.*, (2016), realizaron la investigación, dinámica multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Florida, departamento de Amazonas, con el objetivo cuantificar la tasa de deforestación entre los años 1987 y 2013 en el distrito de Florida. Para ello, fueron utilizadas imágenes de satélite Landsat del sensor TM y OLI, de los años 1987, 2000 y 2013. El análisis fue realizado mediante clasificación supervisada, usando las siguientes clases: bosques, pastos y cultivos, arbustales y herbazales, cuerpos de agua, zona pantanosa, zona urbana, y áreas quemadas. Después de la clasificación se calcularon las áreas de cada clase. Se encontró una alta deforestación en el periodo 1987-2000, de 232,20 ha/año, con una reducción de 18,65 % de su área (16186,36 ha). Por el contrario, para el periodo 2000-2013 se encontró una baja tasa de deforestación de 19,52 ha/año.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Importancia de los bosques en el Perú

Siendo uno de sus principales recursos naturales renovables, sea por su extensión o por su importancia económica y no sólo son fuente de especies maderables, alimentos, medicinas, combustibles, etc., sino que producen servicios ambientales como el mantenimiento de las fuentes de agua, el hábitat de la diversidad biológica, regulación del clima, captura de carbono (CONAM, 2006). El escenario que presentan los bosques igualmente sirve para el turismo, recreación o la realización importantes actividades socioculturales de algunos habitantes (Suclupe, 2007).

Los grandes problemas que afronta el recurso forestal en el país es el de estar sometido a constante presión y depredación, como consecuencia de malas prácticas agropecuarias y de la venta ilegal de madera, siendo los responsables algunos campesinos que urgidos por la pobreza arremeten contra los bosques en busca de nuevas áreas de cultivo o comerciantes que hacen caso omiso de las leyes que prohíben el tráfico de madera, ocasionando como tal la disminución de la cobertura vegetal (Suclupe, 2007).

1.3.2. Geomática.

El término Geomática fue creado en la Universidad Laval en Canadá en la década de 1980, basado en el concepto de que el creciente potencial de la computación electrónica que estaba revolucionando los estudios y las ciencias de representación y que el uso del diseño computarizado (video-gráfico) era compatible con el tratamiento de grandes cantidades de datos. Intuición revolucionaria ese período se basó en la ubicación geográfica de cada objeto en nuestro planeta.

La geomática es la ciencia encargada de integrar los medios de captura, procesamiento y análisis de la data georreferenciada y como tal puede ser usada en diferentes aplicaciones, todas ellas útiles para el desarrollo de los países (Nichols, 2007).

Específicamente, la Geomática incluye las más modernas herramientas y técnicas interrelacionadas, tales como: Los sistemas satelitales de posicionamiento global (GPS, GLONASS, GALILEO, etc.), fotogrametría digital, cartografía digital, percepción remota, sistemas de información

geográfica, sistemas de toma de decisiones, geoestadística, SIG bajo web, etc., que están en constante desarrollo, lo que a su vez genera importantes avances en el conocimiento de sus campos de aplicación. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2010)

Como parte de la geomática, es importante definir dos conceptos con los que se trabajara de manera muy estrecha a lo largo de la presente investigación: la teledetección y los SIG. Según Chuvieco (1996), el primero de ellos constituye una técnica que permite obtener información a distancia de los objetos sobre la superficie terrestre. En ella existen tres elementos principales: sensor, objeto observado y flujo energético que relacione los dos primeros. La principal herramienta de teledetección está constituida por las imágenes de satélites. Por otro lado, el segundo de ellos, constituye otra herramienta de almacenamiento, manipulación y análisis de información georreferenciada que se complementa con la teledetección.

1.3.3. Deforestación

La deforestación se atribuye a causas directas y subyacentes (Meyer & Turner II, 1992; Myers, 1991). Las causas subyacentes o los procesos sociales pueden tener impacto indirecto tanto a nivel nacional como global. Por su parte las causas directas, son las actividades humanas que afectan directamente al ambiente y constituyen la fuente principal del cambio en el uso de suelo (Lambin *et al.*, 2001). Las causas principales de deforestación incluyen el desarrollo del sistema de transporte carretero, los incentivos del gobierno para la agricultura, el financiamiento de proyectos a gran escala tales como presas hidráulicas, y explotación de la tierra (PNUMA & SEMARNAT. 2006).

Las causas de la deforestación, se pueden agrupar en tres grandes categorías: Expansión de cultivos y de pastos; explotación forestal y la expansión de infraestructura (Meyer & Turner II, 1992; Myers, 1991; Ojima *et al.*, 1994; Achard *et al.*, 1998 y 2002; Angelsen, 1999; Lambin *et al.*, 2001; Carr, 2004)

Las tasas de deforestación han aumentado rápidamente (Turner II, 2001), especialmente en las zonas tropicales (Achard *et al.*, 1998 y 2002). En el Perú, la superficie deforestada entre 1985-1990 fue de 261,000 ha/año; en base a este dato, se estimó que la superficie deforestada al año 2000 sería de 10,5 millones ha; sin embargo, al actualizar el mapa forestal (2000), se tenían 7,3 millones de

ha; y con el Proyecto PROCLIM (2005), se confirma la superficie de 7,2 millones de ha. Esta superficie deforestada, representa el 9,25% de la superficie amazónica peruana y el 5% del territorio nacional. El promedio anual de deforestación entre los años 1990 y 2000, encontrado es: 149,631 ha/año (PROCLIM – INRENA, 2005).

La deforestación es la pérdida de bosques o masa forestal, causada por la actividad humana, principalmente por la industria maderera y de transformación, la tala indiscriminada para ganar tierras en la agricultura, uso de leña, construcción de carreteras, incendios, etc. generando desequilibrio ecológico, pérdida de la biodiversidad e incremento en el calentamiento del planeta. (INEI, 2009).

La deforestación es el proceso de pérdida de los bosques o masas forestales, fundamentalmente causada por la actividad humana, tala o quema de árboles accidental o provocada. Está directamente causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para la agricultura.

La deforestación es una de las modalidades más drásticas de las alteraciones de la cobertura de la tierra que se producen por acción humana. La tala continua ha reducido la superficie cubierta por los bosques a una cantidad estimada a 40 millones de km² de los cuales 12 millones son bosques abiertos. La lectura de imágenes satelitales permite actualmente una evaluación directa y más precisa del proceso de deforestación y su expansión durante los últimos 25 años (García, 2012).

1.3.4. Migración

Estudios realizados por Brandao & Souza (2006), en la Amazonía brasilera indican que los proyectos de asentamiento creados en la década del setenta son otro importante factor de presión sobre la Amazonía; manifiestan que entre 1970 y 2002 más de 1,300 asentamientos fueron creados, ocupando más de 230,000 kilómetros cuadrados, concentrados fundamentalmente en el llamado “arco de deforestación”. Estos asentamientos están muy relacionados con actividades agrícolas y madereras. La tasa de deforestación en el área de los mismos fue de 1,8 por ciento anual entre 1997 y 2004, cuadruplicando la tasa del resto de la Amazonía.

En el Perú, así como ha existido la ocupación planificada de las tierras para desarrollar actividades agrícolas, pecuarias y forestales en tierras boscosas, también, ha existido y sigue existiendo la actividad agrícola migratoria ilegal y desordenada, sin ningún tipo de planificación. En ambos casos, la deforestación resulta inminente (IIRSA-SUR, 2006).

El incremento de la población andina, cada vez con menos posibilidades de tener tierras para vivir, como única opción, le queda migrar a la selva y posesionarse del bosque, inicialmente en forma ilegal, luego en forma legal (IIRSA-SUR, 2006).

1.3.5. Teledetección

El vocablo teledetección deriva del francés “teledetection”, traducida en 1967 al termino anglosajón “remote sensing” o percepción remota. Definir el concepto de teledetección no es sencillo ya que no existe una definición única, universalmente aceptada. En su más amplio sentido se entiende por teledetección o percepción remota “la adquisición de información sobre un objeto a distancia, esto es sin que exista contacto material entre el objeto o sistema observado y el observador”. Esta definición incluye el caso más simple de teledetección que sería cuando nos asomamos a una ventana o cuando leemos un libro el ojo humano puede considerarse un sensor que obtiene información del entorno, pero también abarca otras técnicas de exploración como el sonar, la ecografía o el aeromagnetismo. La teledetección parte del principio de la existencia de una perturbación (energía electromagnética, campos gravitacionales, ondas sísmicas) que el sistema observado produce en el medio, la cual es registrada por el sistema receptor para, posteriormente, ser interpretada (Sobrino, 1989).

La teledetección es una técnica aplicada, y como tal muy dependiente del estado de desarrollo tecnológico existente en cada momento. Por cuanto que en ella se conjugan aspectos muy variados-ópticos y detectores del sensor, vehículo que lo sustenta, sistema de trasmisión, equipos de tratamiento, etcétera, las formas de teledetección han variado ostensiblemente en las últimas décadas. El crecimiento ha sido realmente vertiginoso, facilitando una progresión muy notable, tanto en la capacidad, como en la variedad y calidad de la información disponible para campos científicos muy variados (Chuvieco, 2002).

1.3.6. Cambio de uso del suelo

Lambin *et al* (2003), resalta la diferencia entre cobertura y uso del suelo, la primera está dada por los atributos biofísicos o antrópicos de la superficie terrestre y lo segundo está basado en la utilización que el hombre da a esos atributos; así pues, un área específica puede estar cubierta de pasto (cobertura), pero puede estar siendo usada para ganadería o una cancha de fútbol (recreación). También se hace referencia a la magnitud de los cambios, la conversión indica el reemplazo total de una cobertura por otra (café a caña) y la modificación, la cual implica sutiles cambios en la estructura de la cobertura, por ejemplo, la extracción selectiva de especies maderables de un bosque causa perturbaciones.

1.3.7. Análisis multitemporal de cambio de uso del suelo

Los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios entre dos o más fechas de referencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. Además, son útiles para planificar las medidas adecuadas para evitar su deterioro o asegurar su mejor conservación. “El objetivo de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas” (Chuvienco, 1990). En general, los esfuerzos de analizar y modelar los procesos de cambio de uso del suelo se orientan a responder las siguientes interrogantes: ¿cómo y por qué ocurre el cambio en el uso del suelo?, ¿dónde? Estas tres interrogantes fundamentales son abordadas a través de metodologías apoyadas en el uso de sensores remotos y análisis estadístico espacial (Sandoval *et al*, 2005).

1.3.8. Imágenes satelitales

Las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras.

Ofrecen una visión global de objetos y detalles de la superficie terrestre y facilitan la comprensión de las relaciones entre ellos que pueden no verse claramente cuando se observan a ras de tierra. El carácter "remote" de la teledetección proporciona una visión parcial del globo desde un lugar específico. Las imágenes de satélite muestran, literalmente, mucho más de lo que el ojo humano puede observar, al desvelar detalles ocultos que de otra forma estarían fuera de su alcance (SRGIS, 2005).

El valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites, que se suman a los que ya están en órbita. Al haber más satélites se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales, frecuencias de paso y detalles espaciales. A la vez que estos nuevos sensores espaciales hacen que las imágenes sean más útiles que nunca, ofrecen a los usuarios actuales mayores dificultades a la hora de escoger las más adecuadas (SRGIS, 2005).

Una imagen satelital es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales (Amézquia y Pérez, 2009)

Los satélites de observación de la Tierra obtienen datos en el menor tiempo posible para dar seguimiento a la evolución de un fenómeno. Nunca antes se tuvo tanta información acerca de la evolución de la superficie terrestre, y lo más sorprendente es la relativa rapidez para recibir los datos en tiempo real, en un centro de control, en la oficina o incluso en la casa (Villajos *et al.*, 2008)

Cada vez tenemos imágenes de mayor resolución, con mayor cantidad de bandas en el espectro electromagnético y mayor disponibilidad para los usuarios, lo que amplía su potencial de aprovechamiento para fines diversos (INEGI, 2015).

a. Landsat

La constelación de satélites Landsat (Land=tierra y sat=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. La forman 8 satélites de los cuales sólo se encuentran activos el 5 y el 8. Su mantenimiento y operación está a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Los satélites Landsat llevan a bordo diferentes instrumentos. Su evolución buscó siempre captar más información de la superficie terrestre, con mayor precisión y detalle, de ahí las mejoras radiométricas, geométricas y espaciales que se incorporaron a los sensores pasivos; el primero, conocido como Multispectral Scanner Sensor (MSS), seguido de Thematic Mapper (TM) que tiene mayor sensibilidad radiométrica que su antecesor y por último, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) que entre sus mejoras técnicas destaca una banda espectral (pancromática) con resolución de 15 metros (INEGI, 2015).

Las imágenes Landsat están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo las resoluciones espaciales varían de 15, 30, 60 y 120m (INEGI, 2015).

Especial mención merece el satélite Landsat-8 (tabla 1), lanzado al espacio en agosto de 2012, por sus 11 bandas y amplias posibilidades de combinación lo que permitirá un mayor aprovechamiento. Se incluyen de manera general sus características técnicas:

Tabla 1. Especificaciones de Landsat 8 OLI.

Atributo	Descripción
Tipo de Producto	Imagen L1T (Precision, Terrain Corrected) - ortorrectificada
Formato de Imagen	Archivo GeoTIFF Metadato en formato texto
Espaciamiento de pixel	15 m Pancromático 30 m Multiespectral
Tamaño de Producto	185 x 185 km
Correcciones Geométricas	Proyectadas a un datum y proyección cartográfica, usando un Modelo Digital de Elevación (SRTM) y puntos de control terrestre (GCP)
Datum Horizontal	WGS84
Proyección Cartográfica	UTM (Universal Transversa de Mercator)
	11 bandas:
	Aerosol costero (Coastal Aerosol) 430 – 450 nm
	Azul (Blue) 450 – 510 nm
	Verde (Green) 530 – 590 nm
	Rojo (Red) 640 – 670 nm
	Infrarrojo cercano (NIR) 850 – 880 nm
	SWIR 1 (SWIR 1) 1570 –1650 nm
	SWIR 2 (SWIR 2) 2110 – 2290 nm
	Pancromático (Pan) 500 – 680 nm
	Cirrus (Cirrus) 1360 – 1380 nm
	Infrarrojo térmico (TIRS) 1 10600 – 11190 nm
	Infrarrojo térmico (TIRS) 2 11500 – 12510 nm
Bandas Espectrales	
Resolución Radiométrica	12 bits

Fuente INEGI

1.3.9. Modelo digital de elevación (MDE)

Llamados también modelos digitales del terreno, estos conjuntos de datos contienen medidas de la elevación del terreno obtenidas aplicando procedimientos fotogramétricos a pares de imágenes estereoscópicas traslapadas. Los MDE se usan con frecuencia para crear modelos tridimensionales y en los programas informáticos de visualización comúnmente usados en ingeniería civil, cartografía geológica y simulación de vuelo. Actualmente existen dos conocidos satélites que toman imágenes con un par estereoscópico: Ikonos y Aster de los cuales se pueden obtener modelos de elevación digital a 1 y 15 metros respectivamente (Eastman, 1999).

1.3.10. Sistema de información geográfico.

Un sistema de información geográfica es el conjunto de elementos ordenadamente relacionados entre sí de acuerdo a ciertas reglas. Sus principales componentes son: contenido, equipo básico, equipo lógico administrador y usuario.

