

634.98  
P59

NO SALE A  
DOMICILIO



# UNAP

**Facultad de  
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN  
ECOLOGIA DE BOSQUES TROPICALES**

**TESIS**



16

**“Monitoreo de la deforestación en el periodo  
2005-2009, en la provincia de Maynas, región  
Loreto, Perú”**

**Autor**

**CÉSAR RAFAEL PINEDO CÁCERES**

**Tesis para optar el título de  
Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales**

**DONADO POR:**

*César R. Pinedo Cáceres*

**Iquitos - Perú**

*Iquitos, 14 de 07 de 2012*

**2012**



ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 420

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para escuchar la sustentación de la tesis presentada por el Bachiller **CESAR RAFAEL PINEDO CACERES** titulada: "**MONITOREO DE LA DEFORESTACION EN EL PERIODO 2005-2009, EN LA PROVINCIA DE MAYNAS, REGION LORETO, PERÚ**"; formuladas las observaciones y oídas las respuestas lo declaramos:

*APROBADO*  
.....

Con el calificativo de:

*BUENO*  
.....

En consecuencia queda en condición de ser calificado:

*APTO*  
.....

Para recibir el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Iquitos, 05 de mayo del 2012

*Rodil Tello Espinoza*  
Ingº RODIL TELLO ESPINOZA, Dr.  
Presidente

*Ronald Burga Alvarado*  
Ingº RONALD BURGA ALVARADO, Dr.  
Miembro

*Jorge Elias Alvan Ruiz*  
Ingº JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.  
Miembro

*Ricardo Rios Zumaeta*  
Ingº RICARDO RIOS ZUMAETA, Dr.  
Asesor

## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por ser mi guía que me conduce hacia el camino del bien y del éxito, quien ha permitido que la sabiduría dirija y guíe mis pasos, quien ha iluminado mi sendero cuando más oscuro ha estado, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado.

A mis queridos padres César y Graciela, por ser ellos dos mi árbol principal que me cobijaron bajo sus sombras dándome así las fuerzas para seguir caminando y lograr alcanzar mi meta anhelada.

A mis hermanos Alfonso, Julio, Gally, Jorge gracias, porque estuvimos juntos a pesar de los momentos difíciles que la vida nos dio, los quiero mucho.

A mi abuela Edith, le dedico estas líneas, por ser mi guía y mi apoyo desde que mis padres dejaron de existir.

A mis tíos Graciela y Julio, por brindarme sus apoyo incondicional, por estar conmigo en los momentos difíciles, y por confiar en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Son numerosas las personas a las que debo agradecer por ayudarme en el logro de mi carrera, es demasiado poco, el decir gracias, pero en el fondo de mi ser eternamente estaré agradecido y siempre presto atenderles una mano cuando así lo requieran:

- Ante todo, a Dios todo poderoso por darme la fortaleza para lograr esta meta aspirada después de tantos esfuerzos, caídas entre otras cosas, que he tenido durante mi formación profesional.
- A mis queridos padres por la vida, el amor y sus recomendaciones que me sirvieron para salir adelante.
- A mi tía Graciela por darme la oportunidad de seguir estudiando de crecer profesionalmente, y por apoyarme en todo momento, Dios te bendiga siempre.
- A mi asesor Richer Ríos Zumaeta y co-asesor. Percy Martínez, por su asesoría siempre dispuesta, por sus ideas y recomendaciones respecto a esta investigación.
- Mi reconocimiento sincero al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por su apoyo logístico en la edición de este proyecto, sin cuya participación hubiera sido sumamente difícil su realización.
- Al Programa Cambio Climático, Desarrollo Territorial y Ambiente, por en cuanto asesoría, utilización de las instalaciones y equipos del Centro de Sistema de Información Geográfica.



- **A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Ciencias Forestales por haber dado el privilegio de formarme profesionalmente en sus aulas, la que sabré honrar y llevar con dignidad.**

## INDICE

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag.</b>
	Dedicatoria	i
	Agradecimiento	ii
	Lista de tablas	iii
	Lista de figuras	iv
	Resumen	v
I.	Introducción	1
II.	El problema	3
	2.1 Descripción del problema	3
	2.2 Definición del problema	4
III.	Hipótesis	5
	3.1 Hipótesis general	5
	3.2 Hipótesis alterna	5
	3.3 Hipótesis nula	5
IV.	Objetivos	6
	4.1 Objetivo general	6
	4.2 Objetivos específicos	6
V.	Variables	7
	5.1 Identificación de variables, indicadores e índices	7
	5.2 Operacionalización de variables	7
VI.	Marco teórico	8
	6.1 Monitoreo	21
	6.2 Sistema de información geográfica	22

6.3	Percepción remota	23
6.4	Imagen de satélite	24
6.5	Deforestación	27
VII.	Marco conceptual	37
VIII.	Materiales y método	39
8.1	Localización del área de estudio	39
8.2	Clima	39
8.3	Características geográficas	39
8.3.1	Superficie y ubicación geográfica	39
8.3.2	Características ecológicas	40
8.4	Materiales	42
8.4.1	Material cartográfico	42
8.4.2	Material satelital	46
8.4.3	Equipos y software	51
8.4.4	Materiales de impresión, escritorio	51
8.4.5	Organización de la carpeta matriz	52
8.5	Método	52
8.5.1	Tipo de investigación	53
8.5.2	Población de estudio y muestra	53
8.6	Procedimiento de imágenes de satélite	53
8.6.1	Análisis de los cambios en la cobertura vegetal	53
8.6.2	Identificación, recopilación y evaluación de datos satelitales	54
8.6.3	Mejoramiento de las imágenes	55
8.6.4	Georreferenciación	57
8.6.5	Mejoramiento radiométrico	61
8.6.6	Elaboración del mosaico de imágenes de satélite	64
8.7	Generación de data vectorial	68
8.7.1	Preparación del material cartográfico base	68
8.7.2	Interpretación y digitalización de la información temática	68
8.7.3	Edición y atribución (codificación)	71
IX.	Resultados	74
9.1	Cobertura de la vegetación natural y la deforestación	74
9.2	Cambios en la cobertura vegetal durante el periodo 2005-2009	80

9.3	Análisis del proceso de deforestación 2005-2009	82
9.4	Escenarios futuros del proceso de deforestación de Maynas	86
9.4.1	Escenario tendencial	86
9.4.2	Escenario deseado	87
9.5	Tasa de deforestación	87
X.	Discusiones	89
XI.	Conclusiones	92
XII.	Recomendaciones	94
XIII.	Referencias bibliográficas	96
	Anexo	

---

**LISTA DE TABLAS**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag.</b>
01.	Características de la carta nacional	44
02.	Características de las bandas espectrales del sensor TM para Landsat	47
03.	Lista de imágenes Landsat utilizadas en el estudio	49
04.	Características de la imagen de RADAR JERS-1 SAR	50
05.	Estructura de la carpeta matriz: IMG_MAYNAS	52
06.	Fuente de datos para la georreferenciación	60
07.	Sistema de proyección usado en la georreferenciación de las imágenes de satélite	60
08.	Tabla de atributos indicando los campos de codificación superficie (hectáreas) y perímetro (perimeter)	72
09.	Caracterización cuantitativa de las áreas evaluadas	74
10.	Tasa de deforestación anual 2005-2009	88

---

## LISTA DE FIGURAS

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pag.</b>
01.	Factores que intervienen en el proceso de deforestación en la Amazonía peruana	14
02.	Índice gráfico de la carta nacional utilizada en el proyecto	43
03.	Imágenes Landsat TM (escenas) usadas en la interpretación visual en la elaboración del mosaico	50
04.	Verificación de la corrección geométrica utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida	59
05.	Imagen utilizada como referencia para el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) de las imágenes 2005 y 2009	62
06.	Imagen de referencia (patrón) para corrección radiométrica de otras imágenes (esclavo) del año 2005 y 2009	63
07.	Diagrama de flujo para ejecutar el mejoramiento radiométrico según Erdas Imagine	63
08.	Escena con corrección radiométrica	64
09.	Orden de ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico de los años 2005 y 2009	66
10.	Mosaico al año 2005	67
11.	Mosaico al año 2009	67
12.	Imagen de RADAR	68
13.	Tema vector polígono de deforestación (no bosque)	71
14.	Diagrama de flujo del proceso metodológico	73
15.	Vegetación homogénea conformada por palmeras (Aguajales)	75
16.	Asociación de especies de zonas inundables (Renacos)	75
17.	Paisaje típico de un pantano herbáceo	76
18.	Estructura y fisonomía típica de un Varillal	76
19.	Carretera Iquitos-Nauta una puerta abierta para la deforestación	77
20.	Apeo de los bosques para el cultivo agrícola	78
21.	Pastizales para la crianza de ganado vacuno (sector Habanillo)	78
22.	Bosques secundarios o purmas asociados con cultivos	79

<b>23.</b>	<b>Purma joven con regeneración natural de especies pioneras</b>	<b>79</b>
<b>24.</b>	<b>Cambios de la cobertura vegetal</b>	<b>80</b>
<b>25.</b>	<b>Deforestación de la provincia de Maynas al 2005</b>	<b>81</b>
<b>26.</b>	<b>Deforestación de la provincia de Maynas al 2009</b>	<b>82</b>
<b>27.</b>	<b>Distribución porcentual al 2005</b>	<b>85</b>
<b>28.</b>	<b>Distribución porcentual al 2009</b>	<b>85</b>
<b>29.</b>	<b>Incremento de la deforestación del periodo 2005 al 2009</b>	<b>88</b>

---

## RESUMEN

El monitoreo de la deforestación del periodo 2005-2009, en la provincia de Maynas, región Loreto, Perú, mostrado en el presente estudio corresponde a un periodo de cuatro años. Los datos de la deforestación se obtuvieron a partir de la digitalización e interpretación de imágenes de satélites y sistemas de información geográfica. La provincia de Maynas tiene una superficie de 12 171 186 ha (SIG) que representa 32% de la región Loreto. Los resultados muestra cuatro categorías para los periodos 2005 y 2009: Vegetación natural, la cual cubre la mayor superficie del área estudiada, Áreas deforestadas, Islas y Cuerpos de agua. Las zonas deforestadas, al año 2005, cubre una superficie de 348 826 ha, con el 2,87 %, del área de estudio, y con 430 938 ha que representa el 3,54 % al 2009. La cobertura vegetal, que en el 2005 reportaron una superficie de 11 479 354 ha., registran procesos de deforestación que ha significado un decrecimiento del 0,695 % en el año 2009, debido a que 79 828 ha han sido utilizadas como bosque secundario, pastos, cultivos, entre otros.

**Palabras claves:** deforestación, imágenes de satélite, sistema de información geográfica, tasa de deforestación.



## **I. INTRODUCCION**

Diversos procesos históricos han determinado que en la Amazonía peruana se haya configurado en un estilo de desarrollo de tipo "extractivo mercantil". La lógica de este estilo parte fundamentalmente de dos aspectos: Uno que en la región existe un gran potencial de recursos naturales, de fácil explotación y, otro, que la Amazonía es un espacio vacío que es necesario poblarlo (IIAP, 1996).

Este estilo de desarrollo, entre otras cosas, ha generado en la Amazonía una superficie deforestada de nueve millones de hectáreas. Sin embargo la contribución de la región al producto bruto interno nacional (9%) es largamente inferior al de la Costa y Sierra (IIAP, 1996), así mismo, la deforestación masiva ha significado pérdida de hábitats para muchas especies, siendo una de las amenazas más grandes para la conservación de la biodiversidad.

El uso actual de la tierra en la Amazonía arroja un balance muy desfavorable, predominando las tierras abandonadas, subutilizadas y de baja productividad por área. Se estima que sólo un 30 por ciento de la superficie intervenida se encuentra actualmente en uso agropecuario y forestal más del 60 por ciento de esta área se encuentra en condición de abandono, situación propiciada principalmente por la degradación de los suelos y la consecuente muy baja productividad (IIAP, 1996).

En el artículo 69 de la Constitución Política del Perú, se establece que el Estado "promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía", sin embargo, una de las limitaciones que no permite el logro de este propósito es la falta de conocimientos para diferenciar la variabilidad geográfica y las verdaderas potencialidades y limitaciones del territorio, sus valores biológicos, ecológicos y los procesos socioeconómicos, como bases para definir políticas adecuadas que viabilicen el desarrollo sostenible de la Amazonía.

En este marco, el presente estudio pretende contribuir con el monitoreo y la cuantificación de la deforestación en uno de los sitios de mayor concentración poblacional de la selva baja de la Amazonía peruana: provincia de Maynas, región Loreto.

El proceso de ocupación del territorio y el uso de los recursos naturales de la provincia de Maynas, región Loreto, está generando conflictos ambientales por el mal uso de la tierra, pues tierras con vocación forestal o de protección son utilizadas con fines agropecuarios, trayendo como consecuencia pérdida de la fertilidad del suelo y problemas de erosión de suelos en sitios de mayor pendiente, esto se manifiesta en los bajos rendimientos de los diversos cultivos y abandono de las tierras por los colonos (MALLEUX, 1988)

En tal sentido, la presente tesis está orientado a cuantificar la deforestación, que es producida por el impacto de diferentes actividades antrópicas en el área de estudio, insumo que con el proceso de Zonificación Ecológica y Económica el IIAP está promoviendo para la región Loreto, para generar información que oriente el uso y manejo sostenible de los recursos naturales para el beneficio del hombre y la naturaleza, en este marco, el objetivo central ha sido cuantificar la deforestación del periodo 2005-2009, en la provincia de Maynas, región Loreto, la tasa de deforestación y elaborar una base de datos espacial y mapa temático del área de estudio.

## II. EL PROBLEMA

### 2.1 Descripción del problema

El crecimiento demográfico, la expansión de la frontera agrícola y la presión del desarrollo social y económico están conduciendo a la destrucción y degradación de los hábitats naturales incluyendo los bosques y tierras de producción forestal permanente, en proporciones cada vez mayores, ocasionando así la deforestación, problema de interés ecológico para la sociedad (Barrena, 1988)

Cada año, cientos de árboles se talan en la amazonia; con esta actividad extractiva la fauna se ve afectada por la destrucción de sus hábitat en particular entre el eje de la carretera Iquitos – Nauta y el río Amazonas donde por información de los lugareños fueron exterminadas las poblaciones de no menos de cinco especies, entre ellos el “choro común” *L. poeppigii*, “venado colorado” *M. americana*, “yangunturo” *P. maximus*, “oso hormiguero” *M. tridactyla* y “montete” *Nothocrax urumutum*, entre otros (Aquino, R. 2012) ., Con los árboles no solo desaparecen estos animales sino también se pierde la cubierta vegetal que quizá en algunas zonas no volverá a existir nunca, como consecuencia se pierde la sujeción del suelo y por ello se erosiona y acaba por perder su forma original. Otro tema también muy importante sobre la deforestación es la cantidad de indígenas que se ven obligados a abandonar sus tierras por la cantidad de árboles que desaparecen en las zonas donde ellos viven.

La deforestación es desmontar total o parcialmente las formaciones arbóreas para dedicar el espacio resultante a fines agrícolas, ganadero o de otro tipo. La utilización de madera como combustible, la exportación de maderas duras como fuente de divisas y el afán para abrir nuevas tierras para el cultivo, la ganadería o la extracción de minerales son las principales causas de la deforestación, cuando se habla de este tema, todas las miradas se dirigen hacia la selva y los bosques tropicales.

La deforestación de los bosques es debido a la contaminación atmosférica y la lluvia ácida, donde se deduce que por una u otra causa la degradación de los bosques afecta a la tierra en su conjunto (Vanhaeverbeke, 1989)

Las consecuencias que origina la deforestación son la erosión del suelo y desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez provoca las inundaciones o sequías, alteraciones climáticas, reducción de la biodiversidad, de las diferentes especies de plantas y animales, calentamiento global de la tierra, porque al estar deforestados los bosques, no pueden eliminar el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera (Reátegui, 1996)

La problemática enfrentada hasta hoy para conocer la deforestación se debe a:

1. La falta de información de la capacidad de uso mayor de las tierras (Suelos con aptitud forestal).
2. El aumento de la población y la sobrepoblación de caseríos afectan la dinámica y el comportamiento de nuestros bosques, ya que están en riesgo de ser deforestadas.
3. El factor económico es una variable que influye en la destrucción de nuestros bosques dando origen a la deforestación.

Cuantificar, va originar resultados de la deforestación, permitiendo así conocer en cifras la deforestación, esta información permitirá realizar acciones para mitigar la tala de bosque o el cambio de uso de nuestro bosque que viene extinguiéndose cada día.

## **2.2 Definición del problema**

¿Cuál es la tasa de deforestación en la provincia de Maynas, región Loreto, Perú, del periodo 2005-2009?

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general**

“La deforestación del periodo 2005-2009 debido a los factores políticos, sociales y económicos indica una disminución al año 2009 de la tasa de deforestación en la provincia de Maynas”.

#### **3.2 Hipótesis alterna**

“La deforestación del período 2005-2009 indica disminución al año 2009 de la tasa de deforestación en la provincia de Maynas”.

#### **3.3 Hipótesis nula**

“La deforestación del periodo 2005-2009 no indica disminución al año 2009 de la tasa de deforestación en la provincia de Maynas”.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 General**

- **Cuantificar la deforestación del periodo 2005-2009 en la provincia de Maynas, región Loreto-Perú.**

### **4.2 Específicos**

- **Realizar la interpretación multitemporal de la deforestación y de la cobertura vegetal, para detectar los cambios y tendencias.**
- **Elaborar una base de datos espacial y mapa temático del área de estudio.**

## V. VARIABLES

### 5.1 Identificación de variables, indicadores e índices

Variable: En los bosques de la provincia de Maynas, región Loreto, la variable estudiada es la deforestación.

Indicadores e Índice: En este estudio realizado se encontró la superficie total deforestada (ha), Incremento de la deforestación (ha), Tasa de deforestación (%).

### 5.2 Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>
<b>Bosque de la provincia de Maynas: Deforestación</b>	<b>Superficie total deforestada</b>	<b>Hectárea (ha)</b>
	<b>Incremento de la deforestación</b>	<b>Hectárea (ha)</b>
	<b>Tasa de deforestación</b>	<b>Porcentaje (%)</b>

## **VI. MARCO TEORICO**

El Perú posee más del 60% de su extensión territorial cubierta por bosques tropicales, lo que representa aproximadamente 70 millones de hectáreas. Según el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 1996), en la década del 90, la tasa anual de deforestación estimada fue de 261,158 ha/año representando el 0,345% anual aproximadamente. A partir de los años 1980, creció el interés de muchos países a nivel mundial por proteger los bosques amazónicos y acentuar su permanencia, con la finalidad de conservar la mega-diversidad biológica que ellos albergan, ya que al eliminar la cubierta vegetal se desatan impactos en cadena sobre el resto de la riqueza natural: suelos, fauna, agua, entre otros (Gómez y Tamariz, 1998).

En la selva baja, la deforestación varía entre el 5 al 10% (Instituto Nacional de Desarrollo-INADE, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005), es poco con respecto a la selva alta. La deforestación es un problema que cada día va adquiriendo características más drásticas en los países en desarrollo, y más específicamente en los países tropicales, al margen de las cifras o estadísticas, no se puede dudar que la deforestación del bosque tropical amazónico es una realidad innegable (FAO, 1993).

La apertura vial terrestre y la ausencia de una correlativa política de ocupación urbana y rural de los espacios, han sido parte causantes de la deforestación de amplias extensiones de bosques tropicales en la Amazonia Peruana (IIAP, 1996).

El conocimiento de la deforestación es de interés mundial y nacional. Por ello, a nivel internacional la FAO conduce el proyecto de Evaluación de los Recursos Forestales del Mundo (FAO 2004). El mismo autor, indica que sin embargo, a nivel global y nacional la determinación de cifras confiables de deforestación y sus causas no es una tarea fácil, debido a problemas técnicos y de disponibilidad de recursos económicos, humanos y de equipo especializado para ello.



El monitoreo de la deforestación en la cuenca del río Huallaga utilizando técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica, en una superficie territorial de 9 019 600 hectáreas, determinó que existen 1 403 631 hectáreas (15,55%) deforestadas; sin embargo, la cifra es mayor debido a que existen áreas que no han sido evaluadas por la alta nubosidad en imágenes de satélites, lo que dificultó la interpretación visual de las mismas. Las áreas con bosque natural alcanzan a 7 565 774,609 hectáreas (83,90%), mientras que los cuerpos de agua ocupan 50 400,70 hectáreas (0,56%) (SELP, 1993).

Según, el monitoreo continuo de los procesos de deforestación en la Amazonia Peruana, reporta que la selva alta en general es la más deforestada, concentrándose la deforestación en las zonas de Jaén y San Ignacio en Cajamarca; Bagua y Rodríguez de Mendoza en Amazonas; Alto Mayo y Huallaga Central en San Martín; Alto Huallaga en Huánuco; y selva central en los departamentos de Pasco y Junín; en la zona del Río Apurímac entre los departamentos de Ayacucho y Cusco (Reátegui, 1996). El mismo autor, menciona que la superficie deforestada al año 1985, fue de 5642 447 ha aproximadamente, el 7,47% de bosque amazónico original. El incremento de la deforestación desde el año 1985 a 1990, fue de 1 305 790 ha, que equivale al 9,20% de la cobertura original. La tasa de deforestación nacional registra 261,158 ha/año (0,35%) que equivale a intervenir aproximadamente 716 ha por día. La superficie deforestada proyectada al año 1995 a nivel nacional, fue de aproximadamente 9 559 817 ha de aproximadamente 8 254 027 ha (10,92%).

Un buen análisis de la deforestación y de la degradación de los bosques se necesita establecer con claridad la diferencia entre ambos términos, entre los factores y las causas de base de estos procesos, así como entre los factores directos (por ejemplo, las distintas formas de agricultura) y los factores indirectos (como la construcción de infraestructura carretera de explotación forestal) (FAO, 2002).

Han tratado de determinar la importancia relativa de los factores directos de la deforestación tropical en los ámbitos regional y mundial: si bien en este periodo la expansión horizontal de diversas formas de agricultura y de producción pecuaria sigue siendo mundialmente el factor directo preponderante, la parte de la agricultura itinerante y de la ganadería extensiva y los programas de asentamientos humanos habrían disminuido (FAO, 2001).

En las últimas décadas del siglo XIX la población de la región amazónica creció rápidamente debido a las actividades del caucho, pero especialmente en las tres últimas décadas del siglo XX se presenta un desborde económico y demográfico en la región amazónica peruana. Con el propósito de garantizar plenamente el derecho de propiedad y de promover las inversiones en el medio rural, el Ministerio de Agricultura está impulsando decididamente el proceso de titulación y de inscripción registral de los predios rurales a nivel nacional; la apertura de redes viales terrestres y la ausencia de una correlación política de ocupación urbana y rural de los espacios, han sido parte de las causantes de la deforestación de amplias extensiones de bosques tropicales en la Amazonía peruana (FAO, 2001).

FAO (2002), indica que la disponibilidad de buena información cartográfica previa a cualquier proceso de ocupación de la tierra, es fundamental en la prevención de procesos extremos de deforestación, ya que con una mejor zonificación, los planificadores y los tomadores de decisiones pueden establecer planes de ocupación bastante más razonables y mucho menos destructivos; el objetivo no es paralizar totalmente la tala de bosques, sino hacer que ésta sea lo menos perjudicial posible en términos ecológicos y económicos para el país y los propios usuarios. En una declaración Edward Sauoma, ex - Director General de la FAO afirmó, que: "La destrucción de los bosques tropicales se ha acelerado desde 1980 cuando se realizó la evaluación tropical anual.

Según algunos cálculos, la deforestación tropical anual a inicios de los 90 fue 80% mayor que en la década de los 80. Aunque parte del incremento puede ser atribuido al uso de métodos de evaluación más precisos, lo cierto es que ahora tenemos que referirnos a 17 millones de ha destruidas cada año, y no a 11,5 millones de ha, como decíamos antes” (Anónimo, 1991, citado Torres, 1993).

En 2003, la Oficina de Programa Perú de la WWF, encontró para el núcleo de colonización Tournavista (Puerto Castigo), así como el tramo carretero entre Tournavista y Campo Verde (altura del Km 34 de la vía Tingo María – Pucallpa), que aproximadamente 50,000 ha habían sido desboscadas y degradadas hasta el año 2000. Estos niveles de deforestación son particularmente críticos si se considera además la fragmentación de hábitats y la persistencia de la presión sobre el bosque hasta la actualidad (WWF, 2003).

