



**INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES-INRENA  
CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE-CONAM**



**PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES NACIONALES PARA  
MANEJAR EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE  
PROCLIM**

**OFICINA DE GESTIÓN AMBIENTAL, TRANSECTORIAL,  
EVALUACIÓN E INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES – OGATEIRN**

## **MAPA DE DEFORESTACIÓN DE LA AMAZONIA PERUANA – 2000**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA**



**LIMA - 2005**

# Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana – 2000

## Memoria Descriptiva



Consejo Nacional del Ambiente



Embajada Real de los Países



Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales  
para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la  
Contaminación del Aire



Instituto Nacional de Recursos Naturales

## INTEGRANTES DEL EQUIPO

**Manuel Cabrera**  
Gerente- OGATEIRN-INRENA

**Raquel Soto**  
**Tatiana Lapeyre**  
Coordinación

**Hubert Portuguez**  
Interpretación

**Patricia Huerta**  
Interpretación

**Carlos Sifuentes**  
Procesamiento de Imágenes de Satélite

**Piero Del Pozo**  
Sistema de Información Geográfica

**Víctor Gabriel**  
Sistema de Información Geográfica

**Walter Avilés**  
Procesamiento de Imágenes de Satélite  
Cartografía

**Carla Telles**  
Cartografía

**Víctor Barrena**  
**Carlos Vargas**  
Asesoramiento Técnico

## ÍNDICE

Agradecimientos.....	7
Presentación.....	8
Resumen.....	9
1. Introducción .....	11
2. Objetivos .....	12
2.1 Objetivo General .....	12
2.2 Objetivos Específicos .....	12
3. Antecedentes.....	13
4. El Área de Estudio .....	16
5. Materiales y Métodos .....	23
5.1 Materiales.....	23
5.1.1 Cartografía Digital.....	23
5.1.2 Imágenes de Satélite.....	23
5.1.3 Equipos.....	23
5.1.4 Programas informáticos.....	26
5.2 Metodología.....	27
5.2.1 Flujo de Procesos y Datos para elaborar el Mapa de Deforestación.....	27
5.2.2 Acondicionamiento de la Cartografía Base.....	28
5.2.3 Procesamiento de Imágenes de satélite.....	28
i. Selección de imágenes de satélite.....	28
ii. Procesamiento.....	28
5.2.4 Interpretación de imágenes de satélite.....	30
i. Criterios y Elementos para la Interpretación .....	30
ii. Determinación de los límites de la selva Amazónica peruana.....	31
iii. Determinación de clases de uso de la tierra.....	32
iv. Interpretación visual de las clases de uso de la tierra.....	36
5.2.5 Elaboración del Mapa Preliminar de Deforestación .....	38
5.2.6 Validación estadística.....	38
i. Fase Inicial de Gabinete.....	38
a. Diseño de muestreo sistemático no alineado.....	38
b. Cálculo del tamaño de muestra .....	38
c. Selección aleatoria de puntos de muestreo.....	39
ii. Fase de trabajo de campo .....	39
iii. Fase final de Gabinete .....	40
a. Matriz de Confusión.....	40
b. Índice de Kappa .....	41
5.2.7 Ajuste y Edición del Mapa Final de Deforestación.....	41
6. Resultados .....	42
6.1 Superficie de la selva Amazónica peruana.....	42
6.2 Superficie deforestada en la Amazonía peruana.....	42
i. Deforestación Nacional.....	42
ii. Deforestación Departamental.....	43
iii. Mapas Departamentales.....	45
iv. Deforestación por clases de uso de la tierra.....	48
6.3 Validación Estadística.....	62
6.4 Tasa de Deforestación.....	80
7. Discusión.....	82
8. Conclusiones.....	85
9. Recomendaciones.....	86
10. Bibliografía.....	87

Anexos .....	91
--------------	----

### ***Lista de Figuras***

Figura 1. Ubicación del área de estudio .....	17
Figura 2. Áreas Naturales protegidas por el Estado ubicadas en la Amazonía peruana.....	22
Figura 3. Cartas Nacionales utilizadas para elaborar el Mapa de Deforestación.....	24
Figura 4. Imágenes de satélite utilizadas .....	25
Figura 5. Flujo de procesos y datos.....	27
Figura 6. Áreas de agricultura, entre los distritos de Río Tambo, Mazamari y Pangoa, provincia de Satipo, departamento de Junín.....	33
Figura 7. Áreas de pastizales en las inmediaciones de Puerto Inca.....	34
Figura 8. Áreas de Bosques Secundarios en las inmediaciones de Iparia y 2 de Mayo, departamento de Ucayali.....	35
Figura 9. Áreas de Bosques Secundarios con Agricultura en las inmediaciones de San Pedro de Sheboriari y los Ángeles de Ubirikiri, departamento de Junín.....	35
Figura 10. Áreas sin Vegetación, ocupada por Infraestructura petrolera, departamento de Loreto.....	36
Figura 11 Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana acumulada al año 2000.....	44
Figura 12. Empalmes de las hojas del Mapa de Deforestación de Loreto .....	46
Figura 13. Empalmes de los mapas de Deforestación departamentales.....	47
Figura 14. Agricultura (A), cultivos de arroz cerca de Rioja.....	49
Figura 15. Agricultura (A), mostrando plantaciones de Palma aceitera, en la provincia de Tocache, departamento de San Martín.....	49
Figura 16. Pastis (P) en las inmediaciones de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.....	51
Figura 17. Pastos (P) en las inmediaciones de Jaén, distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.....	51
Figura 18. Áreas improductivas con vegetación herbácea incluidas en la clase Pastos (P) en el límite de los departamentos de Huancavelica y Junín.....	52
Figura 19. Bosque Secundario en el distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín.....	54
Figura 20. Bosque Secundario en las inmediaciones de Puerto Bermúdez, departamento de Pasco .....	54
Figura 21. Bosque secundario/Agricultura en las inmediaciones de Soritor, en la provincia de Moyabamba, San Martín .....	56
Figura 22. Bosque secundario/Agricultura (BS/A) en las inmediaciones de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco.....	56
Figura 23. Bosque secundario/Agricultura (BS/A) en las inmediaciones la ciudad de Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, Leoncio Prado, Huanuco.....	57
Figura 24. La ciudad de Tarapoto (CP) incluida en la clase Sin Vegetación (SV) .....	58
Figura 25. Infraestructura de la actividad petrolera incluida en la clase Áreas Sin Vegetación (SV), Andoas, distrito de Pastaza, Alto Amazonas, Loreto.....	59
Figura 26. Áreas degradadas por la actividad minera, se incluyen en la clase Áreas Sin Vegetación (SV), en el distrito de Huaypetue, Manu, Madre de Dios .....	59
Figura 27. Porcentaje de superficie de clases de uso de la tierra por departamentos.....	61
Figura 28. Mapa de Ubicación de las cuatro zonas de validación estadística.....	62
Figura 29. Distribución de los puntos de muestreo tomados en campo en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.....	64
Figura 30: Agricultura en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.....	64
Figura 31: Pastizal en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.....	65
Figura 32. Bosque secundario en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.....	65
Figura 33. Purma quemada en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.....	66
Figura 34. Rutas de sobrevuelo en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.....	66
Figura 35. Distribución de los puntos de muestreo tomados en campo en la zona Iquitos-carretera Federico Basadre.....	67
Figura 36: Caracterización de Bosque secundario en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	68
Figura 37. Agricultura en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	68
Figura 38. Ganado en pastizal en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	69
Figura 39. Bosque talado y quemado en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	69
Figura 40. Bosque secundario en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	70
Figura 41. Rutas de sobrevuelo en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	70

Figura 42: Pastizales en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.....	71
Figura 43. Distribución de los puntos de muestreo tomados en la zona La Merced-Satipo.....	71
Figura 44. Pastizal en la zona La Merced-Satipo.....	72
Figura 45. Ganado pastando en la zona La Merced-Satipo.....	72
Figura 46. Agricultura en la zona La Merced-Satipo.....	73
Figura 47. Ubicación de los puntos de muestreo levantados en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	74
Figura 48. Líneas de control terrestre realizadas en la zona Tarapoto-Moyabamba.....	75
Figura 49. Equipo levantando información en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	75
Figura 50. Agricultura (arroz) en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	76
Figura 51. Pastizal en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	76
Figura 52. Bosques secundario y pastizales en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	77
Figura 53. Bosque secundario joven en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	77
Figura 54. Bosque secundario en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	78
Figura 55. Línea de sobrevuelo realizada en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas.....	78
Figura 56. Vista aérea de pastizales y bosques secundarios en la zona Tarapoto-Moyabamba.....	79

### ***Lista de Cuadros***

Cuadro 1. Clases de uso de la tierra.....	32
Cuadro 2. Ejemplo de Matriz de Confusión entre clases .....	40
Cuadro 3. Superficie deforestada acumulada al año 2000 por clase de uso de la tierra.....	43
Cuadro 4. Superficie deforestada acumulada al año 2000 por departamentos.....	43
Cuadro 5. Superficie departamental, superficie de bosque y superficie deforestada al año 2000 por departamentos.....	45
Cuadro 6. Numeración, codificación y número de hojas de los Mapas Departamentales de Deforestación de la Amazonía peruana al año 2000.....	46
Cuadro 7. Superficie de la clase Agricultura por departamentos .....	48
Cuadro 8. Superficie de la clase Pastos por departamentos .....	50
Cuadro 9. Superficie de la clase Bosque Secundario por departamentos .....	53
Cuadro 10. Superficie de la clase mixta Bosque Secundario/Agricultura por departamentos.....	55
Cuadro 11. Superficie de la clase Áreas sin Vegetación por departamentos.....	58
Cuadro 12. Superficie de clases de uso de la tierra acumuladas al año 2000 por departamentos.....	60
Cuadro 13. Número y distribución por clase de área deforestada de puntos de muestreo tomados en campo.....	63
Cuadro 14. Resumen de la Validación Estadística.....	79
Cuadro 15. Tasa de Deforestación Anual 1990 – 2000.....	80
Cuadro 16. Superficie de deforestadas acumuladas al año 1990 y año 2000, a nivel departamental.....	80
Cuadro 17. Promedio anual de deforestación por departamento, período 1990 – 2000.....	81

### ***Lista de Anexos***

Anexo 1: Relación de Áreas Naturales Protegidas por el Estado hasta diciembre del 2000 para la Amazonía peruana.....	92
Anexo 2: Relación de Imágenes de Satélite utilizadas para elaborar el Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana .....	93
Anexo 3: Relación de Imágenes de Satélite utilizadas para realizar la validación de la interpretación del Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana .....	94
Anexo 4: Resumen de las Especies más Abundantes del Bosque Secundario de la Zona de Pucallpa.....	94
Anexo 5: Resumen de las Especies más Abundantes del Bosque Secundario de la Zona de IquitosS.....	95
Anexo 6: Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana 1990. Base de Datos de Recursos Naturales-INRENA. 2000.....	96
Anexo 7: Resumen de las extensiones de bosques, usos de la tierra y otros, por departamento.....	97

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a los profesionales, técnicos e instituciones que nos proporcionaron información valiosa y que apoyaron al trabajo de campo, contribuyendo de esta forma con la realización del presente estudio:

Centro de Información Forestal-INRENA (CIF-IFFS-INRENA).

Ministerio de Educación.

Ministerio de Transportes.

Asociación para la Conservación del Patrimonio del Cutivireni (ACPC).

Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM).

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

## PRESENTACIÓN

La Oficina de Gestión Ambiental Transectorial, Evaluación e Información de Recursos Naturales (OGATEIRN) del INRENA, tiene como objetivos conducir el sistema de información de los recursos naturales, y realizar el inventario, caracterización y evaluación de los recursos naturales renovables y la promoción de su aprovechamiento sostenible. Son preocupaciones de esta oficina, la lucha contra la desertificación y sequía, el cambio climático, la degradación y/o deterioro de los recursos: agua, vegetación y suelo. Además, efectúa evaluaciones de las áreas ambientalmente críticas y ecosistemas especiales o degradados, promoviendo la educación ambiental para la conservación de dichos recursos y su entorno.

En junio del 2003, el INRENA y el CONAM firmaron un Convenio para desarrollar el Sub Programa IM-03: "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de los Sectores Agricultura, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura", enmarcado en el *Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire (PROCLIM)*.

El presente estudio fue ejecutado por la OGATEIRN, enmarcándose en la Línea del Estudio de la Deforestación del Sub-Programa IM-03. El objetivo principal del este estudio fue determinar la superficie deforestada de la amazonía peruana al año 2000, en clases de uso de la tierra: cultivos agrícolas, pastizales, bosque secundario, mixturas de cultivos agrícolas y bosque secundario y áreas sin vegetación, utilizando para ello la interpretación visual en pantalla de imágenes del satélite Landsat, así como proporcionar información para el inventario de GEI por efecto del cambio del uso de la tierra.

Se presenta los antecedentes sobre estudios de deforestación realizados a nivel local y nivel nacional, donde se indican las extensiones deforestadas determinadas por los diferentes estudios, así como el método empleado para la obtención de esas cifras.

También se hace una descripción de las características biofísicas y socioeconómicas que presenta la Amazonía peruana, con el fin de comprender mejor el cómo y el por qué del proceso de deforestación y hacia donde podría dirigirse la tendencia de la deforestación tanto espacial como temporalmente.

Se describe detalladamente la metodología empleada para la obtención del mapa de deforestación, desde el procesamiento digital de las imágenes de satélite empleadas, el proceso de interpretación, describiendo los criterios, elementos y consideraciones que se tomaron para realizar este proceso, pasando por la validación estadística de esta interpretación hasta su ajuste y edición, para obtener finalmente el mapa de deforestación de la Amazonía peruana al año 2000.

Finalmente se presentan los resultados obtenidos a nivel nacional y regional, realizando una discusión y análisis de estos resultados.

## RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue determinar la superficie deforestada de la Amazonía peruana al año 2000, en clases de uso de la tierra: cultivos agrícolas, pastizales, bosque secundario, mixturas de cultivos agrícolas y bosque secundario y áreas sin vegetación, utilizando para ello la interpretación visual en pantalla de imágenes del satélite Landsat a escala 1: 100 000.

Se utilizó la metodología desarrollada por los consultores Víctor Barrena y Carlos Vargas para el procesamiento e interpretación de las 45 imágenes de satélite Landsat TM y ETM+ que cubren toda la Amazonía peruana, así como para la validación estadística de la interpretación de la deforestación realizada.

Como apoyo al proceso de interpretación se contó con cartografía proporcionada por Convenios Institucionales con el INEI, IGN-MINEDU, Ministerio de Transportes, CIEF-IFFS-INRENA, principalmente.

Las imágenes fueron corregidas geométricamente utilizando como referencia la hidrografía de las hojas de la Carta Nacional digital del IGN-MINEDU. Luego fueron realizadas con un realce lineal y después un realce ecualizado focalizado por ventanas. También se obtuvo el primer componente principal de todas sus bandas (1 a 5 y 7). Se trabajó con dos composiciones de bandas TM y ETM+: 5, 4, 3 y 5, 4, PCA (Primer Componente Principal).

Posteriormente el personal de apoyo cartográfico trabajó con las imágenes procesadas para actualizar la red hidrográfica principal tipo polígono. También realizaron los cortes por escena de la cartografía base: hidrografía, red vial, centros poblados y curvas de nivel teniendo como fuente de información las hojas de la Carta Nacional digital.

Una vez definidos y ajustados los patrones y claves de interpretación se realizó la interpretación visual en pantalla de las imágenes de satélite Landsat, escena por escena, de las clases de áreas deforestadas y otras clases complementarias al mapa. Para ello se utilizando como apoyo los archivos vectoriales tipo línea: hidrografía, red vial, y los archivos vectoriales tipo polígono: centros poblados, corte de la escena y departamento, así como las imágenes de satélite realizadas.

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.

Con el mapa preliminar de deforestación elaborado se realizó la selección de las áreas de validación siguiendo el diseño de muestreo sistemático no alineado propuesto por Barrena y Vargas. Luego se realizó el cálculo del tamaño de la muestra y la selección aleatoria de puntos de control. La validación de la interpretación se realizó en 4 zonas de la Amazonía peruana: Pucallpa, Iquitos, Satipo y Tarapoto.

El trabajo de campo en las zonas de validación consistió en verificar la interpretación en cada uno de los puntos muestreados, caracterizar los bosques secundarios, levantar parcelas de 10 x 25 metros, donde se inventariaron los individuos con dap superior a los 10 cm. Este trabajo se realizó vía terrestre para las 4 zonas de validación y además por vía fluvial para el caso de Iquitos. Se realizaron además sobrevuelos en Pucallpa, Iquitos y Tarapoto para verificar las zonas no accesibles por vía terrestre o fluvial.

Con los datos de campo recopilados, se procedió a editar y ajustar la interpretación de deforestación, corregir los códigos de identificación y los límites de las unidades interpretadas entre escenas contiguas.

Posteriormente, el personal de apoyo cartográfico realizó el empalme entre escenas interpretadas, formando así el mapa de deforestación final de la Amazonía peruana para el año 2000.

La superficie total deforestada en la amazonía al año 2000 asciende a 7 172 553,97 ha, de los cuales los departamentos de San Martín, Amazonas y Loreto son los que presentan mayor porcentaje de la deforestación.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se concertó en 1992 en la CNUMAD, tiene como finalidad estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, para impedir que se produzcan cambios en el sistema climático mundial inducidos por el hombre que puedan resultar peligrosos. Las Partes en la Convención se comprometieron a realizar inventarios nacionales de emisiones de ese tipo de gases y de los sumideros de carbono, además asumieron el compromiso de establecer objetivos voluntarios de reducción de las emisiones. Estos compromisos se hicieron más estrictos y se concretaron en el Protocolo de Kyoto, que se adoptó en la Tercera Conferencia de las Partes de la Convención que tuvo lugar en Kyoto (Japón) en diciembre de 1997 (FAO, 2002), y que entró en vigor en febrero del 2005.

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.

El *Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire (PROCLIM)*, es un Programa de actividades, resultado de una iniciativa nacional que comprende el esfuerzo conjunto de una diversidad de instituciones que han aportado sus recursos y experiencias desde la concepción, estructuración y ejecución del mismo. Este programa tiene como objetivo de desarrollo contribuir a la reducción de la pobreza promoviendo la integración de la temática del cambio climático y calidad del aire en las políticas de desarrollo sostenible.

El presente estudio fue desarrollado en la Línea de Investigación del Estudio de la Deforestación del Sub Programa IM-03: “Inventario de Gases de Efecto Invernadero de los Sectores Agricultura, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura” del Programa PROCLIM, en un Convenio por entendimiento entre el INRENA y el CONAM.

Este documento presenta los resultados obtenidos de este estudio de la deforestación al año 2000, obtenidos mediante la interpretación visual en pantalla de imágenes de satélite Landsat, con su respectiva validación en campo, así como la tasa de deforestación 1990-2000.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

El objetivo principal del presente estudio fue determinar la superficie deforestada de la Amazonía peruana al año 2000, en clases de uso de la tierra: cultivos agrícolas, pastizales, bosque secundario, mixturas de cultivos agrícolas y bosque secundario y áreas sin vegetación, proporcionando así datos para el inventario de gases efecto invernadero.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la superficie deforestada de la Amazonía peruana al año 2000, a nivel departamental, utilizando para ello la interpretación visual en pantalla de imágenes del satélite Landsat
- Determinar la superficie deforestada de la Amazonía en clases de uso de la tierra: cultivos agrícolas, cultivos pecuarios, bosque secundario y otros.
- Determinar la tasa de deforestación de la Amazonía peruana del periodo 1990-2000.

### 3. ANTECEDENTES

El desarrollo socioeconómico y el proceso de deforestación de la zona de la selva amazónica del Perú, se caracteriza por periodos marcados, cuyas causas han sido principalmente la falta de políticas orientadas hacia la explotación de recursos naturales. Hasta antes de 1542, la ocupación primaria de los nativos de la selva amazónica fue la caza, la pesca y una agricultura de bajo impacto por el tamaño de la población, organizada en grupos familiares o clanes.

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 (2001) 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).

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).