Particularizando este concepto para los sistemas de información geográfica (SIG o GIS) se han dado multitud de definiciones, de las cuales se mencionarán en seguida las cuales son consideradas las más relevantes:

Aronnof (1991) “un sistema de información geográfica (GIS) es un sistema basado en el ordenador (CBS) que proporciona los cuatro siguientes conjuntos de capacidades para el manejo de datos georreferenciados: entrada de los datos, gestión de los datos (almacenamiento y recuperación) manipulación y análisis y salida de los datos”. Esta definición es igual en la mayoría de las existentes en la literatura actual, está basada en las funciones que son necesarias en un SIG (Lantada & Núñez, 2003).

En otras ocasiones, se hace un especial énfasis en funciones tales como la gestión de los datos y especialmente en el análisis y otras características distintivas de un SIG. En ella se basa la definición dada por la National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA, 1990): *“un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión”.*

Los SIG, aunque den la impresión de ser aplicaciones meramente prácticas, basadas en un programa concreto, trabajan con una metodología propia y poseen un núcleo teórico importante en el que se combinan conceptos de diferentes disciplinas (topología, estadística espacial, geometría computacional) (Lantada & Núñez, 2003).

1.3.11. Componentes de los SIG

Los componentes de un SIG son los mismos que para cualquier sistema de información (figura 1): hardware, software, procesos, datos, recursos humanos. Si bien los componentes difieren en niveles de complejidad, costos y plazos de implementación, todos son igualmente importantes y necesarios, es decir un SIG no es simplemente “computadoras y programas”, sino un sistema de información especializado con necesidades especiales que requieren, además de seleccionar e instalar computadoras y aplicativos, identificar e implementar procesos, diseñar y elaborar el modelo del espacio geográfico e involucrar y capacitar a los recursos humanos de las áreas donde dicho sistema funcionará. Además de los componentes principales existen otros elementos que también intervienen en un SIG y que no pueden ser desconsiderados. Uno de ellos es la institución donde se implementará el sistema lo que significa considerar los aspectos legales, económicos, políticos y culturales que influirán en el diseño, desarrollo y operación del sistema. (Vga, 2012)

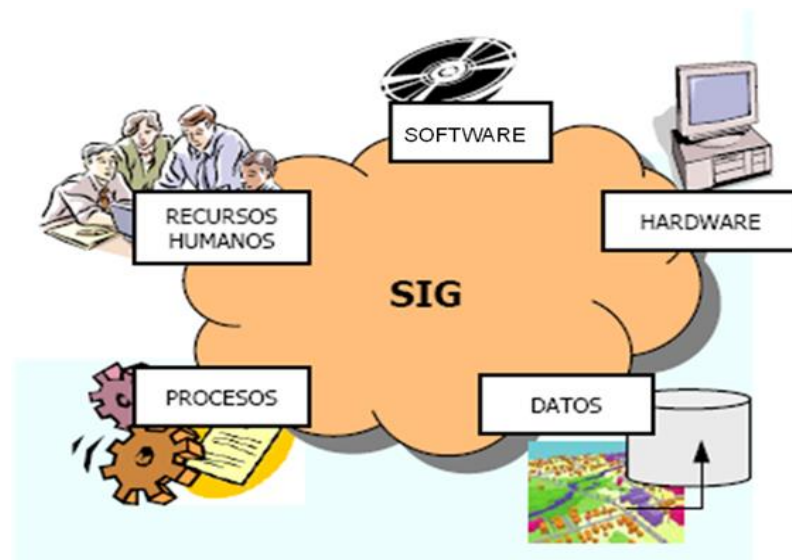


Figura 1. Componentes del SIG

a. Hardware

Este componente representa el soporte físico del SIG. Está conformado por las computadoras donde se desarrollan las distintas tareas de administración y operación del sistema, por los servidores donde se almacenan los datos y se ejecutan ciertos procesos, por los periféricos de entrada (como mesas digitalizadoras, scanner, dispositivos de lectura de archivos, etc.), los periféricos de salida (como los monitores, impresoras, plotter, etc.) y todos los componentes de la red informática. (Vga, 2012)

b. Software

Este componente representa el soporte lógico del sistema. Está conformado no sólo por el software y las aplicaciones SIG, sino también por los sistemas operativos, los sistemas de administración de bases de datos relacionales, los lenguajes de programación necesarios para el mantenimiento y desarrollo de las aplicaciones y otros programas especializados, como para el procesamiento de imágenes satelitales, de dibujo (CAD), paquetes estadísticos, etc.

A nivel de software SIG, actualmente pueden encontrarse una gran variedad de productos (tabla 2), con distintos fines, capacidades, tipos de datos que pueden trabajar, simplicidad de operación y aprendizaje, niveles de costos, etc. Según los distintos usuarios del sistema, deberán definirse y adquirirse el software SIG adecuados para cada puesto de trabajo. (Vga, 2012)

Tabla 2. Softwares SIG

Softwares SIG	
Comercial	Libre
ArcGIS	GvSIG
Geomedia	Udig
Mapinfo	Jump
Manifold	Grass
Autodesk Mapguide	Quantum GIS
Idrisi, etc.	Ilwis, etc.

c. Procesos

Los procesos definen qué tareas, utilizando los datos y recursos tecnológicos, serán realizadas por el sistema. Definen el Qué del Sistema.

Una definición clara de los procesos a ejecutar resulta imprescindible para una correcta identificación de las necesidades de software, aplicaciones, conformación de la base de datos, hardware y capacitación como se puede ver en la figura 2.

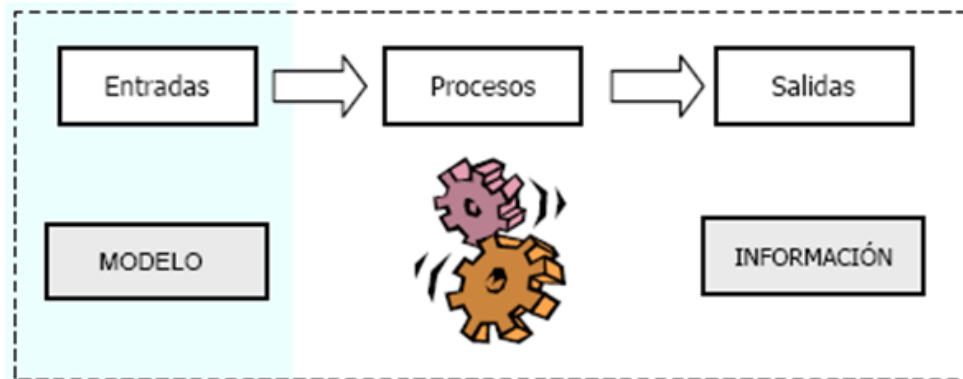


Figura 2. Proceso de los SIG

d. Datos

Queda representado físicamente por una base de datos almacenada en un servidor, en el caso de sistemas corporativos o por un conjunto de archivos almacenados en el puesto de trabajo, en el caso de SIG pequeños u orientados a un proyecto específico.

La base de datos contiene el conjunto de datos que representan (a través de un modelo) el espacio geográfico sobre el cual la organización actúa y se dirigen sus políticas y decisiones.

La base de datos queda conformada por elementos gráficos, que definen la geometría de los elementos geográficos y atributos, que son las características de dichos elementos. Los elementos gráficos quedan definidos por coordenadas que, a la vez que definen la forma y dimensiones, permiten ubicar desde un punto de vista absoluto (coordenadas geográficas o proyectivas en un sistema real) los elementos e identificar sus relaciones respecto de los demás elementos (topología).

Desde el usuario, la base de datos es visualizada como capas de información de distintas temáticas (calles, manzanas, ríos, usos del suelo, etc.) del espacio bajo análisis.

e. Recursos humanos

Los recursos humanos que administrarán y utilizarán el SIG son otro componente del sistema, tan importante cuanto los demás. Sin embargo, la preparación de este componente no resulta tan sencilla como los componentes técnicos. Trabajar con los recursos humanos, conformar los equipos, producir cambios en sus hábitos de trabajo, brindar capacitación y obtener resultados en los procesos de trabajo, son tareas difíciles de llevar adelante y la importancia y esfuerzos que se dediquen en este sentido no deben ser subestimados (Fernández, 2014).

Al diseñar e implementar un SIG, deben identificarse claramente los distintos roles de los recursos humanos clave. Además de los usuarios finales, normalmente es imprescindible la conformación de áreas que sirvan de soporte especializado al sistema, donde pueden encontrarse programadores, analistas de sistemas, administradores de bases de datos, especialistas en cartografía, etc.

La capacitación es el medio para gestionar adecuadamente los recursos humanos y obtener los cambios necesarios para su adecuado funcionamiento, debe ser vista como un “proceso” en el que se adquieren “nuevos conocimientos, habilidades y actitudes” y no simplemente como “cursos de operación” de aplicativos.

1.3.12. Puntos de control terrestre (GCPs).

Los GCPs son píxeles específicos de una imagen para los cuales se conoce las coordenadas cartográficas de salida (u otras coordenadas de salida). Los GCPs consisten en dos pares X, Y de coordenadas:

- Coordenadas fuente. - usualmente coordenadas de archivo de los datos de la imagen que se va a rectificar.
- Coordenadas de referencia. - las coordenadas del mapa o de la imagen de referencia a la cual la imagen fuente se va a registrar.

El termino coordenadas cartográficas se usa en algunas veces para referirse a coordenadas de referencia. Estas coordenadas no están limitadas a coordenadas cartográficas. Por ejemplo, en registro imagen a imagen, las coordenadas no son necesarias.

Tener GCPs exactos es esenciales para una rectificación exacta. A partir de los GCPs, se extrapolan las coordenadas rectificadas de todos los demás puntos de la imagen (ERDAS, 2014).

Entre más separados estén los GCPs más confiable es la rectificación. Los GCPs para imágenes a escala grande pueden incluir la intersección de dos vías, las pistas de aterrizaje, los corredores de servicios públicos, torres o edificios. Para imágenes a escala pequeña se puede usar elementos tales como áreas urbanas o rasgos geológicos. Elementos variables (por ejemplo, los límites de lagos u otros cuerpos de agua, vegetación, etc.) no deberían usarse (ERDAS, 2014).

1.3.13. Georreferenciación

La georreferenciación o rectificación es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. Existen por tanto dos sistemas de coordenadas: el sistema origen y el sistema destino. Este proceso es determinado con una relación de posiciones entre elementos espaciales en ambos sistemas, de manera que, conociendo la posición en uno de los sistemas de coordenadas es posible obtener la posición homóloga en el otro sistema. La georreferenciación se utiliza frecuentemente en los sistemas de información geográfica (SIG) para relacionar información vectorial e imágenes ráster de las que se desconoce la proyección cartográfica, el sistema geodésico de referencia, o las distorsiones geométricas que afectan a la posición de los datos (Davila & Camacho, 2012)

1.3.14. Clasificación no supervisada

Según Rodríguez *et al.* (2007), este método de mapeo de clases no requiere de campos de prueba. El agrupamiento de clases es meramente estadístico y depende de la capacidad del algoritmo aplicado de asociar el valor del pixel registrado en la imagen satelital con la evaluación de las firmas espectrales obtenidas al finalizar el proceso.

Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen. No implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo que la intervención humana se centra más en la interpretación, que en la consecución de los resultados (Chuvienco, 1990).

1.3.15. Clasificación supervisada

Según Rodríguez *et al.* (2007), en el método de clasificación supervisada, cada estrato es considerado como campo de prueba por lo cual puede mencionarse que la firma espectral en unidades de energía corresponde a la verificada en campo. En la clasificación supervisada se representa la decisión a priori de la selección de clases espectrales de los patrones de la cubierta del suelo que un analista puede identificar. Es importante mencionar que el mapeo de clases aplicando este método de identificación depende íntegramente del conocimiento a priori del analista, sobre la cubierta del suelo a fotoidentificar. La clasificación de una imagen digital consiste en categorizar una imagen multibanda. Se pasa de tener un nivel digital continuo medidos por los sensores a una escala nominal o categórica de manera que cada píxel pertenece a una categoría definida previamente. El nivel digital de un píxel clasificado es, en definitiva, el identificador de la clase o categoría en la que se haya incluido. Estas clases pueden describir distintos tipos de cubiertas (variable nominal o categórica) o bien intervalos de una misma categoría de interés (variable ordinal). Un ejemplo del primer tipo sería una clasificación de distintos tipos de cubierta vegetal, en cambio uno del segundo tipo sería un intento de clasificar distintos niveles de daño producidos por un incendio.

La clasificación se caracteriza fundamentalmente por la necesidad por parte del usuario de definir con la máxima precisión cada una de las categorías que este pretende discriminar, antes de seleccionar. Estas categorías también se pueden determinar a partir de un programa que calcule las concentraciones de clusters similares (Castleman, 1996).

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajo de campo. Esta mayor familiaridad con la zona test, permite al interprete delimitar sobre la imagen unas áreas piloto, que se consideran suficientemente representativa de las categorías que comprende la leyenda (Chuvienco, 1990).

1.3.16. Clasificación Corine Land Cover

La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir la utilización de imágenes de satélite de resolución media

(Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas. La base de datos de Corine Land Cover Colombia permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas. El esquema metodológico Corine Land Cover (figura 3) contempla las siguientes etapas: adquisición y preparación de la información; análisis e interpretación de las coberturas; verificación de campo, control de calidad y generación de la capa temática escala 1 (Melo & Camacho, 2005).

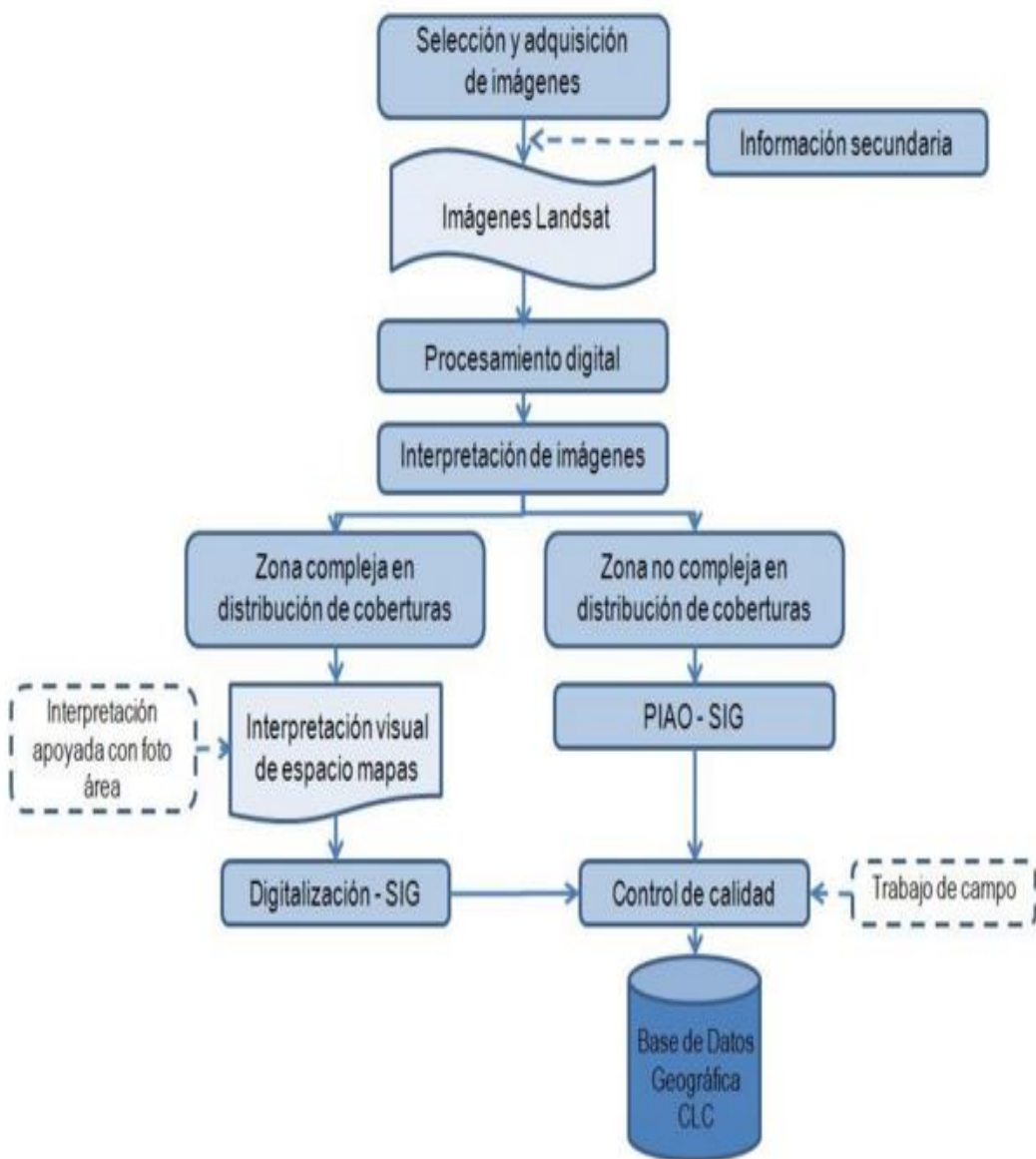


Figura 3. Esquema Metodológico de Corine Land Cover

1.4. Objetivos

a. Objetivo general

Evaluar la deforestación a través de un análisis multitemporal periodo 1986-2015 en el distrito de Molinopampa.

b. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la tasa de deforestación en el periodo 1986- 2015.
- ✓ Proponer actividades para el manejo de recursos naturales en el distrito de Molinopampa.