La agricultura migratoria como principal causa directa de la deforestación en el Perú; así como los factores históricos que intervinieron en este proceso y las implicancias de la deforestación en la Amazonía a mediano y largo plazo en relación al cambio climático. Este cambio de uso de la tierra está específicamente referido a la agricultura migratoria, que en el Perú convierte actualmente enormes extensiones de ecosistemas forestales en tierras de cultivo y pasturas. Se estima que la mitad de la biomasa es quemada in situ y 5% ex situ. El resto se descompone en el lugar (FAO, 2001)

El recurso forestal representa un enorme y valioso potencial que adecuadamente aprovechado puede significar un gran aporte al desarrollo socioeconómico del país. Sin embargo, el recurso forestal no ha recibido la debida importancia en lo referente a su manejo, administración y protección; por el contrario, en las últimas décadas, tal como sucede en toda la región tropical y subtropical, el bosque natural está siendo víctima de un proceso acelerado de destrucción indiscriminada por un proceso de talas y quemas, principalmente por la agricultura migratoria (FAO, 2004)

En los años 60, el Presidente de la República vio en la Amazonía una frontera con infinitas oportunidades. Propuso que la carretera Marginal de la Selva atravesase por las trochas naturales y se una a las vías de penetración de la Selva. Pero los colonos que migraron no pudieron mantener una agricultura rentable. Con conocimientos agrícolas y ganaderos propios de otra realidad (región de la Sierra), sin ningún conocimiento forestal, pensando siempre que el bosque es un obstáculo, que nunca se va a acabar y que hay que tumbarlo y quemarlo para hacer agricultura y pastizales, deforestaron y siguen deforestando grandes áreas de la Amazonía peruana (FAO, 2002)

El primer Mapa Forestal del Perú (Malleux, 1975) menciona que 4 500 000 ha se han deforestado por la agricultura migratoria, en especial en la Ceja de Selva del Perú. En esa ocasión se estimó que aproximadamente 150 000 ha se deforestaban al año.

El segundo Mapa Forestal del Perú (INRENA, 1995) indica que la superficie deforestada del Perú ocupa un área aproximada de 6 948 237 ha (5,4% del territorio nacional) ubicadas mayormente en las partes inferiores y medias de los bosques de montañas de los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco y Junín (Selva Alta) y en las terrazas y colinas bajas de los departamentos de Loreto y Ucayali (Selva Baja). 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.

Con la Memoria Descriptiva del Mapa de la Deforestación de la Amazonía Peruana (INRENA – CONAM, PROCLIM, 2005) la superficie deforestada en la Amazonía peruana al año 2000 fue de 7 172 253,97 ha principalmente debido a la agricultura migratoria. Los departamentos que presentan mayor superficie deforestada en la región de la Selva son: San Martín (1 327 688,52 ha), Amazonas (1 001 467,16 ha) y Loreto (945 590,61 ha).

El mismo fenómeno de construcción de vías de penetración, migración y deforestación ha sucedido en la Cuenca Alta del Río Urubamba, donde se han deforestado grandes extensiones de esta parte de la cuenca. Algo parecido ha sucedido en Madre de Dios, aunado por la fiebre del oro y la construcción de la carretera interoceánica, como se ha descrito en los ítems anteriores.

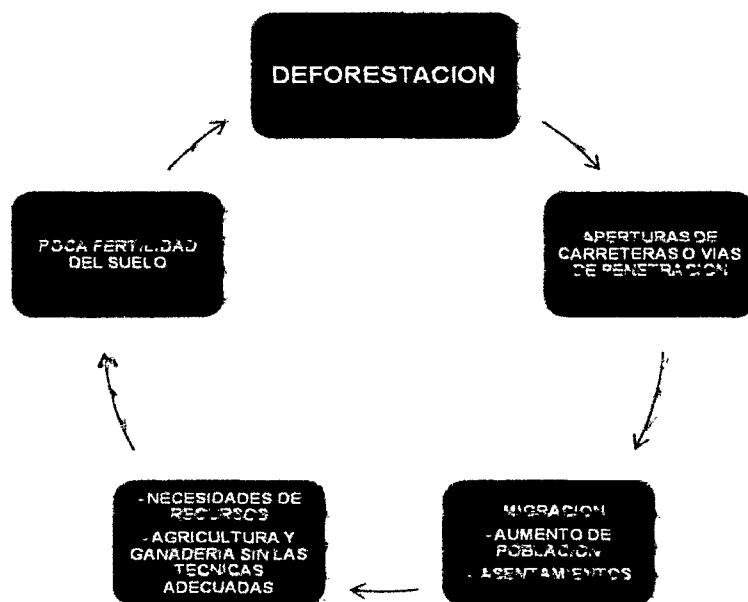
(ONERN, 1982), la desaparición del bosque interrumpe el reciclaje de nutrientes sobre el suelo. El suelo pierde su capacidad de autoalimentarse:

- La quema del rozado destruye el almacén de nutrientes depositado sobre el suelo la micro fauna ya no tiene posibilidades de sobrevivir.
- Los rayos del Sol llegan directamente hasta la superficie del suelo, produciendo así un recalentamiento del mismo y, por lo tanto, la muerte de la microfauna, que tiene su rango ideal de temperatura. Al no haber microfauna, se interrumpe la descomposición de la materia orgánica producida posteriormente.
- El suelo pierde su textura suelta, por la falta de materia orgánica y de la microfauna. Los suelos se compactan rápidamente.
- El suelo compactado no puede absorber el agua de la lluvia y la mayor parte de ella escurre sobre la superficie, produciendo el arrastre de las partículas de suelo, proceso llamado erosión. El suelo compactado pierde gran parte de su capacidad de acumular agua. La evaporación de la humedad del suelo será mayor.
- Las gotas de la lluvia llegan directamente al suelo y por el impacto liberan partículas que luego son arrastradas.
- La fertilidad del suelo decae abruptamente y en pocos años la producción rentable de plantas sobre él no será posible.

- Los suelos degradados son invadidos por malezas heliófitas, que se caracterizan por crecer en suelos empobrecidos.

Cuando aumenta la población se acortan los periodos de descanso y la fertilidad del suelo no se repone. El proceso puede derivar en que las tierras quedan abandonadas y sujetas, apenas sacada la última cosecha, a severos procesos erosivos (ver Figura 1).

**Figura 01. Factores que intervienen en el proceso de deforestación en la Amazonía peruana.**



Otro de los impactos ambientales que genera gran preocupación es la pérdida de los suelos por la erosión debida, principalmente, a la exposición de los mismos a las lluvias y torrentes de agua luego de haberse eliminado la cobertura forestal en los procesos de deforestación. Así la tierra, cuando está descubierta y desprotegida, se pierde generando un problema ambiental grave, contribuyendo a la pérdida de la fertilidad y a la menor capacidad de sustentación para productos agropecuarios (FAO, 2004)

(ONERN, 1982), las causas y factores que intervienen en la deforestación en la Amazonía peruana son las siguientes:

1. Políticas de Estado entre los años 1940 a 1970 que han alentado la migración hacia la Selva con el fin de ampliar la frontera agrícola para cultivos. Esta acción ha provocado la migración de campesinos de la región de la Sierra a la Selva en busca de tierras y un mejor nivel de vida.
2. Apertura de carreteras o vías de penetración a la región de la Selva. Esta acción incrementa la migración de la población fuertemente y, por consiguiente, los problemas socioambientales son mayores. Donde el hombre no tiene acceso a extraer y movilizar la madera, los bosques se mantienen intactos. Como experiencia, la deforestación se ha incrementado en todos los casos donde se han abierto carreteras o vías de penetración en la Amazonía peruana o en el borde de los ríos, debido a los asentamientos humanos y a la agricultura migratoria.
3. El 86,35% de los suelos de la Amazonía peruana tienen vocación únicamente para la forestería (producción o protección forestal). Muy raros son los suelos en la región de la Selva que tienen vocación agrícola o para pastos.
4. La tumba, tala y quema del bosque por parte de los colonos para instalar cultivos y sobrevivir de éstos. Luego que disminuye la fertilidad del suelo, se desplazan a otro sitio para empezar de nuevo con lo mismo (agricultura migratoria).
5. Tala de bosques para instalar pastos por empresas o personas naturales.
6. COFOPRI sólo titula extensiones de terrenos trabajados (desboscados), con lo cual aumenta el proceso de deforestación de la zona.

7. La extracción forestal en la Amazonía sigue siendo altamente selectiva, en la mayoría de los casos sólo se extraen las especies de mayor valor comercial y mercado seguro. Esta extracción generó deforestación en las áreas de concesión. Quizá no directamente y aunque las cifras oficiales digan lo contrario. El hecho es que donde hubo extracción forestal mecanizada con apertura de caminos forestales se inicia un proceso de deforestación intensivo mediante la agricultura migratoria y ganadería, en algunos casos.
8. Título de propiedad. En las tierras comunales o individuales, delimitadas con un título de propiedad, la posibilidad de invasión de tierras para fines agrícolas es casi improbable. Los comuneros o los titulares del predio, con la autoridad forestal, defienden sus tierras y sus bosques contra terceros, por lo tanto, podríamos asumir que la posibilidad de reforestar o regenerar el bosque intervenido es mucho mayor y la posibilidad de destruir el bosque es casi nula. Los títulos de propiedad cuentan con una Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor (D. S. N° 0062-75-AG).
9. Falta de capacitación y programas intensivos de desarrollo sobre uso del suelo, agroforestería y reforestación en la Amazonía peruana.
10. Dentro de las concesiones y permisos forestales no se realiza reforestación o ésta es mínima. Los titulares no quieren invertir en reforestación. Si no se fomenta un plan de apoyo y supervisión a la reforestación y manejo del recurso forestal dentro de las concesiones forestales, éstas van a terminar como siempre sólo extrayendo el recurso forestal sin la reposición correspondiente, con el agravante de que una vez que se acabe la madera comercial, pueda ser abandonada e invadida por la agricultura migratoria de roza, tumba y quema del bosque.
11. Minería aluvial en el departamento de Madre de Dios y explotación de hidrocarburos en la Amazonía. Plantaciones ilegales de coca en algunos lugares de la Amazonía peruana.



12. Poco conocimiento de especies forestales de rápido crecimiento y buen valor comercial con las que se pueda reforestar en la Amazonía peruana.

La Amazonía últimamente está tomando un nuevo significado. Se ha convertido en un símbolo global de la dependencia humana en los ecosistemas naturales. Regula el clima que conocemos hoy día y podría estar amenazada por un clima mundial cada vez más caliente y errático. Los bosques de la Amazonía constituyen una reserva amplia y relativamente sensible del carbono que se libera a la atmósfera mediante la deforestación, la sequía y el fuego, contribuyendo a la acumulación atmosférica de gases que atrapan calor y que son la causa del calentamiento global. Asimismo, el agua que drena de estos bosques al océano Atlántico constituye del 15 al 20% de la descarga total mundial de agua dulce fluvial y podría ser suficiente para influir sobre algunas de las grandes corrientes oceánicas que son, en sí, importantes reguladoras del sistema climático global. La conservación del bosque amazónico será necesaria para estabilizar el clima mundial (KALLIOLA, R 1998),

En un estudio realizado para la WWF, Nepstad (2007) prevé que las implicancias a mediano y largo plazo de la deforestación de la Amazonía en relación al cambio climático pueden ser las siguientes:

1. Muchos cambios que se están dando en la Amazonía hoy en día podrían conducir a una conversión y degradación extensa del bosque amazónico en los próximos 15 a 25 años, mucho más pronto que las predicciones de "muerte regresiva" o punto sin retorno de final de siglo de algunos modelos.
2. Las tendencias actuales de expansión agrícola y ganadera, el fuego, la sequía y la tala podrían deforestar o severamente dañar el 55% del bosque húmedo amazónico para el año 2030.

3. La extensa degradación del bosque podría acelerarse mediante la influencia sinérgica de varios círculos viciosos de retroalimentación que existen dentro y entre los ecosistemas y el clima de la región amazónica.
4. Si se alcanza el punto crítico de la selva amazónica, el prospecto de conservar el bosque lluvioso de la Amazonía se reducirá considerablemente; mientras que la pérdida de biodiversidad y la emisión de gases efecto invernadero de la región aumentarán.
5. El punto crítico ecológico será alcanzado cuando los bosques nativos resistentes al fuego sean degradados a matorral propenso al fuego a través del daño continuo del bosque provocado por la sequía, la tala o el fuego. Este punto crítico es favorecido por círculos viciosos dentro del régimen de fuego de la Amazonía.

INADE (2002), los bosques que se queman son más susceptibles a mayores quemas ya que la muerte de árboles inducida por el fuego permite que más luz solar llegue hasta el interior del bosque, secando más las hojas y ramas muertas del sustrato forestal. La invasión del bosque con pastos, helechos y bambúes inflamables después del fuego refuerza el ciclo vicioso de quema aumentando la cantidad de combustible en el sustrato forestal. El punto crítico ecológico es favorecido por las prácticas agrícolas dependientes del fuego y que proveen abundantes fuentes de ignición, tales como la ganadería extensiva y la agricultura migratoria de tala y quema.

(INRENA, 2000), el punto crítico climático se alcanza cuando la deforestación, humo, anomalías en la temperatura de la superficie del mar, tales como los eventos El Niño y el calentamiento global en sí inhiben la precipitación a una escala regional. Este punto crítico climático se perpetúa a sí mismo al favorecer la degradación y quema del bosque, que reduce la liberación de vapor de agua y aumenta las emisiones de humo a la atmósfera, las cuales suprimen la precipitación. La inhibición de la precipitación, impulsada por la deforestación, parece volverse más fuerte cuando la pérdida del bosque excede el 30%.

La estimación de la superficie total deforestada, así como para el promedio de deforestación anual (“tasa”) en el periodo 1990-2000, fue necesario contar con datos del año inicial (1990), los más cercanos posibles a lo real; es decir, con mayor exactitud o precisión. Por este motivo se optó por utilizar los datos del “Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra” - Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura (INRENA, 2000), el cual fue elaborado mediante la interpretación de imágenes de satélite en papel impreso.

INRENA (1996) debido a que las unidades de deforestación fueron delimitadas de manera más genérica y con menor precisión que las del estudio antes mencionado. Aquí, se incluyeron muchas áreas con bosque que se encontraban asociadas estrechamente con áreas de cultivo, lo cual implicaba realizar una interpretación muy fina y de mucho detalle, con un mayor esfuerzo y tiempo. Por otro lado se incluyeron, en el mismo estudio, las áreas semiáridas consideradas entonces como parte de la selva amazónica, tanto boscosas como antrópicas, las cuales, lógicamente, también hicieron incrementar la superficie deforestada. El promedio anual de deforestación estimado en 149 632 ha; para fines del estudio, éste ha sido denominado como “tasa de deforestación”.

Este valor promedio representa datos acumulados durante un periodo de 10 años y donde no se podrían detectar años con valores altos y años con valores bajos, de tal forma que permita conocer la verdadera tendencia de la curva y, por ende, hacer proyecciones reales al futuro, como es el caso del vecino país de Brasil, quien reporta valores de deforestación cada año.

La deforestación es un problema que día a día va adquiriendo características más dramáticas en los países en desarrollo, y más específicamente en los países tropicales; al margen de las cifras o estadísticas, no podemos dudar que la deforestación del bosque tropical Amazónico es una realidad innegable, es por ello importante hacer un análisis de los orígenes y consecuencias de la deforestación y los factores que la originan, así como las metodologías para su control, evaluación, monitoreo y prevención (VANHAEVERBEKE, 1988).

La extracción de madera no es la razón principal por la cual se pierden los bosques de la selva. La causa fundamental de este problema es el cambio de uso de las tierras boscosas, principalmente para fines agropecuarios, como consecuencia de la migración del agricultor de la sierra. Es conveniente tener en cuenta que la deforestación por agricultura migratoria y ganadería está en relación directa con la accesibilidad a los bosques. En tal sentido, la construcción de carreteras, sin planes de desarrollo que las justifiquen, es el medio por el cual se da inicio a complejos procesos de degradación y desertificación (Universidad del Pacífico, 2003).

La política ambiental nacional se enmarca en el mandato de la Constitución Política del Perú que establece que la defensa de la persona humana y el respeto de su dignidad son el fin supremo de la sociedad y del Estado y que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. La misma carta magna establece que el Estado determina la Política Ambiental Nacional, promueve el uso sostenible de sus recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas y el desarrollo sostenible de la Amazonía. Asimismo, se enmarca en las políticas de Estado aprobadas en el acuerdo nacional con un horizonte al 2021, siendo la Política de Estado decimonovena la que trata sobre Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental.

Para el cumplimiento de los mandatos emanados de la Constitución y de las políticas de Estado, en el tema ambiental, la Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental del País (Ley 28245), establece que se promoverá la gestión ambiental con la finalidad de orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinadas a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Para tal propósito se requiere, entre otras cosas, el desarrollo y manejo de información para el monitoreo y evaluación periódica de los grandes objetivos nacionales relacionadas con la gestión ambiental.

Para desarrollar información que sirva de base para el monitoreo y evaluación de la política nacional ambiental se requiere de un conjunto organizado de indicadores que nos permita medir el grado de salud de nuestro territorio y ayudar a la toma de decisiones.

## 6.1 MONITOREO

Relacionado a los recursos naturales, podemos entender como monitoreo al mapeo y evaluación periódica de un área, en intervalos de tiempo con la finalidad de analizar y controlar la dinámica de los cambios observados. Este control puede ser técnico, administrativo o político. Las operaciones de monitoreo son muy importantes como fuente de datos, para actualizar las medidas políticas y técnicas de la utilización de los recursos naturales de cada nación. Básicamente, el proceso de monitoreo puede ser dividido en tres fases. El Presente, que es el período actual, donde se observa la realidad del área. Este período, de acuerdo a los objetivos del estudio, puede variar en promedio de uno a dos años y para ser analizados, exige información de períodos Pasados, que no tienen límites de tiempo, para que se pueda analizar, dentro de un período histórico, las modificaciones presentes. Una vez cartografiadas las modificaciones presentes y obtenidas las informaciones pasadas, sobre las causas que promovieron las modificaciones, puede establecerse un esquema Futuro para poder evaluar, controlar y fiscalizar los cambios (Ribeiro, 1988).

La selva tropical húmeda es el ecosistema más productivo, intrincado, eficiente y organizado de todos los ecosistemas terrestres conocidos, pero al mismo tiempo, uno de los más delicados y frágiles al ser manipulados. Es por ello que en los últimos años se viene dando un creciente interés en el mundo para la ejecución de políticas de desarrollo que conduzcan a un gran objetivo: conservar los bosques tropicales y, dentro de éstos los bosques amazónicos (Kalliola, 1998).



46

En diferentes épocas, la Amazonía se ha visto invadida por migrantes de diferentes orígenes como respuesta a estímulos políticos, económicos, científicos e ilícitos (cultivo de coca), que han influido en el crecimiento de sus principales ciudades, dando como resultado, en las últimas décadas, la alteración de grandes áreas de bosque tropical. Como ejemplo de esta intervención tenemos que en el Brasil hacia los años 1950, empezó la deforestación masiva de grandes áreas boscosas del interior del país como política de ocupación de la Amazonía, teniendo como base los principios de esa época que consideraban a la Amazonía como un emporio de tierras fértiles, para lo cual se proyectó la carretera Trans-Amazónica otorgándole inmensas áreas a los colonos para el uso de pastizales, plantaciones de shiringa, castañales y otros (Kalliola, 1998).

Por otra parte, durante la década del 60, con el acelerado aumento poblacional en el Ande peruano y la cada vez más limitada disponibilidad de tierras agropecuarias así como el problema de la incidencia del cultivo de coca, se ha intensificado la migración de poblaciones serranas, hacia la región amazónica, en los departamentos de Puno, Cuzco, Ayacucho, Junín, San Martín, Pasco, Huánuco y Cajamarca, causando graves e irreparables daños a la vegetación y suelos de la selva alta, donde ya se han deforestado más de cinco millones de hectáreas (Malleux, 1998).

La Vigilancia o Monitoreo Ecológico Integrado se define como el control y evaluación periódica de los cambios de las variables ambientales, tales como la vegetación, fauna, agua, suelo y características climáticas, entre otros aspectos relevantes del medio ambiente. Por lo tanto, el monitoreo ecológico se constituye en la medición periódica de un rango de variables ambientales e indicadores relacionados e involucrados en los espacios o compartimentos bióticos y abióticos del medio ambiente. (ONERN, 1982).

Para el presente estudio, se ha utilizado este concepto de monitoreo, pero sólo relacionado con la vegetación y el uso de la tierra. Los volúmenes considerados de datos e información que se pueden manejar en un proceso de monitoreo de la deforestación y del uso de la tierra en áreas de gran tamaño y de alta complejidad, como es la selva amazónica, requieren de la automatización del procesamiento de datos. Tal automatización requiere de la utilización de procesadores digitales de información (computadora u ordenador) y por tanto de la conversión masiva de la información analógica a digital (Fachin, 2004).

## **6.2 SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA**

Los volúmenes considerables de datos e información que se pueden manejar en un proceso de monitoreo, zonificación, evaluación y otros, del ambiente natural en áreas de gran tamaño y de alta complejidad, como es selva alta, como parte de la Cuenca Amazónica, requieren de la automatización del procesamiento de datos. Tal automatización requiere de la utilización de procesadores digitales de información (computadora u ordenador) y por tanto de la conversión masiva de la información analógica a digital (Ponce-Hernández, 1993 citado por TCA, 1994).

La información, tanto espacial como de los atributos de los recursos naturales, existentes en forma de mapas en papel y otros medios de información analógica, su digitalización y procesamiento involucra una serie de operaciones que son parte de lo que se conoce como Sistemas de Información Geográfica (SIG), (Ponce-Hernández, 1993 citado por TCA, 1994).

Un SIG, puede definirse como programas que almacenan, gestionan, manipulan y representan gráficamente datos con algún tipo de componente espacial. Esto significa que la información que alberga está referenciada geográficamente, ya se trate de mapas, estadísticas o datos climáticos sobre un territorio concreto, por lo que todas estas variables se relacionan mutuamente de formas muy diversas.

Por cuanto la información que contienen se almacena en formato digital, los SIG aprovechan las posibilidades analíticas de los ordenadores, facilitando múltiples operaciones que resultan difícilmente accesibles por medios convencionales: generalización cartográfica, integración de variables espaciales, modelado del relieve, análisis de vecindad, entre otros. Además los SIG, permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, facilitando su actualización y acceso directo al usuario. En definitiva, amplían enormemente las posibilidades de análisis que brindan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y visualización (Chuvienco, 1996).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de procedimiento involucrados de equipo (Hardware) y programa (Software) dedicados a la captura georeferencial, procesamientos, análisis de diseño de reporte y salidas múltiples de información cuyo ámbito es el espacio geográfico (Parra, S. R. et all. 1997)

Según Ponce-Hernández, citado por TCA (1994), la información, tanto espacial como de los atributos de los recursos naturales, existentes en forma de mapas en papel y otros medios de información analógica, su digitalización y procesamiento involucra una serie de operaciones que son parte de lo que se conoce como Sistemas de información Geográfica (SIG).

### **6.3 PERCEPCION REMOTA**

La Teledetección o Percepción Remota, consiste esencialmente en la utilización de instrumentos sensitivos de una gama de longitudes de onda de emisiones o reflexiones de la superficie terrestre o su cobertura. Tales instrumentos son transportados en plataformas de satélite o en avión. Los valores captados por los sensores son transformados a valores digitales y grabados en material magnético (cintas o discos). La estructura de los datos es de tipo Raster (SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL – SELPER. 1993)



La Resolución de los pixeles y el número de bandas espectrales que son captadas por los sensores están predeterminadas tanto por la órbita del satélite como por los instrumentos sensores abordo. Cada "imagen" de una porción determinada de la tierra, físicamente consiste de un archivo raster, esto es, de un arreglo bi-dimensional de pixeles conteniendo información de radiación dentro de una banda específica del espectro radiactivo (Ponce-Hernández, 1993 citado por TCA, 1994). Para la ubicación del área de estudio y georeferenciación de las imágenes se emplearan los sistemas de coordenadas.

Las técnicas de percepción remota, constituyen una excelente herramienta operacional para la adquisición de datos primarios y éstos a su vez resultan apropiados para detectar cambios sobre extensas superficies, siempre y cuando estos cambios sean lo suficientemente importantes como para ser registrados. Cuando estos datos son utilizados comprobados con el trabajo de campo, unidas a la informática; se puede obtener, a bajo costo y en corto tiempo, informaciones muy valiosas para la toma de decisiones técnicas, administrativas y políticas. La percepción remota sin ninguna otra fuente de información, no proporciona datos acerca de los orígenes o causas de los cambios evaluados (Ribeiro, 1988).

#### **6.4 IMAGEN DE SATELITE**

El término "imagen" en general es utilizado para cualquier representación pictórica, en forma independiente de su longitud de onda o la forma utilizada para su obtención, en todo caso el término imagen está restringido a los cuadros detectados por medio de películas sensitivas. Para fines de sensores remotos, la energía electromagnética detectable por medio de películas está restringida a la región cuyas longitudes de onda van aproximadamente de 0,3 a 0,9  $\mu\text{m}$  (Malleux, 1988).