Dourojeanni (1981), en un estudio realizado sobre el uso de la tierra en el Departamento de San Martín, región amazónica peruana, llega a la conclusión de que de un total de 615,375 ha de bosques que fueron talados con fines agrícolas en un área de colonización agropecuaria, dirigida por el Estado, solamente 137,878 ha estaban en uso o produciendo y que 477,497 ha permanecían en barbecho cubiertas por bosque secundario, es decir el 77% del área talada, lo que establece una

proporción de casi 1/5 de área en producción con relación a la superficie total desmontada, de lo cual se podría establecer que el periodo medio de rotación (en caso de que éste funcionara) es de 3 años únicamente, lo cual definitivamente es muy corto para permitir una recuperación de la capacidad productiva del suelo y en consecuencia una acelerada pérdida de productividad de los suelos (FAO, 2001).

ONUDD (2003) determinó que la superficie total del cultivo de coca en el Perú para el año 2000 fue de 43,400 ha, concentradas en seis zonas principales: Alto Huallaga, Aguaytía, Apurímac, La Convención-Lares, Selva Central, Sandia. Estas extensiones cultivadas de coca fueron encontradas utilizando imágenes de satélite.

Por otro lado, 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 desbosquedas 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).

Otro ejemplo de estudios de deforestación a nivel local, es presentado por el CDC-UNALM, en el Análisis y modelación espacio-temporal del paisaje en las áreas de intervención del PDA. En este estudio realizado mediante clasificaciones supervisadas de imágenes de satélite, encontraron para cuenca de los ríos Huallaga, 541 661 ha deforestadas en 1986, 513 220 ha para 1996 y 804 449 ha para el año 2001. Para la cuenca de los ríos Aguaytía-Pachitea encontraron 381 408 ha deforestadas en 1986, 450 706 ha para 1996 y 669 784 ha para el año 2001. Y para cuenca del río Apurímac encontraron 358 768 ha deforestadas en 1986, 307 115 ha para 1996 y 452 263 ha para el año 2001.

A escala nacional, se han realizado algunos estudios y estimaciones sobre la deforestación de la Amazonía peruana, los que presentamos a continuación en forma cronológica:

El *Mapa Forestal del Perú* (Malleux, 1975) reporta que 4 500 000 ha de la selva, habían sido deforestadas y estaban siendo utilizadas para la agricultura y ganadería pero que, en su mayor parte, estaban recubiertas de vegetación secundaria.

En 1995, el INRENA publicó el *Mapa Forestal del Perú*, donde se estima que la superficie de áreas deforestadas asciende a 6 948 237 ha, ubicadas principalmente en las partes inferiores y medias de los bosques de montaña de los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huanuco, Pasco y Junín y en las terrazas y colinas bajas de los departamentos de Loreto y Ucayali (selva baja). Este trabajo se realizó sobre la base del Mapa Planimétrico del Perú (1988) elaborado con imágenes de satélite Landsat MSS, impresas a escala 1:1 000 000.

En 1996, el INRENA publicó el estudio *Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía Peruana* (escala trabajada 1:250 000), siendo el objetivo el localizar y cuantificar la superficie deforestada en la región de la selva para los años 1985 y 1990, utilizando también imágenes de satélite. El estudio permitió determinar que hasta el año 1985 existían 5 642 447 ha deforestadas, y al año 1990 dicha superficie ascendía a 6 948 237 ha.

Posteriormente, el INRENA (2000), elabora el *Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra del Perú: Base de Datos de los Recursos Naturales e Infraestructura-INRENA*. Para fines del presente estudio, las áreas deforestadas de la selva

amazónica, fueron revisadas y verificadas a nivel de imágenes de satélite en formato digital, obteniéndose finalmente un mapa de la deforestación ajustado (ver Anexo 6), y en donde se estima una superficie acumulada al año 1990 de 5 676 236 ha.

Finalmente, el *Mapa Forestal del Perú* año 2000 (no publicado) elaborado por el CIF-INRENA, con imágenes de satélite Landsat TM en papel impreso, y escala de trabajo 1:250 000, reporta una superficie de áreas deforestadas de la selva amazónica equivalente a 7 341 803 ha.

#### 4. EL ÁREA DE ESTUDIO

A continuación se describen las características biofísicas y socio-económicas que caracterizan el área estudiada.

##### **Ámbito espacial**

Políticamente, la Amazonía peruana comprende los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios, y parte de los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Huancavelica, La Libertad, Pasco, Piura, Puno, Ayacucho, Junín, Cusco, San Martín y Huanuco, abarcando una superficie aproximada de 78 293 511 ha.

Geográficamente, se ubica entre los paralelos 0° 2' 20.76" y 14° 30' 55.80" de Latitud y los meridianos 68° 39' 12.24" y 79° 29' 00.96" de Longitud Oeste, como se puede observar en la Figura 1.

Tradicionalmente, se divide a la Amazonía peruana en selva baja y selva alta, separadas por la elevación de 600 m.s.n.m (Dourojeanni, 1990, citado por Kalliola, 1993). Esta división se realizó más por razones gubernamentales que por las diferencias biofísicas marcadas entre estas dos unidades. Sin embargo, una consecuencia práctica de esta distinción es que eso afecta al uso de los bosques, porque gran parte de las actividades humanas están concentradas en la selva alta, lo que hace que esta zona sea la más amenazada por la deforestación (Kalliola, 1993).

El INRENA (1996) indica las siguientes subdivisiones para la Amazonía peruana:

La *llanura amazónica o selva baja*, se encuentra en la vertiente oriental de la cuenca amazónica, ubicada debajo de 600 m.s.n.m., se caracteriza por su poca variación topográfica, por un complicado sistema hidrográfico y por enormes áreas de planicies aluviales o terrenos colinosos no inundables. (Kalliola *et al.*, 1993). Presenta una gran diversidad florística. (INRENA, 1996a).

La *selva alta o pie de monte*, ubicada desde los 600 a 2000 m.s.n.m., de fisiografía más accidentada, presenta una vegetación vigorosa y variada con presencia de epifitas. (INRENA, 1996a).

La *montaña amazónica o bosque montano* que se encuentra desde los 2000 a 3000 m.s.n.m. Finalmente, dentro de la montaña amazónica, pero entre los 3000 a 3800 m.s.n.m., se encuentra la *ceja de selva*, donde la vegetación natural se presenta en forma densa y con abundancia de epifitas y el estrato arbóreo es achaparrado. (INRENA, 1996a; INRENA, 1996b).



**Figura 1.**  
Ubicación del área de estudio

## ***Hidrografía***

La Amazonía peruana está drenada por numerosos ríos de diferentes tamaños y caudales, entre los ríos principales tenemos: Amazonas, Marañón, Napo, Ucayali y Madre de Dios. Como estos ríos vienen de áreas climáticamente diferentes, la fluctuación del nivel de agua sigue diferentes regímenes (Peñaherrera, 1986, citado por Kalliola, 1993).

## ***Suelos***

Los suelos más comunes en la Amazonía peruana son los Ultisoles, que ocupan el 65% de esa región, en especial en los terrenos de altura de la selva baja y en las terrazas antiguas de laderas de la selva alta. Son suelos rojos y amarillos, ácidos y de baja fertilidad natural. Son usualmente profundos y bien drenados, exhibiendo un marcado incremento del contenido de arcillas con la profundidad. Además, por estar con frecuencia en laderas, son susceptibles a la erosión. Siguen en importancia los Entisoles, suelos jóvenes de perfil poco diferenciado que ocupan el 17% de la región. Otro 14% de la selva posee Inceptisoles, es decir, suelos también jóvenes que muestran diferenciación de horizontes. Gran parte de estos suelos están en Aguajales u otras áreas mal drenadas y también en zonas escarpadas. Los que se encuentran en topografías favorables y que están bien drenados, suelen ser fértiles, como en varios valles de la selva alta, en especial en el Huallaga Central. Los Alfisoles se parecen a los Ultisoles pero tienen menor acidez y fertilidad superior. (Dourojeanni, 1990).

Con referencia a la vocación de uso de las tierras con bosques naturales de la región de selva del país, la ONERN (1982) ha determinado la existencia de una superficie de 19 millones de hectáreas (25%), consideradas como tierras de protección que no deben ser utilizadas para propósitos agropecuarios ni para la actividad forestal; 46 millones de hectáreas (61%) con vocación para la producción del recurso forestal; de 4,5 millones de hectáreas (6,5%) para agricultura (previa conversión de las tierras forestales) y de 5,7 millones de hectáreas (7,5%) de tierras que pueden ser habilitadas para pasturas (actividad pecuaria), previa conversión de tierras con foresta natural u original. (ONERN-PNUMA, 1990)

## ***Infraestructura Vial***

Las principales vías de acceso que recorren a la región amazónica peruana son las carretera central, la marginal de la selva, la carretera Federico-Basadre, la carretera Iquitos-Nauta, la carretera Tarapoto-Moyobamba, Tarapoto-Yurimaguas y la carretera Cuzco – Puerto Maldonado – Iñapari, principalmente.

## ***Población***

De acuerdo al Pre Censo Nacional de Población de 1999 del INEI, la población que vive en la Amazonía peruana es de aproximadamente de 4 030 000 habitantes (Fuente INEI, 2005), lo que representa una densidad de 5,14 hab / Km<sup>2</sup>.

Las ciudades más pobladas de la Amazonía peruana son: Pucallpa, Iquitos, Jaén, Tarapoto, Belén, Yurimaguas, Tingo María, Bagua, Moyabamba, Puerto Maldonado, Tocache, La Merced, Satipo, principalmente.

## Áreas Naturales Protegidas en la Amazonía Peruana

En 1990 se crea el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANPE) y luego a partir de la Ley de Áreas Naturales Protegidas de 1997 se establecen tres tipos de áreas protegidas: áreas de uso indirecto y de mayor protección (Parques Nacionales, Santuarios Nacionales y Santuarios Históricos), áreas de uso directo y de menor protección (Reservas Nacionales, Reservas Paisajísticas, Refugios de Vida Silvestre, Reservas Comunales, Bosques de Protección, y Cotos de Caza) y áreas cuya categoría aún no está definida (Zonas Reservadas). El sistema de áreas naturales protegidas a nivel nacional, bajo la administración del SINANPE, comprende entonces estas diez categorías. Además, la misma Ley establece las bases para la creación de Áreas de Conservación Regional y Privada, sin que éstas sean administradas directamente por el SINANPE. (Smith, 2002)

Entre 1965 y 1988, se habían creado once de estas áreas protegidas en la región amazónica del país, con un área total de 6'362,865 hectáreas, que representan el 8.3% de la superficie total de la Amazonía peruana (INRENA 1998, 2001).

Hasta diciembre del año 2000, año base del presente estudio, para la Amazonía peruana se crearon 14 Áreas Naturales protegidas por el Estado agrupadas en seis de estas diez categorías, protegiendo ecosistemas representativos en una superficie de 6 867 895 ha. La relación de las ANP creadas hasta diciembre del 2000 en la Amazonía peruana se puede observar en el Anexo 1.

En la Figura 2, se puede observar las Áreas Naturales Protegidas por el Estado de la Amazonía peruana, que fueron creadas hasta diciembre del año 2000.

## Actividades Productivas

Las principales actividades productivas que se realizan en la Amazonía peruana son la agricultura, ganadería, pesca, minería, forestal y turismo, principalmente.

La agricultura en la Selva se caracteriza por la práctica caracterizada del sistema de “rozo, tumba y quema”, que consiste en el corte de la vegetación herbácea y arbustiva seguida de la tala de árboles. Posteriormente, se elimina mediante el fuego toda la biomasa, quedando de esta forma las tierras lista para ser sembradas. La producción se mantiene por un periodo de dos o tres años y luego son abandonadas para facilitar la regeneración natural y ser cultivadas nuevamente después de un periodo de descanso que varía entre cinco a diez años. (IGN, 1989).

Al interior de la región se dan algunas diferencias en la agricultura de la selva baja y la selva alta. Las prácticas antrópicas que se realizan en la selva baja, son relativamente de menor intensidad que en la selva alta, debido principalmente a la escasa presencia de infraestructura vial. (INRENA, 1996),

**Selva Alta:** La agricultura en esta zona se desarrolla tanto en los valles de los principales ríos-Chinchipe, Utcubamba, Mayo, Huallaga, Sisa, Biabo, Ponasa, Saposoa, Satipo, Chanchamayo, Urubamba, etc. -como en las laderas y colinas de la Vertiente Oriental de los Andes localizadas por encima de los 500 m.s.n.m. (IGN, 1989).

En el caso de los valles, los cultivos se realizan bajo riesgo, con uso de maquinaria e insumos, prácticas que han sido introducidas en las décadas del 60 y 70 y que permitieron la expansión del cultivo de arroz, especialmente en la cuenca del Huallaga, y de plantaciones de palma aceitera. En las áreas de laderas y colinas se practican los cultivos de maíz y algodón y las plantaciones de café, piña, te, coca y árboles frutales (Naranja, papaya, paltos, etc.) (IGN, 1989).

*Selva Baja:* En esta área, la agricultura se desarrolla mayormente en la ribera de los ríos (playas, barriales o barrizales) y en las terrazas bajas y medias de los principales valles de esta zona (ríos Ucayali, Marañón, Amazonas y Madre de Dios). (IGN, 1989).

Los cultivos predominantes en las áreas ribereñas son el arroz, el frejol, caupi, etc. Estos cultivos se desarrollan durante la época de las vacantes de éstos, determinando de esta manera la estacionalidad de la actividad agrícola, limitada a una cosecha al año. (IGN, 1989).

En las terrazas bajas y medias, predominan los cultivos tanto anuales (arroz, yuca, frijol, entre otros) como los permanentes (frutales: caimito, plátano, pomarosa, piujuayo, umari, etc.).

A excepción del arroz bajo riego y de la palma aceitera, los rendimientos de los demás cultivos son comparativamente bajos debido a la tecnología tradicional empleada, a su localización en suelos de poca fertilidad y a la ausencia de servicios de apoyo a la producción. (IGN, 1989).

Se practica la agricultura tropical de carácter extensiva con grandes dificultades y no muy variada por su clima y orografía, de igual manera la ganadería que es poco desarrollada.

INRENA (2001) nos indica que el manejo del ganado es deficiente, ocasionando deterioro ambiental a causa del sobre pastoreo y la compactación de los suelos; importantes extensiones de tierras están cubiertas por pastos nativos e introducidos, degradados o en abandono, que es consecuencia del uso de gramíneas no adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas y bióticas, lo que se traduce en una pérdida de la productividad de biomasa. La disminución de la cobertura del suelo, por baja productividad de biomasa, está asociada con la escorrentía, reducción de la capacidad de infiltración y compactación; la degradación de las pasturas se acentúa por el mal manejo de los sistemas de pastoreo y carga animal. (INRENA, 2001)

La ganadería causa la deforestación de grandes extensiones de tierras para la instalación de pasturas (situación insostenible en el largo plazo), el pastoreo excesivo y la quema de potreros, degradación de la vegetación y del suelo, afectando a la fauna silvestre. (INRENA, 2001)

La pesca es artesanal y se realiza en tres niveles: un primer nivel de auto consumo, un segundo nivel comercial mono específica (como la del paiche y la gamitana) y en el tercer nivel se encuentra la piscicultura, que tiende a usar cada vez más tierras.

La minería, cuenta con grandes yacimientos de petróleo, un oleoducto que transporta el crudo para su exportación y un gaseoducto, es otra de las actividades importantes y que dan trabajo a cientos de pobladores y foráneos del departamento. También existen importantes lavaderos de oro en las provincias de Maynas, Loreto y Manu, en Madre de Dios.

La actividad forestal es una de las principales actividades económicas convirtiéndose en la base de sus industrias, la que tiene grandes limitaciones para desarrollarse, debido a sus costos de inversión y la carencia de medios de transporte.

De acuerdo al INRENA (2001), los contratos y permisos forestales para extracción forestal maderable para el año 2000 fueron de 1490, que representa una superficie de 1 391 094 ha y 108 permisos en Unidades Agropecuarias y 43 permisos en comunidades nativas, lo que representa una superficie de 15 783 ha a nivel nacional.

Contrariamente a lo que se cree, 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).

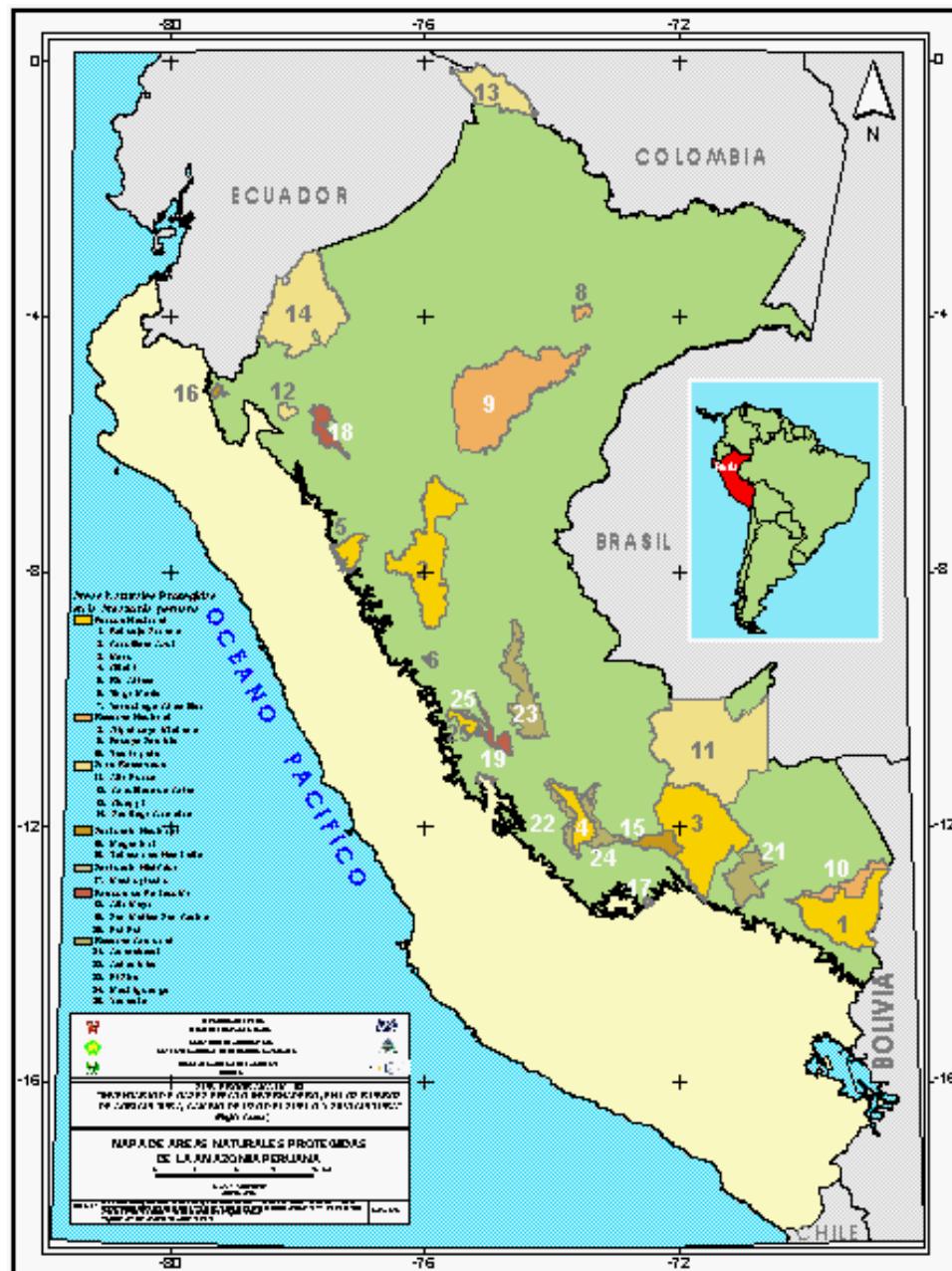
Las trochas que abrieron para sacar las trozas de madera son usadas por los agricultores que buscan nuevas tierras para sembrar sus cultivos. Ellos invaden, rozan tumban y queman, siembran y consiguen títulos de propiedad sobre las tierras invadidas (Revoredo, 1996).

Dourojeanni (1990) indica que en los bosques de protección la tala ilegal llevó a la agricultura migratoria a través de los miles de caminos forestales que fueron construidos para esta actividad ilegal. La tala de estos bosques de, sin usar la tecnología apropiada, es de consecuencias graves por la erosión de los suelos que conlleva.

En cuanto al turismo tiene un gran potencial por su flora, fauna, paisajes naturales y su población nativa, que son atractivos turísticos para el mundo.