1.5. Hipótesis

En el primer periodo de estudio, el deterioro de los bosques primarios en el distrito de Molinopampa fue más alto debido a la intervención antrópica.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Molinopampa (figura 4), provincia Chachapoyas, departamento Amazonas.

Este distrito se encuentra a 42 km al este de la ciudad de Chachapoyas capital del departamento de Amazonas (APROCOM, 2015). Tiene una extensión territorial de 34821,20 ha y se encuentra a 2407 m.s.n.m; cuenta con 9 anexos los cuales son: Huazcasala, Espadilla, Santa Cruz del Tingo, Ocol, San José de Dallavoz, Izcuchaca, Huamazan, Casmal y Pumarmana. El distrito de Molinopampa cuenta con una densidad poblacional de 2740 habitantes (INEI, 2015).

De acuerdo a Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el distrito de Molinopampa tiene una precipitación promedio de 1,200 mm/año, predomina el clima frío y los suelos son generalmente de textura ligera, francos y franco arenosos, bastante profundos y con alto contenido de materia orgánica, el pH es ácido y ligeramente ácido (Rivera, 2016).

En este distrito se encuentra el Bosque de palmeras de la comunidad Taulia Molinopampa que en septiembre de 2012 fue reconocida oficialmente como área de conservación privada mediante Resolución Ministerial N° 252-2912-MINAM, en esta área existen ecosistemas singulares y endémicos como el bosque de palmeras de género *Ceroxylon*. Este es un género único de palmeras que puede llegar a vivir a más de 2500 m.s.n.m.

✓ Limite distrital:

- Norte: Distritos Quinjalca y Granada
- Sureste: Provincia de Rodríguez de Mendoza
- Suroeste: Distrito de Cheto
- Oeste: Distrito de San Francisco de Daguas y Sonche

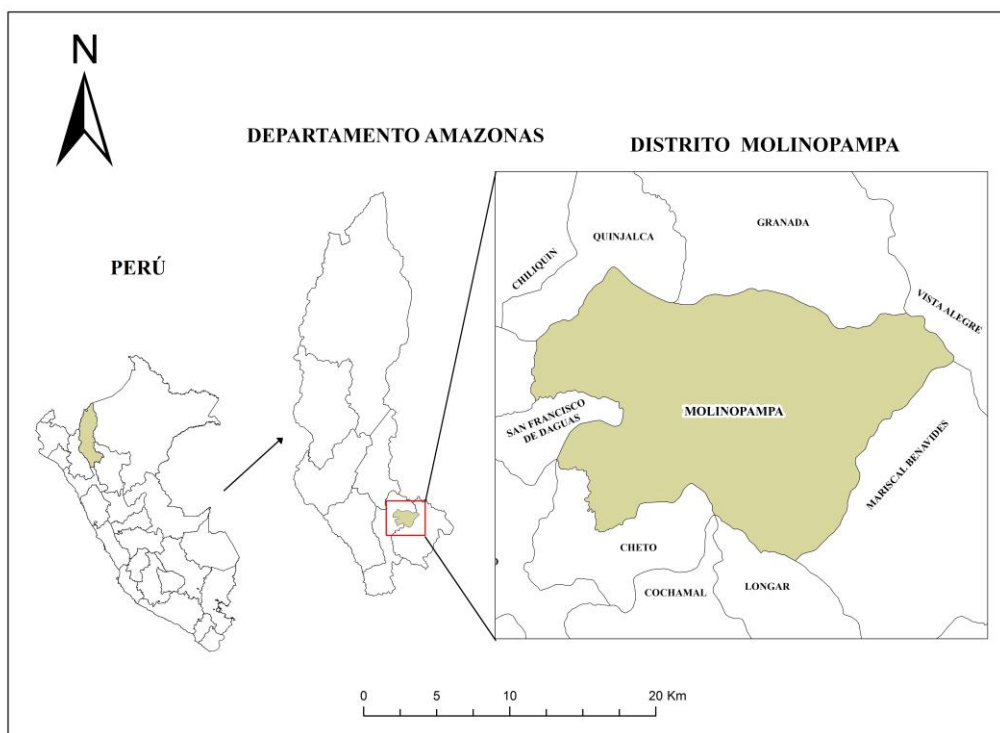


Figura 4. Mapa de ubicación

2.2. Características socioeconómicas de la zona

De acuerdo la Zonificación Económica y Ecológica de Amazonas (ZEE) el área de estudio presenta una fisiografía bastante heterogénea, cuenta con terrenos planos y generalmente colinas con corta pendiente; con respecto a su manejo de tecnología de pastoreo, actualmente realizan el sembrado de pastos utilizando cercas eléctricas para separar las áreas de pastoreo.

Según la proyección de población (INEI, 2015), el distrito de Molinopampa cuenta con una población de 2 740 habitantes, de las cuales 773 son ganaderos. (Oliva *et al.*, 2015), la capacidad de usos de los suelos es de 11 363,75 hectáreas aptas para pastos. (Oliva *et al.*, 2015), de las cuales 1 543,58 hectáreas son destinadas a pastos cultivadas. Según la (Dirección Regional de Agricultura de Amazonas, 2015), en la campaña agrícola 2014 – 2015, la producción de pastos en el distrito de Molinopampa fue de 17 819,00 t. con predominancia de crianza de ganado vacuno sobre ovino o porcino, destacándose que hay casi ocho mil cabezas de ganado de los cuales hay aproximadamente 2 918 vacas en producción durante el año. El promedio de litros/vaca/ día es de 6 litros (INEI, 2012). La crianza de ganado vacuno es aun extensiva; sin embargo, hay una tendencia al cambio con la introducción de nuevas razas, el mejoramiento genético mediante inseminación artificial, la construcción de instalaciones para el ordeño y la manipulación adecuada de la leche fresca. El ganado

que está en crecimiento, los machos adultos y las vacas que no están en producción se alimentan en potreros con pastos naturales y aquellas vacas que están en producción, el ganado que se usa como fuerza de tiro y los que se destina para el mercado son alimentados con pastos cultivados (APROCOM, 2015).

a) Zonas de vida

Las zonas de vida presentes en el área de estudio son tres, las cuales son: a) Bosque muy húmedo Montano bajo Tropical, b) Bosque húmedo Montano bajo Tropical y c) Bosque seco Montano bajo Tropical (IIAP/GRA, 2010).

b) Geomorfología

El área de estudio geomorfológicamente se caracteriza por presentar montañas altas calcáreas mesozoicas, montañas altas estructurales de la cordillera interandina, montañas altas estructurales de la cordillera Ventilla-Quinguiza, montañas bajas estructurales de la cordillera Ventilla-Quinguiza, valle sinclinal de la cuenca Huamanpata (Castro, 2010).

c) La vegetación

En el área de estudio se puede diferenciar comunidades Alto andinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales, bosques con árboles medianos de montañas bajas subandinas orientales, bosques subandinos con palmeras de cerroxylon (Encamación y Zarate 2010).

d) Fisiografía

La fisiografía del distrito de Molinopampa se caracteriza por evidenciar Montañas altas de laderas empinadas, montañas altas de laderas moderadamente empinadas y montañas altas de laderas muy empinadas en tierras cálidas templadas y montañas altas de laderas muy empinadas, montañas altas de laderas empinadas en tierras frías (Escobedo, 2010).

e) Uso actual de suelo

En el distrito de Molinopampa hay un alto predominio del frente productivo de predominio ganadero seguida por el frente de conservación de tierras de protección, también se encuentra frente productivo de predominio de cultivos andinos y en menor escala la reserva municipal de la cuenca del río Huamanpata (Ramírez, 2010).

2.3. Material

2.3.1. Material de investigación

En la presente investigación, el material de estudio fue el distrito de Molinopampa y los factores que contribuyeron a la deforestación.

2.3.2. Material cartográfico y satelital

El material cartográfico y satelital utilizado fue:

- Cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional escala 1: 100 000 (13H)
- Capa vectorial de los límites provinciales, distritales del instituto Nacional de estadística (INEI)
- Imágenes satelitales del satélite Landsat 5 TM y 8OLI pertenecientes Path 9 y Row 64

2.3.3. Materiales y equipos

- Leyenda Corine Land Cover
- Libreta de campo
- GPS Garmin Montana 650, precisión 3m
- Cámara fotográfica
- Laptop Procesador i5
- Impresora

2.3.4. Software

- ArcGIS v. 10.3
- ERDAS Imagine 2014
- Google Earth
- MapSource v. 6.3
- Microsoft Office v. 2013

2.4. Métodos

Para la evaluación multitemporal de la deforestación en el distrito de Molinopampa, se utilizó la metodología presentada en el siguiente flujograma metodológico (figura 5)

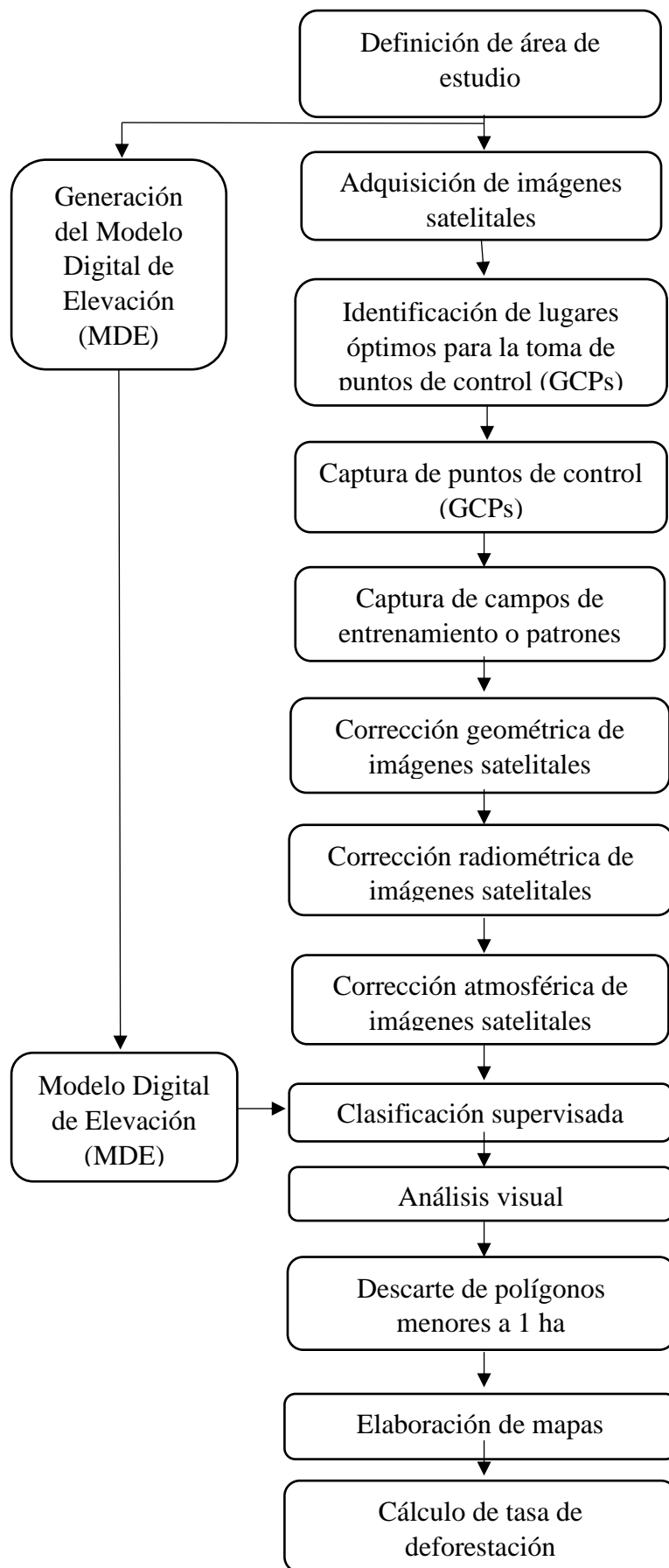


Figura 5. Flujograma metodológico

2.4.1. Fase Preliminar

2.4.1.1. Adquisición de imágenes satelitales

Las imágenes utilizadas fueron tomadas del satélite Landsat; teniendo en cuenta la disponibilidad de las imágenes se eligieron imágenes del satélite Landsat 5 TM y 8 OLI, descargada en forma gratuita del portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) mediante la metodología propuesta por el (MINAM, 2014), estas imágenes se caracterizaron por tener un máximo de nubosidad del 20%, estas imágenes fueron tomadas en estación seca (agosto)

Las imágenes utilizadas cuentan con una resolución espacial de 30 x 30, resolución radiométrica de 8 bits y el área de cobertura de 183 km x 170 km como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Datos de las imágenes utilizadas en la investigación

Imagen	Año	Path	Row	Fecha	Azimut solar	Elevación del sol
Landsat 5TM	1986	9	64	23/08/1986	65,577	48,399
Landsat 5TM	1992	9	64	07/08/1992	59,411	45,963
Landsat 5TM	2000	9	64	29/08/2000	66,238	53,422
Landsat 5TM	2007	9	64	01/08/2007	51,432	51,305
Landsat 8OLI	2015	9	64	07/08/2015	52,098	53,539

Fuente: Elaboración propia

2.4.1.2. Generación del Modelo Digital de Elevación (MDE)

El modelo digital de elevación (MDE) fue generado a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a una resolución de 30m y una escala de salida de 1/100 000 esta información cartográfica incluye: curvas de nivel ríos y lagunas; mediante el software ArcGIS a través de la herramienta “*topo to raster*” del software anteriormente mencionado.