Una imagen LANDSAT abarca un total de 34 000 km<sup>2</sup>, con lo que permite una vista más vasta que cualquier método en el suelo. Gracias a la separación espectral de las bandas, estos datos proveen información sobre los elementos terrestres que son equivalentes a un laborioso trabajo en tierra. El mosaico de imágenes contiguas permite una vista sinóptica que conduce al estudio de grandes regiones sin necesidad de perder el detalle; tal es el caso de desierto, cadenas montañosas entre otros. Los satélites LANDSAT pasan de forma periódica sobre la misma zona. Aunque la nubosidad o fallos técnicos pueden disminuir el número de imágenes disponible, normalmente hay la posibilidad de conseguir imágenes área en épocas diversas. Esta repetitividad es de gran interés. Normalmente es posible seleccionar imágenes de una estación particular, o de diferentes estaciones para evidenciar cambios estacionales, o de diferentes años para controlar desastres naturales (terremotos, volcanes, inundaciones) o alteraciones del terreno debidas al hombre (deforestación) (ORIOL, 1986).

La información del LANDSAT TM, es particularmente útil para la cartografía de la cobertura vegetal, el uso de la tierra, y el monitoreo de cambios de la cobertura vegetal. Esto es debido a la amplia gama de bandas que permite un número mayor de posibles combinaciones de las mismas, las cuales a su vez brindan mayores oportunidades para la detección de diferencias más finas en la cobertura (INTERSAT, 1999).

El uso de imágenes de satélite y fotografías aéreas son métodos de evaluación más precisos, y a nivel local han sido aplicados en muchos casos. Como ejemplo de su uso en el país a nivel local, podemos citar a Masson (1981, citado por Dourojeanni, 1990) quien encontró que en una zona del valle del Perené se había deforestado el 53,3% de los bosques entre 1957 y 1977, mientras que para el Alto Mayo en el mismo periodo la deforestación fue del 48,6%. En ambos casos el instrumento de la deforestación fue la carretera pero, en el primero, la mayor parte de la deforestación se hizo en tierras con fuerte pendientes (Dourojeanni, 1990).

## 6.5 DEFORESTACIÓN

La deforestación es la remoción completa de carácter permanente o temporal de los bosques y su reemplazo por usos no forestales de la tierra, que se explica principalmente por la expansión de la agricultura y la ganadería sobre tierras forestales. Durante la década pasada, un promedio de 15.4 millones de hectáreas de bosques tropicales en el mundo desaparecieron cada año (0.8 %) y en total se perdieron el 10 % de ellos (VANHAEVERBEKE, 1989)

La eliminación de las coberturas forestales ha llevado directamente a la pérdida de especies de plantas y animales y de su hábitad, al agotamiento de recursos forestales, a la acumulación atmosférica de gases de invernadero y, de manera menos directa, a la erosión de los suelos, la sedimentación de los embalses y ríos y los cambios climáticos (Pacheco, 1998). La deforestación, es el proceso por el cual la tierra pierde sus bosques en manos de los hombres.

La deforestación es la pérdida permanente de cobertura forestal a otros usos de la tierra tales como la agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, infraestructura y embalses. La deforestación tropical se reconoce en la actualidad como uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta el mundo hoy día, con serias consecuencias económicas y sociales de largo plazo. Esta deforestación, que, en gran parte, fue ignorada por los países desarrollados y los habitantes urbanos de los países en vías de desarrollo hasta los años 1980, ha recibido mucho más atención en los últimos años (Agencia Canadiense para el desarrollo Internacional, 1999).

La deforestación es el producto de la interacción de numerosas fuerzas ecológicas, sociales, económicas, culturales y políticas en una región dada. La combinación de estas fuerzas varía según las décadas y los países, por lo que las generalizaciones son peligrosas.

En la mayoría de los casos, la deforestación es un proceso que involucra la competencia entre diferentes usuarios de la tierra por los escasos recursos disponibles, un proceso exacerbado por política contraproducente e instituciones débiles (DÍAZ, 2008)

Se entiende por deforestación a la destrucción a gran escala del bosque por la acción humana. Avanza a un ritmo de unos 17 millones de Ha al año (Pacheco, 1998).

Cuando la deforestación ocurre en mayor escala, se debe conocer qué especies existen en el área y registrar la frecuencia de su regeneración natural, igualmente, se deber registrar y monitorear la ocurrencia de especies invasoras (secundarias), tipos y alternativas de uso del suelo, condiciones y características del suelo, métodos de explotación utilizados y capacidad de regeneración de los bosques. Estas informaciones son muy útiles para la determinación y establecimiento de los posibles métodos del manejo forestal sostenido. Otro punto que debe merecer especial atención cuando se procesa o se levanta la cartografía y la posterior identificación de las áreas críticas, es la identificación de las unidades o tipos de bosques. Naturalmente, esa identificación debe estar subordinada a la escala y el material cartográfico utilizado, el objetivo específico del trabajo, la intensidad del trabajo de campo, los factores físicos naturales, como topografía y la heterogeneidad de la cobertura forestal (Ribeiro, 1988).

El hombre en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias utiliza la madera para fabricar muchos productos. La madera también es usada como combustible o leña para cocinar y calentar. Por otro lado, las actividades económicas en el campo requieren de áreas para el ganado o para cultivar diferentes productos. Esto ha generado una gran presión sobre los bosques (Cardenas, 1986)

El Programa Nacional de Desarrollo y el Programa Sectorial 1995-2000 señalan al control de la deforestación como acción fundamental para el tránsito a la sustentabilidad, estableciendo que el estudio de su cuantificación precisa, su ubicación geográfica y las causas que lo motivan serán la base para frenar el avance del deterioro de los recursos forestales y para revertir esta tendencia.

Las bases de datos presentan errores de posición y atributo que generan falsos cambios al evaluar procesos de deforestación, por lo que fue necesario llevar a cabo varios procedimientos en un SIG para corregirlas espacialmente y hacerlas equivalentes y comparables para este estudio (Mas *et al.*, 2004).

La Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF, 2003) dependiente de la Dirección de Bosques tiene por misión el monitoreo de los bosques nativos, para la detección, cuantificación y seguimiento a lo largo del tiempo de procesos de origen natural y/o antrópico que modifican la estructura y/o extensión de los ecosistemas forestales naturales. Estos trabajos se desarrollaron utilizando técnicas de sensoramiento remoto y sistemas de información geográfica que conforman las tareas de actualización de la cartografía forestal.

En 1990, Sosa por encargo y con metodologías de la FAO para la ERF de 1990, estimó una deforestación anual de 365 mil ha., para la década de 1970 a 1980.

Fenzi y Mathis (2003), indican que la quema de carbón o de los bosques libera mercurio al aire para ser llevado por los vientos a través de grandes áreas desde el punto de emisión hasta ser depositados en cuerpos de agua. Afirman que la mayor fuente de mercurio en la atmósfera es la combustión de combustibles fósiles y de residuos.

Las causas de la deforestación son cuatro: Las condiciones facilitadoras, las causas directas, las causas indirectas y el papel de la explotación forestal y del desarrollo de las plantaciones en la pérdida de bosques naturales.

Las condiciones facilitadoras crean un ambiente en que la deforestación puede ocurrir. Las causas directas son las más visibles, las más fácilmente identificables y las que se asocian más rápidamente con los agentes de la deforestación. Las mismas están motivadas por otras fuerzas socioeconómicas menos visibles, las causas indirectas (Agencia Canadiense para el desarrollo Internacional, 1999). Las causas que generan la deforestación: 1) Tala inmoderada para extraer la madera. 2) Generación de mayores extensiones de tierra para la agricultura y la ganadería. 3) Incendios. Y 4) Construcción de más espacios urbanos y rurales. El mismo autor, menciona que los agentes de deforestación son las personas, corporaciones, organismos gubernamentales o proyectos de desarrollo que talan los bosques. Los agentes que representan vinculo con la deforestación son: Agricultores de roza y quema, Agricultores comerciales, Agricultores en ganaderías, Pastoreos de ganado menor y mayor, Madereros, Recolectores de leña, e Industriales mineros y petroleros.

Es importante indicar que los patrones considerados para determinar las clases de deforestación y otras clases complementarias al mapa son la textura, brillo, color y forma, tamaño así como la proximidad a la red vial, red hidrográfica y centros poblados y ubicación geográfica.

Shukla *et al.* (1999, citado por Kalliola, 1993) indican que de acuerdo a modelos de simulación, convertir la cobertura de los bosques tropicales por vegetación gramínea causa, en escala continental, un aumento significativo en la temperatura superficial y la disminución de la evaporación y de la precipitación. La disminución de la biomasa aumentaría la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera y así contribuiría al calentamiento global (Lugo y Brown, 1980, Houghton, 1990, citados por Kalliola, 1993).

La conversión del bosque a áreas de cultivos y pasturas es la principal actividad que origina emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y por esta actividad se pierden grandes extensiones de biomasa arbórea, lo que coloca en peligro a la biodiversidad acompañante, no sólo por pérdida de individuos arbóreos sino también por pérdida de fuentes de alimento y cobertura en general para la fauna silvestre y de servicios ambientales del bosque. Dependiendo de la intensidad y frecuencia de las perturbaciones la estructura y composición florística del bosque puede cambiar marcadamente. Los espacios de recolonización de la vegetación serán ocupados por especies pioneras con poca similitud fisonómica y taxonómica con el bosque original (Laurance & Delamônica, 1998; Laurance *et al.*, 1998, citados por WWF, 2003). Por ello es necesario conocer el índice real de la deforestación y la real motivación que lleva a los pobladores a la realización de éstas actividades.

Los bosques no son sólo una fuente de recursos maderables, sino también de combustibles, medicinas, materiales de construcción y alimentos, además, los bosques producen servicios ambientales como el mantenimiento de las fuentes de agua, el hábitat de la diversidad biológica, la regulación del clima y el secuestro de carbono. Más aún, los bosques sirven como sitios turísticos y de recreación y son también importantes para las actividades socio culturales y religiosas de algunos habitantes (CONAM, 2001).

Los datos más recientes sobre la cubierta forestal mundial indican que en 1995 la superficie forestal mundial (incluidos los bosques naturales y las plantaciones forestales) era de 3,454 millones de ha. Entre 1990 y 1995, la superficie total de bosques disminuyó en 56.3 millones de ha, resultante de la desaparición de 65.51 millones de ha en los países en desarrollo y el aumento de 8.8 millones de ha en los países desarrollados. Las causas principales de la variación registrada en la cubierta forestal son la transformación de los bosques en las tierras agrícolas abandonadas en los países desarrollados (FAO1999).

En nuestro país tenemos 72 millones de hectáreas de bosques que cubren más del 56% del territorio nacional. De ellas, cerca de 46 millones de hectáreas tienen capacidad para la producción permanente de productos maderables. Adicionalmente, existen 10 millones de hectáreas de tierras aptas para la reforestación, localizadas principalmente en sierra y selva (CONAM, 2001).

La deforestación masiva de los bosques es uno de los grandes problemas ambientales que amenaza a la Amazonía. La deforestación en tierras de poca fertilidad natural, por la agricultura migratoria, es la manifestación de un problema social (la pobreza y la necesidad de subsistir o de adquirir un patrimonio) que se convierte en un "círculo vicioso", debido a que, al eliminarse la cubierta vegetal de los suelos, se produce la erosión y la pérdida de la poca fertilidad que generalmente poseen, con la siguiente disminución de rendimientos y, por lo tanto, de ingresos para el agricultor. Así mismo, la deforestación genera pérdida de biodiversidad trayendo problemas en la disponibilidad de los recursos de caza, pesca y extracción. En consecuencia, este mantiene niveles de pobreza y debe buscar nuevas tierras que deforestar para seguir subsistiendo (Rodríguez, 2001).

Las mayores fuerzas que determinan la deforestación están relacionadas con la economía de subsistencia, las políticas públicas, el mercado internacional del consumo ilícito de la coca y los procesos migratorios de la población andina. Pero la intensidad y dirección de estas fuerzas, a estado condicionada por las limitaciones físicas, la accesibilidad, el terrorismo y el narcotráfico. Sobre este último aspecto, el área en estudio durante el período de análisis ha sido el escenario principal de las actividades subversivas desarrolladas por Sendero Luminoso y el MRTA en el país, generando en algunas zonas de la selva alta la intensificación del cultivo ilegal de la coca y en otros, la migración del campo a la ciudad (IIAP, 1999).



Sobre el particular, durante la década del 60, Malleux (1988), manifiesta que con el acelerado aumento de la población en el Ande Peruano y la cada vez más limitada disponibilidad de tierras agropecuarias, así como el problema de la incidencia del cultivo de coca, se ha intensificado la migración de poblaciones serranas, hacia la región Amazónica, en los departamentos de Puno, Huánuco y Cajamarca, causando graves irreparables daños a la vegetación y suelos de la Selva Alta, donde se han deforestado más de cinco millones de hectáreas. En este sentido, la deforestación es un proceso fundamentalmente socioeconómico que origina cambios drásticos en la cobertura vegetal en una zona determinada, pasando de un paisaje boscoso a un paisaje antrópico donde predomina diversos usos de la tierra, como por ejemplo: agricultura, ganadería, infraestructura urbana, minería, etc.

El proceso de deforestación, como causante de cambios climáticos, es de atención prioritaria a nivel mundial. Según la FAO (1999), la adopción del Protocolo de Kyoto del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) en 1997 y las deliberaciones de la cuarta Conferencia de las Partes, que tuvo lugar en Buenos Aires, Argentina, en noviembre de 1998, resaltaron la función de los bosques en la mitigación del cambio climático mundial. El protocolo de Kyoto establece compromisos jurídicamente vinculantes de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en los países industrializados y permite llevar a cabo un número reducido de actividades en el cambio del uso de la tierra y en el sector forestal para cumplir dichos compromisos. De esta forma, ofrece a los países industrializados incentivos para invertir, en su país o en otros países, en actividades forestales que potencien la retención y/o reduzcan las emisiones de carbono. Aunque ciertamente es necesario clarificar muchos puntos del Protocolo de Kyoto, en caso de ser ratificado ofrecerá posibilidades de inversión en el sector forestal.

Este proyecto fue diseñado bajo la premisa de que los satélites son el principal medio de adquirir datos a escala global, con la suficiente cantidad de detalles y con una frecuencia adecuada. En el marco de este proyecto, se han definido diversas categorías de tipo de vegetación y patrones de uso de la tierra con el propósito de evaluar la deforestación a nivel mundial.

Como algunos antecedentes de trabajos similares realizados en la Amazonía peruana, se reportan los siguientes:

**Monitoreo de la deforestación en la cuenca del Río Huallaga utilizando Técnicas de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica.**

Dicho estudio cubrió una superficie territorial de 9 019 600 ha, en el cual se determinó que existen 1 403 631 ha (15,55%) deforestadas; sin embargo, la cifra es mayor debido a que existen áreas que no han sido evaluadas por la alta nubosidad en las imágenes de satélite, lo que dificultó la interpretación visual de las mismas. Las áreas con bosque natural alcanzan a 7 565 774,609 ha (83,90%), mientras que los cuerpos de agua ocupan 50 400,70 ha (0,56%) (Sociedad Latinoamericana De Percepción Remota Y Sistemas de Información Espacial – SELPER, 1993).

**Monitoreo Medioambiental del Valle del Río Pichis.** Estudios sobre un área de 204,377 ha., reportan que la zona del Valle del Río Palcazu ha sido deforestada en casi un 13%, el cual significa una pérdida de cobertura vegetal de 19,830 ha en un período de cuatro años, afectando seriamente el ecosistema de esta región (ONERN, 1986).

**Monitoreo Continuo de los Procesos de Deforestación en la Amazonía Peruana.** La Selva Alta en general es la más deforestada, concentrándose la deforestación en las zonas de Jaén y San Ignacio en Cajamarca, Bagua y Rodríguez de Mendoza en Amazonas, Alto Mayo y Huallaga Central en San Martín, Alto Huallaga en Huánuco y selva central en los departamentos de Pasco y Junín y, actualmente en la zona del Río Apurímac entre los departamentos de Ayacucho y Cusco. La superficie deforestada al año 1985, fue de 5 642 447 ha aproximadamente, el 7,47% de bosque Amazónico original. El incremento de la deforestación desde el año 1985 a 1990, fue de 1 305 790 ha, que equivale al 9,20% de la cobertura original. La tasa de deforestación nacional registra 261,158 ha/año (0,35%) que equivale a intervenir aproximadamente 716 ha por día.

La superficie deforestada proyectada al año 1995 a nivel nacional, es de aproximadamente 9 559 817 ha (12,65%). La superficie deforestada proyectada al año 2000 a nivel nacional, es de aproximadamente 8 254 027 ha (10,92%) Reátegui (1996).

**Deforestación en el Área de Influencia de la Carretera Federico Basadre - Pucallpa.** IIAP (1996). De un total de 1 699 541 Ha, que es el área de influencia de la carretera Federico Basadre, para el periodo 1993-1994, se ha identificado que las áreas con uso agropecuario representan el 8,18%; las áreas con purmas jóvenes o barbecho y purmas medias o bosque secundarios el 11,95%; las áreas con bosque primario intervenido selectivamente el 76,92% y el resto, constituido por centros poblados, cuerpos de agua e islas, sólo representa el 2,95%. La zona deforestada que se reporta para el año 1994, en el área de influencia de la carretera Federico Basadre, cubre una superficie de 345 931 ha, que es el 20% del área total con una tendencia de incremento anual del orden del 0,49% con un aproximado de 8 378 ha/año. El total en el área del estudio representa el 4,3% de la superficie total deforestada en la Amazonía Peruana. Durante los últimos 40 años (1955-1995) se reporta una tasa anual promedio de deforestación de 0,61%, equivalente a 10 430 ha/año. Sin embargo, el comportamiento de este proceso no ha sido uniforme en el tiempo. Así, la tasa anual de intervención que durante el periodo 1955- 1974 fue de 0,17%, se incrementa significativamente en los periodos 1974-1981 y 1981-1989, con 1,13% y 1,22%, respectivamente. En cambio en el periodo 1989-1995 esta tasa decrece significativamente a 0,49%.

**Deforestación y Cambios en la cobertura forestal en las zonas de Nanay, Pucallpa, Aguaytía, Tingo María, Huánuco y Oxapampa.** IIAP (1999). Este estudio indica que el patrón de deforestación es masivo o tipo mosaico en los sitios de mayor densidad poblacional. En algunos sitios donde existen limitantes físicos, o donde la población es muy escasa, el patrón de deforestación es de tipo lineal. Sin embargo, en ambos casos las unidades deforestada son muy pequeñas, donde alternan tierras en cultivo con tierras en barbecho.

Los cambios en la cobertura forestal en el área en estudio se deben principalmente a la actividad agropecuaria, desarrollada tanto por la población local, como por la población migrante. Sólo se registra algunas empresas, como las relacionadas a la palma aceitera en Tocache, la ganadería en Pucallpa, y al café en Oxapampa, que se constituyen en agentes de la deforestación en algunos sitios específicos, pero que no significan grandes superficies.

## VII. MARCO CONCEPTUAL

**Monitoreo:** es el proceso de recoger la información rutinariamente sobre todos los aspectos de una campaña de defensa y promoción y usarla en la administración y toma de decisiones de la red (Díaz, 2008)

**Evaluación:** involucra un análisis objetivo y sistemático del desempeño de la red, su eficiencia e impacto con relación a sus objetivos (Merino, 2002)

**Deforestación:** se considera como el cambio de uso del suelo de forestal a no forestal en un período determinado. También puede expresarse como la eliminación completa de áreas arboladas a dedicarlos a usos del suelo no forestales. (JOINT RESEARCH CENTER – EUROPEAN COMMISSION. 1998)

**Degradación:** Afectación de un área forestal arbolada por diferentes factores de perturbación. (Gomez, y Tamariz, 1998)

**Disturbio:** alteración que directa o indirectamente ha provocado el hombre en la vegetación, ocasionada también por fenómenos naturales (incendios, plagas, etc.) (Merino y Segura, 2002)

**Geográficas:** que representa la ubicación de cualquier punto sobre la superficie terrestre con base en un par de coordenadas representadas en medidas angulares: latitud y longitud. (Parra *et al.* 1997)

**Perturbación:** cambios en la constitución de la vegetación natural producidos por agentes destructores y engloba deforestación, degradación y disturbio. (Ponce - Hernández, 1993)

**Sistema de Información Geográfica:** un conjunto de procedimientos sobre una base de datos no gráfica o descriptiva de objetos del mundo real que tienen una representación gráfica y que son susceptibles de algún tipo de medición respecto a su tamaño y dimensión relativa a la superficie de la tierra (Chuvienco, 1996)

**Percepción Remota:** consiste en la adquisición de información acerca de un objeto a través de datos obtenidos con un instrumento que no está en contacto directo con él (Chuvienco, 1996)

**Imágenes satelitales:** es el producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial mediante la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste, producto que posteriormente se transmite a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y análisis (Ferrer, 1994)

**Erosión:** es cuando el suelo compactado no puede absorber el agua de la lluvia y la mayor parte de ella escurre sobre la superficie, produciendo el arrastre de las partículas del suelo (Kalliola, 1998).

## **VIII. MATERIALES Y METODO**

### **8.1 Localización del área de estudio**

La región Loreto se encuentra ubicado en el extremo Nor-oriental del territorio peruano. Limita por el Norte con la república de Ecuador y Colombia, por el este con la república del Brasil, por el Sur con la región de Ucayali y por el Oeste con la región Nor-Oriental del Marañón, la región San Martín. Tiene una superficie de 368,851.95 Km<sup>2</sup>, que representa el 28.7% del territorio nacional. Esta superficie desagregada a nivel de las provincias y distritos.

### **8.2 Clima**

El clima es cálido y húmedo -85% de humedad promedio, las precipitaciones pluviales son abundantes durante todo el año (2000 mm promedio anual) siendo más acentuados los primeros cuatro meses, período que coincide con las crecientes de los ríos. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 16 y 35 grados centígrados.

### **8.3 Características Geográficas**

#### **8.3.1 Superficie y ubicación geográfica**

Maynas es una de las siete provincias que conforma la región Loreto. Limita al norte con Colombia, al este con la provincia de Mariscal Ramón Castilla, al sur con la provincia de Requena y al oeste con la provincia de Loreto y el Ecuador. Presenta una altitud de 106 msnm, creada el 7 de febrero de 1866, con una superficie terrestre de 1,198 59.40 km<sup>2</sup> (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática-INEI, Perú: Principales Indicadores Departamentales 2006-2009, Lima, Octubre 2010).

La provincia de Maynas presenta las siguientes coordenadas:

Coordenadas inferior derecho: UTM: 1 055 068 m E y 9 472 531 m N.

Coordenadas superior izquierdo: UTM: 406 620 m E y 10 008 255 m N.

- Altitud: 106

La provincia tiene una extensión de 121 711.86 kilómetros cuadrados y se divide en 13 distritos que son: Iquitos, Alto Nanay, Fernando Loes, Indiana, Las Amazonas, Mazán, Napo, Punchana, Putumayo, Torres Causana, Belén, San Juan Bautista, Teniente Manuel Clavero

La provincia de Maynas tiene una población aproximada de 539,901 habitantes. La capital de esta provincia es la ciudad de Iquitos (INEI, Perú: Principales Indicadores Departamentales 2006-2009, Lima, octubre 2010)

### **8.3.2 Características ecológicas**

El clima es cálido y húmedo, sin estación bien definida. La temperatura varía de 22°C a 32°C con un promedio de 26°C, variando excepcionalmente a un mínimo de 17°C algunos días entre junio y julio, y a un máximo de 36°C entre octubre y enero. El ambiente es bastante húmedo, registrándose valores de humedad relativa media promedio entre 86.8% a 89.7% (IIAP, 1996)

Las lluvias se presentan durante todo el año; sin embargo, se pueden distinguir dos estaciones: la lluviosa, entre los meses de octubre y junio, y la menos lluviosa entre julio y setiembre. Los niveles de precipitación total se encuentran alrededor de 3,000 mm (IIAP, 2002).



Desde el punto de vista geológico, se encuentra en la Gran Llanura de Loreto, entre dos grandes unidades morfoestructurales: el Escudo Guyano-Brasileño y la Cordillera de los Andes (Cordillera subandina), las cuales conjuntamente con otra estructura menor (Arco de Iquitos) controlan el equilibrio de la cuenca. Las características litoestratigráficas (secuencias litológicas horizontales y subhorizontales), así como los procesos geodinámicos (agentes modeladores del terreno) y los eventos tectónicos (fallas, fracturas, plegamientos), han generado relieves relativamente planos (sistemas de terrazas) y ondulados (sistemas de colinas) (IIAP, 2002). Se diferencian tres tipos de depósitos sedimentarios: (1) La Formación Pebas, (2) La Formación Ipururo y (3) Algunos de los depósitos de las terrazas fluviales en Jenaro Herrera han sido estudiados por Dumont *et al.* (1988) (Rasanen, 1998).