El ecoturismo ha cobrado particular dinamismo durante la década de los noventa. Los principales lugares visitados se encuentran en la región de la selva y en especial en algunas áreas protegidas tal como Parque Nacional del Manu, Zona Reservada Tambopata Candamo, en Madre de Dios. Reserva Nacional Pacaya Samiria en Iquitos. (CONAM, 2005). García (2005) señala que en el año 2000 los ingresos por turismo en áreas naturales protegidas ascendieron a 1 800 000 nuevos soles aproximadamente

En este sentido, un aspecto clave para el manejo adecuado de esta actividad es la investigación. Es fundamental conocer con mayor precisión el funcionamiento de los distintos ecosistemas y espacios que se visitan a fin de valorar la riqueza que encierran. Asimismo dicha información permitirá desarrollar mecanismos de conservación de dichos espacios a fin de garantizar el desarrollo de una actividad sostenible. (CONAM, 2005.) La fragilidad ambiental es especialmente importante ya que su valoración tiene enlaces con los objetivos de conservación de las áreas protegidas, considerando que las visitas pueden inducir degradación ambiental.



**Figura 2**  
Áreas Naturales protegidas por el Estado ubicadas en la Amazonía peruana.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Materiales

Los materiales que se utilizaron para la elaboración del Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana son los siguientes:

#### 5.1.1 Cartografía digital

La cartografía digital utilizada como apoyo a la elaboración del Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana es la que se presenta a continuación:

- INRENA
  - Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra, 2000, escala 1: 250 000
  - IFFS: Mapa Forestal 2000, escala 1: 250 000
  - OGATEIRN: Hidrografía principal actualizada (Subprograma IM-03)
- Ministerio de Transportes
  - Red vial, 2003, escala 1: 100 000
- IGN
  - Mapa Físico Político del Perú, 1981, escala 1: 250 000.
- IGN / Ministerio de Educación
  - 329 Cartas Nacionales digitales: hidrografía, curvas de nivel, escala 1: 100 000 (Figura 3)
- INEI
  - Límites políticos, 2003, escala 1: 100 000
  - Centros poblados, 2003, escala 1: 100 000

#### 5.1.2 Imágenes de Satélite

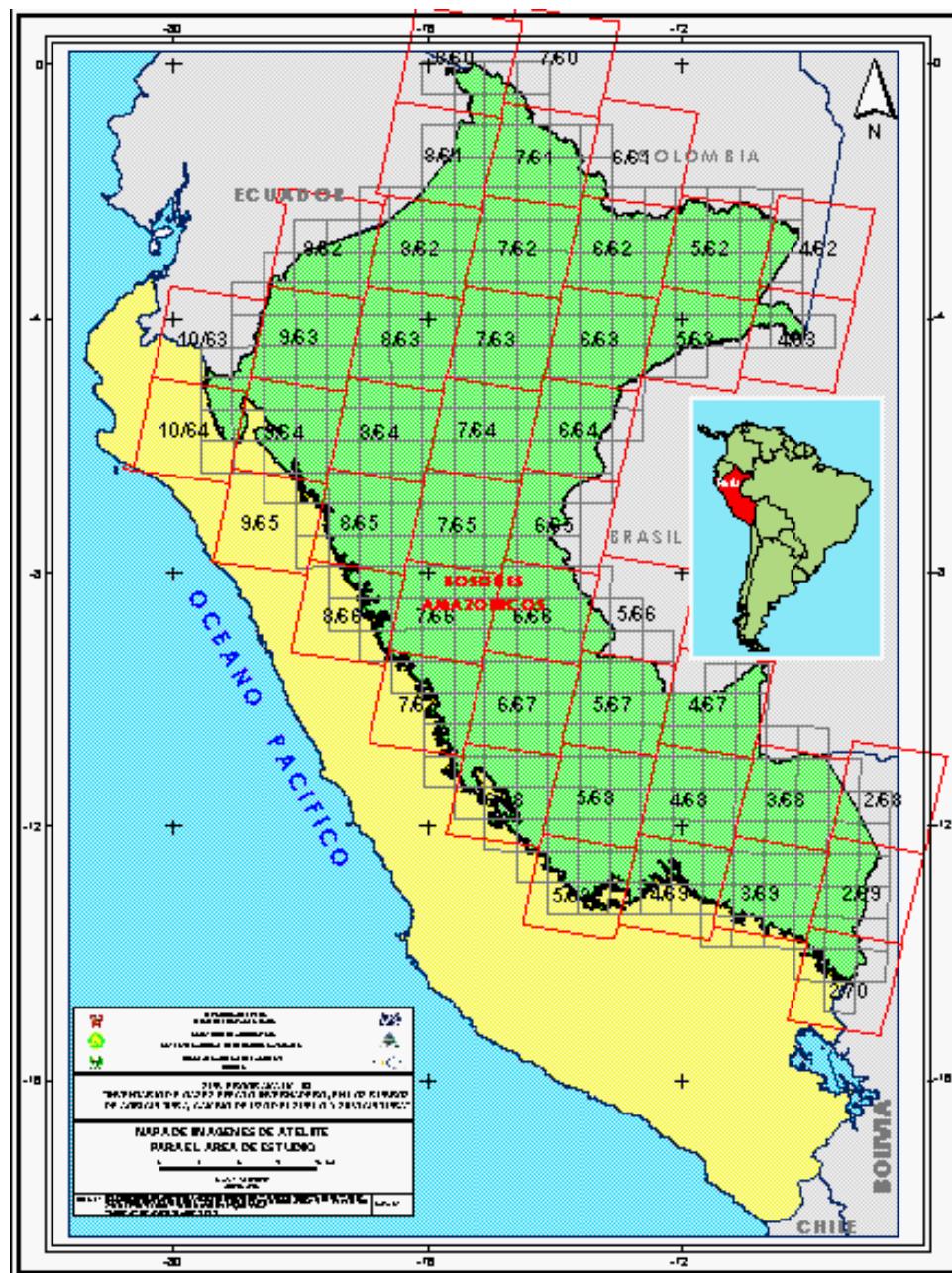
Se trabajó con 45 imágenes de satélite Landsat TM y ETM+. Fueron 11 imágenes de satélite correspondientes al año 1999, 14 imágenes de satélite correspondientes al año 2000, 16 imágenes de satélite correspondientes al año 2001, 3 imágenes de satélite correspondientes al año 2002 y 1 imagen de satélite correspondientes al año 2003.

En la figura 4, se pueden observar las 45 imágenes de satélite Landsat que fueron interpretadas, mientras que la relación de estas imágenes puede observarse en el Anexo 2. Por otro lado, la relación de Imágenes de satélite Landsat utilizadas para realizar la validación de la interpretación de la Deforestación de la Amazonía Peruana se puede observar en el Anexo 3.

#### 5.1.3 Equipos

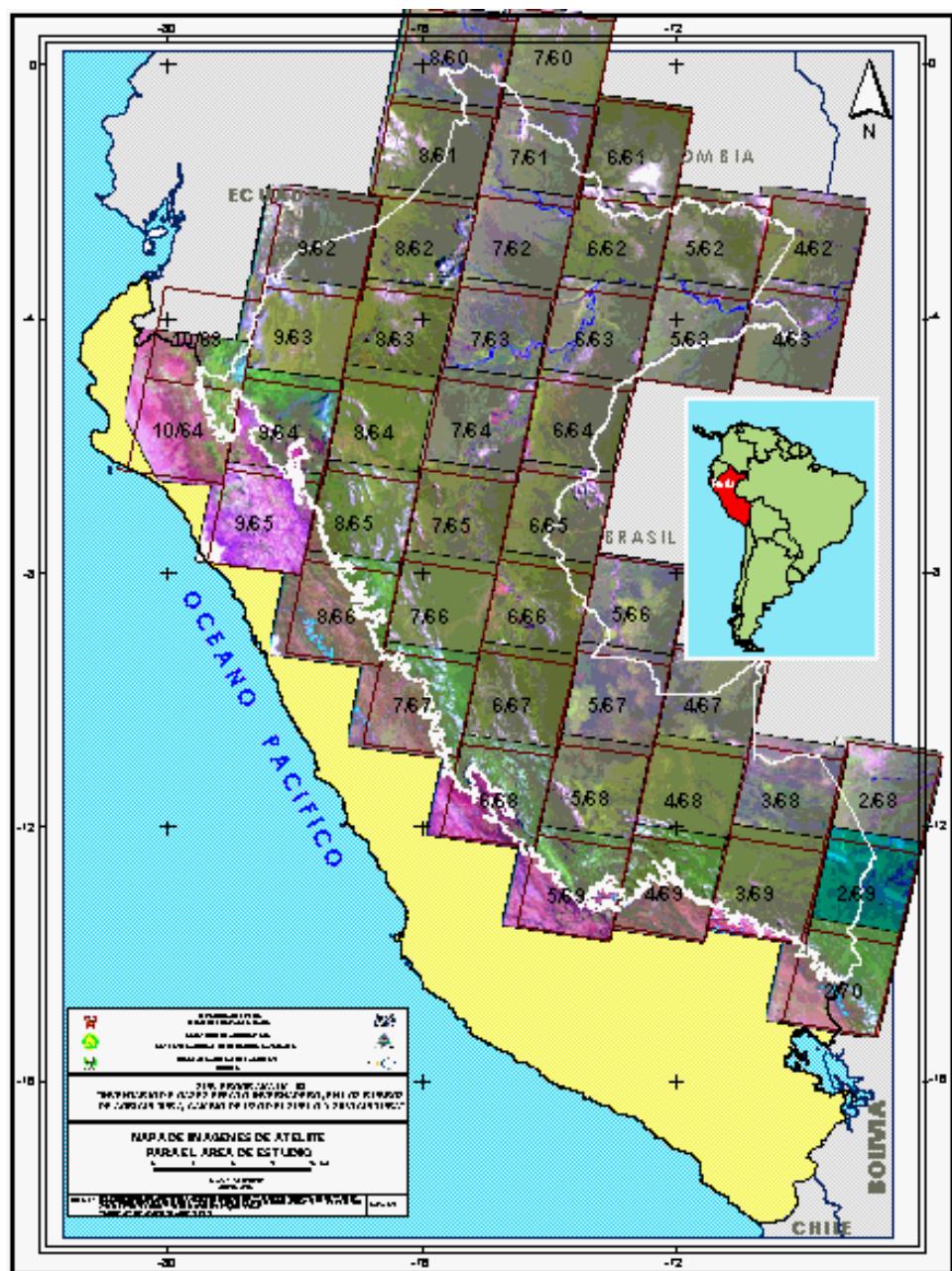
Los equipos utilizados para la elaboración del mapa de deforestación, así como para el trabajo de campo para la validación son los que se listan a continuación:

- Computadoras personales y portátiles
- Plotters HP Design Jet
- Impresoras



**Figura 3.**

Cartas Nacionales utilizadas para elaborar el Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana.

**Figura 4.**

Imágenes de satélite utilizadas para elaborar el Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana.

- GPS's Garmin V
- Cámara fotográfica digital Canon Power Shot S410 Digital ELPH
- Filmadora Panasonic PV-DV 9170

#### 5.1.4 Programas Informáticos

El procesamiento de las imágenes de satélite se realizó utilizando el programa ERDAS IMAGINE 8.6, mientras que para la interpretación de estas imágenes se utilizó el programa SIG ArcView versión 3.2 a.

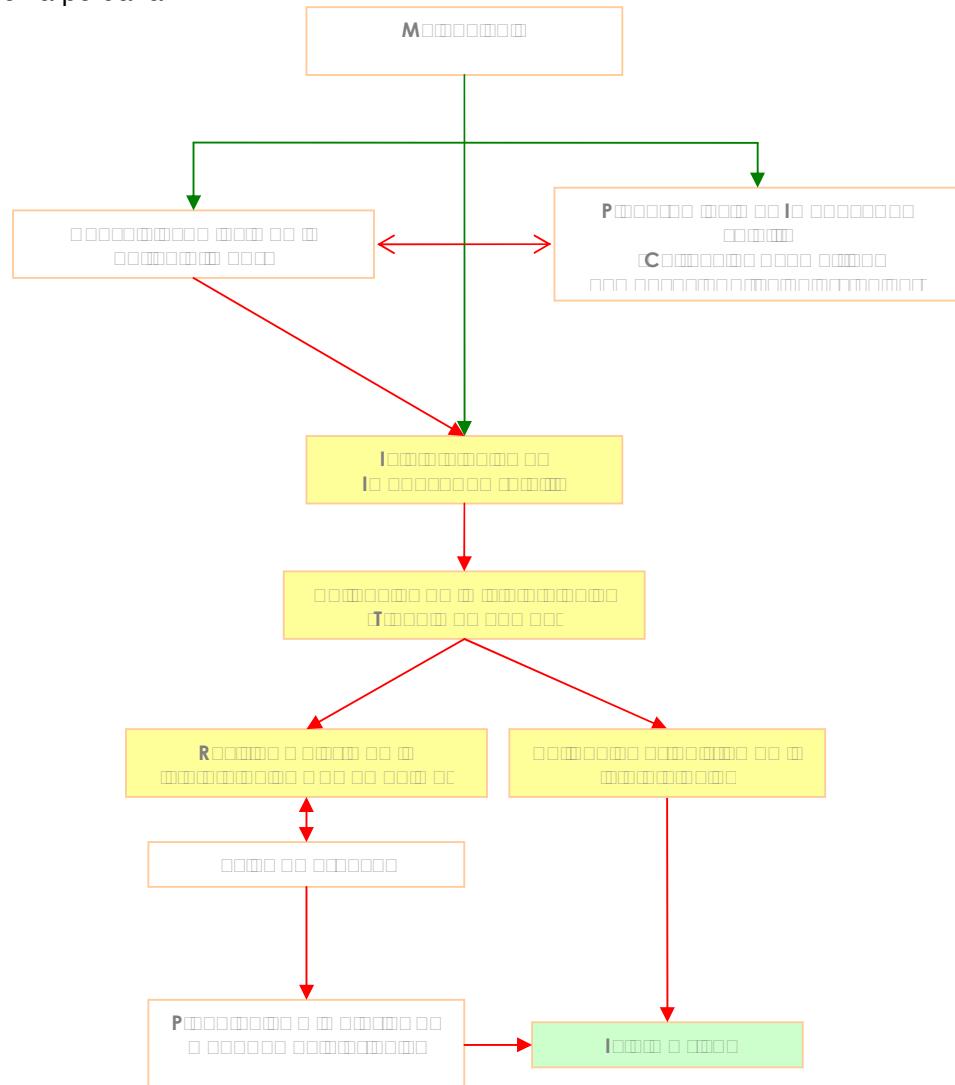
Para la transferencia de las coordenadas de los puntos de muestreo tomados en campo con los GPS se utilizó el programa Map Source 4.08 de Garmin.

## 5.2 Metodología

Para el procesamiento e interpretación de las imágenes de satélite Landsat así como para la validación estadística de la interpretación de la deforestación realizada, se utilizó la metodología propuesta por los consultores Víctor Barrena y Carlos Vargas (el lector puede remitirse al documento: “Metodología de Interpretación y Mapificación de Bosques Secundarios y Áreas intervenidas, utilizando imágenes Landsat, con fines de Inventario de Fuentes de Emisión de Gases de Efecto Invernadero”) y adaptada por el equipo de intérpretes del Subprograma IM-03.

### 5.2.1 Flujo de procesos y datos para la elaboración del Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana.

En la Figura 5, se presenta de manera esquemática, el flujo de procesos y datos que se siguieron y utilizaron para elaborar el Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana.



**Figura 5.**  
Flujo de procesos y datos para la elaboración del Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana.

### 5.2.2 Acondicionamiento de la cartografía base

La cartografía base fue trabajada con el programa SIG ArcView versión 3.2 a, bajo el sistema de coordenadas planas, con la Proyección Universal Transversal Mercator (UTM), referida a la zona 18 y utilizando el datum WGS 84.

Se elaboraron mosaicos de las hojas de la Carta Nacional a escala 1/100 000, para cada escena de trabajo (área útil de la imagen de satélite). Cada mosaico contiene toda la información base, tal como: red hidrográfica, curvas de nivel, red vial, centros poblados y otros detalles.

Como trabajo complementario, en cada mosaico se realizó la actualización (digitalización y edición) de los cursos de los ríos principales y de algunos lagos y lagunas, que de acuerdo a la información proporcionada en las hojas de Carta Nacional para el área de estudio, la fuente fotográfica y satelital de esta cartografía base data de los años 1962, 1977 - 1983, 1986, 1987, 1991, principalmente.

### 5.2.3 Procesamiento de imágenes de satélite

Para la elaboración del mapa de deforestación se utilizaron 45 imágenes de satélite Landsat 5 (TM) y 7 (ETM+). El procesamiento digital de estas imágenes se realizó utilizando el software ERDAS Imagine versión 8.6.

#### i. Selección de imágenes de Satélite

El año definido para realizar el estudio de la deforestación de la Amazonía peruana es el año 2000, debido a que el inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero se realizó teniendo como año base ese mismo año.

Sin embargo un factor determinante para la selección de las imágenes de satélite con las que se trabajó fue la disponibilidad de imágenes en el banco de imágenes de satélite de la UTSIG de la OGATEIRN, y de las diferentes Intendencias del INRENA.

Inicialmente se realizó un análisis de las imágenes existentes, seleccionando aquellas que no tuvieran distorsiones de tipo radiométrico (líneas faltantes) así como también se consideró el porcentaje de cobertura y distribución espacial de nubes sobretodo en las áreas de interés para el estudio. Despues de este análisis se consideró la adquisición de 6 imágenes de satélite para tener una adecuada cobertura total para el área de estudio. Es así que se trabajó con imágenes de satélite tomadas entre julio de 1999 y setiembre del 2002, principalmente.

#### ii. Procesamiento

Previamente a la interpretación, las imágenes fueron corregidas geométricamente para su georreferenciación, fueron procesadas mediante técnicas de realce encaminadas a mejorar su calidad; las combinaciones de bandas para sintetizar o incrementar la información espectral y se realizó una fusión de bandas para las zonas de validación.

**a. Corrección Geométrica:**

La corrección geométrica es el proceso de transformar imágenes para eliminar distorsiones geométricas indeseables. Para ello se colectan puntos de control y se utilizan métodos de re-muestreo aplicando matrices de transformación de diferentes grados, dependiendo del número de puntos colectados y de la fisiografía que contiene la imagen.

- *Puntos de control:* Se tomaron puntos de control de la hoja de la Carta Nacional (escala 1: 100 000) en formato digital. El número de puntos de control tomados va desde 25, en imágenes de satélite de selva baja; hasta 180, en imágenes de satélite de selva alta, distribuidos uniformemente por toda la imagen. La precisión considerada (Error Medio Cuadrático o RMS) fue de 2 píxeles<sup>(1)</sup> en la imagen.
- *Matriz de transformación:* Es el orden de la matriz o grado del polinomio dado por el grado de deformación de la imagen. Para este estudio se utilizó el Grado 1 o Primer Grado.
- *Re-muestreo:* Es el método para asignar el valor de coordenadas a cada píxel. Se utilizó el método del Vecino más Cercano (Nearest Neighboor), porque transfiere los valores originales sin promediarlos, conservando la radiometría original.

**b. Componentes Principales:**

- *Generación del Primer Componente Principal:* o PCA, es el método para reducir la dimensionalidad de los datos multiespectrales, resume el número inicial de variables sin perder la información original y elimina la redundante (Maselli *et al.*, 1995). Es decir, tiene información que es común a todas las bandas originales (Crosta, 1993). Es así que se obtuvo este componente utilizando las bandas de la 1 a 5 más la 7, lo que permitió generar una banda más a interpretar.

**c. Composición de bandas:**

- *Composición en archivos de tres bandas:* se realizaron dos composiciones de banda en RGB para cada imagen, la combinación A: banda 5 (infrarrojo cercano) en rojo, banda 4 (infrarrojo cercano) en verde y banda 3 (rojo) en azul; y la combinación B: banda 5 en rojo, banda 4 en verde y la Componente Principal en azul.

**d. Realces espectrales:**

- *Realce de bandas:* se trabajaron las imágenes mediante un realce lineal y luego un realce ecualizado focalizado por ventanas, con el objetivo de distribuir uniformemente los niveles de gris, en busca de un mejoramiento en el contraste de la imagen, es decir aumentar la diferencia entre los rasgos de una escena y apoye más a la interpretación visual.

<sup>(1)</sup> Tamaño del píxel en la imagen corresponde a 30 metros.