2.4.1.3. Identificación de lugares óptimos para la toma de puntos de control (GCPs).

Para la ubicación de los GCPs se empleó la metodología propuesta en el manual (ERDAS , 2014) , la que da a conocer que los GCPs deben estar ubicados en zonas fijas tales como intersecciones de ríos , puentes y tramos de carreteras ; con la ayuda del software Google earth y las imágenes satélites se identificó los lugares probables donde se capturaron los puntos , con estos datos obtenidos se realizó un mapa base que se utilizó en la fase de campo en la toma de cada GCP con un GPS navegador , se capturaron un total de 40 GCPs , los cuales sirvieron al realizar la ortorectificación de las imágenes satelitales en las que se trabajó .

2.4.2. Fase de campo

2.4.2.1. Captura de puntos de control (GCPs)

Utilizando el mapa base se ubicó los GCPs y con la ayuda de un GPS navegador se capturaron un total de 40 puntos de control, lo cual sirvió para realizar la corrección geométrica de las imágenes satelitales (anexo 2).

2.4.2.2. Captura de campos de entrenamiento o patrones

La captura de los campos de entrenamiento se tomó al azar a lo largo de todo el recorrido del distrito de Molinopampa (tabla 4), estos fueron tomados con la ayuda de un GPS navegador, estos patrones sirvió para tener en cuenta los estratos o usos de los suelos cuando se hizo la clasificación supervisada.

Tabla 4. Campos de entrenamiento

Id	Este	Norte	Elevación	Descripción
1	216045	9307400	2273 m	Pasto
2	215826	9307712	2302 m	Pasto
3	207369	9324424	2840 m	Pasto
4	205189	9328216	2802 m	Pasto
5	215634	9306080	2326 m	Pasto
6	215985	9307530	2291 m	Bosque
7	215979	9307471	2289 m	Bosque
8	216135	9307579	2273 m	Cultivo
9	216168	9307570	2273 m	Cultivo
10	215537	9306104	2338 m	Cultivo
11	207586	9323758	2851 m	Cuerpo de agua
12	216246	9306902	2223 m	Cuerpo de agua
13	205847	9319932	3311 m	Pajonal
14	215555	9306055	2335 m	Suelo desnudo
15	215927	9306529	2259 m	Zona urbana

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Fase de gabinete

2.4.3.1. Ortorectificación de imágenes satelitales

Este proceso involucró incluir parámetros geométricos a las imágenes (latitud y longitud), para ello se utilizó los GCPs, estos puntos estuvieron distribuidos en toda el área de estudio, con el propósito de reducir los errores al mínimo. Se empleó el software ERDAS Imagine 2014, con el método control de puntos y el modelo polinomial, con lo cual se alcanzó un error cuadrático medio (RMS) de 0,08, con la finalidad de brindar datos de elevación a las imágenes satelitales se hizo uso de un modelo digital de elevación (MDE).

2.4.3.2. Corrección radiométrica de imágenes satelitales

Se realizó la calibración radiométrica de las imágenes ya que idealmente cualquier superficie capturada en dos diferentes imágenes de satélite (con el mismo sensor) debería aparecer con los mismos valores de intensidad. En la práctica esto nunca es así debido a las desiguales condiciones atmosféricas y de iluminación con las que cuentan es por eso que hace necesaria la corrección radiométrica de las imágenes (Ambrosio *et al.*, 2002); en ese sentido se llevó a cabo la corrección en sus niveles de radiancia y reflectancia propuestos por (Chander & Markham, 2003) obteniendo de las imágenes la reflectancia aparente según la ecuación:

$$\rho * k = \frac{\pi L_{senk} D}{E_{senk} \cos \theta_i}$$

Dónde: $\rho * k$ = Reflectancia planetaria o reflectancia aparente; L_{senk} = Radiancia espectral recibida por el sensor en la banda k en $mw / (cm^2.sr.\mu)$; D = es el factor corrector de la distancia Tierra – sol en unidades astronómicas; E_{senk} = Irradiancia solar medida fuera de la atmosfera en $Wsr^{-1}cm^{-2}\mu m^{-1}$ θ_i = Angulo cenit del Sol.

Para la ejecución de lo antes mencionado se empleó el software ERDAS Imagine 2014 mediante la herramienta Atcor, en este punto se utilizó los datos de latitud, longitud y fecha de captura de las imágenes satelitales, como también el modelo digital de elevación (MDE) con los que se obtuvo archivos de sombra, pendiente, aspecto y vista aérea, a la vez permitió calcular el azimut solar y el zenit solar.

2.4.3.3. Corrección atmosférica de imágenes satelitales

A partir de los resultados que se obtuvieron de la corrección radiométrica se realizó la corrección atmosférica, la cual sirvió para eliminar el efecto de las dispersiones de la radiación electromagnética originadas por parte de los gases y partículas en suspensión de la atmósfera como se puede ver en la figura 6. En ese sentido se calculó la reflectancia mediante la siguiente ecuación.

$$\rho_k = \frac{K\pi(L_{Sen,k} - L_{a,k})/\tau_{k,0}}{(E_{0,k}\cos\theta_i\tau_{k,i} + E_{d,k})}$$

Donde:

ρ_k = reflectividad real de la superficie terrestre

K= Distancia Tierra-Sol, en unidades astronómicas

$L_{Sen,k}$ = Radiancia espectral recibida por el sensor en la banda k
($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)

$L_{a,k}$ = Radiancia atmosférica debido a la dispersión en la banda k
($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)

$\tau_{k,0}$ =Trasmisividad atmosférica para el flujo ascendente en la banda k

$E_{0,k}$ = Irradiación solar en el techo de la atmósfera en la banda k ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$)

$cos\theta$ = Coseno del ángulo cenital del Sol

$\tau_{k,i}$ = Trasmisividad atmosférica para el flujo descendente en la banda k

$E_{d,k}$ = Irradiación difusa atmosférica debida a la dispersión en la banda k.

El procedimiento de corrección atmosférica se llevó cabo mediante la herramienta Atcor del software ERDAS Imagine 2014.

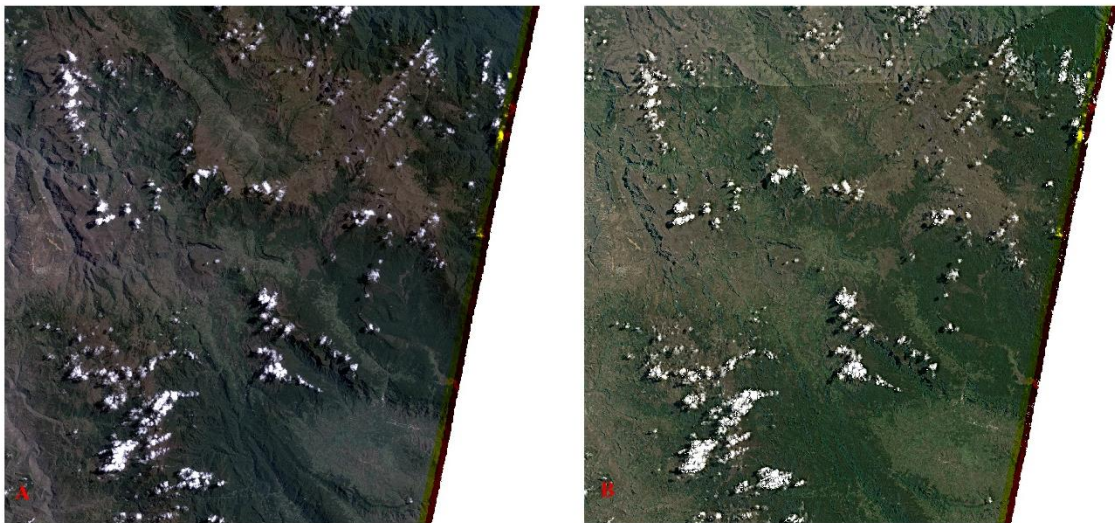


Figura 6. Imagen sin corregir (A), imagen con corrección atmosférica (B)

2.4.3.4. Definición de leyenda

La leyenda utilizada para clasificar las diferentes coberturas y usos del territorio, fue la leyenda Corine Land Cover modificada para Perú por el Ministerio del Ambiente (MINAM 2014). Esta leyenda cuenta con una estructura base constituida por 5 niveles con 106 clases de coberturas y usos de la tierra. Para este fin se utilizó la leyenda hasta el tercer nivel de las siguientes clases:

1. Área artificializada
 - 1.1. Áreas urbanizadas
 - 1.1.1. Tejido urbano
 - 1.2. Áreas industriales e infraestructuras
 - 1.2.1. Red vial
2. Áreas agrícolas
 - 2.4. Áreas agrícolas heterogéneas
 - 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
3. Bosques y áreas mayormente naturales
 - 3.1. Bosques
 - 3.3. Áreas con vegetación herbácea o arbustiva
Mosaico de arbustal y pajonal
 - 3.4. Áreas sin o con poca vegetación
 - 3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
5. Superficies de agua
 - 5.1. Aguas continentales
 - 5.1.1. Ríos
 - 5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes

2.4.3.5. Clasificación supervisada

Con base en la leyenda y con las imágenes ya corregidas, se realizó la clasificación supervisada de cada imagen (1986, 1992, 2000, 2007 y 2015), para atribuir categorías predeterminadas de los tipos de cobertura (uso de suelo) del área de estudio.

El uso de la clasificación supervisada es una herramienta adecuada para la separación de píxeles y el espacio multispectral de cualquier píxel en la imagen (Rodríguez *et al.*, 2003)









Se combinaron las bandas visibles (rojo, verde y azul) para identificar la vegetación y suelos (figura 7); mediante el software ERDAS IMAGINE 2014 se llevó a cabo la clasificación con la herramienta clasificación supervisada, mediante el método representación de espacio, es decir mediante la utilización de puntos de muestreo.



Figura 7. *Combinación de bandas visibles (infrarrojo lejano, infrarrojo próximo y rojo) falso color para análisis de vegetación, imagen Landsat 5 año 1986.*

Para la clasificación supervisada se tomó en cuenta 6 clases (tabla 5), dado que las imágenes satelitales Landsat no poseen la resolución para poder determinar más clases, las clases determinadas son:

Tabla 5. *Clases consideradas para el estudio*

Clase	Color
Tejido urbano	
Bosques	
Tierras desnudas	
Mosaico de pastos y cultivos	
Mosaico de pajonal y arbustal	
Lagunas	
Ríos	
Red vial	

2.4.3.6. Análisis visual

Con el fin de corroborar la información obtenida de la clasificación supervisada, se realizó la evaluación visual de cada imagen, corrigiendo algunas fallas o confusiones propios del software, estas fallas son fruto de las condiciones climáticas de las imágenes, tales como nubes y sombras de las mismas, también del relieve del área de estudio.

La finalidad de esta etapa fue eliminar errores y con ello dar la máxima veracidad a la información que se obtuvo.

2.4.3.7. Descarte de polígonos menores a 1 ha (limpieza)

Con fines de mayor exactitud en la cuantificación de áreas se procedió al descarte de polígonos menores a 1ha, esto nos permitirá eliminar pequeños polígonos que son generados como resultado de diferentes procesos (conversión de formato raster a vector, por ejemplo), así como eliminar las pequeñas diferencias de digitalización entre capas. Esto se hizo con la herramienta *eliminate* de ArcGIS (MINAN, 2014).

2.4.3.8. Elaboración de mapas y cálculo de áreas

Sobre la base de los procedimientos anteriores se procedió a la elaboración de los mapas mediante el software ArcGIS 10.3. El cálculo del área de cada clase también se realizó con ArcGIS 10.3 utilizando la herramienta *calculadora geométrica*.

2.4.3.9. Cálculo de tasa de deforestación

Para el cálculo de la tasa de deforestación se tomó en cuenta los datos de área de bosque de las imágenes satelitales, y para el cálculo de la tasa de deforestación propiamente dicha se utilizó la siguiente fórmula.

$$TDA = \frac{(\text{bosque año B} - \text{bosque año A})}{\text{Número de años del período (año A-año B)}}$$

Donde:

TDA = Tasa de deforestación anual

Bosque año A = área de bosque inicial (ha)

Bosque año B = área de bosque final (ha)

III.RESULTADOS

3.1. Determinación de la tasa de deforestación en el periodo 1986- 2015.

A continuación, en la figura 8, se da conocer el análisis realizado a través de las imágenes satelitales para la obtención de la tasa de deforestación.

En primer lugar, se muestra la cantidad de bosque que fueron deforestados en los periodos determinados para la investigación lo cual nos demuestra que el periodo 1986 – 1992 hubo mayor área deforestada y que en el período 2007 – 2015 menor deforestación.

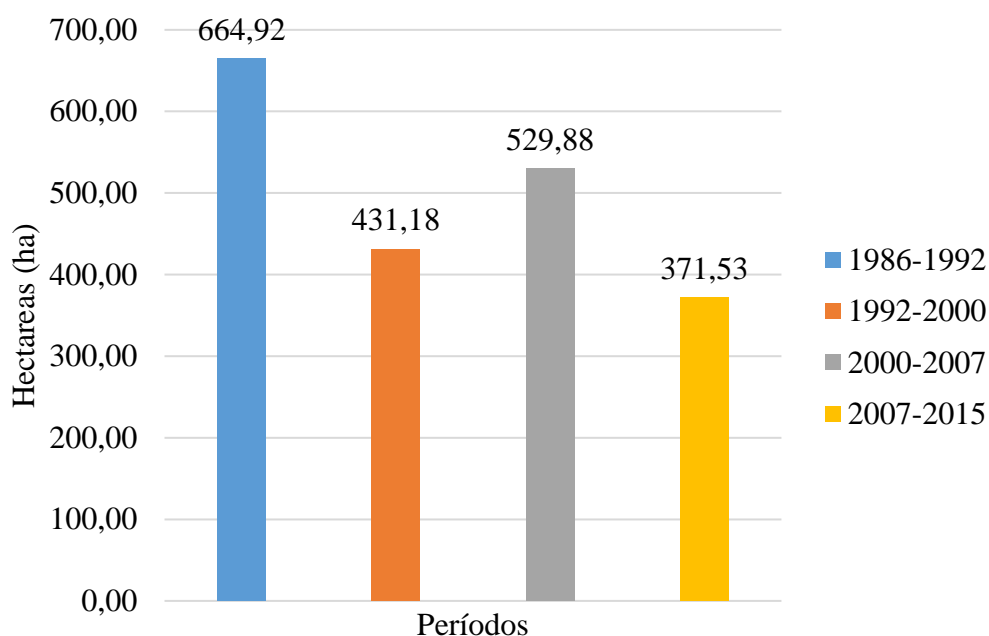


Figura 8. Áreas deforestadas por periodos

3.1.1. Uso de suelo del año 1986.

En la tabla 6, se muestra que en dicho año el tejido urbano del distrito Molinopampa fue el 0,07%, bosque 56,32%, tierras desnudas 8,27%, mosaico de pastos y cultivos 5,50%, mosaico de pajonal y arbustal 29,73%, lagunas 0,06% y red vial 0,04%. La distribución por uso de suelos se puede visualizar en la figura 9, correspondiente al mapa de cobertura del año 1986.

Tabla 6. *Uso de suelo año 1986*

Clases	Área ha.	%
Bosque	19612,82	56,32%
Tejido urbano	25,57	0,07%
Tierras desnudas	2878,76	8,27%
Mosaico de pastos y cultivos	1914,71	5,50%
Mosaico de pajonal y arbustal	10353,11	29,73%
Lagunas	21,77	0,06%
Red vial	14,46	0,04%

Elaboración propia

3.1.2. Uso de suelo del año 1992

En la tabla 7, se muestra que para el año 1992, el tejido urbano del distrito de Molinopampa fue el 0,13%, bosque el 54,41%, tierras desnudas 0,72%, mosaico de pastos y cultivos 21,49%, mosaico de pajonal y arbustal 23,14%, lagunas 0,06 y red vial 0,04%, la distribución de la superficie por uso de suelo se puede visualizar en la figura 10, correspondiente al mapa de cobertura año 1992.