IIAP (2002), los suelos del área de estudio en general, son de baja fertilidad, con textura que varía entre arenosos y franco arcillosos, generalmente de reacción extremada a fuertemente acida, alta saturación de aluminio cambiante. Los suelos arenosos cuarcíticos, correspondientes a la formación Iquitos, son las más pobres de la Amazonia.

De acuerdo a la información realizada en la ZEE del departamento de Loreto, niveles de estudio y a los empleados, existen 8 unidades de formaciones vegetales de zonas húmedas pluviales, 1 unidad de Pantano arbóreo, 1 unidad de Pantano herbazal-arbustivo, 1 unidad de Aguajal, complementándose con la unidad de Bosque Intervenido o Deforestado (Kalliola, 1998).

La red de ríos formadores, afluentes sub afluentes, determinan características particulares para cada cuenca en la región con su régimen hidrográfico, color de aguas, dirección, posición, sedimentación, pendientes y navegabilidad (Kalliola, 1998).

El ámbito de la provincia constituye en sí una gran cuenca cuyo colector principal es el río Amazonas, que se forma de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali en las proximidades del pueblo Nauta, y que luego de recorrer territorio peruano ingresa a territorio brasileño hasta desembocar en el Océano Atlántico, recorriendo una longitud total estimada en 3,762 km. En el mapa hidrográfico adjunto se aprecia la amplia red de drenaje que contiene la amazonía peruana.

#### **8.4 MATERIALES**

En el presente estudio se ha utilizado imágenes del satélite Landsat TM y ETM, que cubre toda la zona en estudio. Para la ejecución del presente proyecto de Monitoreo de la deforestación del periodo 2005-2009, en la provincia de Maynas, región Loreto, Perú, se utilizarán los siguientes materiales disponibles, los cuales se describen a continuación:

##### **8.4.1 Material cartográfico**

El material cartográfico que sirvió como fuente de referencia para la corrección geométrica es la Carta Nacional que es elaborado por el Instituto Geográfico Nacional - IGN y está a una escala de 1:100 000.

1770 01-l	1870 01-m	1970 19-n	2070 19-n										
	1869 02-m	1969 02-n	2069 02-n										
1768 03-l	1868 03-m	1968 03-n	2068 03-n	2168 03-o									
1767 04-l	1867 04-m	1967 04-n	2067 04-n	2167 04-o	2267 04-p								
	1866 05-m	1966 05-n	2066 05-n	2166 05-o	2266 05-p	2366 18-q	2466 05-r	2566 05-s	2666 05-t	2766 05-u	2866 05-v		
	1865 06-m	1965 06-n	2065 06-n	2165 06-o	2265 06-p	2365 06-q	2465 06-r	2565 06-s	2665 06-t	2765 06-u	2865 06-v		
	1864 07-m	1964 07-n	2064 07-n	2164 07-o	2264 07-p	2364 07-q	2464 07-r	2564 07-s	2664 07-t	2764 07-u	2864 07-v		
		1963 08-n	2063 08-n	2163 08-o	2263 08-p	2363 08-q	2463 08-r						
			2062 09-n	2162 09-o	2262 09-p	2362 08-q	2462 09-r						
					2261 10-p								

**Disponibilidad del formato de la Carta Nacional:**

Formato digital y analógico	2263	→ Código Internacional
	08-p	→ Código Nacional

Figura 02. Índice gráfico de la carta nacional utilizada en el proyecto.

Cada hoja de la Carta Nacional presenta algunas características propias las cuales son presentadas en la Tabla 01.

Nro	Carta Nacional 1:100 000			Formato		Proyección
	Código Internacional	Código Nacional	Nombre	Análogo	Digital	WGS84
1	1770	01-l	Río Güeppi	X	X	X
2	1870	01-m	Güeppi	X	X	X
3	1970	19-n	Santa Teresa	X	X	X
4	2070	19-±	Puerto Véliz	X	X	X
5	1869	02-m	Pantoja	X	X	X
6	1969	02-n	Río Angusilla	X	X	x
7	2069	02-±	Angusilla	X	X	x
8	1868	03-m	Vencedores	X	X	x
9	1968	03-n	Chingana	X	X	x
10	1768	03-l	Quebrada Lobo	X	X	x
11	2068	03-±	Nueva Jerusalén	X	X	x
12	2168	03-o	Yabuyanos	X	X	x
13	1867	04-m	Arica	X	X	x
14	1967	04-n	San Martín	X	X	x
15	1767	04-l	Bellavista	X	X	x
16	2067	04-±	Río Tamboryacu	X	X	x
17	2167	04-o	Campuya	X	X	x
18	2267	04-p	Puerto Arturo	X	X	x
19	1866	05-m	Río Pucacuro	X	X	x
20	1966	05-n	Bolívar	X	X	x
21	2066	05-±	Curaray	X	X	x
22	2166	05-o	Santa Clotilde	X	X	x
23	2266	05-p	Flor de Agosto	X	X	x
24	2366	18-q	San Antonio del Estrecho	X	X	x
25	2466	05-r	Nuevo Perú	X	X	x
26	2566	05-s	Punchana	X	X	x
27	2666	05-t	Remanso	X	X	x
28	2766	05-u	San Martín de Soledad	x	X	X

			<b>45</b>			
29	2866	05-v	Quebrada Esperanza	X	X	X
30	1865	06-m	San Antonio	X	X	X
31	1965	06-n	Quebrada Aguablanca	X	X	X
32	2065	06-±	Quebrada Sabaloyacuy	X	x	X
33	2165	06-o	San Lorenzo	X	x	X
34	2265	06-p	San Felipe	X	x	X
35	2365	06-q	Río Algodón	X	x	X
36	2465	06-r	Quebrada Airambo	X	x	X
37	2565	06-s	Río Yuhuillo	X	x	X
38	2665	06-t	Quebrada Lupuna	X	x	X
39	2765	06-u	Río Yaguas	X	x	X
40	2865	06-v	Primavera	X	x	X
41	1864	07-m	Pucacuro	X	x	X
42	1964	07-n	Intuto	X	x	X
43	2064	07-±	Río Pintoyacu	X	x	X
44	2164	07-o	Río Mazán	X	x	X
45	2264	07-p	Mazán	X	x	X
46	2364	07-q	Francisco de Orellana	X	x	X
47	2464	07-r	Huanta	X	x	X
48	2564	07-s	Pebas	X	x	X
49	2664	07-t	Río Atacuari	X	x	X
50	2764	07-u	Río Cotuhé	X	x	X
51	2864	07-v	Quebrada Chontadero	X	x	X
52	1963	08-n	Río Corrientes	X	x	X
53	2063	08-±	Libertad	X	x	X
54	2163	08-o	Río Nanay	X	x	X
55	2263	08-p	Iquitos	X	x	X
56	2363	08-q	Río Maní	X	x	X
57	2463	08-r	Yanashi	X	x	X
58	2062	09-±	Yacumama	x	x	X

			46			
59	2162	09-o	Río Itaya	X	x	X
60	2262	09-p	Tamshiyacu	X	x	X
61	2362	09-q	Río Tamshiyacu	X	x	X
62	2462	09-r	Buenjardín	X	x	X
63	2562	09-s	Carolina	X	x	X
64	2261	10-p	Ramón Castilla	X	x	X

**Tabla 01. Características de la carta nacional**

La Carta Nacional incluye los datos de los temas de curvas de nivel, ríos y quebradas (líneas), lagos e islas (polígonos), cotas y señales (puntos). Algunas hojas contienen data de la toponimia (nombres de los ríos), la cual fue utilizada, como referencia para la localización de algunos puntos de interés en la elaboración de los mapas para el trabajo de campo y en algunos casos para los mapas temáticos.

#### **8.4.2 Material satelital**

El procesamiento aplicado a cada una de ellas fue el de corrección geométrica o georreferenciación y mejoramiento radiométrico mediante la igualación del histograma.

Uno de los aspectos técnicos de las imágenes Landsat TM es que presentan muchas bandas o canales espectrales (multiespectral); en total siete de ellos que segmentan al espectro electromagnético. De estas bandas tres pertenecen a la porción del visible (bandas 1,2 y 3), tres a infrarrojo cercano (bandas 4,5 y 7) y uno al infrarrojo lejano o termal (banda 6). La banda 6 se subdivide en dos bandas (bandas 6L y 6H) las que a diferencia de las demás tienen una resolución espacial de 120 metros. Estas bandas termales no se utilizaron en este proceso ya que no representan importancia para el tipo de trabajo que se realiza.

Banda del espectro	Rango del Espectro Electromagnético ( $\mu\text{m}$ )	Resolución espacial (m)	Características de la Banda espectral
1 Visible -Azul	0,45 a 0,52	30	Azul: Presenta gran penetración en cuerpos de agua, con elevada transparencia, permitiendo estudios batimétrico. Sufre absorción por la clorofila y pigmentos fotosintéticos auxiliares (carotenoides). Presenta sensibilidad a nubes de humo provenientes de quemas o actividad industrial. Puede presentar atenuaciones por la atmósfera. Usada para el mapeo de aguas costeras, diferenciando entre suelo y vegetación, mapeo de tipos de forestación o agricultura.
2 Visible - Verde	0,53 a 0,61	30	Verde: Presenta gran sensibilidad a la presencia de sedimentos en suspensión, posibilitando su análisis en términos de cantidad y calidad. Buena penetración en cuerpos de agua. También es usada para la identificación de centros poblados.
3 Visible - Rojo	0,63 a 0,69	30	Rojo: La vegetación, densa y uniforme, presenta una absorción quedando oscura, permitiendo buen contraste entre las áreas ocupadas con vegetación (Ej. Suelo expuesto y áreas urbanas). Presenta buen contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (Ej. Campo cerrado y bosque). Permite análisis de la variación litológica en regiones con poca cobertura vegetal. Permite el mapeo del drenaje a través de la visualización del bosque de galería y de los cursos de los ríos en regiones con poca cobertura vegetal. Es la banda más utilizada para delimitar las áreas urbanas, incluyendo la identificación de nuevos lotes. Permite la identificación de áreas agrícolas, inclusive.
4 Infrarrojo cercano	0,78 a 0,90	30	Infrarrojo reflectivo: Los cuerpos de agua absorben mucha energía en ésta banda y quedan oscuros, permitiendo el mapeo de la red de drenaje y delineamiento de los cuerpos de agua. La vegetación verde, densa y uniforme, refleja mucha energía en ésta banda, apareciendo bien claras en las imágenes. Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, permitiendo la obtención de información sobre Geomorfología, Geología y Suelos. Sirve para el análisis y mapeo de facciones geológicas y estructurales. Sirve para mapear áreas ocupadas con vegetación que fueron quemadas. Permite la visualización de áreas ocupadas con macrófitas acuáticas. Permite la identificación de las áreas agrícolas.

		<b>48</b>	Determina cantidad de biomasa presente en un área, enfatiza el contraste de zonas de agua-tierra, suelo-vegetación.
<b>5</b> Infrarrojo medio	1,55 a 1,75	<b>30</b>	Infrarrojo medio: Presenta sensibilidad a la humedad de las plantas, sirviendo para observar estrés en la vegetación, causado por el desequilibrio hídrico. Esta banda sufre perturbaciones en caso de ocurrir excesos de lluvia antes de la obtención de la escena por el satélite. Es sensible a la cantidad de agua en las plantas usadas en el análisis de las mismas, tanto en época de sequía como cuando es saludable.
<b>6</b> Infrarrojo termal	10,4 a 12,5	<b>60</b>	Infrarrojo termal: Presenta sensibilidad a los fenómenos relativos a los contrastes térmicos, sirviendo para detectar propiedades termales de rocas, suelos, vegetación y agua. Puede discriminar vegetación que se encuentra enferma, intensidad de calor, aplicaciones de insecticidas y localización de contaminación termal, geotermal y volcánica.
<b>7</b> Infrarrojo medio	2,08 a 2,35	<b>30</b>	Infrarrojo medio: Presenta sensibilidad a la morfología del terreno, permitiendo obtener información sobre Geomorfología, Geología, y Suelos. Esta banda sirve para identificar minerales con iones hidrófilos. Potencialmente favorable a la discriminación de productos de alteración hidrotermal. También es importante para la discriminación de tipos de rocas y suelos, así como el contenido de la humedad entre suelo y vegetación.

**Tabla 02. Características de las bandas espectrales del sensor TM para Landsat**

Un número de 12 imágenes son las que se usaron para cubrir toda la provincia de Maynas. No se utilizaron todas las imágenes del mismo año tal es así que para la deforestación del 2009 donde se tuvo que utilizar dos imágenes correspondiente al año 2008 (Path Row 5-63) y 2010 (Path Row 7-61). Estas imágenes tenían como máximo 4 meses de antigüedad respecto al año base (2009).



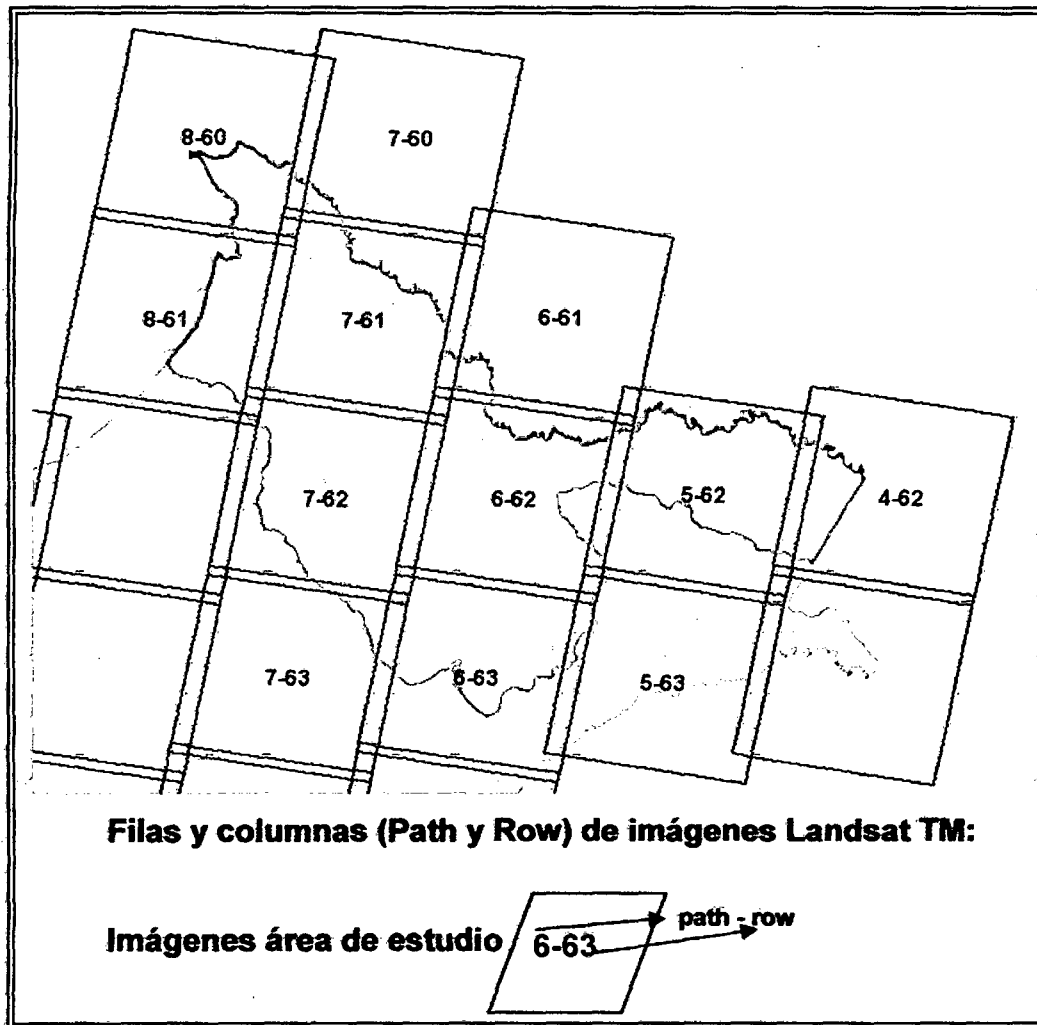
Satélite	Sensor	Imagen (Path_Row)	Año 2005	Año 2009	Fuente
Landsat	TM5	004_062	15/07/2005	03/08/2009	INPE
Landsat	TM5	005_062	19/01/2005	14/11/2009	INPE
Landsat	TM5	005_063	14/07/2005	24/09/2008	INPE
Landsat	TM5	006_061	22/08/2005	07/12/2009	INPE
Landsat	TM5	006_062	22/08/2005	02/09/2009	INPE
Landsat	TM5	006_063	22/08/2005	02/09/2009	INPE
Landsat	TM5	007_060	09/30/2005	13/10/2009	INPE
Landsat	TM5	007_061	13/08/2005	13/10/2010	INPE
Landsat	TM5	007_062	13/08/2005	27/10/2009	INPE
Landsat	TM5	007_063	13/08/2005	11/10/2009	INPE
Landsat	TM5	008_060	29/09/2005	12/02/2009	INPE
Landsat	TM5	008_061	28/08/2005	12/01/2009	INPE

**Tabla 03. Lista de imágenes Landsat utilizadas en el estudio**

Con la finalidad de tener una idea del relieve se utilizó la imagen de RADAR Jers-1 SAR que tiene una resolución espacial de 90 metros.

Satélite	Sensor	Fecha captura de la imagen	Fuente
Jers-1 SAR	RADAR	09/12/1995	Global Rain Forest Mapping Project

**Tabla 04. Características de la imagen de RADAR JERS-1 SAR**



**Figura 03. Imágenes Landsat TM (escenas) usadas en la interpretación visual y en la elaboración del mosaico**

### 8.4.3 Equipos y software

En el acondicionamiento de las imágenes de satélite los adelantos son cada día más innovadores. Este avance va a la par con los adelantos en los sistemas computacionales e informáticos. En el procesamiento digital de imágenes de satélite la generación de volumen de datos es muy grande y éstos necesitan de programas y equipos de cómputo que estén acorde con las exigencias de estos requerimientos.

Así tenemos que para la ejecución del proyecto se utilizó software y equipos de última generación:

- **Software:**
  - ERDAS IMAGINE v9.2 (Procesamiento digital de imágenes de satélite)
  - ArcGis 10, ArcView 3.3
  - Office 2010 (Procesador de textos y tablas)
- **Equipos**
  - 01 PC Pentium IV
  - Computadores Pentium IV, Core 5 Intel 2.6 GHZ, 04 GB de memoria DDR2, disco duro 1000 GB, con monitor de 21" LCD pantalla plana.
  - Impresora Kyocera y Plotter HP Design Jet 460 C.
  - Camaras Digitales Epson, Cannon y Sony.

### 8.4.4 Materiales de impresión, escritorio

- **Materiales de impresión**
  - Papel A4 80 gr y Papel para Plotter HP.
  - Cartuchos de tinta HP (Cyan, Magenta, Yellow y Black).
  - Tonner para Impresora Cannon.
  - Disco Compacto de escritura (CD-R y DVD-R caja x 12 unid).
- **Materiales de escritorio**
  - Útiles de oficina.
  - Libretas de campo.
  - Plumón p/filmina P/fina.
  - Borradores, lápices y lapiceros.

#### 8.4.5 Organización de la carpeta matriz

En el proceso de la construcción de datos, producto del procesamiento digital de imágenes de satélite; se generan muchos archivos, éstos tienen que llevar un orden lógico y organizado en carpetas. La interface gráfica que utiliza el programa ERDAS IMAGINE genera archivos de varios formatos: \*.img, \*.vue y \*.mos, entre otros. Estas contienen estos archivos en diferentes formatos y de diferentes fuentes. Es por este motivo que se ha diseñado una estructura muy simple en la estructura del directorio matriz que lo nombramos: IMG\_MAYNAS.

<b>Carpetas</b>	<b>Contenido de las carpetas</b>	<b>Formato de archivos</b>
VUE	Visualización de viewers	*.vue
ESCENAS_2005	Imágenes del año 2005	*.img
ESCENAS_2009	Imágenes del año 2009	*.img
JPG	Archivos de gráficos	*.jpg
MOS	Archivos de la estructura del mosaico	*.mos
SHP	Archivos shape files	*.shp
TXT_DOC	Archivos de textos	*.txt, *.doc

**Tabla 05. Estructura de la Carpeta Matriz: IMG\_MAYNAS**

#### 8.5 METODO

El área de estudio para el monitoreo de la deforestación se realizó en la provincia de Maynas, región Loreto, la cual sabemos que la deforestación se focalizó en ambas márgenes de los ríos Amazonas, Itaya, Nanay, Napo, Putumayo, Manatí, quebradas, lagos; y como también los ejes de la carretera Iquitos-Nauta dentro de las provincias de Maynas y Loreto donde cubre una superficie SIG estimada de 12 171 186 ha.

Se aplicó el uso del método de análisis visual, empleando para ello imágenes de percepción remota y los sistemas de información geográfica, como las más óptimas.

Se realizó una interpretación de las áreas deforestadas en imágenes de Landsat MSS y TM, para cuantificar la tasa de deforestación de la zona de estudio.

### **8.5.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptivo comparativo, teniendo en cuenta que se describió características y se contrastó resultados.

### **8.5.2 Población de estudio y muestra**

#### **Población**

La población de estudio son los bosques con vegetación natural distribuida en la provincia de Maynas, región Loreto.

#### **Muestra**

Para el estudio de la población, la muestra fue constituida por las áreas deforestadas en la provincia de Maynas, región Loreto.

## **8.6 Procedimiento de imágenes de satélite**

### **8.6.1 Análisis de los cambios en la cobertura vegetal**

La evaluación de los cambios en la cobertura vegetal en el área de estudio, se realizó a partir del levantamiento de información cartográfica actual y su confrontación con el mapa elaborado con información cartográfica de años atrás, donde se registró condiciones del bosque menos disturbado. La evaluación y el análisis se realizaron por periodos de tiempo de acuerdo a la disponibilidad de la información cartográfica.

Los procesos en el cambio de la cobertura vegetal fueron descritos y las causas principales analizadas; aquí se tuvo en cuenta aquellos datos de importancia recolectadas en el trabajo de campo en los sitios de verificación. Esto es importante para establecer un análisis detallado de las causas del impacto medioambiental producto de los procesos de deforestación.

La viabilidad de desarrollar un modelo espacial para los cambios en la cobertura vegetal fue evaluada, basándose en aquellos factores relevantes para dichos cambios.

Los indicadores que se evaluó para el análisis de los cambios en la cobertura vegetal fueron los siguientes:

- Superficie total deforestada (ha)
- Incremento de la deforestación (ha)
- Tasa de deforestación (%)

La tasa anual de deforestación fue calculada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$TAD = (X - Y) / N$$

Dónde:

- TAD : tasa anual de deforestación, expresada en ha/año.  
 X : superficie deforestada en el año 2000, expresada en ha.  
 Y : superficie deforestada en el año 1990, expresada en ha.  
 N : número de años transcurridos en el período 1990-2000

#### 8.6.2 Identificación, recopilación y evaluación de datos satelitales

- La identificación y recopilación de las imágenes de satélite se tuvieron que hacer en diferentes proveedores como en la Internet <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, Anexo N° 1, descargando las imágenes de esta página. También se hizo la búsqueda en los archivos almacenados en el IIAP, de donde se seleccionó la imagen de RADAR, Jers 1 – SAR de 1995.
- TIFF o GeoTIFF es el formato más común y que se utilizó en el proyecto. Este formato, debe ser exportado al formato \*.img que es el formato matriz de ERDAS IMAGINE.
- Para evaluar las imágenes se tuvieron en cuenta los tipos de satélites y sensores desde el punto de vista de sus características espaciales, espectrales, radiométricas, entre otras, de importancia y útiles para el proyecto.

- Las características de estas imágenes se ajustan al análisis visual aplicado en el estudio debido a que tienen una resolución espacial de 30x30 m.; es decir, se puede trabajar hasta una escala de 1:80 000. (El estudio se trabajó a 1:100 000).
- En la selección de las imágenes se consideró el bajo porcentaje de nubes que cubren la escena (imagen de 185 x 185 km<sup>2</sup>), siendo el 10% el más adecuado, pues de lo contrario la interpretación visual se vería limitada enormemente. Cabe indicar, que en esta zona geográfica de la Amazonía peruana las condiciones climáticas no siempre son las más óptimas y por lo general las nubes son una constante, imposibilitando la interpretación visual. Debido a este hecho, se utilizó imágenes de otras fechas diferentes a las del año de evaluación, pero considerando que no sea mayor a los 6 meses.
- Otra característica evaluada en el uso de imágenes es la resolución espectral, ya que ésta permitió manipular las bandas de tal manera que se logró las mejores combinaciones con la finalidad de discriminar los elementos de la superficie que se desea interpretar.

### **8.6.3 Mejoramiento de las imágenes**

Este proceso se concibe como aquellas operaciones que permiten mejoras en las imágenes de satélite con la finalidad de realzar su apariencia visual y su corrección geométrica para obtener datos útiles en el análisis y la generación de información temática. No siempre las imágenes adquiridas tienen la mejor presentación o aspecto visual para el trabajo de interpretación, es por ello necesario aplicar ciertas operaciones para corregirlas.