**e. Fusión de bandas:**

Otro método de realce que consiste en la integración de bandas de diferente resolución espacial (tamaño de píxel) y espectral (combinación de bandas). Se obtuvo una mayor resolución espacial fusionando la banda 8 (pancromática) del Landsat ETM+ de 15 m con las bandas 5, 4 y 3 del mismo sensor pero de resolución espacial de 30 m. Este proceso fue utilizado solo para las imágenes de satélite que corresponden a las áreas de validación

Para este proceso se utilizó la técnica de remuestreo del Vecino más Cercano (Nearest Neighboor), porque transfiere los valores originales sin promediarlos, conservando su radiometría y el método Multiplicativo que mejora la delimitación de bordes en la imagen resultante.

Cabe resaltar, que la fusión de bandas a 15 metros de resolución espacial fue aplicado a las imágenes de satélite que se imprimieron a escala 1:50 000, con el fin de obtener un mejor detalle en campo.

**5.2.4 Interpretación de imágenes de satélite**

Para la interpretación de las imágenes de satélite, se realizaron los siguientes pasos:

**i. Criterios y Elementos de Interpretación**

Inicialmente, para la interpretación de la deforestación se considera que en áreas de la selva influenciadas principalmente por carreteras, existe actividad antrópica, así como en las inmediaciones de los centros poblados conectados o no por carreteras y por el transporte fluvial.

Además de esto, los diversos estudios realizados en la selva amazónica, nos informan sobre las actividades del hombre relacionado al uso de la tierra, en diferentes zonas del territorio nacional.

Para la interpretación de la deforestación, se considera también el criterio de la ocupación de la tierra, es decir qué actividades humanas se desarrollan en el área de estudio, dónde existe intervención humana, áreas de cultivo, pastizales.

Así mismo, García et al. (s/f), señalan que para el análisis visual de imágenes de satélite se tienen en cuenta criterios de análisis propios de la fotointerpretación. Lillesand (1987, citado por Malleux, en prensa) además añade que estos criterios y la manera que éstos son considerados, depende del campo de aplicación. Estos criterios permiten discriminar cambios con un comportamiento espectral similar pero con un significado temático diferente.

De acuerdo a Chuvieco (1990, citado por Malleux, en prensa), García et al (s/f), Lillesand (1987, citado por Malleux, en prensa) y Serafíni (2005), los criterios y elementos de interpretación que deben trabajarse en conjunto y de manera integrada en el proceso de interpretación visual son los siguientes:

- a. **Forma:** La forma es una de las primeras características discriminantes, usadas cuando se interpreta visualmente una imagen. Las características totales del límite de un objeto junto con el tamaño del objeto permiten que muchos objetos sean reconocidos.
- b. **Tono:** Hace referencia a la intensidad de energía registrada por el sensor en una determinada banda. Cada cubierta de usos/ocupación de la tierra tiene determinados tonos según la banda espectral del satélite que se utilice.
- c. **Color:** La composición coloreada de distintas bandas espectrales de una misma escena produce un aumento de la información disponible para poder interpretar una determinada imagen.
- d. **Textura:** Esta cualidad hace referencia a la aparente suavidad o rugosidad de determinadas áreas de la imagen y es fruto de la relación entre el tamaño de los objetos representados en la imagen y la resolución espacial del sistema sensor.
- e. **Entorno espacial:** Determinadas cubiertas de interés pueden ser discriminadas con criterios de interpretación basados en el conocimiento del área de estudio por parte del intérprete. El contexto espacial es imposible de abordar por técnicas digitales y permite afinar los resultados de cualquier tipo de interpretación.
- f. **Otros criterios:** El reconocimiento de patrones espaciales, formas y contornos de elementos presentes en la imagen fruto de la ocupación antrópica del territorio, así como elementos propios de la fecha de adquisición de las imágenes como son el conocimiento de la fenología del área de estudio y las sombras de la imagen.

El intérprete analiza la imagen en su integridad, se produce un proceso de elaboración mental, en el cual se relaciona el objeto discriminado y desconocido con el conjunto de información, criterios y elementos de análisis visual, otorgándole de esta manera un significado temático.

## ii. Determinación de los límites de la selva amazónica

Para fines del presente estudio y para ser compatible con la escala de trabajo utilizada, se vio por conveniente trazar los nuevos límites geográficos de la selva amazónica. Estos límites fueron delimitados mediante la interpretación visual de imágenes de satélite a una escala de trabajo 1: 50 000, y con el apoyo de las curvas de nivel provenientes de las cartas nacionales digitales de escala 1: 100 000(criterio altitudinal).

Para el presente trabajo y sobre base del Mapa de Zonas de Vida de Holdridge, la selva amazónica incluye a los bosques húmedos que existen desde el nivel más bajo de los grandes ríos hasta aproximadamente 3 880 m.s.n.m en las zonas sur y centro, y hasta los 3 000-3 200 m.s.n.m, aproximadamente en el extremo norte del país. Asimismo, incluye a los bosques húmedos con periodo secos (bosque seco, ubicados en el fondo de algunos valles). Quedan excluidas las zonas semiáridas (monte espinoso). Forman también parte de este ecosistema, la red hidrográfica (ríos, quebradas, playones, lagos y lagunas).

Por otro lado, todas las porciones de pequeños “pajonales” naturales, encerrados por el bosque natural y que a manera de pequeñas islas, se encuentran dispersas en algunas cimas de del bosque montañoso, pasan a formar parte del ecosistema selva amazónica.

### iii. Determinación de clases de uso de la tierra.

Se definieron cinco (5) clases de uso de la tierra, teniendo en cuenta la escala de trabajo (1: 100 000), así como el tipo y resolución espectral (combinación de bandas 5, 4, 3 y combinación de bandas 5, 4, y primer componente principal) de las imágenes de satélite utilizadas. Asimismo, se tuvo en cuenta el nivel de referencia del intérprete.

Se determinó que el tamaño mínimo del área de interpretación para cada clase fueran polígonos de 5 mm x 2 mm (10 ha), a la escala de trabajo (1: 100 000), lo que equivale a 120 píxeles en la imagen aproximadamente.

Se consideraron clases de uso de la tierra mixtas, debido a que algunas clases en determinadas lugares, se presentaban con un tipo de distribución espacial combinada muy estrecha, lo que resultaba impráctico su delimitación individual. Esta combinación incluye desde un 50% / 50%, hasta donde una de las clases predomine sobre la otra hasta en un 80%. Con más del 80% de una clase sobre la otra, quedaba la clase predominante, absorbiendo automáticamente a la más pequeña. La estimación de las proporciones fue realizada por estimaciones visuales de cada intérprete.

En el cuadro 1, se muestran las clases de uso de la tierra que quedaron definidas para el mapeo.

**Cuadro 1.**  
**Clases de uso de la tierra**

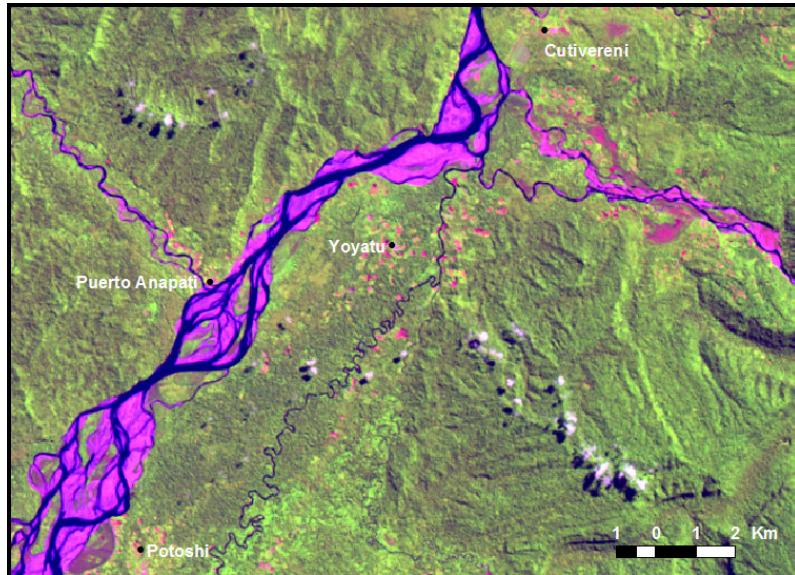
Clase de uso de la tierra	Código
Agricultura	A
Pastizales	P
Bosque secundario	BS
Bosque secundario / Agricultura	BS/A
Áreas sin vegetación	SV

A continuación se describen los criterios y parámetros de interpretación empleados para discriminar cada clase de uso de la tierra:

**a. Agricultura (A)**

En las imágenes de satélite Landsat se presentan de una textura muy fina y de color rojizo en la combinación de bandas 5, 4, 3. En algunas áreas esta coloración tiende a morado tal vez por la presencia de agua en el suelo. También se presenta de color blanco en áreas donde presumiblemente exista una cobertura vegetal de poca densidad donde se observa también suelo sin cobertura (Barrena y Vargas, 2003), como se observa en la Figura 6.

Esta clase agrupa a los cultivos agrícolas, temporales y permanentes.

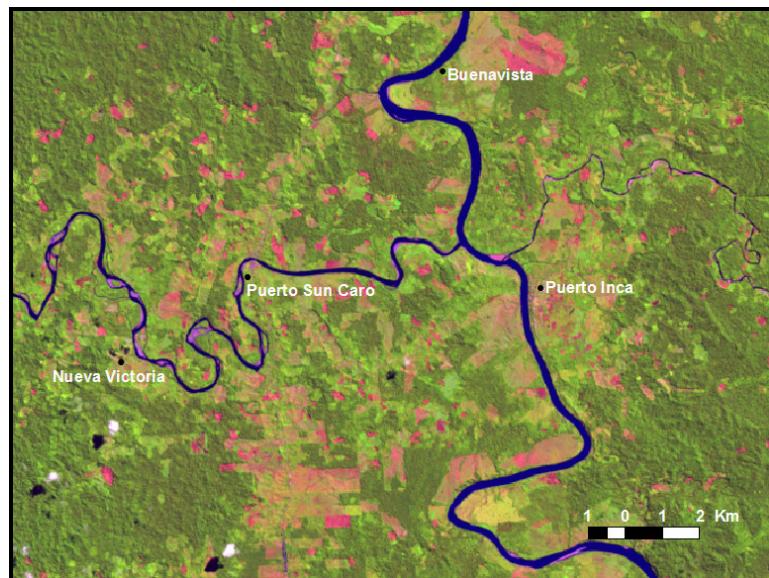


**Figura 6.**  
Áreas de agricultura, entre los distritos de Río Tambo, Mazamari y Pangoa, provincia de Satipo, departamento de Junín.

**b. Pastizales (P)**

Los Pastos, presentan las mismas características que la clase de agricultura, tanto en textura como en color, la diferencia se da en el tamaño; los pastos cubren áreas mucho más grandes que las parcelas agrícolas como se muestra en la Figura 7.

Las áreas en proceso de degradación presentan un color fucsia de varios tonos principalmente claros y se presentan en zonas de fuerte pendientes principalmente. También se presentan en terrenos planos pero cercanos a carreteras construidas hace 50 años aproximadamente (Barrena y Vargas, 2003).



**Figura 7.**  
Áreas de pastizales en las inmediaciones de Puerto Inca, departamento de Huanuco.

### c. Bosque secundario (BS)

Los bosques secundarios son extensiones boscosas pobladas por especies pioneras, formadas por pérdida del bosque primario como consecuencia de fenómenos naturales o actividad humana.

Por otro lado, Tuomisto (1993) señala que el bosque secundario se desarrolla en los lugares donde los estratos principales del bosque clímax han sido eliminados por la acción de fuerzas humanas o de fuerzas naturales. Puede dividirse en bosque secundario joven y adulto.

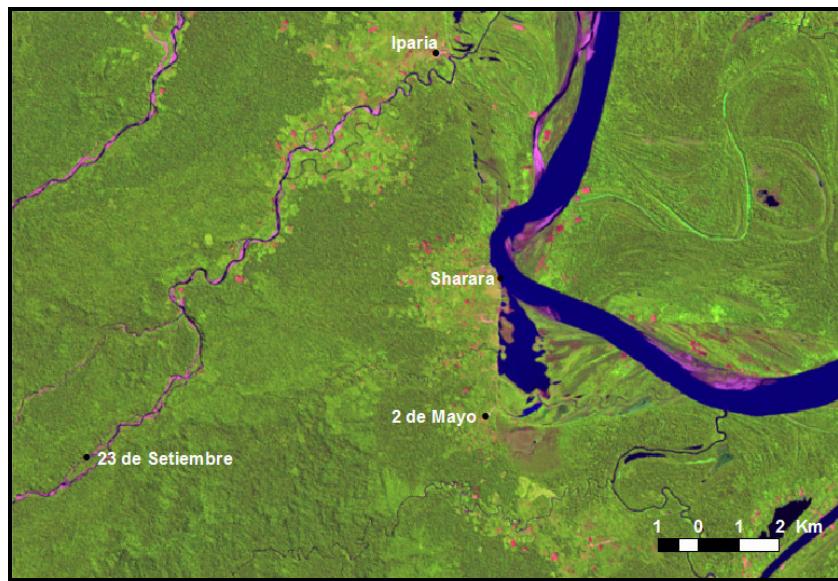
Esta clase agrupa a bosques secundarios de diversas edades, por lo tanto, tienen diversas alturas, diámetros de copa y composición florística. En las imágenes se presentan en color verde claro y con texturas medias. Los bosques secundarios maduros (de más de 20 años) tienen una estructura de un bosque alto, por lo que se confunden con el bosque primario, por lo tanto no se diferencian entre. (Barrena y Vargas, 2003).

En zonas de alta influencia antrópica presentan formas más o menos regulares debido a la intensidad de uso agrícola del suelo. En Selva baja son de mayor tamaño que en la selva alta. (Barrena y Vargas, 2003).

Esta clase agrupa a bosques secundarios, tanto jóvenes (<10 años) como a los adultos (>10 años. En las imágenes se presentan con color verde de tonos mucho más claros que el Bosque secundario adulto. De texturas finas, menores que la textura del bosque secundario adulto. Presentan una altura menor que el bosque secundario adulto. Sus formas son más o menos regulares. Se presentan en las inmediaciones de parcelas agrícolas, como se observa en la Figura 8. (Barrena y Vargas, 2003).

En Selva alta, el tamaño de los estratos de los bosques secundarios jóvenes por lo general es de menor tamaño y si bien existen diferencias de

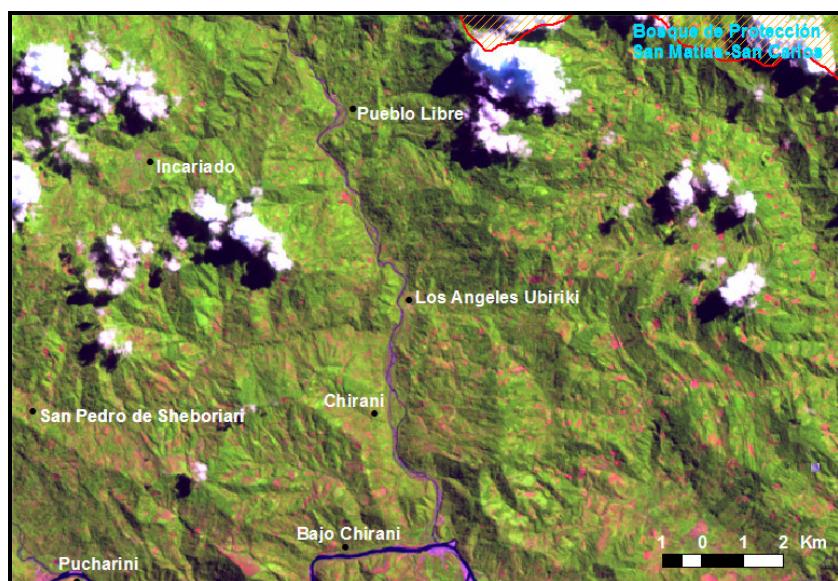
textura con el Bosque secundario adulto (BS) y Bosque primario (B), éstas no son muy grandes.



**Figura 8.**  
Áreas de Bosques Secundarios en las inmediaciones de Iparia y 2 de Mayo, departamento de Ucayali.

#### d. Bosque secundario / Agricultura (BS/A)

Se consideró interpretar esta unidad mixta integrando parcelas agrícolas muy fraccionadas y pequeñas al interior del bosque secundario joven y adulto. En esta clase la dominancia del bosque secundario sobre la agricultura es en más del 50 %, sin llegar al 80% de predominancia. Esto se presenta en particular en las áreas con mucha actividad antrópica, (Barrena y Vargas, 2003), como se observa en la Figura 9.



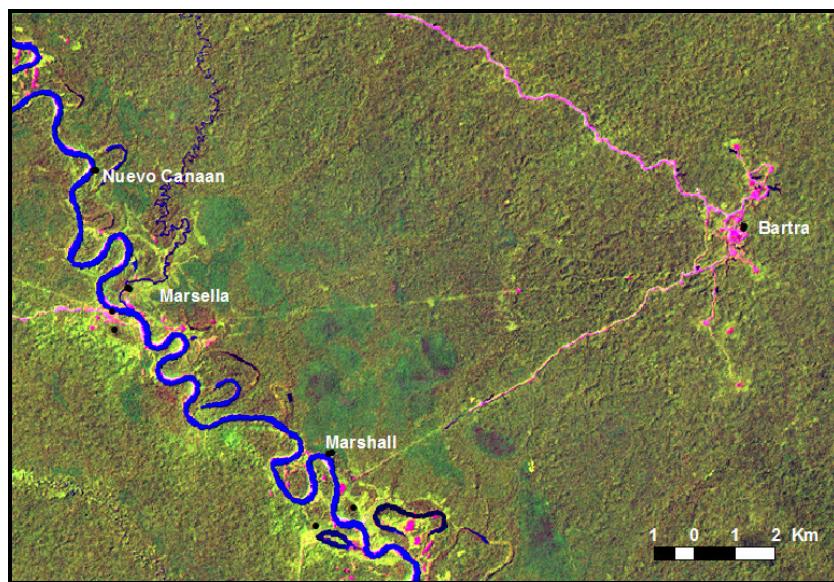
**Figura 9.**  
Áreas de Bosques Secundarios con Agricultura en las inmediaciones de San Pedro de Sheboriari y los Ángeles de Ubirikiri, departamento de Junín.

#### e. Áreas sin Vegetación (SV)

Se incluyen en esta clase a aquellas zonas ocupadas por infraestructura energética (oleoductos, gaseoductos, campamentos), infraestructura minera, centros poblados, aeropuertos, campos de aterrizaje y relaves mineros.

Los centros poblados se observan de color rojo intenso debido principalmente a los techos de las viviendas a áreas sin cobertura vegetal y a las veredas y pistas; en algunas áreas urbanas se presentan de color blanco. Se puede observar la distribución de calles en algunas ciudades (Barrena y Vargas, 2003).

La Figura 10 muestra un ejemplo del uso de la tierra incluido en esta clase.



**Figura 10.**

Áreas sin Vegetación, ocupados por Infraestructura Petrolera (Oleoducto Nor Peruano), departamento de Loreto.

#### iv. Interpretación visual de las clases de uso de la tierra

La interpretación visual viene siendo utilizada ampliamente para las imágenes de satélite puesto que presentan algunas ventajas sobre la clasificación digital, como que el intérprete puede concentrar su atención sobre la información deseada haciendo abstracción de los datos parásitos (Chuvieco, 1990, citado por Malleux, en prensa).

Chuvieco (1990, citado por Malleux, en prensa) y Serafini (2005), indican que varios autores han comprobado la complejidad de clasificar digitalmente coberturas que ofrecen una gran heterogeneidad espacial. Tal complejidad puede identificarse visualmente gracias a criterios, muy difícilmente traducibles en la clasificación digital, como la localización, textura, tamaño, color y formas, por lo que la interpretación visual ofrecerá, en este caso, mayor exactitud que la digital. Esto es corroborado por el estudio de Malleux (en prensa) intitulado “Estudio comparativo entre la interpretación

visual y la clasificación digital del Bosque de Producción Permanente Biabo-Cordillera Azul utilizando imágenes de satélite Landsat TM" al comparar la precisión, eficacia y eficiencia de ambos métodos, constató que la interpretación visual es mejor que la clasificación digital para imágenes Landsat en bosques húmedos tropicales, además no se invierte tiempo en tratamientos automatizados que luego deben editarse de manera pormenorizada (Serafíni, 2005).

La interpretación visual permite la obtención de resultados a menudo más confiables y el uso de información adicional a la información espectral (contexto, mapas existentes, reporte, datos de campo, conocimientos y experiencia del intérprete) (Sader et al. 1990 y 1991; Palacio y Luna, 1995; Mas y Ramírez, 1996; citados por Mas et al, 2003).