Tabla 7. *Uso de suelo año 1992*

Clases	Área ha.	%
Bosque	18947,90	54,41%
Tejido urbano	45,47	0,13%
Tierras desnudas	249,62	0,72%
Mosaico de pastos y cultivos	7483,93	21,49%
Mosaico de pajonal y arbustal	8056,87	23,14%
Lagunas	21,77	0,06%
Red vial	15,64	0,04%

Elaboración propia

3.1.3. Uso de suelos año 2000.

En la tabla 8, se muestra que para el año 2000, el tejido urbano del distrito de Molinopampa fue el 0,20%, bosque 53,18%, suelos desnudos 0,77%, mosaico de pasto y cultivos 25,32%, mosaico de pajonal y arbustal 20,40%, lagunas 0,06% y red vial 0,06%, la distribución de la superficie por uso de suelo se puede visualizar en la figura 11, correspondiente al mapa de cobertura año 2000.

Tabla 8. *Uso de suelo año 2000*

Clases	Área ha.	%
Bosque	18516,72	53,18%
Tejido urbano	70,99	0,20%
Tierras desnudas	268,92	0,77%
Mosaico de pastos y cultivos	8818,26	25,32%
Mosaico de pajonal y arbustal	7102,71	20,40%
Lagunas	21,77	0,06%
Red vial	21,83	0,06%

Elaboración propia

3.1.4. Uso de suelos año 2007

En la tabla 9, se muestra que para el año 2007, el tejido urbano del distrito de Molinopampa fue el 0,17%, bosque 51,73%, tierras desnudas 0,69%, mosaico de pasto y cultivos 21,73%, mosaico de pajonal y arbustal 25,53%, lagunas 0,06% y red vial 0,09%, la distribución de la superficie por uso de suelo se puede visualizar en la figura 12, correspondiente al mapa de cobertura año 2007.

Tabla 9. *Uso de suelo año 2007*

Clases	Área ha.	%
Bosque	17986,84	51,65%
Tejido urbano	85,43	0,25%
Tierras desnudas	239,33	0,69%
Mosaico de pastos y cultivos	7565,68	21,73%
Mosaico de pajonal y arbustal	8889,40	25,53%
Lagunas	21,77	0,06%
Red vial	32,75	0,09%

Elaboración propia

3.1.5. Uso de suelos año 2015

En la tabla 10, se muestra que para el año 2015, el tejido urbano del distrito de Molinopampa fue el 0,32%, bosque 50,59%, tierra desnuda 0,29%, mosaico de pasto y cultivos 25,14%, mosaico de pajonal y arbustal 23,50%, lagunas 0,06% y red vial 0,11%, la distribución de la superficie por uso de suelo se puede visualizar en la figura 13, correspondiente al mapa de cobertura año 2015.

Tabla 10. Uso de suelo año 2015

Clases	Área ha.	%
Bosque	17615,31	50,59%
Tejido urbano	110,91	0,32%
Tierras desnudas	101,74	0,29%
Mosaico de pastos y cultivos	8752,89	25,14%
Mosaico de pajonal y arbustal	8181,31	23,50%
Lagunas	21,77	0,06%
Red vial	37,25	0,11%

Elaboración propia

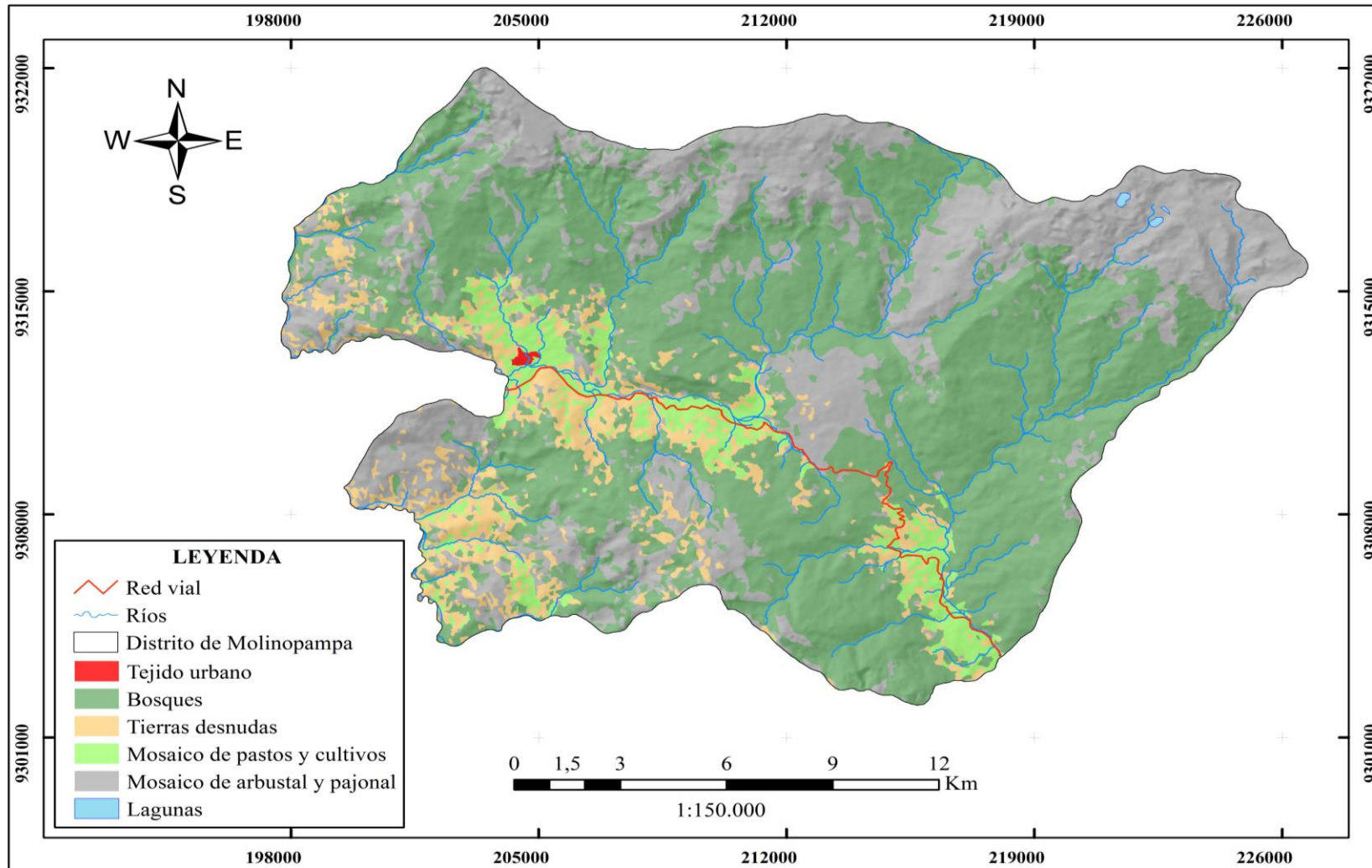


Figura 9. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 1986.

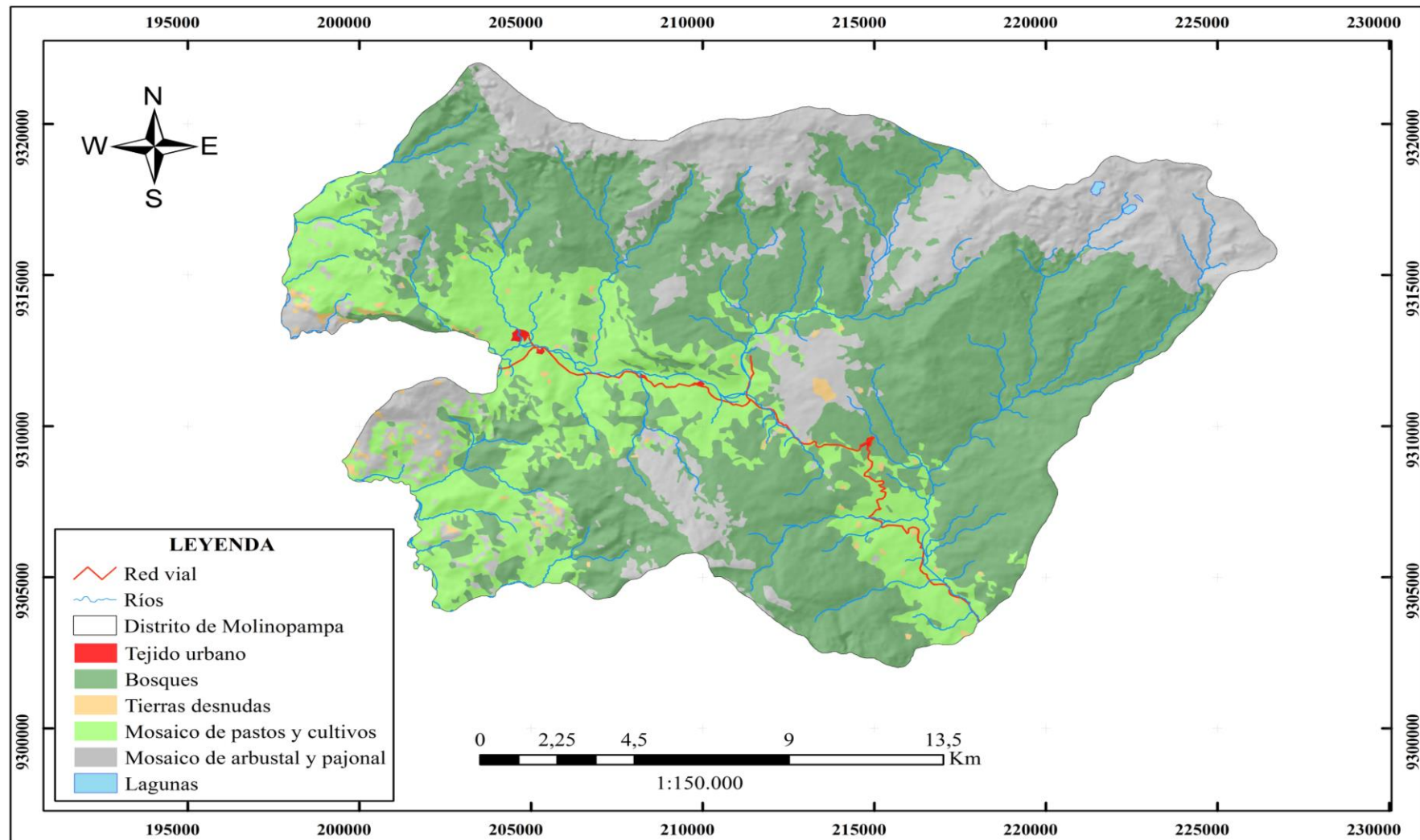


Figura 10. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 1992.

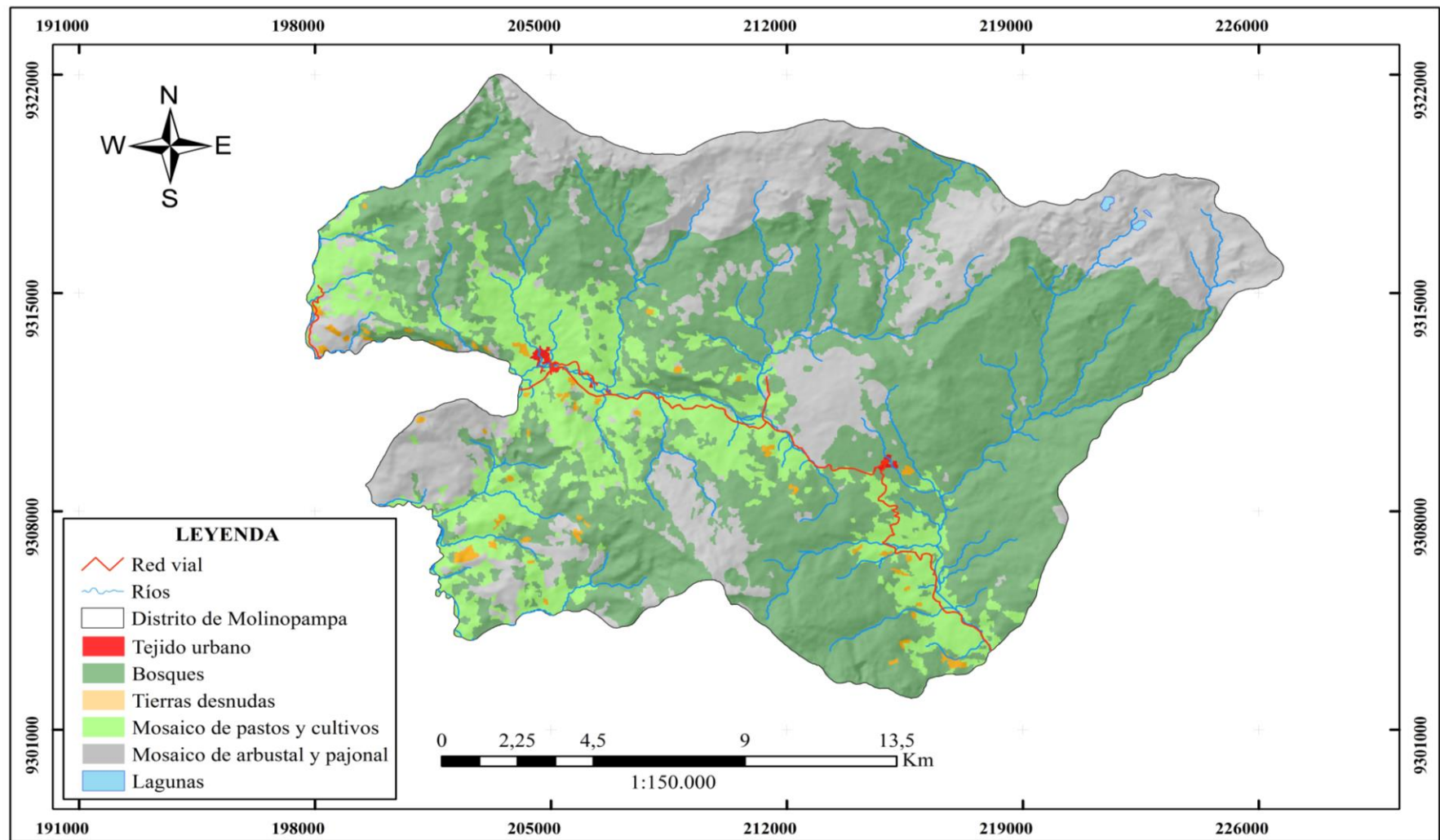


Figura 11. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 2000.