- Las imágenes por lo general son suministradas, en formatos crudos (raw image) o en algunos casos con ciertas correcciones básicas. Estas imágenes tienen que ser validadas y corregidas con la cartografía base del territorio nacional para ello se utilizó la Carta Nacional.
  
- Al momento de descargar las imágenes de los servidores, las bandas espectrales viene por separado y en un formato comprimido. Se debe descargar y luego descomprimir estos archivos individuales para luego ser unidos y tener la imagen multiespectral completa y funcional para la combinación de bandas.
  
- Se utilizó todas las bandas espectrales de cada imagen, es decir las bandas 1,2,3,4,5 y 7. Para la construcción del mosaico se utilizó solamente 3 bandas la que corresponde a los canales 543-RGB.
  
- Esta selección se hizo considerando que las características espectrales de la banda 3 (0,63 a 0,69 micrones) puede ser absorbida por la clorofila, muy útil para la clasificación de la cobertura vegetal, esta banda pertenece al grupo de las visibles. La banda 4 (0,76 a 0,90 micrones), es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación, principalmente, de cuerpos de agua. Finalmente la banda 5 (1,55 a 1,75 micrones) puede discriminar el contenido de humedad de la vegetación y del suelo. Estas dos últimas bandas pertenecen al grupo de las infrarrojas cercanas (Tabla 02).
  
- Se hicieron algunas pruebas en cuanto a combinación de bandas espectrales con la finalidad de observar la apariencia visual en ciertos rangos del espectro. Se hizo dos combinaciones como prueba para observar las características en cuanto a tonalidad y manifestación de colores. Las bandas se combinaron teniendo en cuenta los cañones o colores que presentan los programas Red, Green y Blue o RGB.



- Las combinaciones tratadas fueron 453-RGB y 543-RGB. En estas combinaciones se puede tener una visión de pseudo color, lo que significa que los colores naturales de las características del paisaje no son los reales, pero éstos son completamente perceptibles y diferenciables al momento de discriminar y caracterizar los elementos del paisaje, muy especial las características de bosque y no bosque (deforestación).
  
- La imagen de RADAR tiene solamente una banda espectral, es decir, que se considera a ésta una imagen pancromática (tonalidades que van del blanco al negro pasando por una tonalidad de grises). Esta imagen se utilizó para tener una idea de las características topográficas del territorio en observación.
  
- Todas estas imágenes después de haber sido transformadas al formato adecuado (\*.img) se pasó a ser corregidas geométricamente (georreferenciadas) y mejoradas radiométricamente.

#### **8.6.4 GEORREFERENCIACIÓN:**

- La georreferenciación de las imágenes de satélite constituye el proceso más importante en el procesamiento de imágenes. Las imágenes deben estar correctamente localizadas en un mismo espacio geográfico para que, al momento de hacer el empalme de las mismas, no exista desplazamiento una respecto a otra y el área de traslape tenga coincidencia de imagen a imagen. Esto se aprecia fácilmente en la hidrografía, vías de comunicación (carreteras), cadena de montañas, entre otros aspectos con características lineales.
  
- Existen cuatro procesos de georreferenciación; a) imagen a imagen, b) cartografía digital a imagen c) cartografía análoga a imagen y d) datos GPS a imagen. En el primer caso la corrección se hace con una imagen que cuenta con un sistema de proyección.

En el segundo caso se utiliza la cartografía digital transfiriendo los Puntos de Control Terrestre (GCP) a la imagen sin proyección (imagen cruda). El tercer si similar al segundo excepto que en este caso se utiliza la cartografía de la Carta Nacional para localizar los GCP. Finalmente en el cuarto caso se utilizan datos colectados con los GPS para determinar los GCP que serán usados para la corrección de la imagen, por lo general este tipo de corrección se aplica a imágenes de alta resolución y que cubren un espacio relativamente pequeño.

□ En el IIAP se cuenta con la cartografía en formato digital motivo por el cual el segundo caso fue el utilizado para la corrección geométrica; es decir, las imágenes se corrigieron utilizando los mapas topográficos de la Carta Nacional en formato digital (vectores de la red hidrográfica en formato shape). Las imágenes de archivo sirvieron para la validación de la corrección.

□ Se tuvo en cuenta la ubicación de 10 a 20 GCP como mínimo, los cuales fueron distribuidos de tal manera que los primeros cinco estuvieran localizados en los extremos y el centro de la imagen (escena) formando una "X" y seguidamente se ubicaban los restantes, siempre siguiendo una secuencia, situándolos uno en un punto determinado y su par en otro punto opuesto. Todo esto se hizo tratando de que los GCP se distribuyan homogéneamente en toda la imagen.

□ El tamaño de píxel (resolución espacial) de 30x30 metros y un RMS (Root Mean Square) o Error Medio Cuadrático de 1,0 a 2,0 píxel fue una constante que se tuvo presente en el proceso de georreferenciación.

□ Es propicio mencionar que el error debe ser mínimo de lo contrario el desplazamiento de la imagen es evidente lo cual se observa al momento de hacer el empalme con otra imagen adyacente. Para hacer la verificación del resultado de la corrección se utilizó la carta nacional en formato digital sobreponiéndola con la imagen corregida. Figura 04.



**Figura 04. Verificación de la corrección geométrica utilizando la cartografía base sobre la imagen corregida**

- En algunos casos, la coincidencia de la cartografía con la imagen corregida no fue la más adecuada, es así que se tuvo que hacer nuevamente la corrección hasta que la coincidencia de ambas (vector y raster) sea la más cercana. Este proceso puede tardar muchas horas y va a depender del criterio del especialista para determinar cuándo la imagen está correctamente corregida. Este no es el caso pero se puede presentar algunos inconvenientes cuando se trata de imágenes que están en zonas de transición entre selva alta y selva baja, pues la estructura del relieve (relativamente plano y rugoso) son factores que pueden interferir en la aplicación del modelo de corrección y por consiguiente en el resultado.
  
- Puede que la coincidencia en el área de empalme no se logre adecuadamente, esto se debe también a que la fuente empleada en la elaboración de la base cartográfica es producto de la interpretación de imágenes muy antiguas respecto a la que se está corrigiendo. En este caso se observa diferencias en la hidrografía (ríos polígonos) debido a que en esta parte de la Amazonía la dinámica fluvial es muy cambiante, en este caso se tiene que considerar los vectores ríos y líneas para hacer el acondicionamiento cartográfico.

□ Utilizando el software ERDAS IMAGINE y mediante el modelo Polinomial de orden 1 se hizo la georreferenciación. El modelo de orden 1 sirve mucho para zonas de topografía relativamente plana que es el caso de la región Loreto y en especial de la provincia de Maynas.

<b>Escenas</b>	<b>GCP_2005</b>	<b>RMS_2005</b>	<b>GCP_2009</b>	<b>RMS_2009</b>
004_062	18	1,34	19	1,24
005_062	17	1,27	28	1,17
005_063	18	1,45	20	1,40
006_061	20	1,54	20	1,50
006_062	20	1,36	20	1,61
006_063	20	1,65	20	1,72
007_060	19	1,60	19	1,97
007_061	20	1,90	20	1,21
007_062	18	1,87	19	0,97
007_063	20	1,32	20	1,86
008_060	20	1,63	20	2,00
008_061	20	1,83	20	1,30

**Tabla 06. Fuente de datos para la georreferenciación**

✓ El sistema de proyección utilizado en el proceso de corrección geométrica es el que se muestra en la Tabla 07.

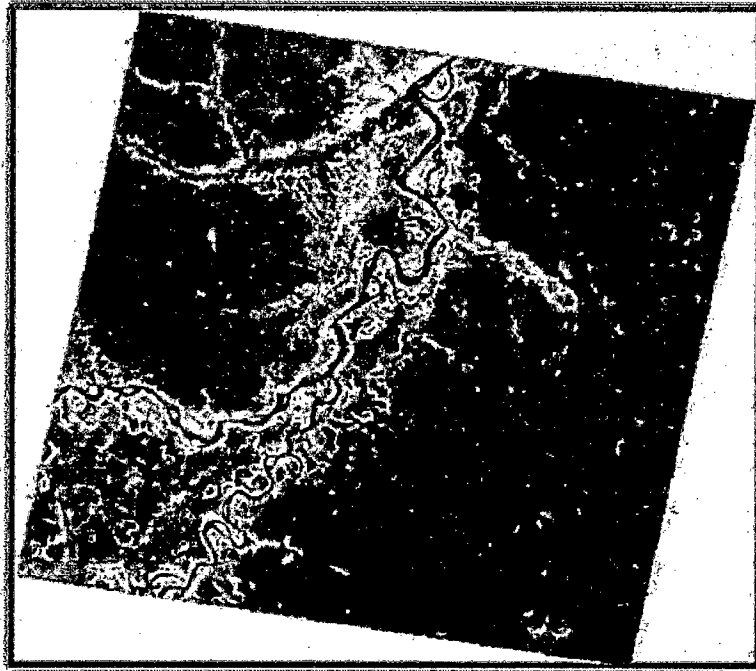
<b>SISTEMA DE PROYECCIÓN UTILIZADA EN EL PROYECTO:</b>	
<b>Datum Horizontal</b>	<b>: WGS84</b>
<b>Datum Vertical</b>	<b>: Nivel medio del mar</b>
<b>Esferoide</b>	<b>: WGS84</b>
<b>Proyección</b>	<b>: UTM</b>
<b>Zona UTM</b>	<b>: 18 Sur</b>

**Tabla 07. Sistema de proyección usado en la georreferenciación de las imágenes de satélite**

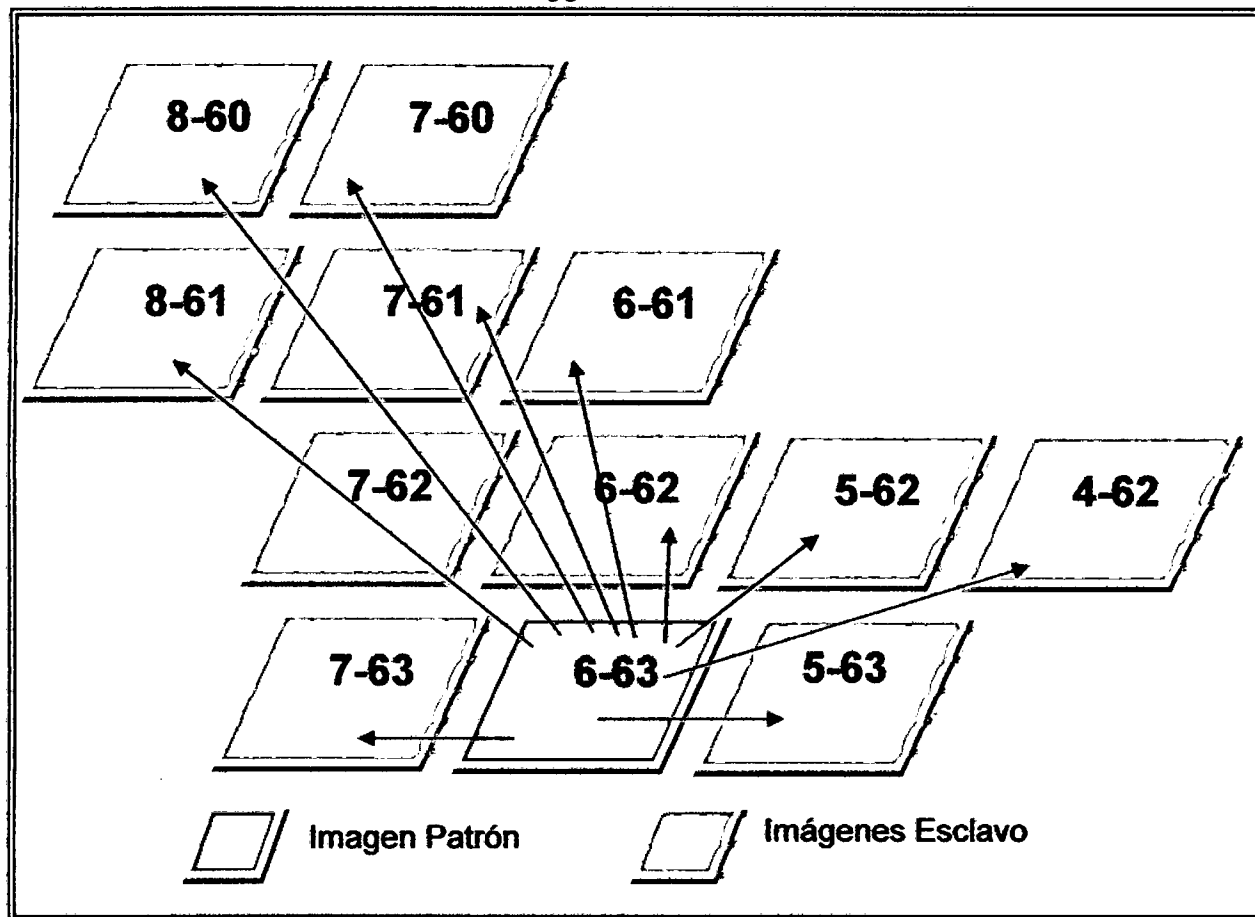
### 8.6.5 MEJORAMIENTO RADIOMÉTRICO

El mejoramiento radiométrico se hace sobre los valores digitales de las imágenes y estos permiten una mejor apariencia visual de la misma de tal manera que la interpretación pueda ser la más óptima.

- ✓ Previo a la construcción del mosaico de imágenes éstas tuvieron que ser mejoradas en términos de apariencia visual (radiometría). Este proceso se aplicó a cada escena. Este mejoramiento permite que el mosaico tenga una apariencia de continuidad de las imágenes en términos radiométricos (tonalidad y color). Se emplearon algunos algoritmos sugeridos por el software ERDAS IMAGINE que consistió en la igualación del histograma (matching histogram).
- ✓ Es proceso de mejoramiento se hace teniendo en cuenta una imagen base o también conocida como imagen "patrón" con características visuales adecuadas (especialmente la radiometría). El algoritmo empleado permitió igualar los histogramas de dos imágenes mediante una operación matemática en la lookuptable, la cual sirvió como una función de igualamiento del histograma respecto a otro de referencia. Este procedimiento tuvo una secuencia y fue realizado a cada banda espectral de cada escena.
- ✓ La secuencia de imagen patrón e imágenes esclavo para cada mosaico se indican a continuación mediante un esquema gráfico el cual tiene una secuencia lógica. Es decir, en el gráfico la imagen verde es la que originalmente se consideró con las características visuales (radiometría) más adecuada para tomarla como "patrón". Se hizo la igualación del histograma con la figura verde. Con este resultado se procedió seguidamente a tomar las demás imágenes como "Esclavos".

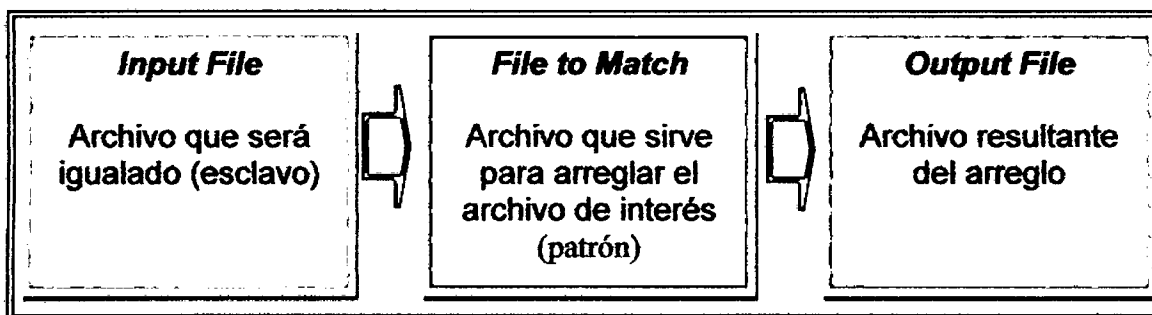


**Figura 05. Imagen utilizada como referencia para el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) de las imágenes de los años 2005 y 2009**

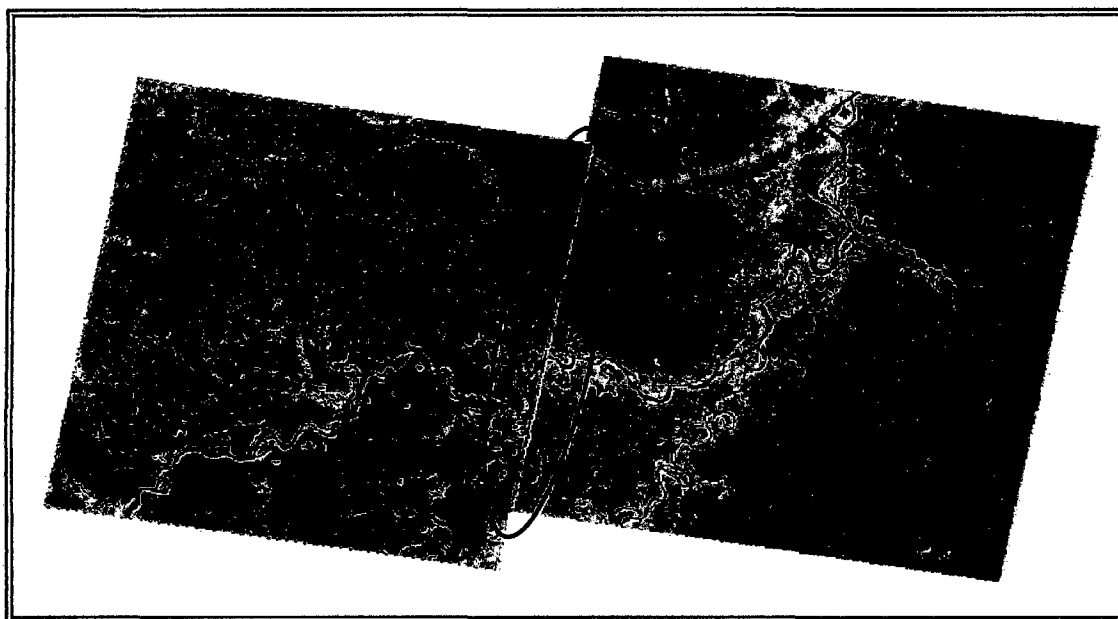


**Figura 06. Imagen de referencia (patrón) para corrección radiométrica de otras imágenes (esclavo) del año 2005 y 2009**

- ✓ En la Figura 07 se indica el proceso seguido para ejecutar el mejoramiento radiométrico (igualación del histograma) a través de un flujograma de operaciones.



**Figura 07. Diagrama de flujo para ejecutar el mejoramiento radiométrico según Erdas Imagine.**



**Figura 08. Escena con corrección radiométrica**

### **8.6.6 Elaboración del mosaico de imágenes de satélite**

El proceso de elaboración de un mosaico viene a ser el ensamblaje de dos o más escenas con la finalidad de cubrir un área relativamente grande y que con una sola escena éste no se puede cubrir.

Para ensamblar las imágenes se utilizó la opción *Mosaic image* el cual sugiere ciertos pasos.

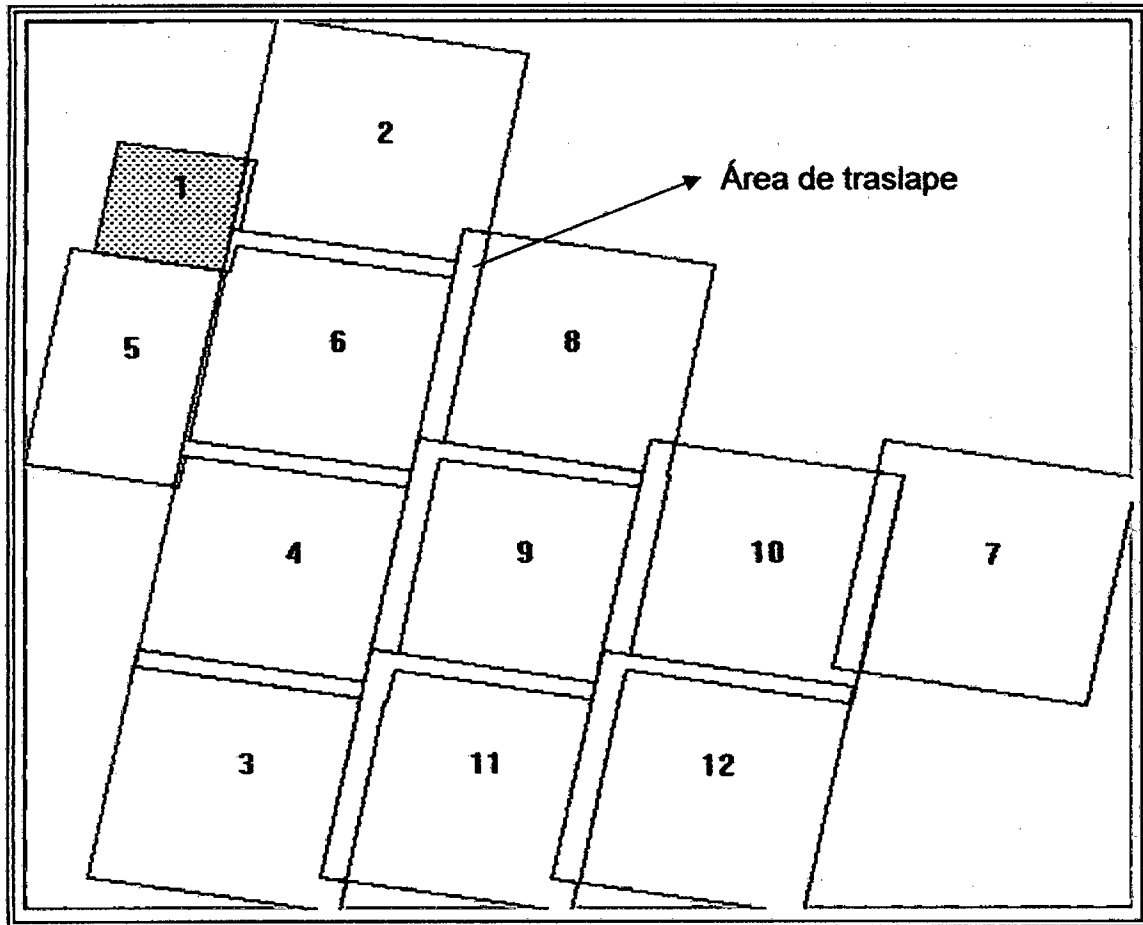
✓ ***Compute Active Area:***

Esta opción permite seleccionar el área a ser procesada. Por defecto toma toda la imagen pero puede ser seleccionada con un *AOI* (Área de Interés), si es el caso.

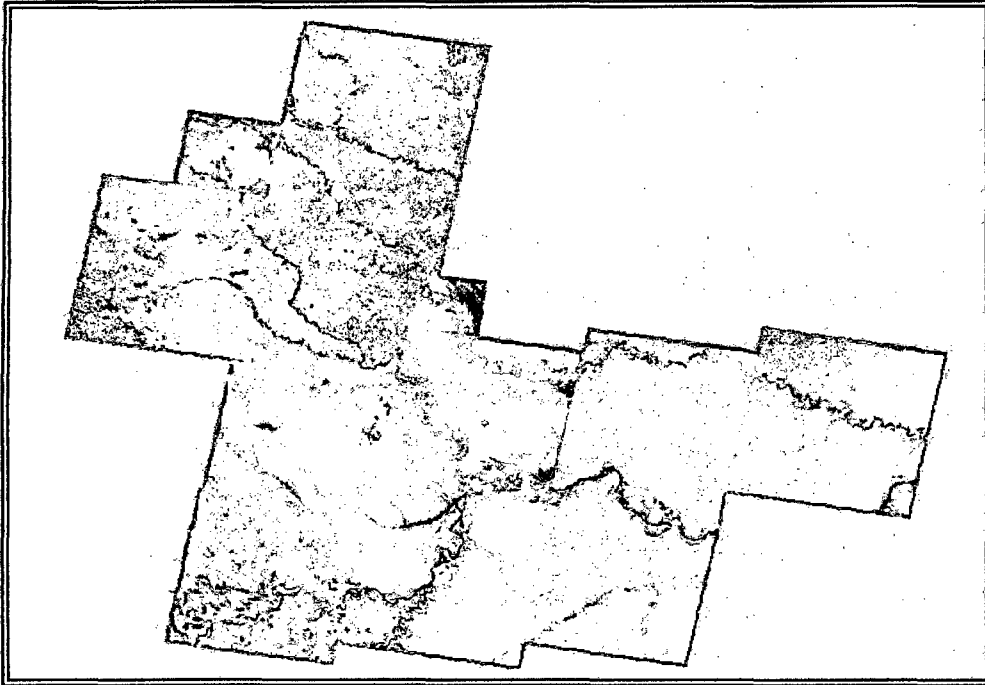
- ✓ Después de haber ubicado las imágenes de acuerdo a nuestro interés (por fechas de captura, visualización de los elementos del paisaje, entre otros), se aplica la opción de igualación (*Matching Option*) la que se utiliza cuando se tiene problemas de diferencias en tono y claridad entre o dentro de una imagen o un área de interés. En resumen, esta opción toma el histograma de cada imagen y las ajusta de tal manera que el resultado es un histograma similar.