Por otro lado, la UNAM (2005) nos indica que en zonas inter-tropicales, caracterizadas por mosaicos de cobertura y uso, debidos en buena medida a la interferencia antrópica intensa, así como por regímenes de tenencia de la tierra donde domina el minifundio, la clasificación de cobertura vía imágenes satelitales arroja un alto grado de confusión. Las respuestas espectrales de los objetos no son puras, y entrenar al clasificador automatizado es complejo, en especial para grandes zonas.

La interpretación visual de clases de uso de la tierra se realizó con ayuda del programa ArcView versión 3.2a y su extensión Image Analysis versión 1.0.

Para ello se desplegó en pantalla la imagen de satélite procesada como fondo para la interpretación; los temas vectoriales tipo punto: *centros poblados*; los temas vectoriales tipo línea: *hidrografía, red vial, curvas de nivel*; los temas vectoriales tipo polígono: *centros poblados, departamento y deforestación (corte de la escena)*, donde se trazaron las unidades de deforestación teniendo en consideración los criterios y patrones definidos para este proceso.

Cada escena vectorial fue codificada con el mismo código de Path/Row de la imagen de satélite a la que corresponde. También se editó la tabla de atributos del archivo deforestación.shp, correspondiente a cada escena.

Como indicamos previamente, la escala de trabajo establecida fue de 1: 100 000, sin embargo en algunos casos la escala fue llevada hasta 1: 75 000 cuando se requirió visualizar con mayor detalle las características presentes en la imagen y así analizar e identificar mejor la clase interpretada.

De esta manera se procedió a trazar las unidades de deforestación e inmediatamente se llenaba el campo CODIGO que identificada la clase de área deforestada a la cual pertenecía la unidad interpretada.

Simultáneamente a la delimitación de las unidades de deforestación, se realizó la codificación (el campo CODIGO que identificada la clase de área deforestada) de las áreas deforestadas y de las clases complementarias (bosque primario, pajonal, playas, ríos y lagunas).

Es importante señalar, que se realizó también el trazado del límite de los bosques amazónicos en cada una de las escenas de trabajo que limitaban con la región andina.

### 5.2.5 Elaboración del Mapa Preliminar de Deforestación

Al finalizar la interpretación de las escenas se revisaron los empalmes entre escenas, tanto en el trazo como en el código.

Posteriormente, el personal de apoyo cartográfico fue el encargado de realizar la unión de las escenas para obtener el mapa preliminar de deforestación de la Amazonía peruana del año 2000.

### 5.2.6 Validación estadística

La validación estadística de la interpretación comprendió las siguientes fases:

#### i. Fase Inicial de Gabinete

##### a. Diseño de muestreo sistemático no alineado

El método sistemático no alineado consiste en ubicar en forma aleatoria el primer punto de muestreo, y a partir de su ubicación determinar la ubicación de todos los demás puntos en forma sistemática, pero introduciendo una modificación aleatoria de la ubicación espacial de éstos en uno o los dos ejes. La distancia entre los puntos será 500 m, con lo que el rectángulo de 125 mil hectáreas se divide en 5000 cuadros que contendrán los puntos de muestreo. De esta cantidad se deben descontar los puntos que caen fuera de las franjas accesibles por las vías carrozables.

La generación de las coordenadas de los puntos puede hacerse con ayuda de un programa de hoja de cálculo utilizando una función que genere valores aleatorios. La utilización de un punto de muestreo en particular en la evaluación estadística, dependerá también del azar y de la cantidad de unidades requerida para satisfacer el nivel de exigencia previsto para la prueba.

##### b. Cálculo del tamaño de muestra

El cálculo del tamaño de la muestra se basa en la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p q}{E^2}$$

donde **Z** es el valor de la abcisa de la curva normal estandarizada para un nivel determinado de probabilidad; **p** indica el porcentaje de aciertos estimado; **q**, el de errores (**q** = 1 - **p**), y **E**, el nivel permitido de error. Considerando los porcentajes de acierto y error iguales a 85% y 15%, y el error estándar permisible 10%, para 95% de confianza, la fórmula queda definida en la forma siguiente:

$$n = \frac{1.96^2 \times 85 \times 15}{10^2} = 48.98$$

Esto significa que el tamaño mínimo es 49 puntos de verificación. Esta cantidad de puntos se deben distribuir en forma proporcional al área de los estratos, pudiendo resultar en un número mayor de puntos pues las fracciones se convierten en puntos enteros y además se consideraron un mínimo de tres (3) puntos de muestreo por clase de áreas deforestadas.

### c. Selección aleatoria de puntos de muestreo

Los pasos y consideraciones seguidas para la ubicación de los puntos de muestreo de la validación estadística son los siguientes:

- Se hizo un reconocimiento de toda la imagen para ubicar la zona donde se ubicará la grilla para la validación estadística, la misma que deberá incluir todas las clases de interés para el estudio y que sean accesibles por vía terrestre.
- Cada uno de los puntos que conforman la grilla tienen en su tabla de atributos los códigos de las unidades interpretadas que las contengan, con el fin de hallar la superficie de cada clase al interior de la grilla y posteriormente determinar el número de puntos de muestreo por cada clase de interés en proporción a su superficie.
- Utilizando las imágenes de satélite del proyecto fusionadas a 15 metros de resolución espacial, se procedió a actualizar las vías de acceso del área de validación digitalizándolas en pantalla a escala 1:50 000 con el fin de conseguir una adecuada planificación para el trabajo de campo.
- A partir de la red vial actualizada del área de validación, se generó un Buffer o área de influencia de 500 metros a ambos lados de estas vías de acceso.
- Se realizó la selección de los puntos que conforman la grilla y que se encuentran al interior del Buffer de 500 metros, es decir se seleccionaron los puntos que son accesibles vía terrestre.
- Se realizó el trabajo estadístico para encontrar el porcentaje de cada clase de interés para el estudio (A, P, BS, BS/A, SV) que se encuentra representada en la grilla de 25 x 50 Km.

### ii. Fase de campo

Se priorizaron cuatro zonas para realizar la validación estadística de la interpretación de la deforestación.

En cada zona de validación se realizó la localización de los puntos de muestreo seleccionados aleatoriamente, empleando para ello unidades de GPS. Se verificó que las clases de áreas de deforestadas del mapa correspondan a la verdad del campo. Como las fechas entre las imágenes de satélite y la fecha del trabajo de campo, difieren en algunos años, se realizaron las consultas, por medio de encuestas no estructuradas, sobre el uso actual y del uso anterior de las unidades verificadas a los dueños de los predios.

Se realizó también la caracterización de las clases, acompañadas de material filmico y fotográfico y se levantaron parcelas de muestreo para los bosques secundarios.

La inspección de los puntos arrojó un listado de puntos de verificación con sus respectivos datos de clasificación según el mapa y real, proveniente del trabajo de campo.

### iii. Fase final de Gabinete

#### a. Matriz de confusión

Con los datos obtenidos en la fase de inspección se construye una matriz cuadrada, de  $m$  filas x  $m$  columnas. Las filas corresponden a las clases referenciales (verdad de campo) mientras que las columnas corresponden a las clases del mapa. En esta matriz, la diagonal expresa el número de puntos de verificación en donde concuerdan ambas fuentes (mapa y campo), mientras que los marginales suponen errores de asignación. La relación entre el número de puntos correctamente asignados y el total expresa la fiabilidad global del mapa. Los residuales en filas indican tipos de cubierta real que no se incluyeron en el mapa, mientras que los residuales en columnas implican categorías del mapa que no se ajustan a la realidad. En el Cuadro 2 se muestra un ejemplo de esta matriz.

Clase campo	Clase mapa					Exactitud	Error de Omisión
	I	II	III	IV	V		
I	14					14	100.0 0.0
II		11	3			14	78.6 21.4
III			113		5	118	95.8 4.2
IV				15		15	100.0 0.0
V		4	3		32	39	82.1 17.9
Total	14	15	119	15	37	200	
Exactitud (%)	100.0	73.3	95.0	100.0	86.5		
Error de Comisión (%)	0.0	26.7	5.0	0.0	13.5		

Para determinar la confiabilidad del mapa se empleó la fórmula siguiente:

$$F_m = \frac{\sum X_i}{\sum \sum X_{ij}} \times 100$$

donde:

$F_m$  es la confiabilidad del mapa

$\sum X_i$  es la sumatoria de los aciertos o acuerdo observado

$\sum \sum X_{ij}$  es el total de los puntos muestreados

### b. Índice de Kappa (k)

Para analizar las relaciones múltiples entre las distintas categorías, se trabajan con técnicas de análisis categórico multivariante, idóneas para el estudio global de matrices de confusión. (Congalton et al, 1983; Congalton y Mead, 1983; Campbell, 1987; citados por Chuvieco, 1990).

Uno de los índices más empleados, en este sentido es el estadístico de Kappa (k) que mide la diferencia entre el acuerdo mapa-realidad observado y el que cabría esperar simplemente por azar. En definitiva, intenta delimitar el grado de ajuste debido solo a la exactitud de la clasificación, prescindiendo del causado por factores aleatorios. El test pretende evaluar si la clasificación ha discriminado las categorías de interés con precisión significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria. (Chuvieco, 1990)

La fórmula empleada es:

$$k = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$$

donde  $X_{ii}$  indica el acuerdo observado, y  $X_{i+} X_{+i}$  (producto de marginales) la concordancia esperada. El valor obtenido representa el porcentaje en que la clasificación es mejor que la esperada por azar. Si el valor obtenido fuera 0.80 diríamos que la clasificación del mapa es un 80% mejor que la esperada por azar.

Se consideran tres clases de resultados: un valor  $k$  menor de 0.4 representa una concordancia pobre; un valor entre 0.4 y 0.8, una concordancia moderada, y un valor mayor de 0.8, una fuerte concordancia.

#### 5.2.7 Ajuste y Edición del Mapa Final de Deforestación

Se realizó el ajuste y revisión de la interpretación de las clases de uso de la tierra, en base al trabajo de campo y a los patrones que pudieron observarse en el terreno, rectificando los límites y los códigos de las clases de uso de la tierra, obteniendo finalmente el Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana del año 2000.

A partir del Mapa Final de Deforestación de la Amazonía peruana, se realizaron los cálculos estadísticos sobre la superficie deforestada a nivel nacional, departamental y por clase de uso de la tierra. Así mismo, se realizó el cálculo del promedio anual de deforestación en el periodo 1990-2000.

Este proceso permitió mejorar la precisión de la interpretación en general, por lo que probablemente, arrojaría mayores valores de lo encontrado antes del trabajo de campo.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Superficie de la selva amazónica peruana

El presente trabajo ha permitido obtener con mayor detalle y precisión los límites geográficos naturales de la selva amazónica, considerado como un gran ecosistema (ver Mapa de la Deforestación, Figura 12), obteniendo una superficie que asciende a 77 535 384 ha, que representa el 60.3% de la superficie total del país. Esta superficie incluye los bosques húmedos que existen desde el nivel más bajo de los grandes ríos hasta aproximadamente 3 880 m.s.n.m en las zonas sur y centro, y hasta los 3000-3200 m.s.n.m, aproximadamente en el extremo norte del país; asimismo, a los bosques húmedos con periodo seco, ubicados en el fondo de algunos valles; obviamente se incluyen todas las áreas deforestadas, objeto del presente estudio. Forman también parte de este ecosistema, la red hidrográfica (ríos, quebradas, playones, lagos y lagunas). Ver Anexo 7.

Por otro lado, todas las porciones de pequeños “pajonales” naturales, encerrados por el bosque natural y que a manera de pequeñas islas, se encuentran dispersas en algunas cimas de del bosque montañoso, pasan a formar parte del ecosistema selva amazónica.

En cuanto a la superficie neta de los bosques que forman parte del ecosistema de la selva amazónica calculada al año 2000, esta asciende a 69 247 264 ha, que representa el 53.9% de la superficie total del país.

Para fines del presente, los límites de la selva amazónica, excluyen a las áreas adyacentes, conectadas con bosque natural y/o con áreas antrópicas, comprendidas en ambientes semiáridos, y que según el Mapa de Zonas de Vida corresponde a un monte espinoso.

### 6.2 Superficie deforestada en la Amazonía peruana.

#### i. Deforestación Nacional

A nivel nacional, el presente estudio encontró una superficie deforestada acumulada al año 2000 para la Amazonía peruana de 7 172 553,97 ha, que representa el 9,25 % de la superficie de los bosques húmedos amazónicos del país, y el 5,58 % del territorio nacional.

La clase de uso de la tierra que presenta mayor superficie es la clase mixta Bosque Secundario / Agricultura, con 3 168 727,48 ha, es decir un 44,18 % del total deforestado al año 2000, y por el contrario, la clase que presenta la menor superficie es la clase de áreas sin vegetación con 65 564,64 ha (0,91 % del total de superficie deforestada).

El Cuadro 3 y la Figura 11 presentan las extensiones deforestadas y sus respectivos porcentajes para las cinco (5) clases de uso de la tierra que el presente estudio encontró.

**Cuadro 3.**

Superficie deforestada acumulada al año 2000 por clase de uso de la tierra

Clase de Uso de la tierra	Superficie (ha)	% del total de deforestación
Bosque Secundario/Agricultura	3 168 727,48	44,18
Bosque Secundario	2 067 765,17	28,83
Pasto	1 179 982,15	16,45
Agricultura	690 514,54	9,63
Áreas sin Vegetación	65 564,64	0,91
<b>Total</b>	<b>7 172 553,97</b>	<b>100 ,00</b>

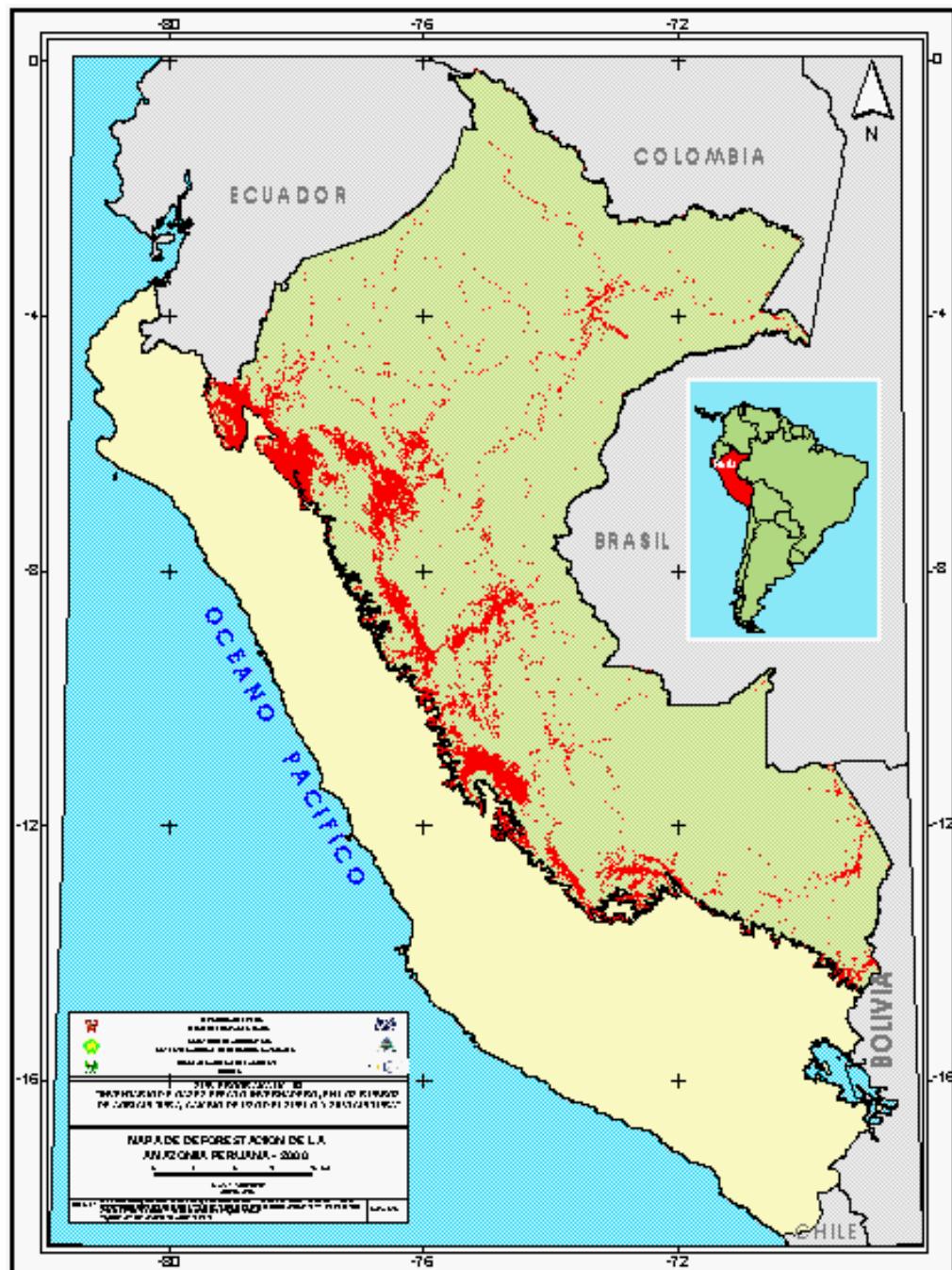
**ii. Deforestación Departamental**

A nivel departamental, San Martín es el que presenta la mayor superficie deforestada con 1 327 736,15 ha (18,51 %), le siguen Amazonas con 1 001 540,11 ha (13,96 %) y Loreto con 945 642,15 ha (13,18 %). Mientras que los departamentos que menor superficie deforestada presentan son La Libertad con 7 231,69 ha (0,10 %), Piura con 31 737,07 ha (0,44 %) y Huancavelica con 51 990,69 ha (0,72%), como se puede observar en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.**

Superficie deforestada acumulada al año 2000 por departamentos

Departamento	Superficie deforestada (ha)	Contribución a la deforestación total (%)
San Martín	1 327 736,15	18,51
Amazonas	1 001 540,11	13,96
Loreto	945 642,15	13,18
Junín	734 303,77	10,24
Ucayali	627 096,73	8,74
Huanuco	600 654,46	8,37
Cusco	537 632,37	7,50
Cajamarca	520 061,64	7,25
Pasco	302 020,89	4,21
Madre de Dios	203 891,86	2,84
Puno	146 041,32	2,04
Ayacucho	135 373,07	1,89
Huancavelica	51 990,69	0,72
Piura	31 737,07	0,44
La Libertad	7 231,69	0,10
<b>Total</b>	<b>7 172 953,97</b>	<b>100,00</b>



**Figura 11.**

Como se observa en el Cuadro 5, el departamento de Huancavelica ha perdido el 73,92% de su superficie de bosque amazónico original. Le siguen Cajamarca con 70,54% y Piura con el 48,55%. Mientras que los departamentos que presentan el menor porcentaje de perdida de su superficie original de bosque amazónico son Madre de Dios con 2,42%, Loreto con 2,60% y Ucayali con 6,20%.

**Cuadro 5.**

Pérdida de bosque con respecto al bosque amazónico original por departamento. Año 2000

Departamento	Superficie del departamento (ha)	Superficie de bosque amazónico original (ha)	Superficie de bosque amazónico remanente al 2000 (ha)	Superficie deforestada (ha)	Pérdida de bosque con respecto al bosque original (%)
Huancavelica	2 213 147	70 331,61	18 345,02	51 990,69	73,92
Cajamarca	3 402 288	737 164,06	217 133,60	520 061,64	70,54
Piura	3 589 249	65 359,65	33 624,87	31 737,07	48,55
Ayacucho	4 381 480	338 575,22	203 208,84	135 373,07	39,98
Junín	4 440 967	2 473 770,41	1 739 497,69	734 303,77	29,68
Amazonas	3 924 913	3 660 824,56	2 659 357,41	1 001 540,11	27,36
San Martín	5 125 331	4 861 264,88	3 533 596,36	1 327 736,15	27,31
Huanuco	3 772 224	2 324 627,46	1 724 007,03	600 654,46	25,84
Pasco	2 531 959	1 745 379,00	1 443 371,38	302 020,89	17,30
Cusco	7 189 197	3 639 050,99	3 101 449,89	537 632,37	14,77
Puno	7 201 227	1 589 608,30	1 443 575,16	146 041,32	9,19
La Libertad	2 479 456	84 753,23	77 521,97	7 231,69	8,53
Ucayali	10 241 055	10 110 075,70	8 768 918,32	627 096,73	6,20
Loreto	36 885 195	36 299 852,66	36 001 221,42	945 642,15	2,60
Madre de Dios	8 518 263	8 419 180,26	8 215 301,47	203 891,86	2,42
<b>Total</b>	<b>105 895 951</b>	<b>76 419 817,98</b>	<b>69 180 130,43</b>	<b>7 172 953,97</b>	<b>9,39</b>

**iii. Mapas Departamentales**

Anexo a la presente Memoria Descriptiva se incluye los Mapas Departamentales de la Deforestación al año 2000. Cada Mapa Departamental está compuesto por hojas impresas a escala 1: 250 000 que empalan entre sí. Los departamentos de mayor superficie están compuestos por mayor cantidad de hojas.