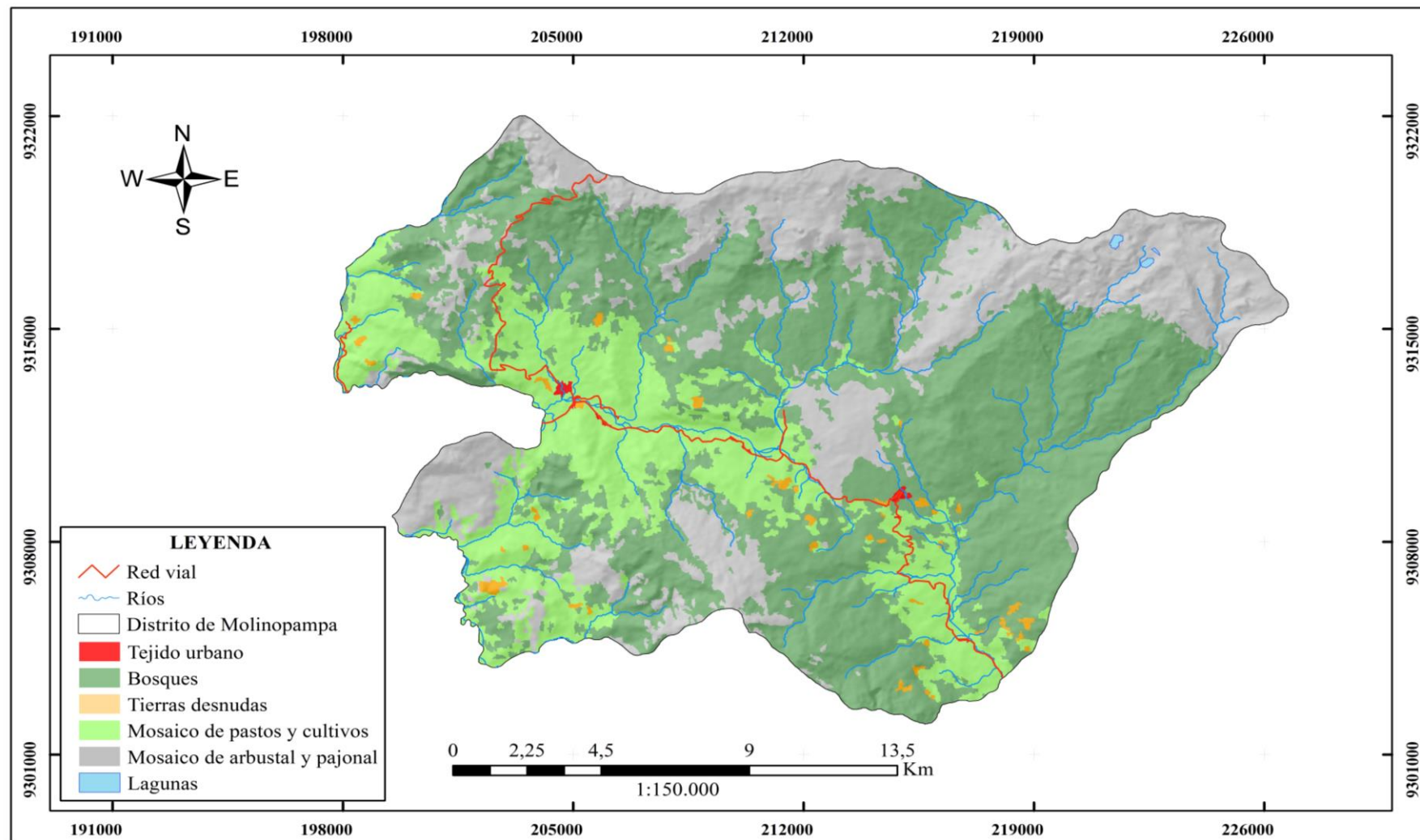


Figura 12. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 2007

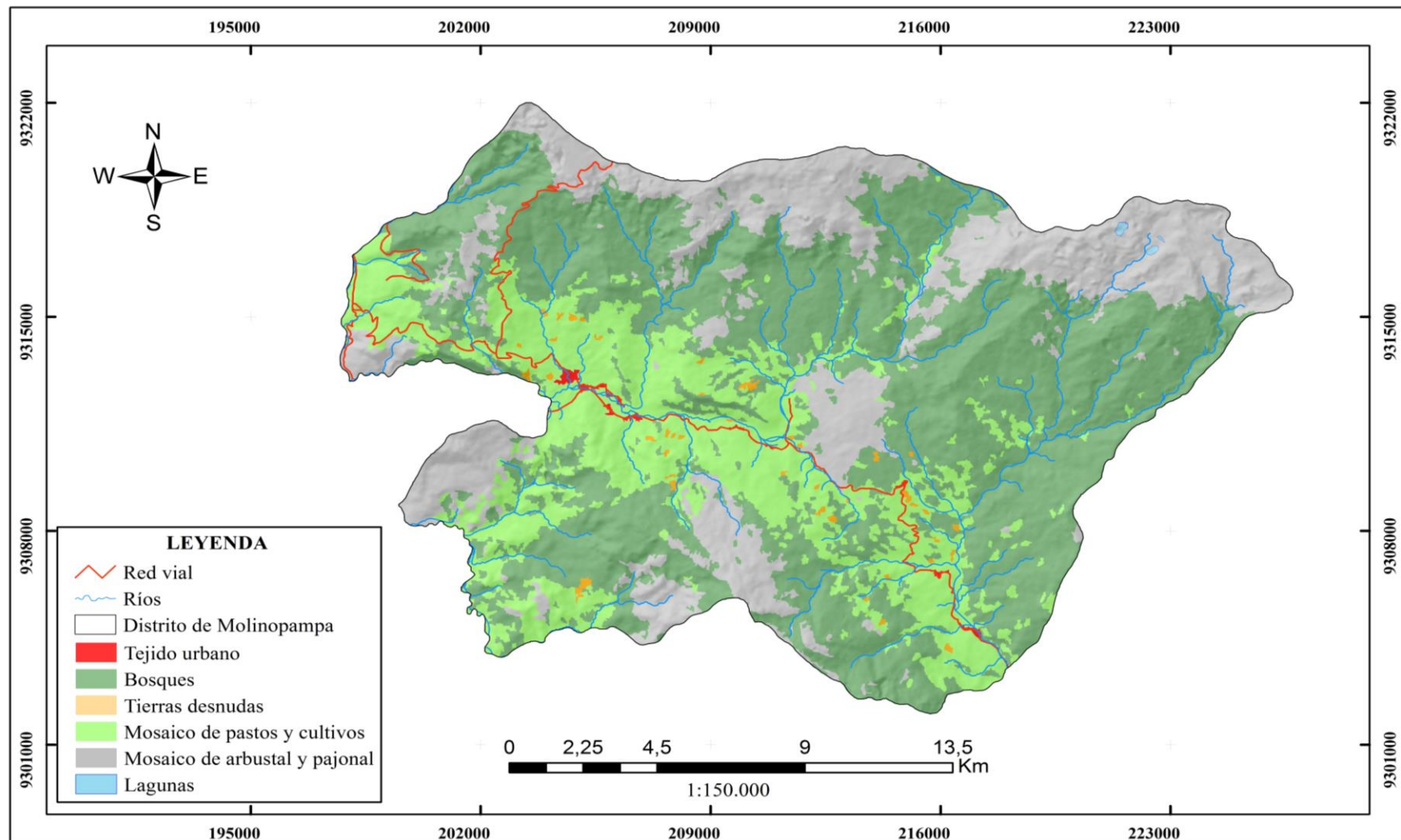


Figura 13. Mapa de coberturas y uso de suelo, año 2015.

3.1.6. Tasa de deforestación periodo 1986 - 1992

En la tabla 11, se observa la pérdida de bosque en el periodo 1986 – 1992 la cual fue la más marcada, donde las áreas que se perdieron fueron utilizadas para establecer zonas de pastos y cultivos. Tomando como base el año 1986, se observa que la clase de bosque posee una área de 19612,82 has que corresponde el 56,32% del área de estudio, al hacer la comparación con el año 1992, observamos una pérdida de bosque de 664,92 has al igual que la clase de bosque, la clase de mosaico de pajonal y arbustal también sufrió pérdida ya que en el año 1986 poseía un área de 10353,11 has que corresponde el 29,73%, comparando con el año 1992, se observa una pérdida de 2296,24 has lo cual representa una pérdida de 6,59 % del área registrada en el periodo anterior. Estas pérdidas de coberturas se corroboran con el aumento de la frontera agrícola (pastos y cultivos) de 1914,71 has en el año 1986 contra 7483,93has del año 1992. Por lo tanto, la tasa de deforestación fue de 110,82 has/año en este periodo.

Tabla 11. Área de las clases identificadas en el distrito de Molinopampa para los años 1986 - 1992

Clases	Año 1986		Año 1992		Perdida (-ha)	Tasa anual de deforestación (ha/año)
	Área ha.	%	Área ha	%	Ganancia (+ha)	
Bosque	19612,82	56,32%	18947,90	54,41%	-664,92	110,82
Tejido urbano	25,57	0,07%	45,47	0,13%	19,90	
Tierras desnudas	2878,76	8,27%	249,62	0,72%	-2629,13	
Mosaico de pastos y cultivos	1914,71	5,50%	7483,93	21,49%	5569,22	
Mosaico de pajonal y arbustal	10353,11	29,73%	8056,87	23,14%	-2296,24	
Lagunas	21,77	0,06%	21,77	0,06%	0,00	
Red vial	14,46	0,04%	15,64	0,04%	1,17	

3.1.7. Tasa de deforestación periodo 1992-2000

En la tabla 12 se muestra la pérdida de bosque periodo 1992 – 2000, que tomando como base el año 1992 el bosque tuvo una superficie de 18947,90 has equivalentes al 54,41% del total del área de trabajo, tuvo una disminución a 18516,72 has al año 2000, habiendo una pérdida de 431,18 has; también es muy clara la pérdida de zona correspondiente a la clase mosaico de pajonal y arbustal, que en el año 1992 fue de 8056,87has que disminuyó a 7102,71 has para el año 2000, habiendo una pérdida de 954,16 has; estas

pérdidas de estas coberturas tanto bosque como mosaico de pajonal y arbustal se confirman con el aumento de la frontera agrícola con una ganancia de área de 1334,34 has para este periodo. En ese sentido la tasa anual de deforestación fue de 53,90 has/año para este periodo.

Tabla 12. Área de las clases identificadas en el distrito de Molinopampa para los años 1992 - 2000

Clases	Año 1992		Año 2000		Perdida (-ha)	Tasa anual de deforestación (ha/año)
	Área ha.	%	Área ha	%	Ganancia (+ha)	
Bosque	18947,90	54,41%	18516,72	53,18%	-431,18	53,90
Tejido urbano	45,47	0,13%	70,99	0,20%	25,52	
Tierras desnudas	249,62	0,72%	268,92	0,77%	19,30	
Mosaico de pastos y cultivos	7483,93	21,49%	8818,26	25,32%	1334,33	
Mosaico de pajonal y arbustal	8056,87	23,14%	7102,71	20,40%	-954,16	
Lagunas	21,77	0,06%	21,77	0,06%	0,00	
Red vial	15,64	0,04%	21,83	0,06%	6,20	

3.1.8. Tasa de deforestación periodo 2000 – 2007.

En la tabla 13 se muestra la pérdida de bosque para el periodo 2000 – 2007 la cual fue de 529,88 has; por lo tanto, la tasa de deforestación anual fue de 75,70 has/año.

Tabla 13. Área de las clases identificadas en el distrito de Molinopampa para los años 2000 - 2007

Clases	Año 2000		Año 2007		Perdida (-ha)	Tasa anual de deforestación (ha/año)
	Área ha.	%	Área ha	%	Ganancia (+ha)	
Bosque	18516,72	53,18%	17986,84	51,65%	-529,88	75,70
Tejido urbano	70,99	0,20%	85,42551	0,25%	14,44	
Tierras desnudas	268,92	0,77%	239,3312	0,69%	-29,59	
Mosaico de pastos y cultivos	8818,26	25,32%	7565,685	21,73%	-1252,57	
Mosaico de pajonal y arbustal	7102,71	20,40%	8889,398	25,53%	1786,69	
Lagunas	21,77	0,06%	21,77225	0,06%	0,00	
Red vial	21,83	0,06%	32,74568	0,09%	10,91	

3.1.9. Tasa de deforestación periodo 2007-2015

En la tabla 14 se puede ver la pérdida de bosque en el periodo 2007 – 2015 que, de 18012,84 ha en el 2007 se redujo a 17642,31 has en el 2015, la pérdida fue de 370,53 has, lo cual indica que esta fue la cantidad más baja de área deforestada en comparación con los otros periodos; esta baja está relacionada con el reconocimiento oficial como área de conservación privada que se dio en el 2012, la pérdida de bosque que se dio se ven reflejadas en el aumento en la clase de mosaico de pastos y cultivos. La tasa de deforestación para este periodo fue de 46,44 ha/año.

Tabla 14. Área de las clases identificadas en el distrito de Molinopampa para los años 2007 - 2015

Clases	Año 2007		Año 2015		Perdida (-ha) Ganancia (+ha)	Tasa anual de deforestación (ha/año)
	Área ha.	%	Área ha	%		
Bosque	17986,84	51,65%	17615,31	50,59%	-371,53	46,44
Tejido urbano	85,43	0,25%	110,91	0,32%	25,49	
Tierras desnudas	239,33	0,69%	101,74	0,29%	-137,59	
Mosaico de pastos y cultivos	7565,68	21,73%	8752,89	25,14%	1187,21	
Mosaico de pajonal y arbustal	8889,40	25,53%	8181,31	23,50%	-708,09	
Lagunas	21,77	0,06%	21,77	0,06%	0,00	
Red vial	32,75	0,09%	37,25	0,11%	4,51	

3.1.10. Tasa de deforestación 1986 – 2015

En esta tabla 15 se visualiza la tasa de deforestación en un solo periodo desde el año 1986 al año 2015, en el cual nos muestra que la tasa de deforestación total es de 68,88 ha/año, también se puede ver que la pérdida de bosque que se dio en este periodo se ve reflejado en el aumento de áreas de cultivo y pastoreo como también la zona de tejido urbano.

Tabla 15. Tasa de deforestación anual, periodo 1986 - 2015

Clases	Año 1986		Año 2015		Perdida (-ha)	Tasa anual de deforestación (ha/año)
	Área ha.	%	Área ha	%	Ganancia (+ha)	
Bosque	19612,82	56,32%	17615,31	50,59%	-1997,51	68,88
Tejido urbano	25,57	0,07%	110,91	0,32%	85,34	
Tierras desnudas	2878,76	8,27%	101,74	0,29%	-2777,01	
Mosaico de pastos y cultivos	1914,71	5,50%	8752,89	25,14%	6838,19	
Mosaico de pajonal y arbustal	10353,11	29,73%	8181,31	23,50%	-2171,80	
Lagunas	21,77	0,06%	21,77	0,06%	0,00	
Red vial	14,46	0,04%	37,25	0,11%	22,79	

En la figura 14 se puede ver la comparación de las tasas de deforestación en los periodos elegidos para este estudio, donde se puede observar que en el periodo 1986 – 1992 fue el periodo donde se pudo identificar mayor pérdida de bosque y que en el periodo 2007 – 2015 fue el periodo donde la pérdida de bosque fue la menor en comparación de las demás.