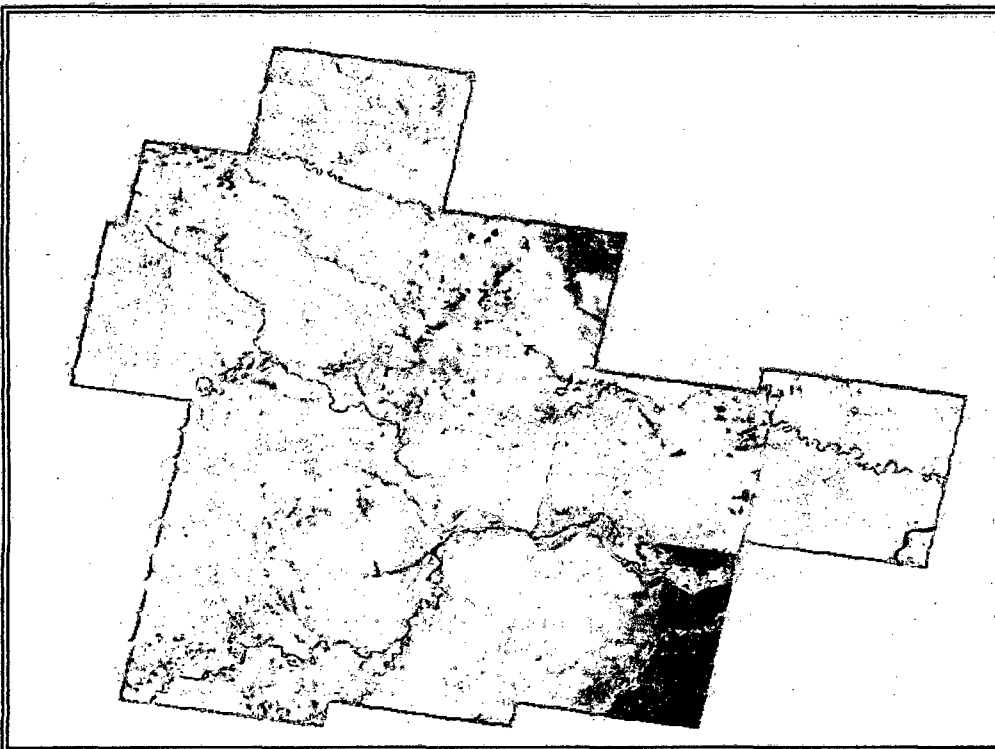
- ✓ Para que el contraste de los colores en términos de balance, se selecciona la opción *color balancing – set – (automatically)*. En la opción *Matching method* se selecciona *OverlapAreas*, la que considera en el procesamiento las áreas de traslape.
  - ✓ El tipo de histograma a utilizar es banda por banda.
  - ✓ Al establecer las funciones de traslapado se opta por la opción de intersección no cut line exist donde se escoge el promedio (*average*) como alternativa.
  - ✓ Finalmente se corre el modelo con la opción *resample* obteniéndose un mosaico casi homogéneo en cuanto a su tonalidad y color.
- 
- Las imágenes individuales fueron seleccionadas teniendo en cuenta la apariencia visual de éstas así como un orden para el empalme. Se tuvo en cuenta, en primer lugar, la fecha de toma de la misma para que de esta manera la información en la zona de traslape sea la más reciente. Al presentarse cobertura de nubes en la imagen más actual en la zona de traslape se tuvo que situar esta imagen por debajo de la imagen más antigua para evitar el vacío de información.
  - En este caso se consideró la superposición de la imagen 1 sobre la imagen 2, ésta sobre la imagen 3 y ésta sobre la imagen 4. Este es un proceso donde tiene que ver mucho el criterio ya que se puede tener una imagen reciente pero con mucho porcentaje de nube en el área de traslape. En este caso se tiene que considerar la imagen sin nube antes que la imagen más reciente.



**Figura 09. Orden de ubicación de las imágenes para elaborar el mosaico de los años 2005 y 2009**

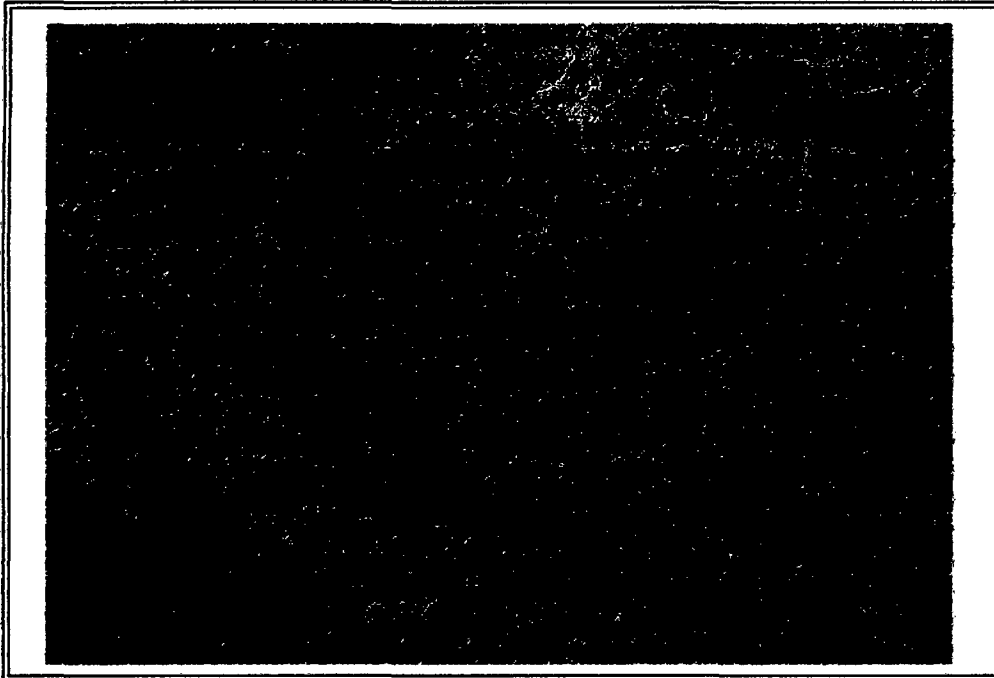


**Figura 10. Mosaico al año 2005**



**Figura 11. Mosaico al año 2009**

- ✓ Con la finalidad de facilitar la interpretación para rasgos de relieve se utilizó la imagen de RADAR Jers1 extraído del mosaico de Sudamérica de la zona 116 – año 1995.



**Figura 12. Imagen de RADAR**

## **8.7 Generación de data vectorial (interpretación visual de patrones de deforestación)**

### **8.7.1 Preparación del material cartográfico base:**

Este proceso se inició con la evaluación de la información temática generada en fechas pasadas. Es decir, se toma como referencia la deforestación del año 2000, seguidamente se digitaliza el incremento de la deforestación (año 2005 y 2009) y se tomó como referencia la hidrografía del año 2006. Además se tuvo en cuenta los mismos patrones para caracterizar las unidades de bosque y no bosque.

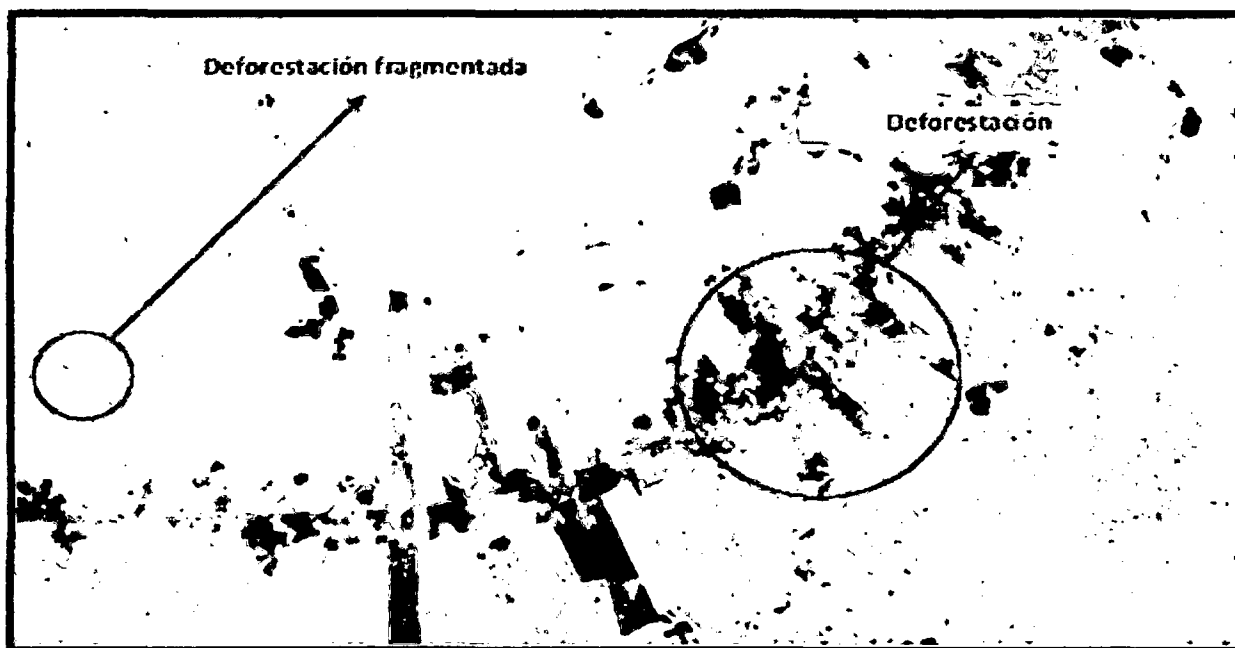
### **8.7.2 Interpretación y digitalización de la información temática:**

Se refiere a la observación, análisis y trazado de las características de la superficie terrestre desde el punto de vista del cambio de bosque a no bosque, es decir sobre los patrones de deforestación.

- ✓ La interpretación de la deforestación, en este caso, fue un proceso que se fundamentó en la delimitación y separación de unidades sobre la base de elementos identificables utilizando imágenes de satélite ópticas (Landsat TM) a escala de 1:100,000.
- ✓ A través del análisis visual y la delineación de las características particulares de deforestación se consideraron elementos como:
  - ✓ El tono; que nos da una referencia de la intensidad de energía registrada por el sensor en una determinada banda espectral. Cada cubierta que manifiesta un tipo de uso u ocupación presenta determinados tonos según la banda espectral. Para el caso de Landsat son las bandas 3,4 y 5 las que mejores registran la ausencia de cobertura arbórea. Las tonalidades oscuras se refieren a espacios con mucha humedad o en algunos casos con espacios de quema.
  - ✓ La forma es otro elemento y quizá el más importante para determinar las características que permiten determinar las áreas deforestadas, en especial cuando se quiere diferenciar en estas áreas deforestadas los tipos de uso. Los patrones de formas geométricas relativamente regulares son las más usadas al momento de utilizar la tierra, como cuadrados, rectángulos, triángulos (actividades agrícolas, pastos, agropecuarias y de construcción de infraestructura como centros urbanos), formas lineales (carreteras), entre otros.
  - ✓ El color también es otro elemento que se toma en cuenta para interpretar la deforestación y los tipos de uso ya que se puede apreciar una diferencia sustancial entre la cobertura vegetal y las zonas que han sido intervenidas. Además la diferencia de colores es bien marcada cuando se trata de determinar los diferentes estadios vegetativos de la masa forestal. Es decir, las zonas de purmas (bosque secundario) de diferentes fechas y composición de especies es determinada por la diferencia de colores.

- ✓ La textura; por su parte, es una cualidad que hace referencia a la aparente suavidad o rugosidad de determinadas áreas de la imagen, esto se debe al tamaño de los objetos representados y la resolución espacial de la imagen.
- ✓ La distribución o contexto espacial es un elemento que difícilmente puede ser abordado por técnicas digitales, es la interpretación visual a través de la experiencia del intérprete que permite la incorporación de estos criterios pues este es un elemento que nos permite tener una idea de la localización de la cubierta de interés en relación con los elementos vecinos visibles en la imagen, es decir permite tener un conocimiento previo de la zona en estudio y de las áreas circundantes. Se puede diferenciar una cubierta de vegetación arbórea con una cubierta donde ya no hay vegetación teniendo como referencia una carretera o como es el caso en Amazonía, la ribera de los ríos.
- ✓ Otro aspecto de importancia es el período de adquisición o fecha de captura de las imágenes. Esto permite tener la observación sistemática de los cambios en la superficie terrestre. Para este propósito se ha utilizado imágenes del año 2005 y del 2009.
- ✓ De acuerdo a las posibilidades que nos brinda las imágenes de satélite de media resolución como es el caso de Landsat, se debió determinar una unidad mínima observable o cartografiable a escala 1:100,000. Esta unidad mínima se consideró como de 1 mm en pantalla, lo que representa un aproximado de 1 ha en el terreno. Cabe indicar que si bien la escala de interpretación visual era de 1:100,000 en algunos casos se tuvo que aumentar la escala a 1:80,000 con la finalidad de rescatar aquella deforestación muy fragmentada y poder identificar con mayor exactitud los tipos de uso de la tierra.
- ✓ El modelamiento SIG basados en procesos de digitalización, edición y registro de atributos cualitativos para caracterizar la deforestación se hizo utilizando el componente ArcMap del módulo ArcView de la suite ArcGIS.

- ✓ El trabajo de la interpretación visual, fue ejecutado por un ingeniero forestal con conocimiento de SIG, quien determinó la deforestación al año 2005 y 2009.
- ✓ El trabajo fue solamente de gabinete y no se realizó visitas de campo.



**Figura 13. Tema vector polígono de deforestación (no bosque)**

### **8.7.3 Edición y atribución (codificación)**

Dos tipos de información es la característica de una base de datos digital: Información espacial y descriptiva. La información espacial consta de entidades representadas por vectores polígonos, líneas y puntos. En este proyecto se ha trabajado con vectores polígonos.

- ✓ La digitalización de los patrones de deforestación del año 2005 y 2009 se tienen que hacer teniendo en cuenta el año base, que para este caso se tomó el 2000 (INRENA, 2005). Es decir, se digitaliza la deforestación acumulada.

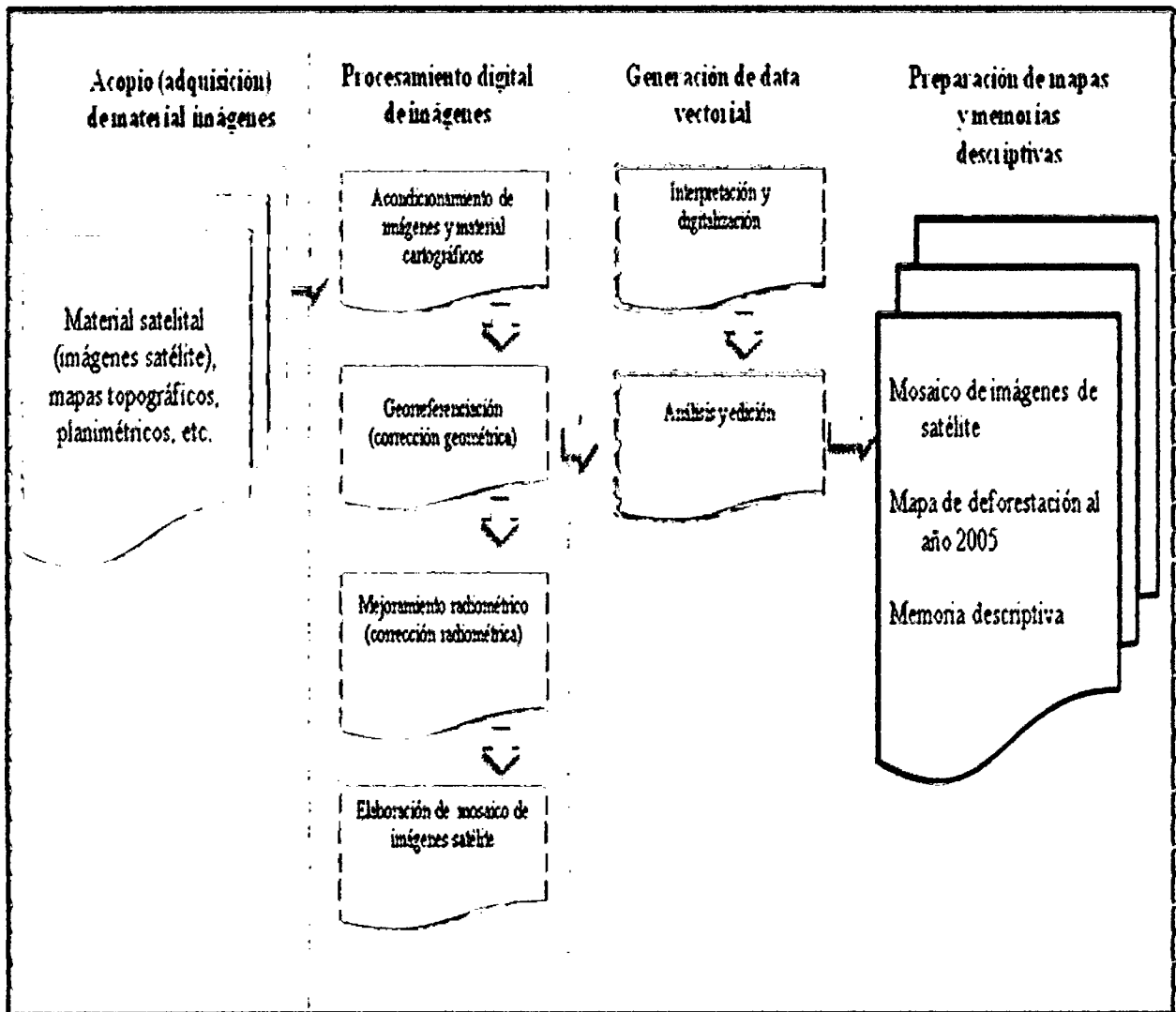
- ✓ Es importante mencionar que al momento de hacer la edición del tema (shape file) de deforestación al año 2005 y 2009 respecto a la del 2000, se consideró la red hidrográfica del año 2006, pues es un elemento que no cambió mucho entre ambas fechas. Esto significa que los límites de la deforestación próximas a los ríos son coincidentes entre el 2005, 2009 y el 2006.
- ✓ Sin embargo, se ha considerado la edición y seguidamente la atribución o codificación de los elementos deforestados. Para la atribución se han generado dos campos o columnas en los atributos de los temas, uno donde se asigna el dato o código que almacena caracteres numéricos y el otro donde se asigna la información o descripción de deforestación con caracteres alfanuméricos. Los espacios que conservan vegetación y que están dentro de las áreas deforestadas no fueron consideradas asignándoles un atributo, simplemente se dejaron espacios vacíos. Además se calcularon las superficies en hectáreas y el perímetro en metros de los polígonos con la finalidad de poder tener el total de deforestación acumulada.

def_2005						
FID	Shape	HECTARES	PERIMETER	COD2005	DEF_2009	
0	Polygon	41.336	2994.485	100	Deforestación	
1	Polygon	326.674	57312.471	100	Deforestación	
2	Polygon	139.305	5717.197	100	Deforestación	
3	Polygon	74.557	3398.838	100	Deforestación	
4	Polygon	23.128	1930.724	100	Deforestación	
5	Polygon	35.244	2313.395	100	Deforestación	
6	Polygon	47.104	2798.051	100	Deforestación	
7	Polygon	14.784	1446.257	100	Deforestación	
8	Polygon	14.876	1589.241	100	Deforestación	
9	Polygon	18.286	1784.374	100	Deforestación	
10	Polygon	15.476	1552.724	100	Deforestación	
11	Polygon	17.216	1840.15	100	Deforestación	
12	Polygon	57.909	3810.58	100	Deforestación	
13	Polygon	8.647	1321.785	100	Deforestación	

Campo de codificación
 Campo de descripción de los códigos

**Tabla 08: Tabla de atributos indicando los campos de codificación superficie (hectares) y perímetro (perimeter)**





**Figura 14: Diagrama de flujo del proceso metodológico**

## IX. RESULTADOS

### 9.1 Cobertura de la vegetación natural y la deforestación

Los resultados obtenidos en la tabla 09, presenta las coberturas, que se agruparon en cuatro categorías para los periodos 2005 y 2009: Vegetación natural, la cual cubre la mayor superficie del área estudiada, áreas deforestadas, islas y cuerpos de agua con el objeto de facilitar su interpretación.

Descripción	2005		2009	
	Ha	%	ha	%
1. Vegetación natural	11479354	94,32	11399526	93,66
2. Áreas deforestadas	348826	2,87	430938	3,54
3. Islas	102454	0,84	102349	0,84
4. Cuerpos de Agua	240552	1,98	238373	1,96
<b>Total</b>	<b>12171186</b>	<b>100,00</b>	<b>12171186</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 09: Caracterización cuantitativa de las áreas evaluadas**

La provincia de Maynas tiene una superficie de 12 171 186 ha (SIG) que representa 32% de la región Loreto.

La vegetación natural al año 2005, cubre una superficie de 11 479 354 ha, con el 94,32%, del área de estudio, y con 11 399 526 ha que representa el 93,66% al 2009 que comprende todas las tierras con una cubierta continua de cobertura arbórea o, en algunos casos como los pantanos, áreas de mal drenaje cubierta por vegetación herbácea o arbustiva, asociadas o no con especies arbóreas. En esta zona se han identificado las siguientes categorías de cobertura vegetal: Aguajales, esta categoría está constituida por asociaciones homogéneas, tanto florístico como fisonómica, donde predominan las comunidades de palmeras, en especial el aguaje *Mauritia flexuosa*, se ubican en áreas depresionadas con mal drenaje adyacentes a los ríos Amazonas, Napo, Putumayo, Nanay, Itaya entre otros.



**Figura 15: Vegetación homogénea conformada por palmeras (Aguajales)**

También encontramos bosques de tierras de altura, considerado como bosque maduro o en equilibrio dinámico. La mayor parte se ubica en los sistemas de colinas, terrazas altas, media y tierras inundables, la cual se localizan principalmente en las áreas de inundación de los ríos Amazonas, Napo, Putumayo, Nanay, Itaya entre otros, aquí se registran los bosques de tahuampa, restinga, pungal, yarinal, entre otros sucesionales (Encarnación, 1993).



**Figura 16: Asociación de especies de zonas inundables (Renacos)**



**Figura 17: Paisaje típico de un Pantano herbáceo**

Una comunidad vegetal denominada "varillales", constituido por tierras con cubierta de árboles de diámetro muy reducido, donde predominan los suelos muy pobres de arena cuarzosa; se localiza principalmente en terrazas medias de la cuenca del río Nanay, dentro y en el entorno de la Zona Reservada Alpahuayo-Mishana.



**Figura 18: Estructura y fisonomía típica de un Varillal**

Las zonas deforestadas, al año 2005, cubre una superficie de 348 826 ha, con el 2,87 %, del área de estudio, y con 430 938 ha que representa el 3,54 % al 2009, la cual están constituidas por todas las tierras que han perdido su cobertura vegetal original y que actualmente están siendo usadas tanto para fines agropecuarios, como para infraestructura urbana.



**Figura 19. Carretera Iquitos Nauta una puerta abierta para la deforestación**

Se incluye las tierras que están en proceso de regeneración vegetal (purmas) y algunas tierras con pequeños parches del bosque original que no han sido posible discriminar por la resolución espacial de las imágenes de satélite. En estas zonas se han identificado las siguientes categorías de uso actual de la tierra.



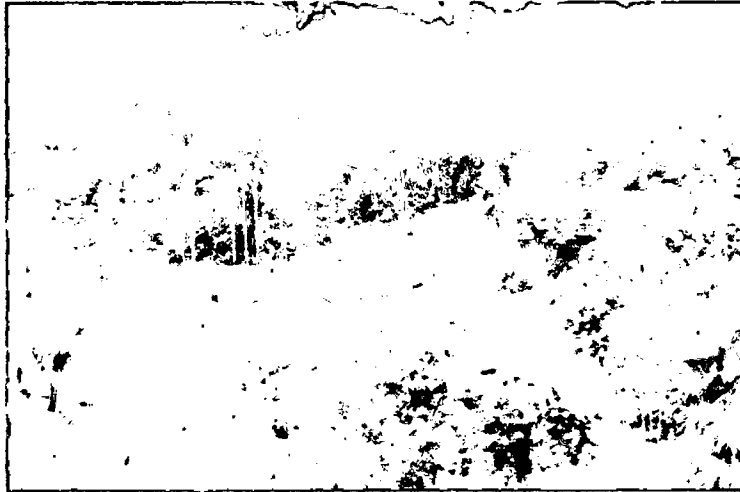
**Figura 20: Apeo de los bosque para el cultivo agrícola**

Pastos + Cultivo + Regeneración. Constituye el patrón de uso de la superficie deforestada, destacando la agricultura migratoria, sembrío de plátano, caña de azúcar, yuca, pastos y purmas de diferentes edades de regeneración se ubica principalmente en áreas adyacentes a los ejes de carretera y en las partes altas de las márgenes de los ríos.