En el Cuadro 6, se presentan la numeración, codificación y número total de hojas que comprenden los Mapas Departamentales de Deforestación.

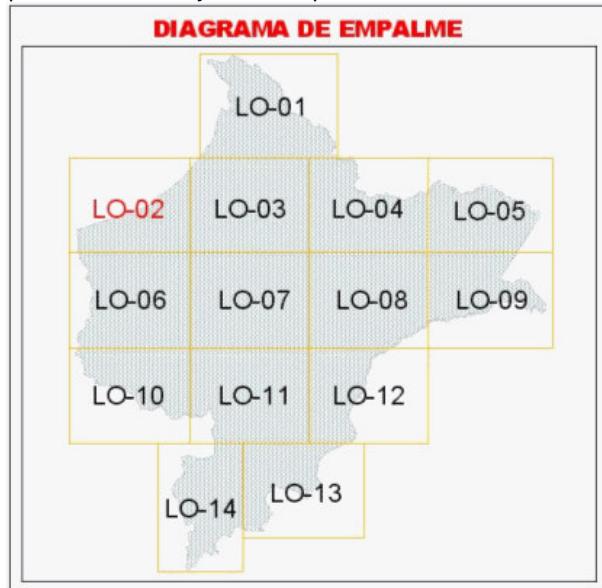
**Cuadro 6**

Numeración, codificación y número de hojas de los Mapas Departamentales de Deforestación de la Amazonía peruana al año 2000.

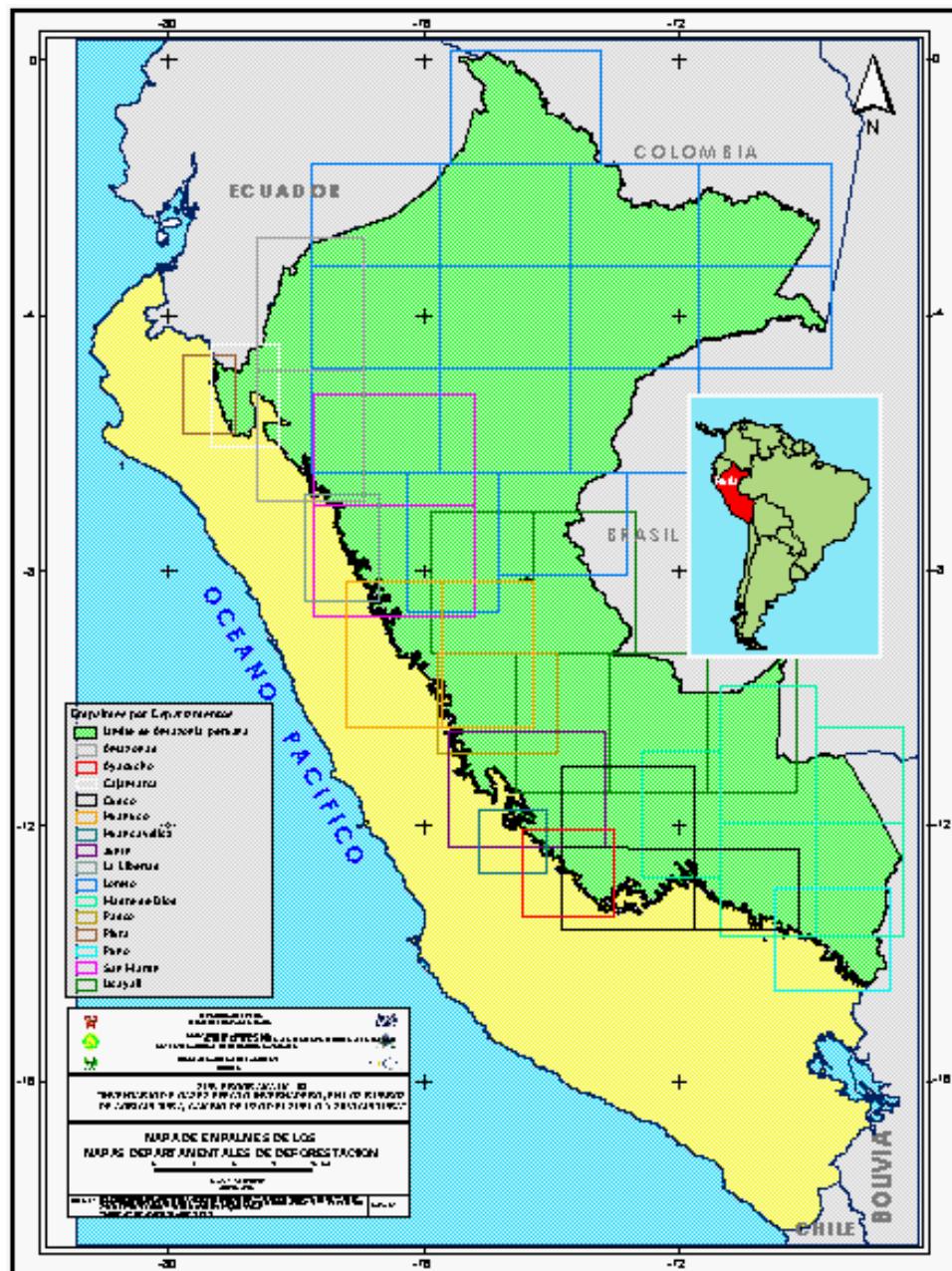
Departamento	Código	Total de Hojas
Amazonas	AM	2
Ayacucho	AY	1
Cajamarca	CA	1
Cusco	CU	3
Huancavelica	HV	1
Huanuco	HU	2
Junín	JU	1
La Libertad	LI	1
Loreto	LO	14
Madre de Dios	MD	5
Pasco	PA	1
Piura	PI	1
Puno	PU	1
San Martín	SM	2
Ucayali	UC	5
<b>Total</b>		<b>41</b>

La Figura 12, muestra el Diagrama de Empalmes del Mapa de Deforestación del Departamental de Loreto. Se puede observar la codificación y numeración para cada hoja de empalme.

**Figura 12**  
Empalmes de las hojas del Mapa de Deforestación de Loreto



En la Figura 13 se presenta el Cuadro de empalmes para los mapas de deforestación a nivel departamental.



**Figura 13**  
Empalmes de los mapas de Deforestación departamentales

#### iv. Deforestación por clases de uso de la tierra

A nivel de clases de uso de la tierra, el mapa de deforestación presenta las siguientes características:

##### a. Agricultura (A)

En la Amazonía peruana, esta clase ocupa una superficie de 609 514,54 ha, ubicada en terrenos planos, ondulados, colinosos y montañosos. A nivel departamental, Amazonas con 172 470,85 ha (24,98 % del total nacional), es el departamento con mayor áreas de cultivos agrícolas. Le siguen San Martín con 136 926,83 ha (19,83 %) y Loreto con 130 633,51 ha (18,92 %). Mientras que los departamentos con menor superficie agrícola en la Amazonía peruana son La Libertad con 112,14 ha (0,02 %), Puno con 2 165,79 ha (0,31 %) y Pasco con 2 823,65 ha (0,41 %), como se puede observar en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.**  
Superficie de la clase Agricultura por departamentos

Departamento	Agricultura (A)	%
Amazonas	172 470,85	24,98
San Martín	136 926,83	19,83
Loreto	130 633,51	18,92
Huánuco	69 458,09	10,06
Cajamarca	69 353,30	10,04
Ucayali	25 356,29	3,67
Junín	24 588,81	3,56
Madre de Dios	21 860,64	3,17
Cusco	13 937,51	2,02
Huancavelica	7 510,80	1,09
Piura	7 373,94	1,07
Ayacucho	5 942,40	0,86
Pasco	2 823,65	0,41
Puno	2 165,79	0,31
La Libertad	112,14	0,02
<b>SUB TOTAL</b>	<b>690 514,54</b>	<b>100,00</b>

En esta clase se ha incluido las tierras aradas, las tierras en descanso y las tierras recién aperturadas. Se excluyen cafetales asociados con guaba.

Existen tanto cultivos agrícolas anuales como permanentes, entre los principales figuran los siguientes:

- Anuales: maíz, yuca, arroz,
- Permanentes: cítricos, caña de azúcar, plátano, pijuayo, palma aceitera.

En la selva baja, la mayor cantidad de áreas deforestadas fueron encontradas en las planicies de inundación del río, debido a que las actividades humanas están concentradas en las inmediaciones de los ríos.

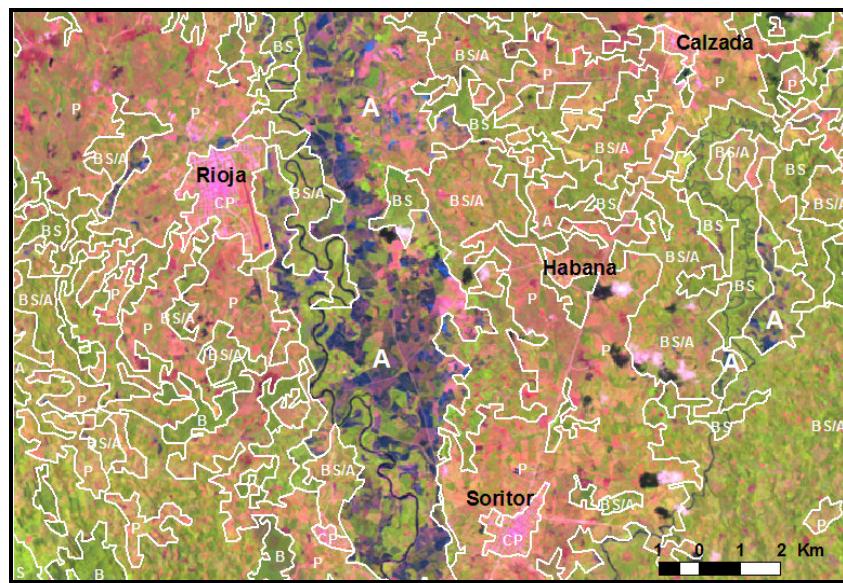
En la Selva alta se presentan parcelas agrícolas de menor tamaño que en la selva baja, aunque las áreas dedicadas a plantaciones de naranja son

evidentemente mucho más extensas, como por ejemplo, la zona de Chanchamayo.

En la Figuras 14 y 15, se muestran algunos ejemplos típicos para esta clase de Agricultura.

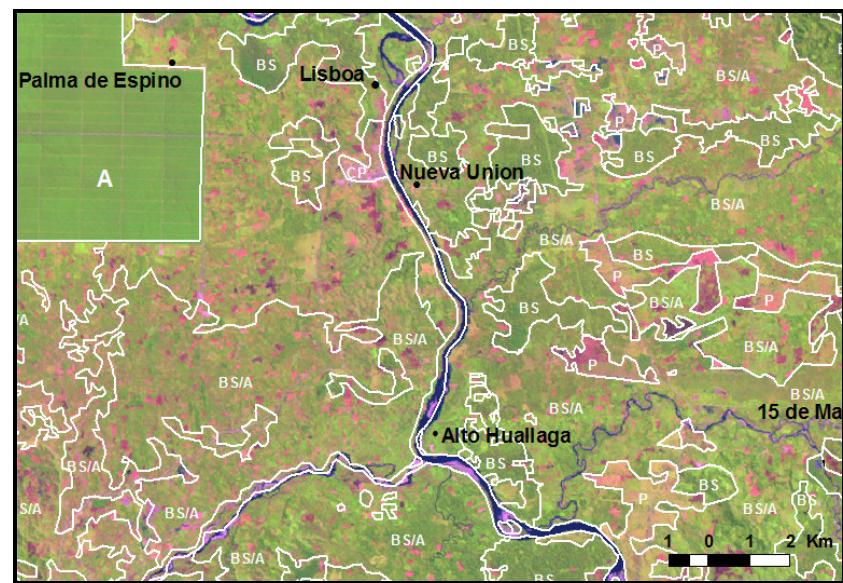
**Figura 14.**

.Agricultura(A): cultivos de arroz cerca de Rioja.



**Figura 15**

Agricultura(a): plantaciones de palma aceitera, en la provincia de Tocache, departamento de San Martín.



**b. Pastizales (P)**

Esta clase ocupa una superficie de 1 179 982,14 ha, ubicada en terrenos planos, ondulados, colinosos y montañosos. A nivel departamental, Amazonas con 364 750,45 ha (30,91 % del total nacional de la superficie de pastos), es el departamento con mayor superficie de pastizales. Le siguen Cusco con 161 713,42 ha (13,70 %) y Ucayali con 117 810,88 ha (9,98 %). Mientras que los departamentos con menor superficie de pastizales en la Amazonía peruana son La Libertad con 2 368,89 ha (0,20 %), Piura con 5 221,99 ha (0,44 %) y Ayacucho 18 727,27 ha (1,59 %), como se puede observar en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.**  
**Superficie de la clase Pastos por departamentos**

Departamento	Pasto (P)	%
Amazonas	364 750,45	30,91
Cusco	161 713,42	13,70
Ucayali	117 810,88	9,98
Cajamarca	103 697,37	8,79
Huanuco	78 094,93	6,62
San Martín	73 695,08	6,25
Madre de Dios	60 100,97	5,09
Junín	59 687,59	5,06
Puno	45 091,31	3,82
Pasco	38 874,31	3,29
Loreto	25 297,67	2,14
Huancavelica	24 850,02	2,11
Ayacucho	18 727,27	1,59
Piura	5 221,99	0,44
La Libertad	2 368,89	0,20
<b>SUB TOTAL</b>	<b>1 179 982,14</b>	<b>100,00</b>

Se incluyeron los pastizales libres, pastizales con árboles dispersos, pastos bajos, además de pastos altos (pasto elefante). También se incluyeron áreas de quillal, que es una gramínea que crece en suelos ácidos (Selva central).

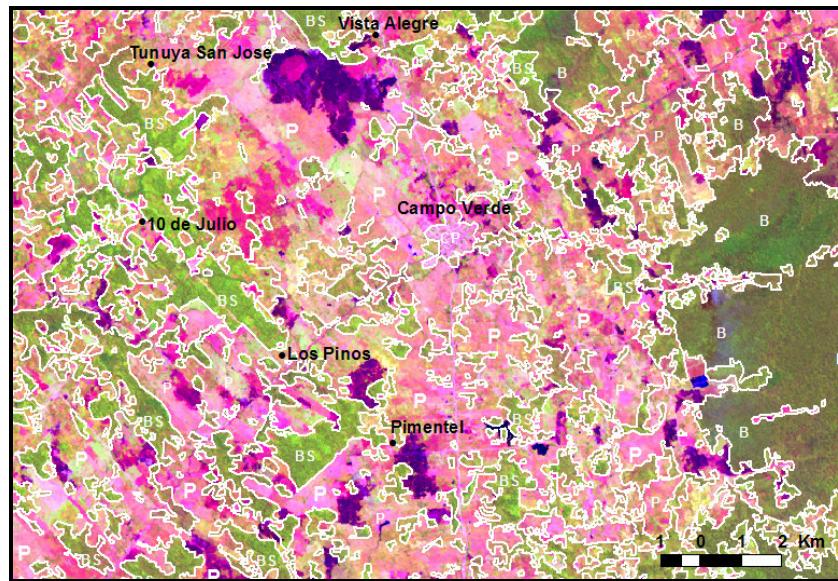
Es importante indicar que también se incluyó en esta clase, todas las áreas en proceso de degradación luego de la intensa actividad agrícola o pecuaria, localizados especialmente en terrenos con fuertes pendientes y con suelos muy superficiales. Aquí crecen herbáceas invasoras mayormente de porte bajo (tipo césped), y en menor proporción, de tipo pajonal, existiendo escasa o casi nula actividad pecuaria, por el mismo hecho de su accesibilidad y baja calidad del pasto, sumado al proceso de degradación del suelo. Debido a su reflectancia casi similar a la de los pastizales en actividad, no pudieron ser diferenciadas como tal.

La presencia de estas áreas es notable en muchas partes del Perú, como por ejemplo, en los departamentos de Amazonas y Cusco, quienes se hacen presente con el 30,9% y 13,7%, respectivamente, en relación al área total deforestada de la amazonía (ver Cuadro 8).

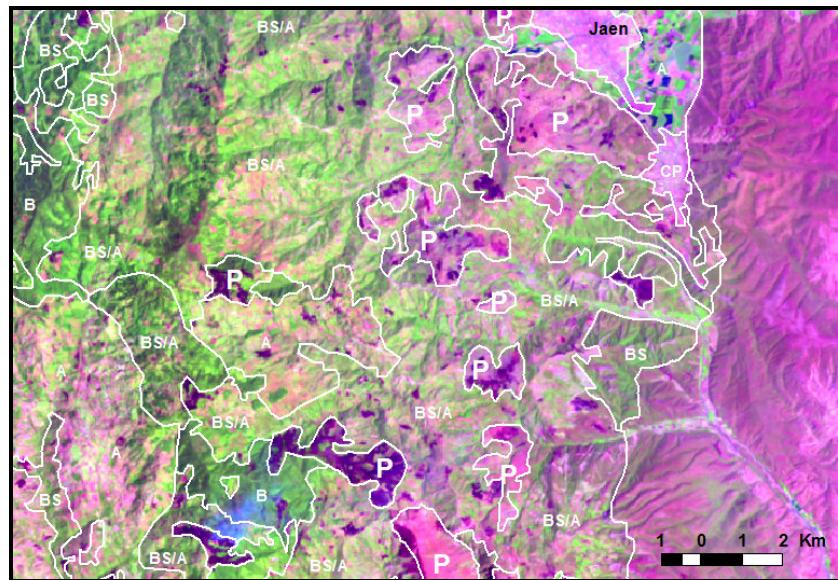
En las Figuras 16 a 18 se muestran algunos ejemplos para la clase Pastos.

**Figura 16**

Pastos (P), en las inmediaciones de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

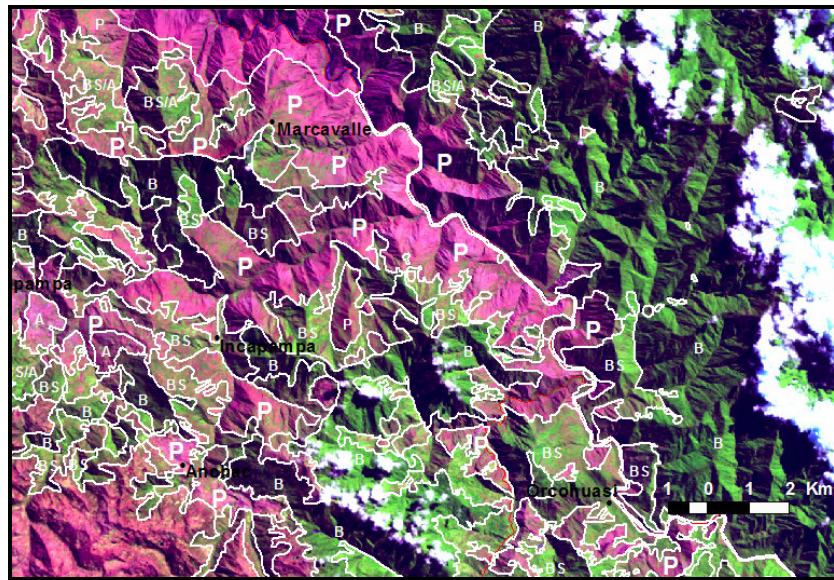
**Figura 17**

Pastos (P), en las inmediaciones de Jaén, distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca



**Figura 18**

Áreas improductivas con vegetación herbácea incluidas en la clase Pastos (P), en el límite de los departamentos de Huancavelica y Junín.