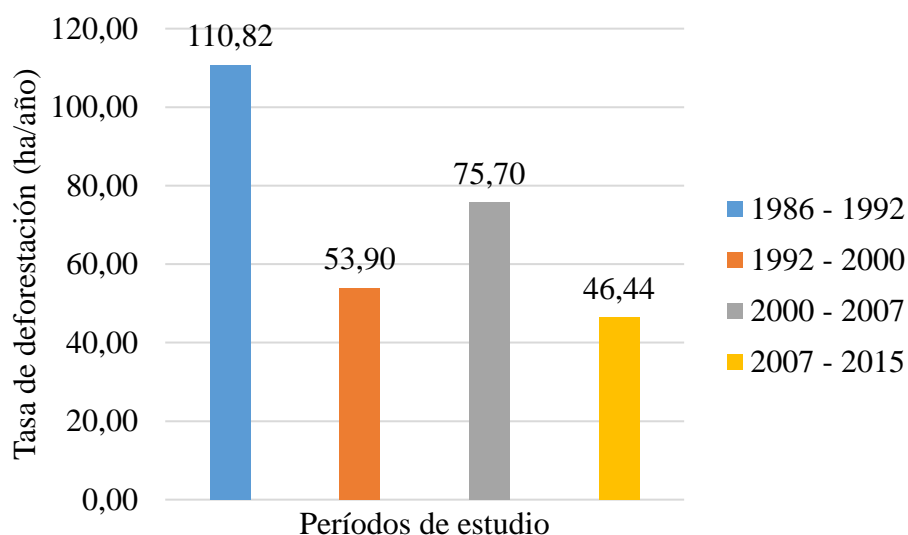


Figura 14. Tasa de deforestación por periodos

3.2. Propuesta de actividades para el manejo de recursos naturales en el distrito de Molinopampa.

De acuerdo a la data cartográfica, la caracterización y el diagnóstico realizado en el distrito de Molinopampa, que prueban que las causas más sobresalientes que contribuyen al incremento de áreas deforestadas son: a) la ampliación de la frontera agrícola, ratificado con la alta tasa de deforestación obtenida en los períodos iniciales del estudio, b) el alto grado de migración, c) el aumento de zonas urbanas lo cual se puede visualizar en el análisis multitemporal. Por ello se ve necesario plantear actividades para el manejo de recursos naturales con alternativas que logren frenar este problema que se viene enfrentando y a la vez generar resultados de impacto positivo en la zona.

Para alcanzar una disminución de la deforestación y con ello evitar el cambio de uso de suelos y conseguir un buen manejo de recursos naturales, se propone el desarrollo sostenible; armonizando la conservación con la producción mediante tecnologías, estrategias y prácticas con criterios conservacionistas. Ésta propuesta solo se puede realizar, con un enfoque y visión integral y de largo plazo, siendo todo un proceso en el cual se tiene que trabajar en conjunto; es necesario contar el apoyo de las comunidades, pobladores, organizaciones e instituciones del distrito de Molinopampa, si es que se quiere lograr y tener un impacto ambiental positivo.

En la actualidad los agricultores del área de estudio comprenden las limitaciones de sus tierras, la pérdida de la capacidad productiva de los suelos en sus chacras, el motivo de las sequías, las inundaciones en los poblados vecinos que se encuentran al borde del río, la contaminación en las fuentes de agua y perciben un ambiente con más conflictos que afecta día con día a la sociedad en general; pero aun así la reforestación no es una alternativa de ingresos ya que tendrían que reforestar y esperar los productos de los árboles, pero mientras tanto qué producen para alimentarse. Sin embargo, es posible superar estas condiciones, con un entendimiento y reconocimiento de quienes quieren producir y de quienes esperan que se conserve, todo es parte de un proceso y de manejar la problemática en forma integral, es por ello que las tecnologías a implementar deben beneficiar a la familia, y a la naturaleza, criterio principal de ésta propuesta de manejo de recursos naturales. Entre las consideraciones prácticas de sostenibilidad y tecnologías aplicables se pueden indicar las siguientes alternativas:

- Realizar mesas de concertación con la participación de instituciones, organizaciones y autoridades para aceptar las responsabilidades, compromisos y proponer acciones en el marco del manejo de los recursos naturales.
- Implementar políticas de educación ambiental para desarrollar procesos de concientización y cambio de actitudes en pobladores, sobre la importancia de la participación, es decir que ellos formen parte desde el inicio y que las decisiones conducen a un compromiso permanente, que les traerá beneficios.
- Realizar capacitaciones a los pobladores sobre técnicas y prácticas, organización y gestión, mercadeo y valor agregado, otras actividades productivas.
- Utilizar los servicios ambientales como alternativas, así genera otros ingresos, las familias no emigrarían y por lo tanto no se ampliaría la frontera agrícola.
- Incentivar a la disminución de uso de agroquímicos que afecta los recursos suelo, agua y planta; las opciones pueden ser el control biológico, la selectividad y racionalidad del uso y manejo de dichos productos químicos.
- Realizar siembras en contorno, cultivos asociados, cultivos en fajas, rotación de cultivos, densidad de siembra. Para la protección del suelo, disminuir riesgo de erosión, mejor aprovechamiento del agua y equilibrio en el uso de la fertilidad natural del suelo.
- Realizar labranza conservacionista, surcos en contorno, incorporación de materia orgánica, labranza de subsuelo, surcos tabicados, etc. para el mejor aprovechamiento del agua, mejorar la fertilidad del suelo, disminuir riesgo de erosión y escorrentía.
- Utilizar barreras vivas, barreras muertas, aboneras, cultivos de cobertura, aplicación de estiércol, aplicación de mulch. Para proteger y mejorar el suelo.
- Manejo de recursos arbóreos como la protección de riberas, manejo de rodales, podas, control de incendios, protección de taludes, viveros forestales, reforestación.
- Uso de prácticas agroforestales, tales como sistemas silvopastoriles, sistemas agrosilvopastoriles, sistemas agroforestales y agroforestería tradicional ya que mejoran las condiciones del suelo, influyen en la producción de agua, y también se relacionan con la protección de cultivos (Toruño *et al.*, 2015).
- De acuerdo con (Oliva *et al.*, 2015) que indica que Molinopampa es zona ganadera, las actividades anteriores y principalmente los sistemas silvopastoriles son una opción primordial para lograr un impacto positivo en el ambiente y una agricultura sostenible en el distrito de Molinopampa.

IV. DISCUSIONES

Determinación de la tasa de deforestación en el periodo 1986- 2015.

Se llevó a cabo el análisis de detección de cambio de uso de suelos, mediante la utilización de imágenes satelitales Landsat durante el periodo comprendido de 1986 al 2015, determinada por la disponibilidad de imágenes satelitales.

Los resultados obtenidos dan a conocer que en el periodo 1986 – 1992 hubo una tasa de deforestación de 108,82 has/año siendo ésta la mayor tasa de deforestación en el periodo de estudio, según el informe de (INRENA, 1995). La tasa o ritmo anual de deforestación del Perú fue de 261 158 ha/año, siendo los departamentos de San Martín, Loreto y Amazonas los de mayor tasa de deforestación con 57 521 ha/año, 54 712 ha/año y 37 812 ha/año respectivamente. La apertura de la carretera Fernando Belaunde Terry, incentivo un mayor flujo de migratorio de pobladores de la sierra hacia zonas ceja de selva, por las décadas de los 80 y 90 del siglo XX, el porcentaje de peruanos migrantes representó el 20% de la población de país, cerca de un quinto de la población peruana (Organización internacional para las migraciones OIM, 2015). En el Censo nacional realizado el 2007 se revelo que el 15% de la población migro al distrito siendo Cajamarca el mayor punto de origen.

La disminución de la tasa de deforestación del periodo 2007 y 2015, se corrobora con los datos del INEI (2009) que da a conocer, entre los años 2002 y 2007, determina que los movimientos migratorios disminuyo. El distrito de Molinopampa en un intento por proteger sus bosques crea el área de conservación bosque de palmeras de Ocol con Resolución Ministerial N° 252-2912-MINAM que reconoce al bosque de palmeras de la comunidad Taulia Molinopampa oficialmente como área de conservación privada, sin embargo; por la necesidad de un ingreso fijo, la población aún practica la tala selectiva siendo las especies maderables las más afectadas, de igual manera las áreas de cultivo y pastoreo se expanden hacia los límites del distrito, debido a que el no existe restricción en cuanto a su capacidad de uso.

Esta disminución de bosque está relacionada directamente con el aumento de áreas de cultivo y pastoreo, ya que como se puede visualizar en las tablas, el área de la clase mosaico de pastos y cultivos en el año 1986 tuvo un área de 1914,71 ha y para

el año 2015 el área fue de 8 752,89 ha el que indica que hubo un aumento del 20% es decir esta zona tubo una ganancia de 6 838 ha. Y esto a la vez es corroborada con los resultados del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) ya que hubo un aumento porcentual del 44,2% de unidades agropecuarias en relación con el CENAGRO 1994 y el CENAGRO 2012, en el año 1994 en amazonas se reportó 48 173 unidades agropecuarias y el año 2012 se reportó 69 457 unidades agropecuaria habiendo un aumento de 21 284 unidades agropecuarias. Al igual en toda la región, el distrito se acopló a los programas que implementó el gobierno regional con la finalidad de mejorar el ingreso económico de su población (Ministerio de agricultura oficina Molinopampa) los programas ejecutados están orientado a mejorar la calidad genética de ganado bovino (Municipalidad distrital de Molinopampa, 2017). En el año 2007 se abrió 12 km de carretera hacia el Alto Imaza, el cual contribuyó a la apertura de nuevas de cultivo en el norte del distrito; sin embargo, gracias a los programas de mejoramiento de pastos la expansión de pasturas se ha frenado en un 80 % según el Ministerio de agricultura. El mejoramiento genético de los cultivos es positivo ya que el 82 % de la deforestación ocurre en unidades o parcelas menores a 5 hectáreas para la expansión de cultivos agrícolas no industriales, mientras que el 16 % corresponde a unidades de entre 5 y 50 hectáreas (Reátegui & Arce, 2016).

De los resultados obtenidos también se puede precisar que otro de los factores que contribuyeron a pérdida de bosque es el aumento del tejido urbano ya que como se puede ver en los resultados hubo un aumento de 85.34 ha teniendo en cuenta los periodos 1986 al 2015 y esto se encuentra directamente ligado con la migración como se puede corroborar con el censo de 1981 y 1993 que reporta la migración de 81 000 a 108 000 personas respectivamente, considerando en estas cifras al departamento de Cajamarca como líder en emigración (INEI, 1995).

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los resultados obtenidos por Martino (2007) en su investigación “Deforestación en la Amazonia: principales factores de presión y perspectivas que fue realizada en toda la cuenca del río Amazonas”. Los ecólogos han investigado la perturbación humana como un factor importante que controla las dinámicas de la vegetación y la organización en la comunidad, paisaje, y escalas regionales (Fuller *et al.*, 1998). El verdadero interés por la perturbación humana es por su desigual proporción en el impacto por las

actividades culturales en la estructura y función del ecosistema (Foster *et al.*, 1998). La detección de las tasas y patrones de cambio del paisaje son consideradas como un capítulo importante en la investigación ecológica (Zheng *et al.*, 1997). La teledetección es una herramienta importante en los estudios regionales de recursos naturales, pero su potencial reside en su capacidad para entender los patrones espaciales y procesos ecológicos. Las nuevas aplicaciones ecológicas más prometedoras para la teledetección radican en las áreas de cambio climático, biodiversidad, y ecosistemas sostenibles (Rey-Benayas & Pope, 1995).

Propuesta de actividades para el manejo de recursos naturales en el distrito de Molinopampa.

Las actividades para el manejo de los recursos naturales del distrito de Molinopampa, propuesta en esta investigación, tiene por finalidad concientizar a los pobladores y/o autoridades del área estudio, sobre el uso adecuado de los recursos naturales para así lograr la sostenibilidad de estos.

La propuesta está ligada directamente con el desarrollo sostenible de los recursos naturales, orientadas principalmente a la disminución de la deforestación. Catalogado el distrito de Molinopampa como una zona netamente ganadera se planteó estrategias conservacionistas; siendo el uso de sistemas silvopastoriles una de las alternativas más objetiva, Oliva *et al.*, (2014), en su investigación sobre: dado a que la principal actividad económica en la zona de estudio es la ganadería (CENAGRO, 2012).

V. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación tubo el propósito de identificar y analizar los factores que incidieron en los cambios de uso de suelo y la perdida de cobertura vegetal en el periodo 1986 – 2015 en el distrito de Molinopampa, en base a la utilización de imágenes satelitales, con la finalidad de calcular e identificar los factores más importantes y calcular la tasa de deforestación y con ello proponer un plan de manejo de los recursos naturales.

En ese sentido, y a partir del problema de investigación y objetivos de este trabajo se elaboran las siguientes conclusiones:

a. Sobre el análisis multitemporal y tasa de deforestación.

En los últimos 30 años ocurrieron diferentes cambios en el distrito de Molinopampa, los cuales se pueden apreciar haciendo un análisis visual de las imágenes con las que se trabajó. Estos cambios representan la manera cualitativa en que se encuentra esta zona. Es por esto que fue necesario determinar la manera cuantitativa para de esta manera poder evaluar el desarrollo de la deforestación. El análisis multitemporal permitió evaluar el proceso de cambio de uso de suelo del distrito de Molinopampa; también nos permitió ver el crecimiento urbano y la evolución de la actividad agrícola incentivados por las actividades agropecuarias, lo cual tiene una relación directa en el cambio de uso del suelo. El análisis temporal se pudo observar que en las últimas décadas el cambio de uso del suelo se incrementó en el distrito de Molinopampa.

En lo que corresponde a la tasa de deforestación se pudo ver que el primer periodo fue cuando hubo mayor deforestación ya que en esa temporada fue cuando se dieron la mayor parte de migración a este distrito. También se puede ver que en el último periodo de estudio fue en el cual hubo la más baja tasa de deforestación ya que se consideró mediante la Resolución Ministerial N° 252-2912-MINAM al bosque de palmeras de la comunidad Taulia Molinopampa como un área de conservación.

La tasa de deforestación en el periodo de estudio fue:

Tabla 11. tasa de deforestación en los periodos de estudio

Periodos	Tasa de deforestación
1986-1992	110,82
1992-2000	53,90
2000-2007	75,70
2007-2015	46,44

- b. Propuesta de plan de manejo de recursos naturales en el distrito de Molinopampa.

Al ser el distrito de Molinopampa una zona altamente ganadera, y siendo ésta la principal actividad económica, la cual contribuye enormemente en la deforestación de esta zona, se hace necesario implementar alternativas y/o estrategias que contribuyan a mitigar dicho problema que se viene enfrentando actualmente. Es por ello que instalación de sistemas silvopastoriles es una de las estrategias más adecuadas para el manejo de recursos naturales en esta zona, por sus diferentes ventajas que contribuyen no solamente para mitigar la deforestación sino también por los beneficios tanto en el pasto y en el hato ganadero.