**Figura.21: Pastizales para la crianza de ganado vacuno (sector Habanillo)**

Cultivos migratorios, la cual incluye también purmas y pequeños parches del bosque original, Se ubica en forma dispersa en toda la zona en estudio y a manera de parches pequeños.



**Figura 22: Bosques secundarios o purmas asociados con cultivos**

Ciudad, que comprende el uso urbano correspondientes a las ciudades de Iquitos, Santa María del Alto Nanay, Tamshiyacu, Indiana , Francisco de Orellana, Mazán, Santa Clotilde, Punchana, el Estrecho, Pantoja, Belén, San Juan Bautista, Soplín Vargas.

Regeneración de bosques deforestados por procesos naturales, específicamente por acción de fuertes vientos.

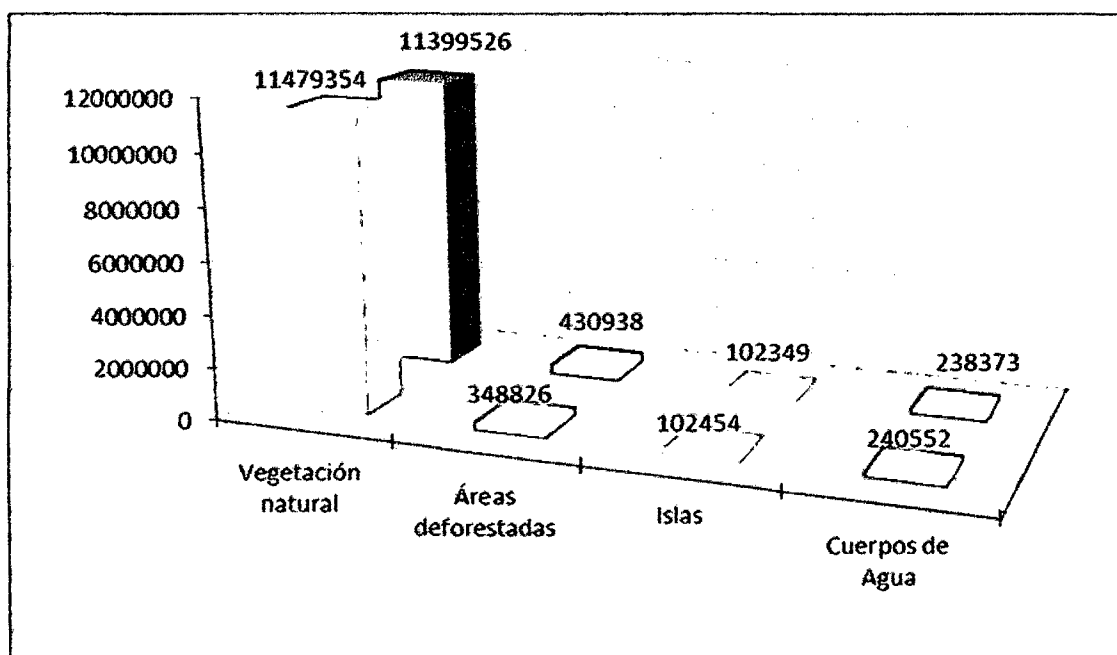


**Figura 23: Purma joven con regeneración natural de especies pioneras**

## 9.2 Cambios en la cobertura vegetal durante el período 2005-2009.

En la figura 24, se muestran las coberturas vegetales, para los años 2005 y 2009. Durante este período de 4 años, se han registrado los siguientes cambios que son considerados como más significativas:

La cobertura vegetal, que en el 2005 reportaron una superficie de 11 479 354 ha., registran procesos de deforestación que ha significado un decrecimiento del 0,695 % en el año 2009, debido a que 79 828 ha han sido utilizadas en pastos + cultivos + regeneración, cultivos migratorios y en la condición de purmas, (áreas deforestadas por procesos naturales, en este caso por acciones de fuertes vientos registrados en la zona).



**Figura 24: Cambios de la cobertura vegetal**



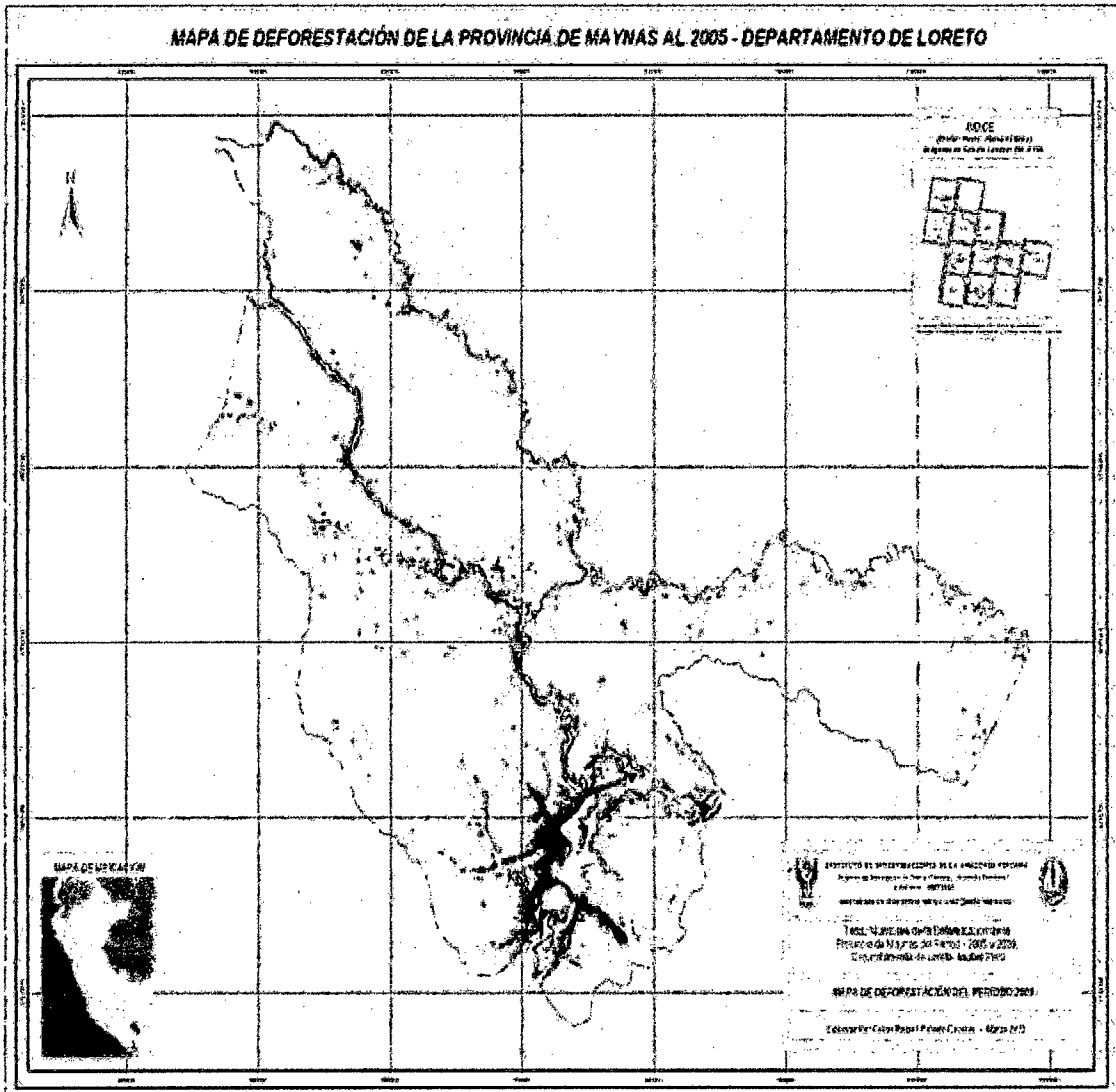
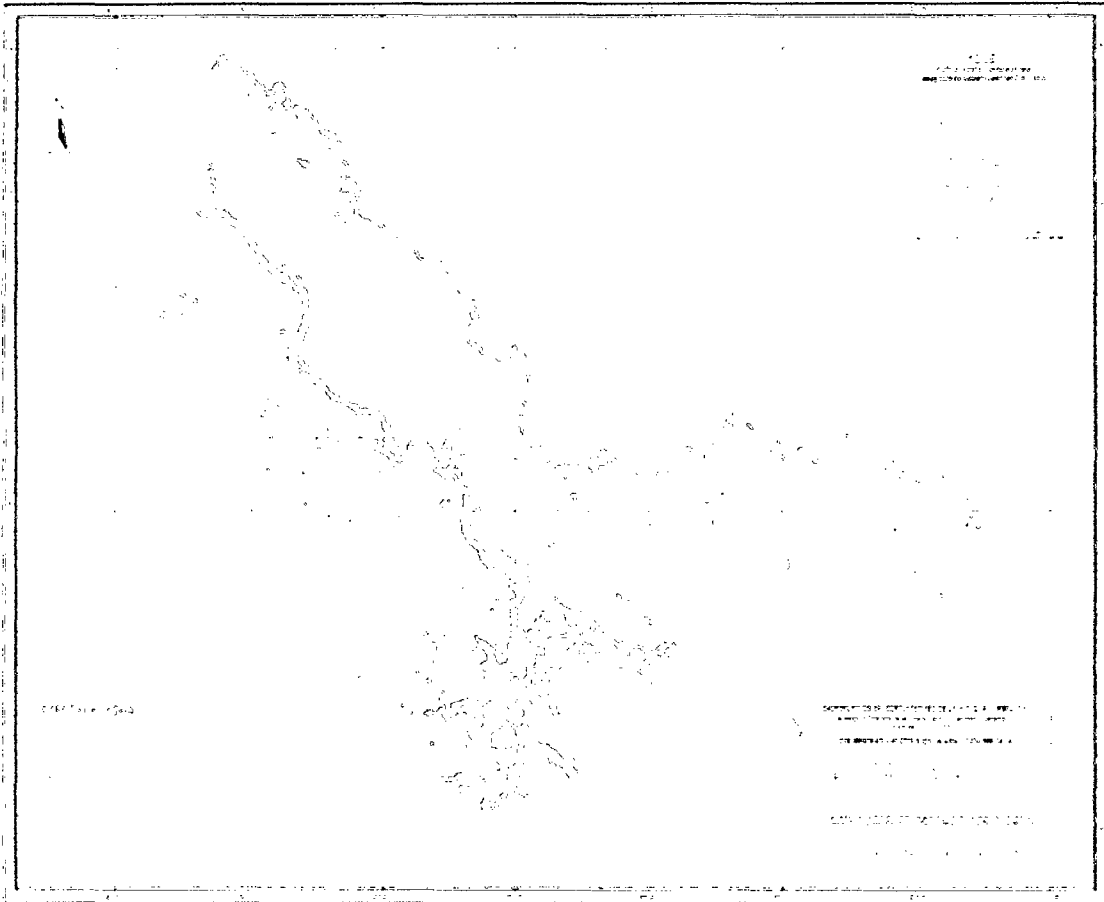


Figura 25: Deforestación de la provincia de Maynas al 2005

MAPA DE DEFORESTACION DE LA PROVINCIA DE MAYNAS AL 2009 - DEPARTAMENTO DE LORETO



**Figura 26: Deforestación de la provincia de Maynas al 2009**

### **9.3 Análisis del proceso de deforestación durante el período 2005-2009.**

Para el análisis del proceso de deforestación en la provincia de maynas, además de las imágenes de satélite Landsat TM de los años 2005, y 2009 (Landsat 5), se ha tenido en consideración la información generada por el Ministerio de Agricultura (1981) para los años 1972 y 1980. Así mismo, con el propósito de relacionar este proceso con otros procesos de deforestación en zonas adyacentes, se ha analizado las mismas imágenes del período 2005-2009 para las zonas del río Putumayo (principalmente margen Derecha), Amazonas (parte del río y eje de la carretera Iquitos - Nauta), ambas márgenes del Napo, Nanay y Itaya.

En el área de la provincia de Maynas, se registra un incremento progresivo y sostenible de las zonas deforestadas desde 2005 hasta el 2009, incrementándose la superficie con diversos usos de tierra de 430 938 ha a 348 826 ha, lo cual significa un incremento relativo de 2,87 % a 3,54 % del área deforestada en relación a la superficie total, durante este período.

El incremento de la deforestación se encuentra íntimamente relacionada con el crecimiento de la población asentada en el área en estudio, en la medida, que las ciudades de Iquitos, Santa María del Alto Nanay, Tamshiyacu, Indiana, Francisco de Orellana, Mazán, Santa Clotilde, Punchana, el Estrecho, Pantoja, Belén, San Juan Bautista, Soplín Vargas, son las ciudades que alimentan de población a esta zona.

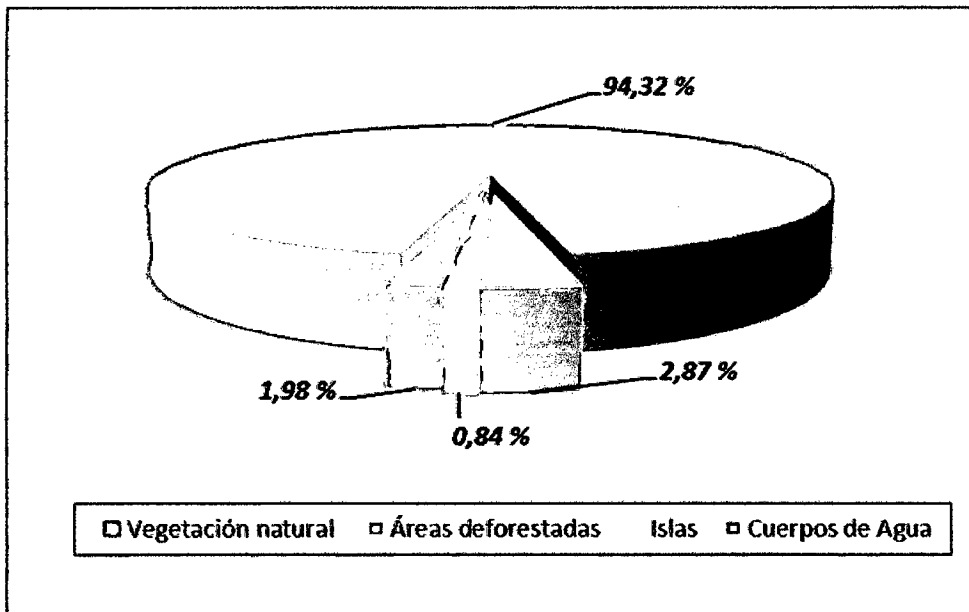
En tal sentido, el ligero incremento del ritmo de deforestación, expresada en porcentaje (%) del área deforestada en relación a la superficie total, reportada en el período 2005-2009, se puede explicar, por un lado, a un incremento mayor de la población asentada en la provincia de Maynas durante este mismo periodo, por efecto de las carreteras, y por otro, al incremento de la producción agrícola en general, el cual se refleja en la evolución de la superficie cosechada de los principales productos de toda la provincia de Maynas.

La tendencia del ritmo de deforestación reportada para otros sitios de la Amazonía, como Pucallpa, Aguaytía, Tingo María, Tocache, y Oxapampa, donde se observa una tendencia a disminuir la deforestación durante el período 2005-2009, no se ha observado en la zona en estudio. Esta tendencia se ha debido a cambios radicales en la política nacional registradas a partir de esta época, tal como la desactivación del Banco Agrario, eliminación de los créditos "Chichas", minimización de los servicios de extensión e investigación, política cambiaria y arancelaria favorable a las importaciones, liberación de mercados, control y erradicación de la coca, entre otras (IIAP, 1999).

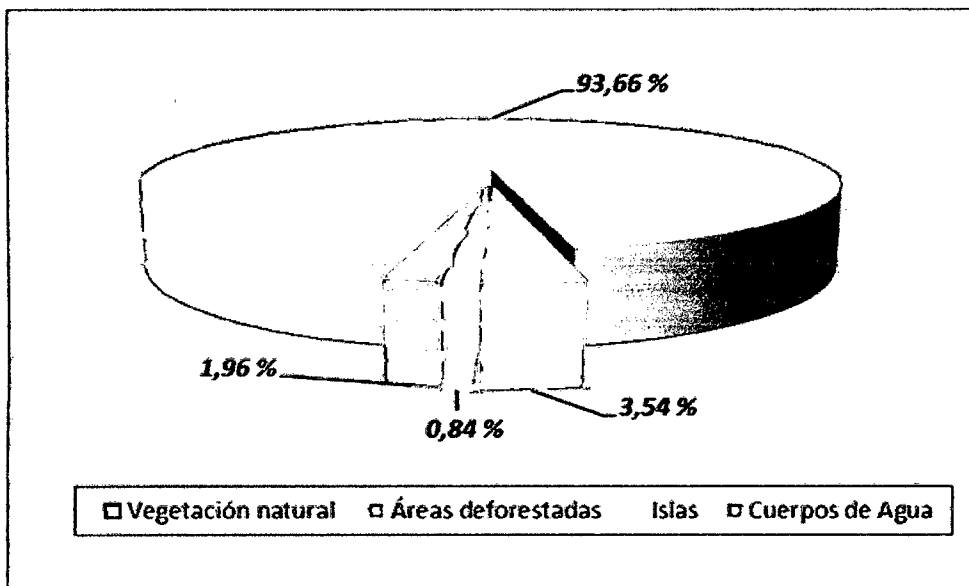
Es muy posible, que en el caso de la zona de Iquitos, los efectos de estas políticas no han surtido los mismos efectos de deforestación que en otras zonas de la Amazonía, debido posiblemente a su distanciamiento de los mercados nacionales, producción orientada al mercado local y al uso de los créditos “chichas” en otras actividades económicas y no en el agro.

En relación a los patrones de deforestación, cabe mencionar que en la zona de la carretera Iquitos-Nauta, en el tramo inicial, hasta el caserío Varillal, se observa una intervención masiva, que cubre casi todo el espacio comprendido entre el río Itaya y el río Nanay. Las tierras muy pobres de arena cuarzosa (vegetación de varillal) existente a partir de este caserío, conjuntamente con la presencia de los terrenos del IIAP (Alpahuayo) y del INIA (El Dorado), han sido un freno, en cierta medida, a la expansión masiva del proceso de deforestación en este sector, caso que no ha sucedido en el tramo comprendido entre la carretera y el río Itaya, hasta la altura de ex petroleros, donde se observa un proceso de masificación de este espacio. En el resto del espacio, donde existen carreteras y acceso al río Itaya, el patrón de deforestación es de tipo lineal. La principal causa que ha determinado este proceso de deforestación, ha sido la agricultura de subsistencia y en menor medida la pequeña ganadería y la expansión urbana de la ciudad de Iquitos. Sobre el particular, cabe mencionar que esta ciudad ha registrado una alta tasa de crecimiento poblacional y, en las últimas décadas, después del “boom” petrolero, por la disminución de la fase de exploración, la cual demandó cerca de 15 000 trabajadores, muchos de ellos no regresaron a sus lugares de origen, quedándose en Iquitos (Rodríguez, F., comunicación personal). El incremento de la población en los “pueblos jóvenes” ha sido muy significativo. Iquitos es una ciudad, que por su débil base productiva, no ofrece oportunidades de empleo, generando grandes bolsones de pobreza. Según (Limachi, L. 1955), el 46,5 % de los hogares son pobres y el 19,1% se encuentran en condición de extrema pobreza. Esta situación, conjuntamente con la apertura de nuevos espacios por la construcción de la carretera Iquitos-Nauta, genera fuerzas que inducen a la ocupación de este territorio.

Así mismo, este sector de la carretera es el único espacio para una posible ampliación de la ciudad de Iquitos, pues hacia otros lados está limitada por cuerpos de agua.



**Figura 27: Distribución porcentual al 2005**



**Figura 28: Distribución porcentual al 2009**

#### **9.4 Escenarios futuros del proceso de deforestación en la provincia de Maynas**

Las perspectivas futuras para el área en estudio pueden ser organizadas en escenarios, los cuales expresan el paisaje antropizado, que es posible encontrar en un horizonte temporal determinado, bajo ciertas hipótesis sobre los procesos que determinan la deforestación. Se identifican dos escenarios futuros que constituyen los extremos sobre el proceso de deforestación en la Provincia de Maynas. Entre ambos, es posible encontrar otras variantes.

##### **9.4.1 Escenario tendencial**

En este escenario se considera que la tendencia reportada en los últimos 20 años se mantendrá en el futuro, es decir que los resultados de la correlación lineal existente entre deforestación y población será reportada en los próximos años. Nuevas infraestructuras de carreteras principales y secundarias serán construidas, y entre el sector de la carretera y de los ríos Napo y Putumayo. Se promueve nuevos asentamientos de colonización, el área deforestada se amplía y masifica en zonas adyacentes a los ejes de carretera, En estas zonas se genera conflictos de uso de la tierra, al ser utilizadas principalmente las tierras con aptitud forestal y tierras de protección en la ampliación de la frontera agropecuaria. La Zona Reservada Alpahuayo-Mishana progresivamente es invadida, hasta ser ocupada totalmente por infractores y sus bosques son deforestados.

Los impactos serían muy grandes sobre la conservación de la biodiversidad y la preservación del ambiente. Los problemas de pérdida de fertilidad de suelos, drástica alteración del ciclo hidrológico de los diversos cuerpos de agua, baja rentabilidad de la actividad agropecuaria, escasez de recursos naturales, agravarían seriamente los niveles de pobreza en esta zona.

### **9.4.2 Escenario deseado**

Este escenario considera que en esta zona se aplica adecuadamente un plan de ordenamiento territorial en base a la zonificación ecológica económica, lo cual implica promover el uso de la tierra de acuerdo a su vocación natural, localizando adecuadamente las actividades agropecuarias, forestales, recreativas, extractivas mineras, y sólo construyendo vías que permitan la articulación de estos espacios productivos y promoviendo la recuperación de las áreas que actualmente están en conflicto, mediante sistemas agroforestales o silvicultura. Asimismo, este escenario considera que se han desarrollado nuevas opciones tecnológicas para el aprovechamiento adecuado de las tierras con vocación agropecuaria.

En este caso, se estima que el área deforestada sólo se realizará en áreas con vocación agropecuaria, y en las áreas con vocación forestal se estarán desarrollando proyectos de manejo forestal sostenible. La Zona Reservada Alpahuayo Mishana estará bien protegida. Por lo tanto se reportará un proceso de reconversión de la superficie deforestada, pasando de 68 378 ha (2000) a 69 489 ha en un horizonte 25 años aproximadamente Rodríguez (2000).

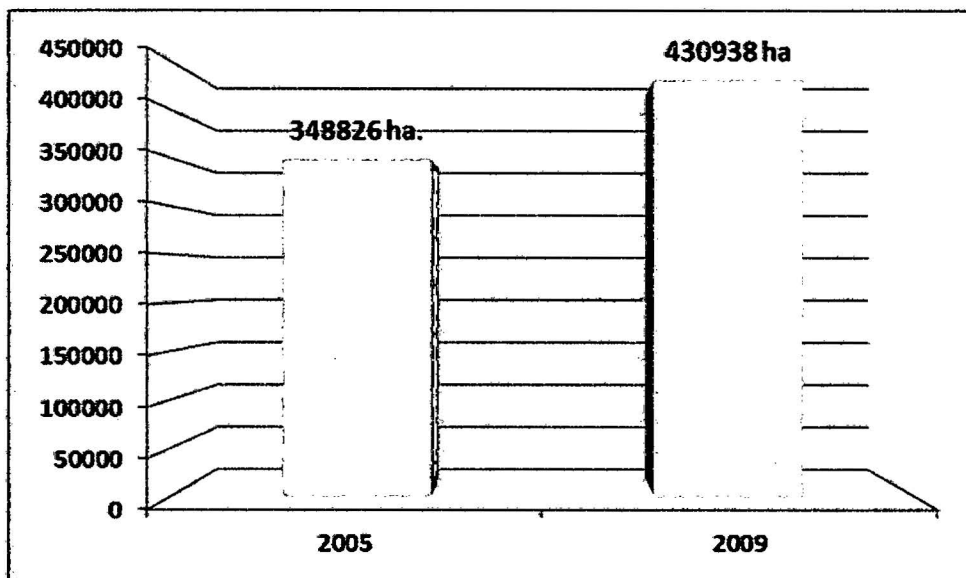
En este escenario, se logra desencadenar un proceso de desarrollo sostenible, se incrementa la productividad de la tierra, se mejora el bienestar de la población, se conserva la diversidad biológica y se preserva el ambiente.