### c. Bosque secundario (BS)

Esta clase ocupa una superficie de 2 067 765,17 ha, ubicada en terrenos planos, ondulados, colinosos y montañosos. Es la segunda clase con mayor superficie superficial de la amazonía. A nivel departamental, San Martín con 390 384,10 ha (18,88 % del total nacional), es el departamento con mayor áreas de bosques secundarios. Le siguen Loreto con 355 897,72 ha (17,21 %) y Cusco con 246 736,28 ha (11,93 %). Mientras que los departamentos con menor superficie de bosques secundarios en la Amazonía peruana son La Libertad con 3 693,45 ha (0,18 %), Piura con 10 803,64 ha (0,52 %) y Huancavelica con 17 164,41 ha (0,83 %), como se puede observar en el Cuadro 9.

Dourojeanni (1987) hace referencia a los bosques antrópicos, los cuales cubren una diversidad de tipos de bosque afectados de alguna forma por el disturbio humano, comprendiendo tanto bosques primarios previamente aprovechados para madera (bosques residuales) como bosques de segundo crecimiento, bosques sucesionales o los llamados barbechos forestales, los que se encuentran en un estado de recuperación natural después de su conversión total □

**Cuadro 9.**  
**Superficie de la clase Bosque Secundario por departamentos**

Departamento	Bosque Secundario (BS)	%
San Martín	390 384,10	18,88
Loreto	355 897,72	17,21
Cusco	246 736,28	11,93
Ucayali	213 223,08	10,31
Amazonas	192 009,09	9,29
Huanuco	184 029,49	8,90
Junín	116 824,74	5,65
Cajamarca	84 290,69	4,08
Pasco	81 421,56	3,94
Madre de Dios	71 432,44	3,45
Puno	55 467,14	2,68
Ayacucho	44 387,35	2,15
Huancavelica	17 164,41	0,83
Piura	10 803,64	0,52
La Libertad	3 693,45	0,18
<b>SUB TOTAL</b>	<b>2 067 765,17</b>	<b>100,00</b>

Esta clase comprende todas las áreas en proceso de regeneración natural, luego de haber sido usadas por la agricultura. Regionalmente se conocen como “purmas”, las cuales existen con diferentes edades. Las purmas jóvenes presentan una estructura simple y poca diversidad florística, mientras estas se vuelven adultas, dichas características se hacen más complejas y diversas, respectivamente.

Cabe mencionar que, probablemente muchas áreas con cultivos permanente, como es el caso de las plantaciones de café bajo sombra, pueden haber sido incluidos en esta clase, debido a que su reflectancia observada en la imagen de satélite es algo similar al bosque secundario, motivo por el cual fue difícil para el ojo humano, su delimitación, como tales.

Asimismo, las áreas con reforestación joven (ejemplo “bolaina” *Guazuma*) existentes, probablemente se han incluido en esta clase, igualmente por su similitud en cuanto a su reflectancia con la purma.

También forma parte de esta clase de uso, la vegetación secundaria producto de la deforestación, existente en los límites altitudinales superiores del bosque, es decir, en sus límites con el ecosistema *pajonal de puna*. Esta vegetación secundaria, debido a las condiciones extremas del clima circundante, no ha permitido recuperar su estructura, fisonomía y composición florística, tal como fue originalmente, siendo de porte arbustivo (matorral). Esta situación se presenta en las áreas influenciadas por las carreteras de penetración a la selva.

De igual modo, forma parte de esta unidad, las extensas áreas de “shapumbales”, conformadas por comunidades de helechos (*Pterydium*) instaladas después de la intensa actividad agrícola y en donde es difícil la regeneración del bosque. Esta situación se presenta en grandes extensiones en el departamento de San Martín.

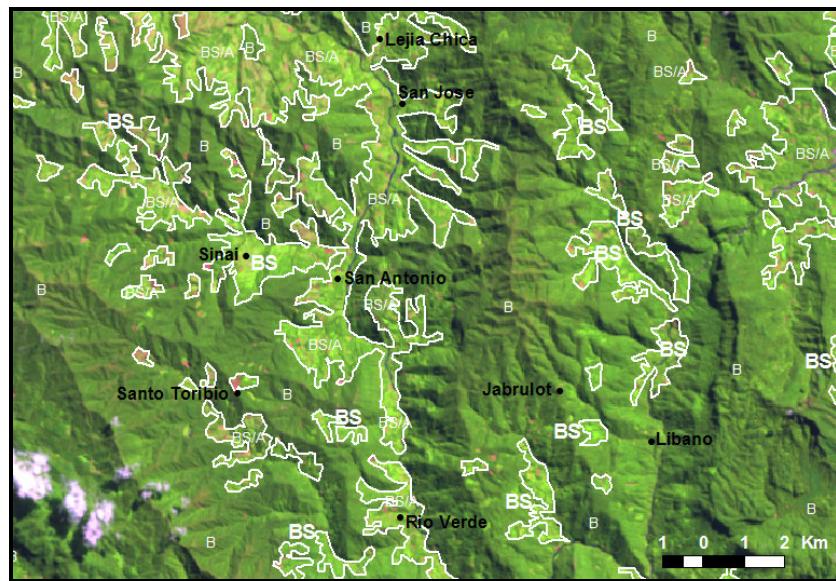
Los bosques secundarios jóvenes (< 10 años) están conformados por individuos de diámetros pequeños y de poca altura y de una estructura muy simple. En las imágenes se observan con color verde de tonos mucho más claros que el bosque secundario adulto y de texturas más finas y de formas son más o menos regulares.

En los Anexos 4 y 5, se muestran la relación de las principales especies forestales inventariadas en esta clase de deforestación.

En las Figuras 19 y 20 se muestran algunos ejemplos para la clase Bosque Secundario.

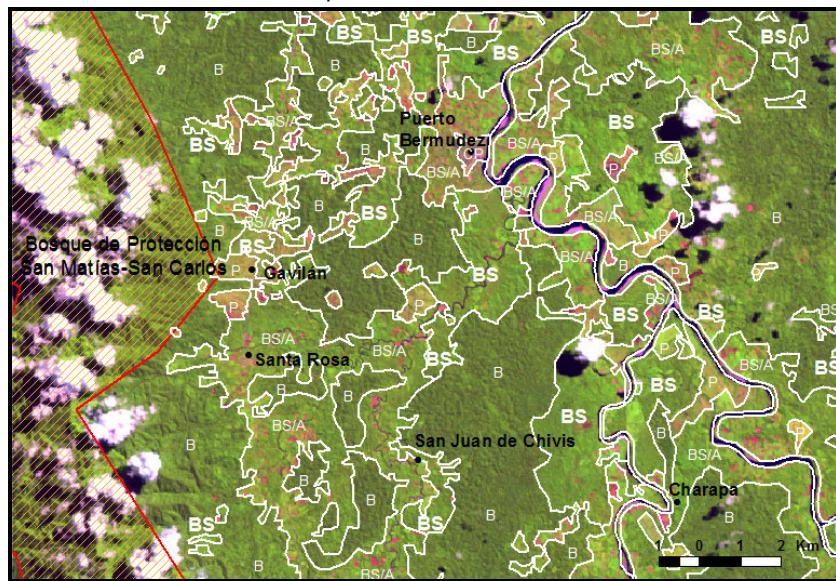
**Figura 19.**

Bosque Secundario (BS) en el distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres, departamento de San Martín.



**Figura 20.**

Bosque Secundario (BS) en las inmediaciones de Puerto Bermúdez, departamento de Pasco.



#### d. Bosque secundario / Agricultura (BS/A)

Esta clase ocupa una superficie de 3 168 727,48 ha, ubicada en terrenos planos, ondulados, colinosos y montañosos. Es la clase con mayor superficie a nivel de la selva amazónica (44,18 % del total). A nivel departamental, San Martín con 718 521,55 ha (22,68 % del total nacional), es el departamento con mayor superficie de la clase mixta bosques secundarios/agricultura. Le siguen Junín con 531 657,92 ha (16,78 %) y Loreto con 420 223,42 ha (13,26 %). Mientras que los departamentos con menor superficie de la clase mixta bosques secundarios/agricultura en la Amazonía peruana son La Libertad con 1 056,78 ha (0,03 %), Huancavelica con 2 461,36 ha (0,08 %) y Piura con 8 321,89 ha (0,26 %), como se puede observar en el Cuadro 10.

Esta clase mixta, se presenta en zonas con intensa actividad agrícola. Se caracteriza por constituir una mezcla de áreas con bosque secundario (purma) y áreas con cultivos agrícolas, cuyo grado de asociación va en proporción de 50%-50% hasta 80%-20%, correspondiendo siempre los mayores valores al bosque secundario.

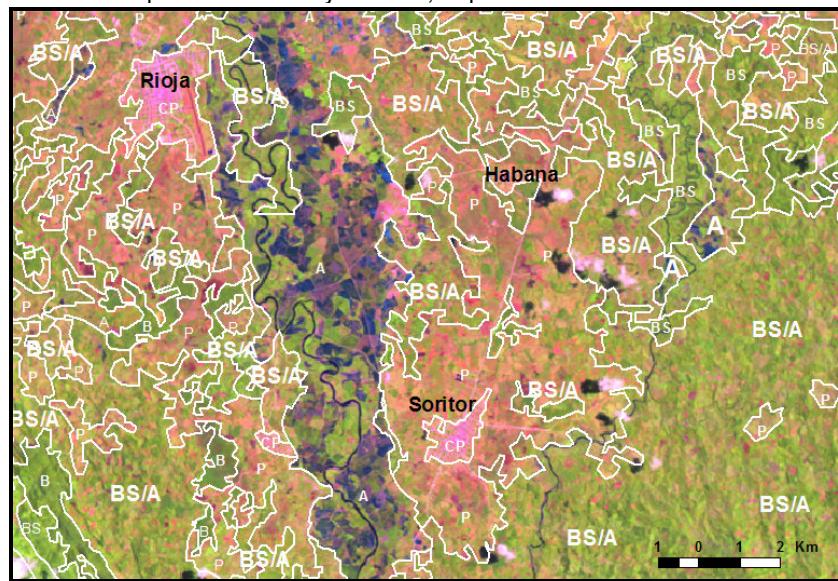
**Cuadro 10.**  
**Superficie de la clase mixta Bosque Secundario/Agricultura**  
**por departamentos**

Departamento	Bosque Secundario/Agricultura (BS/A)	%
San Martín	718 521,55	22,68
Junín	531 657,92	16,78
Loreto	420 223,42	13,26
Huanuco	267 860,15	8,45
Ucayali	265 194,31	8,37
Cajamarca	262 042,14	8,27
Amazonas	246 142,16	7,77
Pasco	178 408,08	5,63
Cusco	114 620,39	3,62
Ayacucho	66 126,59	2,09
Puno	43 205,95	1,36
Madre de Dios	42 884,80	1,35
Piura	8 321,89	0,26
Huancavelica	2 461,36	0,08
La Libertad	1 056,78	0,03
<b>SUB TOTAL</b>	<b>3 168 727,48</b>	<b>100,00</b>

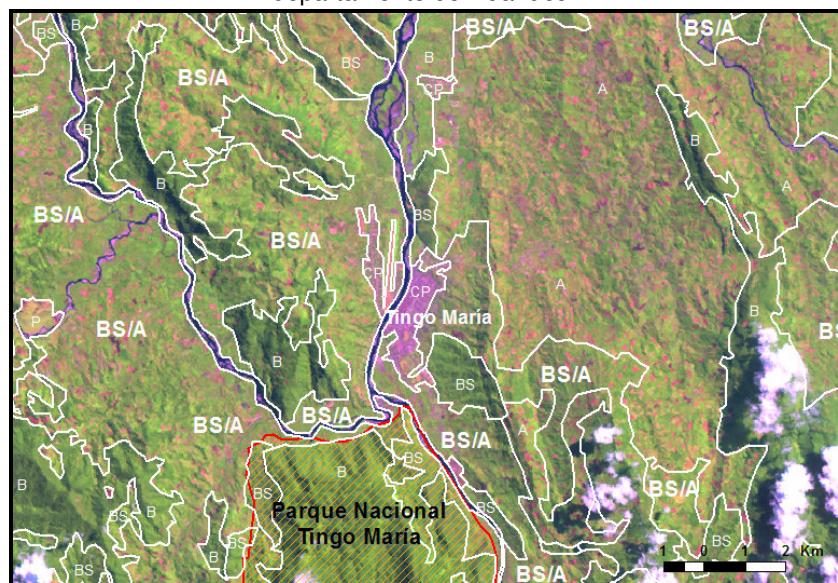
En las Figuras 21 a 23 se muestran algunos ejemplos para la clase Bosque Secundario/agricultura.

**Figura 21.**

Bosque secundario/Agricultura (BS/A) en las inmediaciones de Soritor, en la provincia de Moyabamba, departamento de San Martín

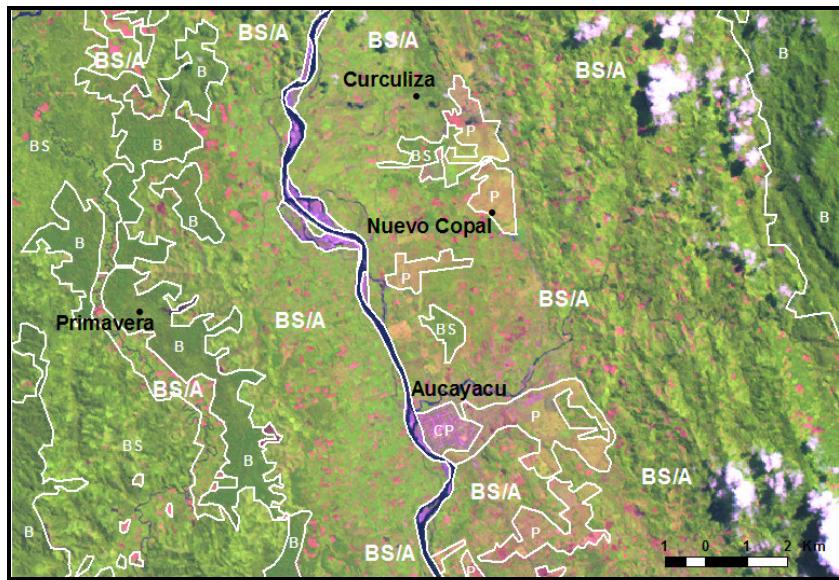
**Figura 22.**

Bosque secundario/Agricultura (BS/A) en las inmediaciones de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco



**Figura 23.**

Bosque secundario/Agricultura (BS/A), en las inmediaciones de Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco



#### e. Áreas sin Vegetación (SV)

Se incluyen en esta clase a aquellas zonas ocupadas por infraestructura energética (oleoductos, gaseoductos, campamentos), infraestructura minera, centros poblados, aeropuertos y campos de aterrizaje, y zonas de relaves mineros. Los centros poblados se observan de color rojo intenso debido principalmente a los techos de las viviendas a áreas sin cobertura vegetal y a las veredas y pistas; en algunas áreas urbanas se presentan de color blanco. Se puede observar la distribución de calles en algunas ciudades (Barrena y Vargas, 2003).

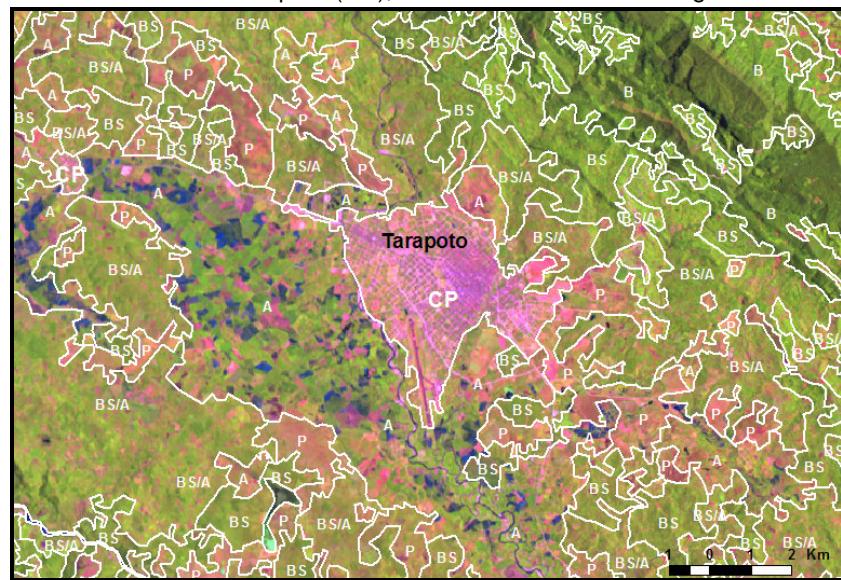
Esta clase ocupa una superficie de 65 564,64 ha, ubicada en terrenos planos, ondulados, colinosos y montañosos. A nivel departamental, Amazonas con 26 094,63 ha (39,80 % del total nacional), es el departamento con mayor superficie de la clase áreas sin vegetación. Le siguen Loreto con 13 538,29 ha (20,65 %) y San Martín con 8 140,96 ha (12,42 %). Mientras que los departamentos con menor superficie de áreas sin vegetación en la Amazonía peruana son La Libertad y Huancavelica sin áreas sin vegetación y Piura con 13,32 ha (0,02 %), como puede observarse en el Cuadro 11.

**Cuadro 11.**  
Superficie de la clase Áreas sin Vegetación por departamentos

Departamento	Áreas sin vegetación (SV)	%
Amazonas	26 094,63	39,80
Loreto	13 538,29	20,65
San Martín	8 140,96	12,42
Madre de Dios	7 599,95	11,59
Ucayali	5 479,85	8,36
Junín	1 513,67	2,31
Huanuco	1 177,77	1,80
Cajamarca	646,95	0,99
Cusco	593,50	0,91
Pasco	480,03	0,73
Ayacucho	182,78	0,28
Puno	102,96	0,16
Piura	13,32	0,02
Huancavelica	0,00	0,00
La Libertad	0,00	0,00
<b>SUB TOTAL</b>	<b>65 564,64</b>	<b>100,00</b>

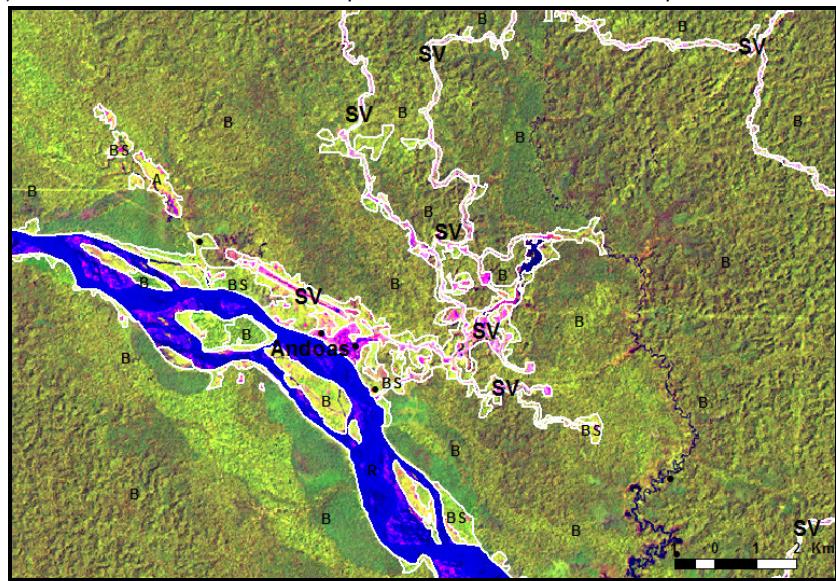
En las Figuras 24 a 26 se muestran algunos ejemplos para la clase Áreas sin Vegetación.

**Figura 24.**  
La ciudad de Tarapoto (CP), incluida en la clase Sin Vegetación

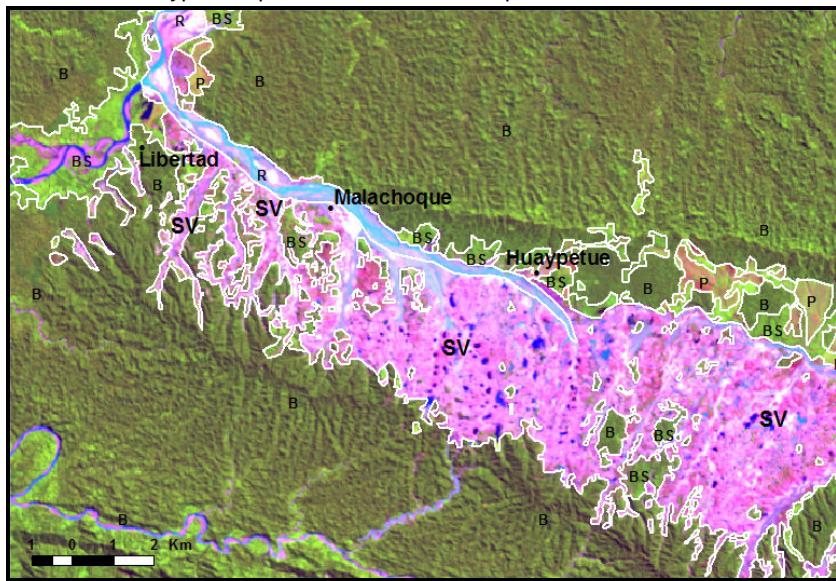


**Figura 25.**

Infraestructura de la actividad petrolera, está incluido en la clase Sin Vegetación (SV). Andoas, distrito de Pastaza, provincia Alto Amazonas, departamento Loreto.