VI.RECOMENDACIONES

- Incentivar al cambio de hábitos que afectan al medio ambiente, como el cambio de uso de la leña por energías renovables al momento de preparar los alimentos aprovechando el estiércol de los animales
- Brindar charlas de educación ambiental, sobre temas de conservación a los ciudadanos y autoridades del distrito de –Molinopampa, para concientizar a la población.
- Promover la implementación de sistemas silvopastoriles en el área de estudio, para mitigar y frenar el cambio de uso de suelo y con ello disminuir los efectos ambientales que conlleva un pastoreo a campo abierto y al mismo tiempo disminuir también la deforestación.
- Realizar programas de reforestación con especies nativas, como *Alnus Acuminata* y *Ceroxylon Peruvianum*. Para contrarrestar la pérdida de bosque y disminuir la tasa de deforestación.
- Incentivar la elaboración y el uso de abonos orgánicos para mejorar la productividad de sus suelos con la finalidad de evitar deforestar.
- Implementar técnicas de turismo vivencial y de aventura para aprovechar las costumbres y paisajes que tiene el área para tener otra fuente de ingresos.
- Incentivar actividades como la piscicultura el cual no requiere grandes áreas para su desarrollo y el ingreso económico es superior a la ganadería y agricultura.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achard, F.; H.D. Eva; A. Glinni; P. Mayaux, T. Richards and H. J. Stibig.(1998). *Identification of Deforestation Hot Spot Areas in the Humid Tropics*, TRRES Publication Series, Vol. 4, Joint Research Centre European Comission, Luxemburgo,Luxemburgo.
- Achard, F.; H.D. Eva, H.J. Stibing, P. Mayaux, J. Gallego, T. Richard and J.P. Malingreau.(2002). “*Determination of deforestation rates of the World’s Humid Tropical Forests*”, Science, Vol. 297, 999-1002 p.
- Amézquita Becerra, G., & Pérez Castillo, J. N.(2009). *Servicio grid para la clasificación no supervisada de imágenes satelitales utilizando autómatas celulares*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 19(2), 59-76.
- Angelsen, A.(1999). “*Agricultural expansion and deforestation: modelling the impact of population, market forces and property rights*”, Journal of Development Economics, Vol. 58, 185-218 p.
- Arai, E., Shimabukuro, Y. E., Pereira, G., & Vijaykumar, N. L.(2011). *A multi-resolution multi-temporal technique for detecting and mapping deforestation in the Brazilian Amazon rainforest*. Remote Sensing, 3(9), 1943.
- APROCOM.(26 de Noviembre de 2015), Estudio de mercado para la instalación y manejo de pastos nativos en el distrito de Molinopampa, 2015: FIDECOM, Obtenido de Fundación Wikimedia, Inc: <http://www.Infogob.com.pe>
- Bocco, G, & Masera, M, O.(2001), *La dinámica del cambio de uso de suelo en Michoacán*, Mexico: Instituto de geografía UNAM.
- Brandao, A. & Souza, C. (2006), *Deforestation in Land Reform Settlements in the Amazon*. En *Imazon: State of the Amazon*. Consultado el 07 de Junio del 2009. Disponible en: www.imazon.org.br
- Carr, D.(2004). “*Proximate population facotors and deforestation in tropical agricultural frontiers*”, *Population and Environment*, Vol. 25, N° 6, 585-612 p.

- Castleman, K.(1996), *Digital image processing*, Prentice Hall.
- Castro, W.(2010). *Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Geomorfología*. Iquitos, Perú.
- Cenagro, T.(2012). *Censo Nacional Agropecuario*. Boletín02, MINAGRI.
- Congreso Forestal Mundial.(2004) *Los Bosques, Fuente de Vida*. XII Congreso Forestal Mundial. Quebec, Canadá. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 144 p.
- CORPONARIÑO.(2008) Actualización del plan de ordenamiento y manejo la cuenca del río Pasto
- Chuvieco, Emilio .(2002). *Teledeteccion Ambiental*, Barcelona: Ariel.S.A.
- Chuvieco, Emilio.(1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. 3ra. Ed. Revisada. Ediciones Rialp, Madrid
- Chuvieco, Emilio.(1990). *Fundamentos de teledetección especial*. Ediciones Rialp, Madrid, España. 449p.
- Davila, M, F., & Camacho, A, E.(2012), *Georreferenciación de documentos cartograficos para la gestion de archivos y cartotecas*, Vibercarto,
- DE CÓRDOBA, Y, C, S., & NATURALES, Y, D, L, R. (2011), *CUADERNO DE DERECHO AMBIENTAL*.
- Dirección Regional de Agricultura de Amazonas.(2015), *EJECUCION Y PERSPECTIVAS DE LA INFORMACION AGRICOLA*, Chachapoyas.
- Eastman, R.J.(1999). *Guide to GIS an imagen processing*. Volume 2.Ed. Clark Labs. Worcester, M.A. 170 pp.
- ERDAS, I. (2014), *ERDAS Field Guide*, Atlanta, Georgia: Leyca.
- Escobedo, R.(2010). *Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Fisiografía*. Iquitos- Perú.
- Encamación, F. y Zarate, R.(2010). *Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas: Vegetación*. Iquitos- Perú.

- Fernández Tufiño, M. E.(2014). *Integración de información georeferenciada para optimizar el acceso a la información y mejorar tiempos de respuesta* (Bachelor's thesis, Quito).
- Fuller, J.L., Foster, D.R., Mclachlan, J.S. y Drake, N. (1998). *Impact of Human Activity on Regional Forest Composition and Dynamics in Central New England*. *Ecosystems* 1,76-95.
- Foster, D.R., Motzkin, G. y Slater, B. (1998). *Land-Use History as Long-Term Broad-Scale Disturbance: Regional Forest Dynamics in Central New England*. *Ecosystems* 1, 96-119
- García, P, V.(2012), *El análisis de la deforestación en el bosque de protección Alto Mayo*, mediante técnicas de Geomática, Piura.
- Instituto Geografico Agustin Codazzi, IGAC.(2010). *Sistema de Información Geográfica*. Análisis Geográficos No. 46.
- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana) 1 GRA (Gobierno Regional de Amazonas).(2010). *Zonificación Ecológica Económica del departamento de Amazonas*. Lima. Perú.
- INEGI.(15 de Octubre de 2015).Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/>
- INEI. (2007). *Censo Nacional de XI Poblacion y VI Vivienda*: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú
- INEI.(2009). *Anuario de Estadísticas Ambientales*, lima: Centro de Edición del INEI.
- INEI.(2009). *Perú: Migraciones Internas 1993 - 2007*. Lima, Perú.
- INEI.(2012).CENAGRO, Chachapoyas: Instituto Nacional de Estadística e Informática,
- INEI. (2015). *Producción Nacional - Informe técnico N°03*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática:
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico- n03_produccion_ene2015.pdf

- INEI. (1994). III Censo Nacional Agropecuario 1994 (CENAGRO): Resultados Censales 1994.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).(1996). Guía Explicativa del Mapa Forestal 1995. Lima, Perú. 129 p.
- IIRSA-SUR.(2006). *Análisis de la deforestación - EISA Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil: Tramo 2*. 9 p.
- Lantada, N., & Núñez, M, A.(2003). *Sistema de informacion geográfica*, Barcelona: Ediciones de la Universidad Politecnica de Cataalunya. SL.
- Lambin, E. Helmut J, Geist. Leppers, Erika.(2003). *Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions*. Annual Reviews of Environmental Resources.28:20541. 40 p.
- Lambin, E. F.; B.L. Turner, H.J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S.George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F.Moran, M. Mortimore, D.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G.D. Stone, U. Stone, U. Svedin, T.A. Veldkamp, C. Vogel and J. Xu.(2001). “*The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths*”, Global Environmental Change, Vol. 11, 261-269 p.
- Martino, D.(2007). *Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas*. Revista del sur, 169(1), 3-20.
- Melo, L, & Camacho, M.(2005).*Interpretación visual de amágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamiento de cobertura y uso de tierra*. Santa Fé Bogotá: Centro de investigación y desarrollo de información geográfica.
- Mendoza Riaño, G. E., & Garcia Blanco, K. P. (2011). *Análisis multitemporal de uso y cobertura de suelo en el municipio de Manaure-Guajira-Colombia, implementando imágenes Landsat*.INPE.
- Meyer, W.B. and B.L. Turner II .(1992). *Human population growth and global land-use/cover change*, Annu. Rev. Ecol. Syst., N° 23, 39-61 p.

- Meza Arquino, C., & Díaz Encina, A. I. (2011). *Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales: provincia del Padre Abad*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- MINAM (Ministerio del Ambiente).(2009), *Mapa de deforestación de la Amazonía Peruana 2000*. Lima-Peru, 103p
- MINAM (Ministerio del Ambiente).(2014). *Memoria técnica: Cuantificación de la Cobertura de Bosque y Cambio de Bosque a no Bosque de la Amazonía Peruana*. Periodo 2009-2010-2011. Lima-Perú.
- MINAM (Ministerio del Ambiente).(2014). *Protocolo: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la tierra en la Comunidad Andina*. Dirección General de Ordenamiento Territorial. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014.
- Municipalidad distrital de Molinopampa.(2017).
- Myers, N.(1991). The world's forests and human populations: the environmental interconnections, in Davis, K. and M. Bernstaun (eds.), *Resources, Environment, and Population: Present, Knowledge, Future Options*, Oxford University Press, Nueva York. 237 – 251 p.
- Nichols, S.(2007). *Recrutment Department of Geodesy and Geomatics*. New Brunswick Canada: Departament of Geodesy and Geomatics.
- Norabuena González, H., & Orellana Molina, D. (2012). *Determinantes de la deforestación en la amazonia*. RIAT.
- Ojima, D.S.; K.A. Galvin and B.L. Turner II.(1994). *The global impact of land-use change*. BioScience. Vol. 44, No. 5. 300 – 305p.
- Oliva, M., Oliva, C., Rojas, D., Oliva, M., & Morales, A. (2015). *identifiacion botánica de especies nativas de pastos más importantes de las cuencas lecheras de Molinopampa, Pomacochas y Leymebambilla, Amazonas, Perú*. Scientia Agropecuaria, 125.
- PNUMA & SEMARNAT.(2006). *El cambio climático en América Latina y El Caribe*. México. 140 p.

- PROCLIM - INRENA.(2005). *Informe Inventario Nacional Gases Efecto Invernadero.*
- Ramírez, J. (2010). *Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas: Uso actual de la tierra.* Iquitos, Perú.
- Rey-Benayas J.M. y Pope K.O. (1995). *Landscape ecology and diversity patterns in the seasonal tropics from Landsat TM imagery.* Ecol.Appl. 386-394p.
- Rivera, L, G.(04 de febrero de 2016), *Carateristicas de suelos de Molinopampa,* (E, T, Pérez, Entrevistador)
- Rivero, A. (1994). *La deforestación en la Reserva Forestal de Ticoporo, Estado Bárinas, Utilizando imágenes Landsat Mss y TM. Periodo: 1972-1988.* Caracas, Universidad Central de Venezuela. 146 p.
- Rodríguez, J. L. G., Reyes, E. B. G., & Ponvert–Delisles, D. R. (2003). *Enfoques para la clasificación digital de imágenes mono y multiespectrales y su implementación en el software cubano tn estudio v2. 0.* AET,(20), 35(52), 3-4.
- Rodríguez M. Victor, Baez G. Alma, Ramos G. Luis & Gonzales G. Miguel. (2007). *Marco de áreas para caracterizar áreas agrícolas con imágenes de satélite.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 12 y 13 p.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera. (2013). *Analisis multitemporal del cambio de usos de suelo, en el paisaje terrestre protegido Mirafior Mopotente Nicaragua 1993 - 2011.* Ecosistemas .
- Sandoval, Victor. Real, Pedro.(2005). *Modelamiento y prognosis estadística y cartográfica del cambio de uso de la tierra.* Bosque. Vol 26. 55-63.Santiago de Chile.
- Salas, R., Barboza, E., & Oliva, S. (2016). *Dinámica multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Florida, departamento de Amazonas, Perú.* INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable, 2(1), 18-27.

- SERVINDRI, (15 de octubre de 2015), Perú: 90% de la deforestación ocurre debido a cambio de uso de suelo para fines agropecuarios, Obtenido de <http://servindri.org/actualidad/86862>
- Sobrino. J.A. (1989). *Teledetección. España*: Guada Impresores S.L.
- SRGIS – Sensores Remotos y Gis. (2005). *Guía Básica sobre Imágenes Satelitales y sus Productos*
- Suclupe, E. (2007). *El Bosque de Huamantanga (Jaén). Una experiencia de gestión compartida de áreas de conservación municipal*. Proyecto: Bosques del Chinchipe. CI-ITDG. Perú. 32
- Suclupe. E. (2007). *El Bosque de Huamantanga (Jaén). Una experiencia de gestión compartida de áreas de conservación*
- Toruño, I., Mena, M., & Guharay, F. (2015). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*.
- Turner II, B. L. (2001). *Land–use and land-cover change: advances in 1.5 decades of sustained international research*, GAIA, vol 10, no. 4, 269-272 p.
- Vga.J. (2012). *Los Componentes del SIG. Ingeniería y Soluciones Geográficas municipal*. Proyecto: Bosques del Chinchipe. CI-ITDG. Perú. 32p.
- Villajos, S. O., Villar, A. A., Pena, M. M., Arroyo, M. P., Alcázar, G. V., Morera, J. P., & Garcia, L. P. (2008). *Los satélites de media y baja resolución espacial como fuente de datos para la obtención de indicadores ambientales*. In IX Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid (In Spanish).
- Zuleta, A. M. P. (2015). *Estudio multitemporal de la deforestación en Colombia utilizando procesamiento de imágenes*. Revista Ingenio UFPSO, 8(1), 159-175.

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico



Fotografía 1. Toma de puntos de control (GCPs)



Fotografía 2. Lugares donde se priorizaron la toma de GCPs



Fotografía 3. Bosque de palmeras de Ocol



Fotografía 4. Toma de puntos de entrenamiento (patrones)



Fotografía 5. Área deforestada utilizada como potrero para ganado



Fotografía 6. Área en proceso de deforestación dentro de ACP



Fotografía 7. Área reforestada con Aliso (Alnus acuminata)

Anexo2. Puntos de control (GCPs), capturados dentro y alrededor del distrito de Molinopampa

Id	Este	Norte	Elevación	Descripción
1	183630	9310306	1516 m	GCP Leyva 1.1
2	225524	9291688	1544 m	GCP Leyva 1.2
3	225525	9291668	1566 m	GCP Leyva 1.3
4	214807	9306984	2309 m	GCP Ocol 1.1
5	214816	9306974	2311 m	GCP Ocol 1.2
6	197634	9310641	1994 m	GCP Olia 1.1
7	197623	9310631	1994 m	GCP Olia 1.2
8	197610	9310624	1993 m	GCP Olia 1.3
9	189303	9311225	1925 m	GCP Pauja 1.1
10	189372	9311239	1925 m	GCP Pauja 1.2
11	189375	9311245	1926 m	GCP Pauja 1.3
12	225414	9292362	1601 m	GCP plaza Mendoza
13	204601	9312965	2411 m	GCP plaza Molinopampa
14	205046	9312630	2399 m	GCP puente Molinopampa 1.1
15	205056	9312614	2404 m	GCP puente Molinopampa 1.2
16	204156	9313791	2456 m	GCP puente Molinopampa 2.1
17	204167	9313784	2486 m	GCP puente Molinopampa 2.2
18	203748	9312348	2390 m	GCP puente Molinopampa 3.1
19	203760	9312345	2389 m	GCP puente Molinopampa 3.2
20	203772	9312343	2387 m	GCP puente Molinopampa 3.3
21	222091	9294853	1587 m	GCP puente San Antonio 1.1
22	222059	9294860	1590 m	GCP puente San Antonio 1.2
23	222073	9294858	1588 m	GCP puente San Antonio 1.3
24	222828	9298546	1887 m	GCP intersección rio quebrada
25	207339	9324439	2840 m	GCP Granada 1.1
26	207347	9324435	2841 m	GCP Granada 1.2
27	207356	9324433	2840 m	GCP Granada 1.3
28	206906	9330160	3022 m	GCP plaza Olleros
29	206968	9329834	2982 m	GCP puente Olleros 1.1
30	206969	9329833	2982 m	GCP puente Olleros 1.2
31	204821	9328012	2791 m	GCP puente Olleros 2.1
32	204839	9328022	2791 m	GCP puente Olleros 2.2
33	204830	9328017	2792 m	GCP puente Olleros 2.3
34	205610	9326401	2819 m	GCP puente Olleros 3.1
35	205604	9326398	2820 m	GCP puente Olleros 3.2
36	207593	9323778	2853 m	GCP puente Olleros 4.1
37	207583	9323772	2854 m	GCP puente Olleros 4.2
38	192043	9310842	1948 m	GCP puente Sonche 1.1
39	192049	9310836	1949 m	GCP puente Sonche 1.2
40	192056	9310828	1950 m	GCP puente Sonche 1.3

Fuente: Elaboración propia