## **9.5 TASA DE DEFORESTACIÓN**

El cálculo del área total deforestada durante el período 2005 - 2009, fue de 79 828 ha, que representa el 0,69% de la superficie total de bosques. Siendo el promedio anual de las áreas deforestadas al dividir esta cantidad por 04 años, resultando un valor de 20 528 ha/año, como se puede observar en la Tabla 10 y figura 29.

Estudios	Superficie (ha)
Deforestación al año 2005	348826
Deforestación al año 2009	430938
Superficie deforestada, periodo 2005-2009	82112
Promedio anual de deforestación, periodo 2005-2009	20528

**Tabla 10: Tasa de deforestación anual 2005-2009**



**Figura 29: Incremento de la deforestación del periodo 2005 al 2009**



## **X. DISCUSIONES**

Las limitaciones en cuanto a la resolución espectral de las imágenes de satélite utilizadas, no permitieron llegar a niveles mayores, para cada una de las clases de uso de la tierra, así por ejemplo, no fue posible separar cultivos agrícolas, pastos, purmas, áreas degradadas, etc.

Para la estimación de la superficie total deforestada, así como, el promedio de deforestación anual ("tasa") en el periodo 2009, fue necesario contar con datos del año inicial (2009), los más cercanos posibles a lo real, es decir, con mayor exactitud o precisión, motivo por el cual se optó por utilizar los datos del "Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra" - Base de Datos de Recursos Naturales e Infraestructura (INRENA, 2000), el mismo que, para fines del presente estudio, ha sido actualmente revisado y ajustado, haciendo una verificación de imágenes en formato digital, con ampliaciones de escala en ciertos casos, a través de su visualización en computador. Este mapa ajustado, sin duda, resultó ser el que más convenía utilizar para efectos de estimar el incremento de la deforestación en el mencionado período.

No fue conveniente utilizar la información del estudio "Monitoreo de la Deforestación de la Amazonía" (INRENA, 2000), debido a que las unidades de deforestación, fueron delimitadas de manera más genérica y con menor precisión. Aquí, se incluyeron muchas áreas deforestadas que se encontraban con bosque, las cuales lógicamente, también hicieron incrementar la superficie deforestada. Como ejemplo la provincia de Maynas, INRENA al año 2000 presenta una deforestación 432 521 ha, y los resultados obtenidos al año 2009 es de 430938 ha.

El promedio anual de deforestación estimado en 20 528 ha, para fines del presente, ha sido denominado como "tasa de deforestación". Este valor promedio, representa a datos acumulados durante un periodo largo de 04 años, y en donde no se podría detectar años con valores altos y años con valores bajos, de tal forma que permita conocer la verdadera tendencia de la curva y por ende, hacer proyecciones reales al futuro, como es el caso del vecino país de Brasil, quien reporta valores de deforestación cada año.

Si hacemos un rápido análisis del comportamiento de la deforestación de la provincia de Maynas, veremos que ésta ha sido de carácter muy irregular a través de los años, intensificándose en ciertos periodos de años y decayendo en otros. Por ejemplo, se puede citar como uno de los factores que inciden notablemente, son los cambios de gobernantes, cambio de políticas, planes y programas, sumado al comportamiento en el tiempo de problemas socio-económicos.

Los Proyectos que se desarrollaron en la Amazonia peruana en su mayoría presentan porcentajes altos de deforestación. Estos proyectos han promovido la ocupación planificada del territorio y la articulación regional a través de la carretera Iquitos - Nauta, con el fin de incrementar la producción y productividad del agro y por ende más deforestación.

Aspectos puntuales, como el otorgamiento desmedido e incontrolado de créditos que se otorgaron al sector agrario (Banco Agrario), incentivaron la deforestación durante su vigencia.

También debe considerarse que la estrategia amazónica peruana de los años 80 incluía abundantes incentivos para las empresas deseosas de invertir en las zonas más alejadas del país, como por ejemplo la Ley 15600 aplicada hasta diciembre de 1990 donde se declaró a la región de la selva ubicada debajo de los 2 mil metros de altitud como zona libre de impuestos por un plazo de quince años

a partir de 1965, lo que atrajo la migración de la población de la sierra hacia el oriente.

También debe considerarse que hasta 1988 existían solo 11 Áreas Naturales Protegidas en el país, que en 1990 se crea el SINAMPE y que entre 1997 y el año 2002 se crearon en Amazonia peruana 10 ANP más, lo que en cierta forma pudo frenar también el crecimiento acelerado de la deforestación en zonas aledañas a estas ANP.

En el área de la provincia de Maynas, se registra un incremento progresivo y sostenible de las zonas deforestadas desde 2005 hasta el 2009, incrementándose la superficie con diversos usos de tierra de 430 938 ha a 348 826 ha, lo cual significa un incremento relativo de 2,87 % a 3,54 % del área deforestada en relación a la superficie total, durante este período., lo cual son resultados que preocupan a nuestra provincia esto debido a las actividades antrópicas como causa principal de la deforestación.

## **XI. CONCLUSIONES**

El aumento de la deforestación debido a la explosión demográfica o aumento de la población, no es concluyente; debido que otros factores tales como política o socioeconómica influyen de mayor o igual forma que el simple hecho del aumento de poblacional.

Desde el punto de vista político se puede decir, que la deforestación en la región se ha visto influenciada por los créditos agrícolas, ganaderos y piscícolas otorgados, fomentando un cambio de uso de la tierra con poco o nada de sustento técnico.

En una superficie de 12 171 186 ha que comprende el área de la provincia de Maynas, se ha identificado que el 2,87% han sido deforestadas al año 2005 y el 3,54% al 2009.

Durante este período 2005-2009 se registra en promedio una superficie anual deforestada de 20 528 ha en la provincia de Maynas.

La tasa de deforestación registrada en la provincia de Maynas en el período 2005-2009 fue de 0,65%.

Se estima que los siguientes factores han determinado el inicio de la deforestación:

- La construcción a ritmo lento y por etapas de la carretera.
- Las pésimas condiciones de transitabilidad durante gran parte del año cuando la carretera aun no estaba asfaltada.

- La existencia de zonas con tierras de mayor fertilidad natural para la agricultura de ciclo corto en las zonas aluviales del río Amazonas.
- La existencia de una población pobre (%) en la ciudad de Iquitos, facilitada por la construcción de la carretera, es la principal fuerza que genera el proceso de deforestación en esta zona.

Se ha registrado un incremento de la deforestación en forma progresivo y sostenible desde el año 2005 hasta el 2009. Notándose con mayor incidencia en los ejes de la carretera Iquitos-Nauta, zonas de los ríos Amazonas, Nanay, Napo, Putumayo e Itaya.

Dos escenarios futuros han sido analizados en la provincia de Maynas:

El escenario tendencial, donde se prevé que el área de estudio seguirá deforestándose con una tasa de deforestación de 0.65%, agudizando más las condiciones de pobreza, pérdida de biodiversidad y problemas ambientales.

El escenario deseado, que implica el uso y la ocupación del territorio sobre la base de un POT, se prevé que la deforestación se incrementará a menor tasa y se utilizará los suelos de acuerdo a su aptitud.

## **XII. RECOMENDACIONES**

Se propone el uso de imágenes más recientes y de alta resolución como SPOT para mejorar la interpretación de los patrones de deforestación y el cambio de uso de la tierra que signifique un paso más sobre el entendimiento del territorio y no solamente la presencia de bosque y no bosques.

La deforestación debe ser realizada en periodos más cortos de tiempo, que permitirán detectar mejor las variaciones anuales del proceso de la deforestación. De esta manera se tendrá mayor información de la dinámica de los cambios de uso de la tierra y así se podrán realizar proyecciones más precisas, considerando también factores socioeconómicos, accesibilidad, procesos migratorios, entre otros.

Capacitaciones y charlas con temas educativos ambientales a la población para disminuir la tasa de deforestación.

Identificar, plantear y resolver interrogantes y problemas relacionados con elementos significativos de su entorno. Como por ejemplo, la tala de árboles, basureros, contaminación, entre otros.

Trabajar en equipo, estimulando la cooperación y colaboración, para el bienestar de la provincia y la región.

Para mejor análisis multitemporal utilizando imágenes de satélite se debe tener en cuenta la estacionalidad, es decir que de ser posible las imágenes a analizar deben ser del mismo mes, esto para evitar cambios en la proporción de terreno en diferentes años, debido principalmente a la hidrodinámica de los ríos, que tiende a remover grandes extensiones de tierra.

Es necesario emplear métodos modernos de mapeo semiautomático para la deforestación, que demande menor tiempo y similar precisión, como por ejemplo, métodos de clasificación digital de imágenes de satélite orientada a objetos, que utilizan los criterios de los intérpretes para identificar las áreas deforestadas. Esto indudablemente obliga a contar con mejores y modernos equipos, tanto de hardware como de software.

Realizar un análisis profundo de las causas de la deforestación, así como su dinámica a través del tiempo, de tal forma que permita tomar conciencia del problema y adoptar medidas para frenar y regular este proceso.

En este sentido es recomendable que el estudio de las causas de la deforestación se apoye en análisis espaciales del mapa de la deforestación con series históricas de información socioeconómicos, población, niveles de pobreza, proximidad a vías de acceso (terrestre y fluvial). Así mismo, considerar realizar análisis espaciales con los contratos y permisos de extracción forestal otorgados hasta el año 2009 y visualizar el área que fue o no deforestada.

### **XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- AGENCIA CANADIENSE PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (ACDI). 1999. Observaciones para la interpretación de imágenes de satélite de alta resolución para los sitios de muestreo del Proyecto TREES. Anexo técnico. 15 p.**
- ALARCON, D. J. 1988. El Sistema de Información Geográfica en la evaluación y Planificación del Bosque Tropical. Documento de campo Nro. 13. FAO. La Informática y sus aplicaciones en la forestería. 120 p.**
- AQUINO, R. 2012. Fauna Silvestre. Informe temático. Proyecto Micro Zonificación Ecológica y Económica Para el Desarrollo Sostenible del Área de Influencia de la carretera Iquitos Nauta. Iquitos – Perú. 50 p.**
- BARRENA, V. – VASQUEZ, P. 1988. Diseño de una Metodología para el Monitoreo del Impacto de las Actividades Humanas en las Unidades de Conservación. Documento de Campo Nro. 15. Monitoreo de procesos de Deforestación, Degradación en Bosques Húmedos Tropicales. FAO. Lima – Perú. 137 p.**
- CARDENAS, L. 1986. Estudio Ecológico y Diagnóstico silvicultural de un bosque de terraza media en la llanura aluvial del Río Nanay en la Amazonía Peruana. Iquitos – Perú. Tesis MSc. Turrialba – Costa Rica. UNC – CATIE. 85 p.**
- Centro de Datos para la Conservación 2003. Análisis y modelación espacio-temporal del paisaje en las áreas de intervención del PDA. Informe Final. Manejo Ambiental y Uso sostenible de Bosques y Recursos Naturales en las Áreas de Intervención del Programa de Desarrollo Alternativo (PDA). USAID/CDC-UNALM / WWF. Lima, 62 p.**



Centro de Datos para la Conservación 2004. Análisis y modelación espacio-temporal del paisaje en las áreas de intervención del PDA. Resumen Ejecutivo. Manejo Ambiental y Uso sostenible de Bosques y Recursos Naturales en las Áreas de Intervención del Programa de Desarrollo Alternativo (PDA). USAID/CDC-UNALM / WWF. Lima, 82 p.

CHUVIECO, E. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. Universidad de Alcalá. Madrid, España. Edición RIALP. S.A. 568 p.

DÍAZ JR, MAS JF 2008. Deforestation monitoring and its accuracy assessment: The case of Southeast Mexico. En Progress in Deforestation Studies. Nova. Nueva York, EEUU. pp. 109-126.

FACHIN, L. M. 2001. Monitoreo de la Deforestación en Selva Alta: Zona de Oxapampa. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Forestal. UNAP. 83p.

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES – UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA “LA MOLINA”. 1995. Productividad y costos en el desembosque con Bueyes en Villa Rica (Oxapampa). Art. Revista Forestal del Perú. Vol XXII Nro. 1 – 2. 89 p.

FAO 2001, FRA 2000. Causas y Tendencias de la Deforestación en América Latina. Documento de Trabajo 52. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Roma: Departamento de Montes, 91 p.

FAO 2002. Situación de los Bosques del Mundo 2001. Roma: Departamento de Montes, 175 p.

FAO 2002. Estrategia Nacional Forestal. Versión Concertada con Instituciones y Actores Forestales. Proyecto FAO GCP/PER/035/NET. Apoyo a la Estrategia Nacional para el Desarrollo Forestal, 120 p.

FAO 2004. La perspectiva de los usuarios de la estimación de las evaluaciones de los recursos forestales mundiales realizadas por la FAO. Documento electrónico. Página Web

FERRER, J., GARCIA, E., RIAZA, A., y WESTEN, C. 1994. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Curso Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en Ciencias de la Tierra. Salamanca – España. 68 p.

GOMEZ, E y T, TAMARIZ. 1998. Uso de la tierra y patrones de Deforestación en la zona de Iquitos. Parte 3. Uso de la Tierra. Capítulo 8. In: Kalliola, R. & Flores Paitàn, S. (eds.) 1998. Geoecología y Desarrollo Amazónico. Estudio Integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A 11114:369-387.

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES INRENA. 2000. Guía explicativa del mapa forestal. Ministerio de Agricultura. INR-49-DGE. Editorial FRANPIGRAF. Publicación INRENA. Lima-Perú. 150 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, 1991. Ran Atlas Geográfico del Perú y el Mundo. Ministerio de Defensa-A.E.A. Editores. 946 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA (IIAP). 1996. Deforestación en el Área de Influencia de la Carretera Federico Basadre – Pucallpa. Iquitos – Perú. 73 p.

INTERSAT. 1999. LANDSAT. INTERSAT IMAGENS DE SATELITE. Intersat@intersat.com.br.

INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO INADE, 2001. Estudio de Zonificación Ecológica Económica, sector: Yaguas-Atacuari. Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la cuenca del río Putumayo (PEDICP), Iquitos-Perú. 125 p.

INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO INADE, 2002. Zonificación Ecológica Económica del sector Cabalcocha-Palo Seco-Buen Suceso. Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la cuenca del Putumayo (PEDICP), Iquitos-Perú. 128 p.

INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO INADE, 2002. Zonificación Ecológica Económica del sector Napo-Tamboryacu. Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la cuenca del Putumayo (PEDICP), Iquitos-Perú. 110 pág.

INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO INADE, 2003. Zonificación Ecológica Económica del sector Mazan-Estrecho. Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la cuenca del Putumayo (PEDICP), Iquitos-Perú. 135 pág.

INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO INADE, 2005. Compatibilización e Integración de la ZEE del ámbito del PEDICP, Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la cuenca del Putumayo (PEDICP), Iquitos-Perú. 245 pág.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA-INEI, 2010. Principales Indicadores Departamentales 2006-2009, Lima, Perú. 25 p.



INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES INRENA. 1995. Mapa Ecológico del Perú. Guía explicativa. Editorial Talleres Gráfico de INRENA. Lima-Perú. 221 p.

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES INRENA. 1996. Guía explicativa del mapa forestal. Ministerio de Agricultura. INR-49-DGF. Editorial FRANPIGRAF. Publicación INRENA. Lima-Perú. 147 p.

JOINT RESEARCH CENTER – EUROPEAN COMMISSION. 1998. Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics. Proyecto TREES (Tropical Ecosystem Environment Observation by Satellites). Space Application Institute. Global Vegetation Monitoring Unit. TREES publication Series B. Research Report Nro. 4. 100 p.

KALLIOLA, R; PUHAKKA, M; DANJOY, N. 1993. Amazonia Peruana, Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Universidad de Turku. Oficina nacional de evaluación de recursos naturales. 265p.

KALLIOLA, R. – FLORES, P. S. 1998. Geoecología y Desarrollo Amazónico.- Estudio Integrado en la zona de Iquitos, Perú. Editorial Finnreklama Oy. Finlandia. 544 p.

LANDSAT PROGRAM. 1999. LANDSAT 7 Homepage.  
<http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/17.html>.

MALLEUX, J. 1988. Percepción Remota para la Fotointerpretación. Documento de Campo Nro. 01. FAO. Lima – Perú. 44 p.

- ..... 1988. Monitoreo de procesos de deforestación, degradación en bosques húmedos tropical. Documento de Campo Nro. 015. FAO. Lima – Perú. 137 p.
- MERINO L, SEGURA G 2002. El manejo de los recursos forestales en México (1992-2002): procesos tendencias y políticas públicas. En Leff E; Ezcurra E; Pisanty I, Romero P(Comps.) La Transición hacia el Desarrollo Sustentable, Perspectivas de América Latina y el Caribe. Instituto Nacional de Ecología. México. pp. 237-256.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES ONER. 1982. Clasificación de las Tierras del Perú. Publicado e Impreso por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 113 p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA AMILENTACION (FAO).1993.Conservation of genetic resources in tropical forest management. Principies and concepts. FAO, Roma. FAO Forestry Paper.107 p.
- ORIOLO, P. E. 1986. Tercer Curso Internacional de Capacitación en las Aplicaciones de la Teledetección, Agrometeorología y la Hidrología Operacionales. Agencia Espacial Europeo. Frascati. 8 p.
- PACHECO, B.1998. Estilos de desarrollo, deforestación y degradación de los bosques en las tierras bajas de Bolivia. CIFOR. La Paz, Bolivia. 116 p.
- PARRA, S. R. 1997. Sistemas de Información Geográfica. Base de la Gestión Ambiental. Primera Edición. Medellin. Colombia. Edición Universidad Nacional. 189 p.

- PONCE - HERNANDEZ, R. 1993. La Zonificación Ecológica - Económica de la Amazonía y los Sistemas de Información Geográfica, p 21 – 45.
- RASANEN M, LINNA A, IRION G, REBATA L, VARGAS R y WESSELINGH F. 1998. Geología y Geoformas de la zona de Iquitos. Capítulo 4. In: Kalliola R. & Flores Paitàn, S. (EDS.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Peru. Annales Universitatis Turkuensis Ser A 11114:369-387.
- REATEGUI, R. F. 1996. Monitoreo Continuo de los Procesos de Deforestación en la Amazonía Peruana. Trabajo profesional. Lima – Perú. 84 p.
- REY, F. 1989. Los Proyectos Especiales de la Selva Peruana, Problemas y Estrategias del Uso de la Tierra. Documento de Campo Nro. 15. Monitoreo de procesos de Deforestación/Degradación en Bosques Húmedos Tropicales. FAO. Lima – Perú 137 p.
- RIBEIRO, C. 1988. Guía práctica para el monitoreo de procesos de deforestación en bosques tropicales. Documento de Campo Nro. 06. FAO. Lima – Perú. 33 p.
- SCHUBART OR, FRANJEN W, LUIZAO F 1984. Uma floresta sobre solos pobres. Cienc. Hoje 10: 26-32.
- SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL – SELPER. 1993. VI Simposium Latinoamericano de Percepción Remota. Memorias. Cartagena Colombia. 472 p.
- TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA – TCA. 1994. Zonificación Ecológica – Económica. Instrumento para la Conservación y el Desarrollo Sostenible de los Recursos de la Amazonía. Memorias de la Reunión Regional realizada en Manaus, Brasil. 382 p.

- TUOMISTO H. 1998. What Satellite Imagery and Large- Scale Field Studies can tell about Biodiversity Patterns in Amazonian Forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Volume 85, Number I, p 48-62.
- VANHAEVERBEKE, S. 1988. Monitoreo de los Procesos de Deforestación y Degradación en la Selva Central – Pucallpa. Documento de Campo Nro. 15. Monitoreo de procesos de Deforestación/Degradación en Bosques Húmedos Tropicales. FAO. Lima – Perú. 137 p.
- VANHAEVERBEKE, S. 1989. Estudio Piloto para el Monitoreo de los procesos de Deforestación en la Selva Baja Peruana. Documentos de Campo Nro. 19. FAO. Lima – Perú. 41 p.
- VARGAS, G. E. 1992. Análisis y Clasificación del Uso y Coberturas de la Tierra con Interpretación de Imágenes. Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” Santa Fe de Bogotá, Colombia. 114 p.
- VELAZCO, P. L. 1989. Marcos de Área en base de imágenes de satélites artificiales. Monitoreo de Procesos de Deforestación/Degradación en bosques húmedos tropicales. Documento de Campo Nro. 15. FAO. Lima, Perú. 137 p.

**PÁGINA WEB**

<[http://www.iespana.es/natureduca/hom\\_deforestac1.html](http://www.iespana.es/natureduca/hom_deforestac1.html)>  
<[http://www.iespana.es/natureduca/hom\\_deforestac2.html](http://www.iespana.es/natureduca/hom_deforestac2.html)>  
<[http://www.ecoportal.net/articulos/dedebi/tyf\\_def.html](http://www.ecoportal.net/articulos/dedebi/tyf_def.html)>  
<<http://www.ecoportal.net/articulos/invernadero.html>>  
<<http://www.fao.org/docrep/W43458/w4345s00.html>>  
<<http://www.wrm.org.uy/paises/Amazonia/Peru.html>>  
<<http://www.wrm.org.uy/boletin/85/general.html>>  
<<http://www.wrm.org.uy/boletin/61/causas.html>>  
<<http://www.wrm.org.uy/paises/Amazonia/libro.html>>  
<<http://www.ecoportal.net/temas/deforestacion.htm>>  
<<http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues.12.html>>  
<<http://www.areasprotegidas.org./deforestacion.php>>  
<<http://www.wrm.org.uy/deforestacion/inicio.html>>  
<[http://www.mantra.com.ar/contenido/frame\\_deforesta.html](http://www.mantra.com.ar/contenido/frame_deforesta.html)>  
<<http://www.fao.org.>>

USGS. Imágenes satelitales Landsat. Disponible en:  
<<http://www.imagenesgeograficas.com/Landsat.html>> Fecha de consulta 02 de junio de 2010.



**ANEXO**

**Anexo 01. Recurso web para la descarga de imágenes de satélite.**

Para poder tener una idea de las condiciones de las imágenes distribuidas por el INPE se hace uso de una interfase que permite visualizar las imágenes a manera de quicklooks (vistas rápidas) <http://www.inpe.br/> existiendo el vínculo <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, antes de hacer estas visitas es preciso registrarse para poder recibir las respuestas a al correo electrónico indicándonos la manera cómo descargar las imágenes, después de haber realizado el pago respectivo.

The screenshot shows the INPE website with a prominent announcement for a public competition. The header includes the INPE logo and the text 'INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS'. A navigation menu on the left lists various services and products. The main content area features a large banner for 'CONCURSO PÚBLICO INPE 2008' with a sub-header 'Notas das provas escritas do concurso para pesquisador serão divulgadas nesta sexta-feira'. Below this, there is a list of products and services, including 'Catálogo de Imagens CBERS', 'Catálogo de Imagens LANDSAT', and 'Catálogo de Dados Ambientais'. A date '27/11/2008' is displayed. On the right, there is a satellite image of Brasília, DF, labeled 'Imagem CBERS-2 - Câmera CCD'.

At the bottom of the page, there is a 'Catálogo de Imagens' section with a search form. The form includes fields for 'Parâmetros Básicos' (Latitude, Longitude, Intervalo de Tempo, Cultura/Museu de Arqueologia), 'Mensagem de Passagem', 'País', 'Município', 'Estado', 'Cidade', and 'Ponto'. There are also logos for INPE and FINEP. The text below the form reads: 'Prezado Usuário, Bem-vindo à página que permite a interação entre você e o Banco de Imagens da DGI/INPE. Neste Banco é disponibilizado, atualmente, imagens dos satélites Landsat-1, Landsat-2, Landsat-3, Landsat-5, Landsat-7, CBERS-2 e Brasilia de Recursos Terrestres. As imagens dos satélites são inteiramente gratuitas (não tarifadas). O meio de envio padrão das imagens (gr de arquivos (FTP) via Internet. Desejando, o usuário poderá solicitar o envio das cenas (imagens) escaneadas (remetido por via postal), bastando para tanto possuir cadastro de compra, uma vez que esta modalidade postagem). Os pedidos de cenas (imagens) em CD serão acompanhados de envio também por via FTP. O usuário credenciado no cadastro de compras poderá solicitar qualquer item do Catálogo; os usuários não poderão solicitar apenas os produtos não tarifados. O símbolo \$ aparecerá na moldura superior de cada item (tarifado). O INPE espera que você faça o melhor proveito possível dos produtos aqui oferecidos. Solicitamos a gentileza de nos enviar, na medida do possível, os resultados de seus trabalhos com as imagens: comentários e sugestões, subsidiando assim, a continuidade de nosso empenho com vistas a uma permanente. Aqui você poderá: 1. PESQUISAR IMAGENS do seu interesse, segundo vários critérios de busca por satélite e sensor, por órbita/posição, por região ou por meio de navegação gráfica. A consulta ao catálogo é livre, mas para fazer download é necessário que você se registre.'