**Figura 26.**

Áreas degradadas por la actividad minera, se incluyen en la clase Áreas Sin vegetación (SV). Distrito de Huaypetue, provincia de Manú, departamento de Madre de Dios.



A manera de resumen, en el Cuadro 12 y en el Figura 27, se presenta la superficie de las clases de uso de la tierra a nivel departamental.

**Cuadro 12.**

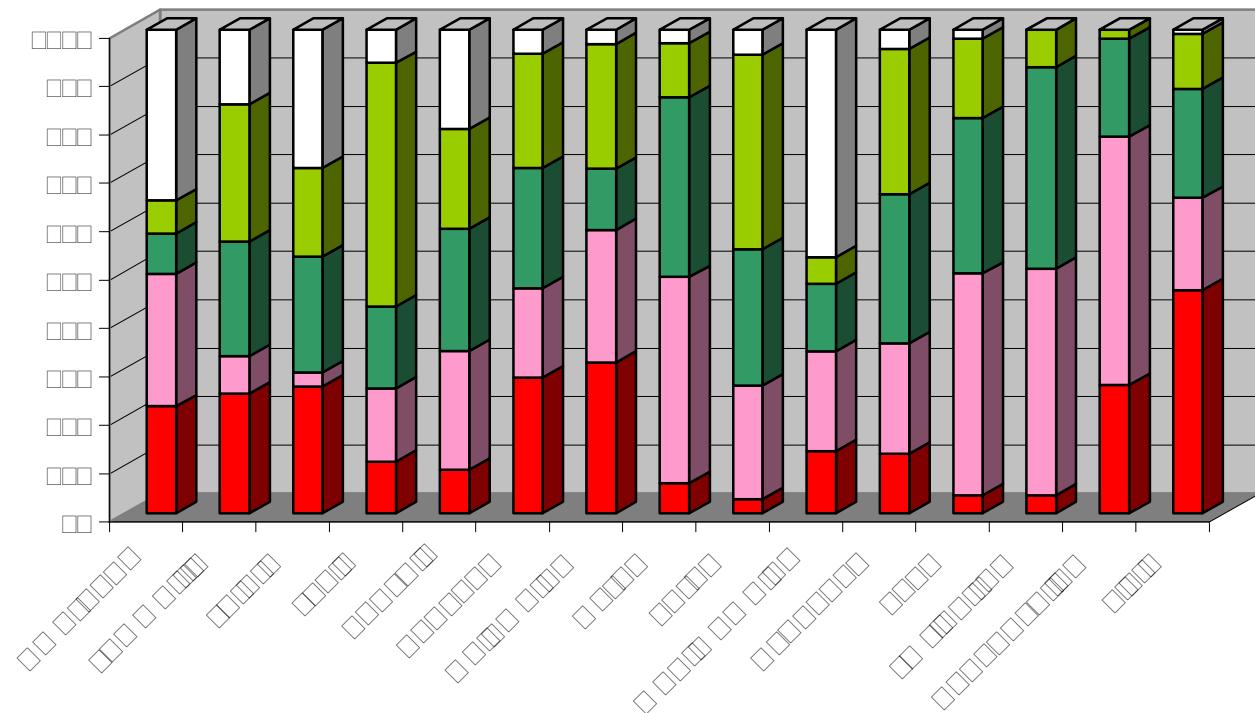
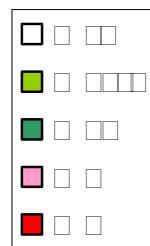
Superficie de clases de uso de la tierra acumuladas al año 2000 por departamentos.

Departamentos	Superficie (ha)						TOTALES
	Agricultura (A)	Pastos (P)	Bosque Secundario (BS)	Bosque Secundario/Agricultura (BS/A)	Áreas sin vegetación (SV)		
San Martín	136 926,83	73 695,08	390 384,10	718 521,55	8 140,96	1 327 668,52	
Amazonas	172 470,85	364 750,45	192 009,09	246 142,16	26 094,63	1 001 467,16	
Loreto	130 633,51	25 297,67	355 897,72	420 223,42	13 538,29	945 590,61	
Junín	24 588,81	59 687,59	116 824,74	531 657,92	1 513,67	734 272,72	
Ucayali	25 356,29	117 810,88	213 223,08	265 194,31	5 479,85	627 064,40	
Huanuco	69 458,09	78 094,93	184 029,49	267 860,15	1 177,77	600 620,43	
Cusco	13 937,51	161 713,42	246 736,28	114 620,39	593,50	537 601,10	
Cajamarca	69 353,30	103 697,37	84 290,69	262 042,14	646,95	520 030,46	
Pasco	2 823,65	38 874,31	81 421,56	178 408,08	480,03	302 007,62	
Madre de Dios	21 860,64	60 100,97	71 432,44	42 884,80	7 599,95	203 878,80	
Puno	2 165,79	45 091,31	55 467,14	43 205,95	102,96	146 033,14	
Ayacucho	5 942,40	18 727,27	44 387,35	66 126,59	182,78	135 366,39	
Huancavelica	7 510,80	24 850,02	17 164,41	2 461,36	0,00	51 986,59	
Piura	7 373,94	5 221,99	10 803,64	8 321,89	13,32	31 734,78	
La Libertad	112,14	2 368,89	3 693,45	1 056,78	0,00	7 231,26	
<b>Total</b>	<b>690 514,54</b>	<b>1 179 982,14</b>	<b>2 067 765,17</b>	<b>3 168 727,48</b>	<b>65 564,64</b>	<b>7 172 553,97</b>	

**Figura 27.**

Porcentaje de superficie de clases de uso de la tierra por departamentos

## Porcentaje de superficie de clases de uso de la tierra para cada departamento



### 6.3 Validación Estadística

El mapa de deforestación preliminar elaborado en gabinete, fue sometido a un proceso de validación estadística, con el objeto de determinar su fiabilidad. Esta validación fue realizada cuatro (4) zonas, las mismas que fueron elegidas por su mayor representatividad.

- Pucallpa - carretera Federico Basadre – río Aguaytía
  - Iquitos – Nauta
  - La Merced – Satipo
  - Moyobamba - Tarapoto – Yurimaguas

En la Figura 28 se observa el Mapa de Ubicación de las cuatro zonas de validación estadística.

**Figura 38.**



En cada zona de validación se realizó la localización de los puntos de muestreo seleccionados aleatoriamente, empleando para ello unidades de GPS. Se verificó que las clases de uso de la tierra del mapa correspondan a la verdad del campo.

Se realizó también la caracterización de las clases, acompañadas de material fílmico y fotográfico y se levantaron parcelas de muestreo para los bosques secundarios. En los Cuadros 14 y 15, se presentan los resúmenes de las especies más abundantes encontradas en las zonas de validación de Iquitos y Pucallpa, respectivamente.

En los Anexos 3, 4 y 5 se presenta el resumen de las especies forestales inventariadas para la zona de Pucallpa, Iquitos y San Martín, respectivamente.

Los equipos empleados para cada trabajo de campo fueron: unidades receptoras GPS's Garmin, cámaras filmadoras, cámaras fotográficas, forcipulas. Como materiales figuran: imágenes de satélite impresas a escalas: 1: 250 000, 1: 100 000 y 1: 50 000, libretas de campo, plumones indelebles, lápices, lapiceros, maskin tape, reglas de plástico, películas para video y cámara fotográfica, pilas, cordel, forro autoadhesivo, etc.

La inspección de los puntos arrojó un listado de puntos de verificación con sus respectivos datos de clasificación según el mapa y real, proveniente del trabajo de campo.

En el Cuadro 13 se observa la distribución de los puntos de muestreo por clase interpretada que fueron levantados en el campo para las Zonas de Validación.

***Cuadro 13.***

Número y distribución por clase de área deforestada de puntos de muestreo tomados en campo

Código	Zona de Validación				Total
	Pucallpa	Iquitos	Satipo	San Martín	
A	5	12	37	17	71
P	34	12	2	13	61
BS	27	18	10	15	70
BS/A	3	20	0	6	29
D	0	0	1	0	1
B	1	0	1	0	2
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>62</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>234</b>

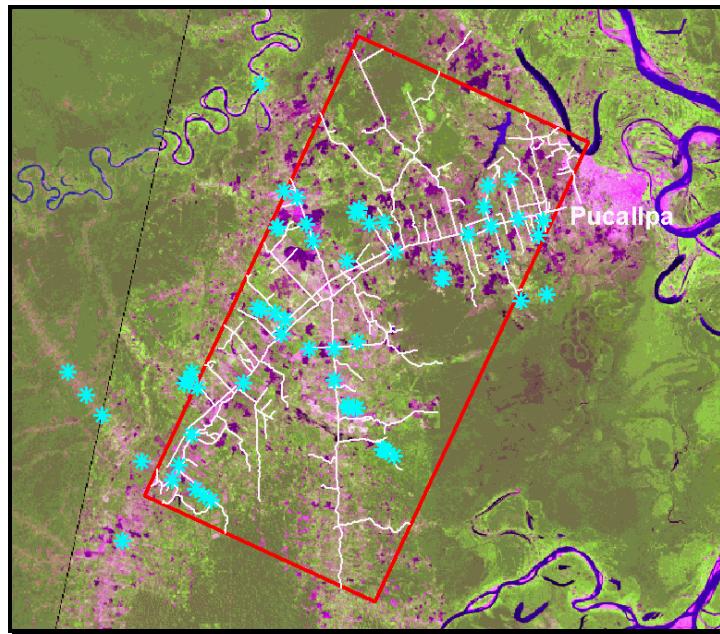
A continuación se presentan la distribución de los puntos de muestreo tomados en campo para cada zona de validación:

**Pucallpa:**

En la Figura 29 se muestra la distribución de los puntos de muestreo tomados durante el trabajo de campo realizado en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.

**Figura 29.**

Distribución de los puntos de muestreo tomados en campo en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.



Durante el trabajo de campo se realizó el control terrestre de la interpretación a lo largo de la carretera Federico Basadre y caminos de penetración, utilizando para ello las imágenes impresas y los GPS's. En las Figuras 30 a 33 se muestran las clases de uso de la tierra visitadas.

**Figura 30:**  
Agricultura en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.



**Figura 31:**  
Pastizal en la ruta Campo Verde Tournavista.

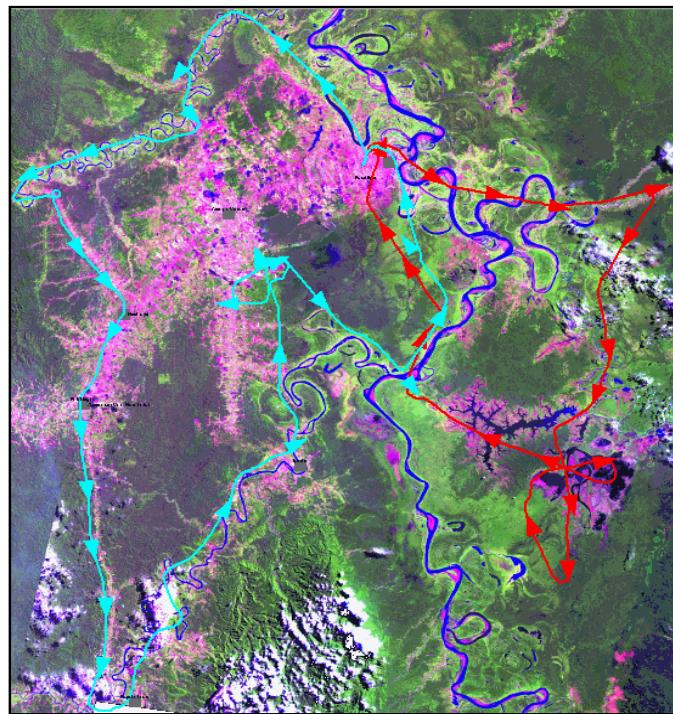


**Figura 32:**  
Bosque secundario en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.



**Figura 33**  
Purma quemada en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.

Por otro lado, se realizó también un sobrevuelo sobretodo a las áreas que eran inaccesibles vía terrestre. El sobrevuelo se realizó en dos rutas: la primera ruta que comprendió las zonas de Pucallpa, Río Abujao, Masisea, Laguna Imiria y terminando en Pucallpa. La segunda ruta comprendió las zonas de Pucallpa, Aguaytia, Neshuya, A. von Humboldt, Tournavista, Honoria, Campo Verde terminando en Pucallpa, como se observa en la Figura 34.



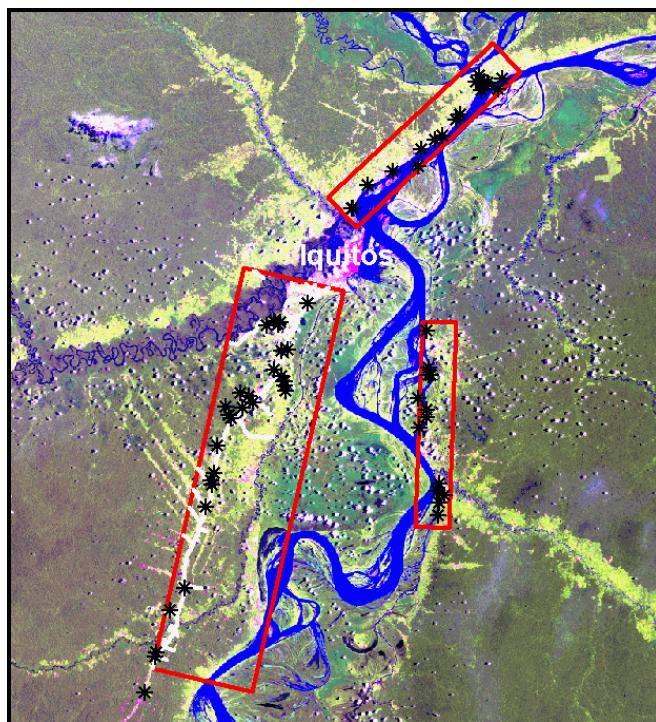
**Figura 34.**  
Rutas de sobrevuelo en la zona Pucallpa-carretera Federico Basadre.

**Iquitos**

En la Figura 35 se observa la distribución de los puntos de muestreo que fueron levantados en la zona de validación Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.

**Figura 35.**

Distribución de los puntos de muestreo tomados en campo en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.



Durante el trabajo de campo se realizó el control terrestre de la interpretación a lo largo de la carretera Iquitos – Nauta y caminos de penetración llegando hasta el río Itaya, utilizando para ello las imágenes impresas y los GPS's. En las Figuras 36 a 40 se muestran las clases de uso de la tierra visitadas.



**Figura 36:**  
Caracterización de Bosque secundario en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.



**Figura 37:**  
Agricultura en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.



**Figura 38:**  
Ganado en pastizal en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.



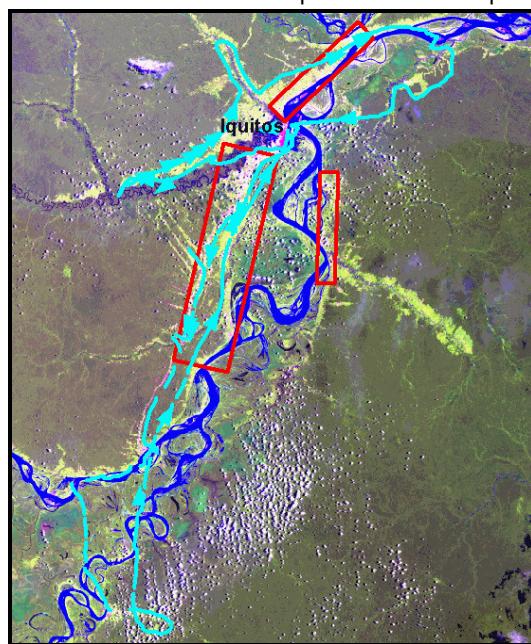
**Figura 39**  
Bosque talado y quemado en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.



**Figura 40:**  
Bosque secundario joven en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.

Por otro lado, se realizó también un sobrevuelo sobretodo a las áreas que eran inaccesibles vía terrestre. El sobrevuelo se realizó en dos rutas: la primera ruta, realizada en hacia el sur de Iquitos, comprendió Iquitos – Varillal – Paujil - Nuevo Miraflores - Nauta – Jenaro Herrera – Iquitos. La segunda ruta, realizada hacia el noroeste y noreste de Iquitos abarcó los centros poblados de Naranjal – Santa María del Alto Nanay - San Juan - Santiago Lores – Catalán finalizando en la ciudad de Iquitos. Durante el sobrevuelo en hidroavión se observaron las unidades que están cerca de los ríos Maniti, Napo, Mazán, Momón, Nanay, Pintoyacu, Itaya, Tigre y Ucayali, como puede observarse en la Figura 41.

**Figura 41.**  
Rutas de sobrevuelo en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta



En la Figura 42 se muestran fotos aéreas del sobrevuelo para la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.

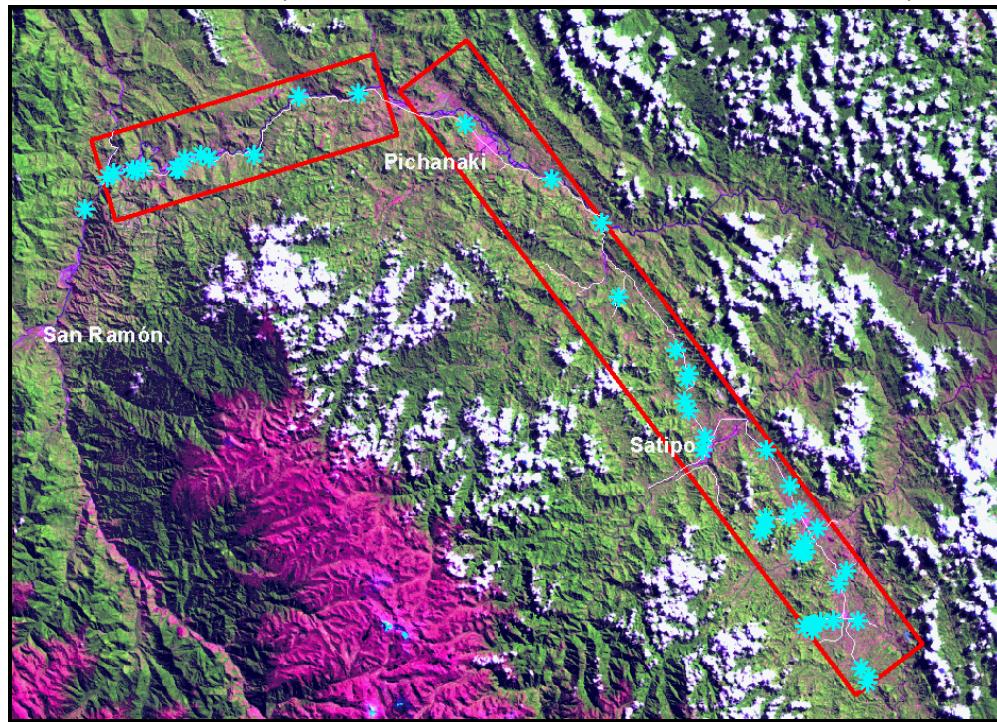


**Figura 42**  
Pastizales en la zona Iquitos-carretera Iquitos-Nauta.

#### ***Satipo***

En la Figura 43 se observa la distribución de los puntos de muestreo que fueron levantados en el campo.

**Figura 43.**  
Distribución de los puntos de muestreo tomados en la zona La Merced-Satipo.



Durante el trabajo de campo se realizó el control terrestre de la interpretación a lo largo de la carretera central aledaña a los poblados de La Merced, Satipo, Puerto Victoria, Pichanaki, principalmente así como caminos de penetración llegando hasta Oxapampa, utilizando para ello las imágenes impresas y los GPS's.

Para esta zona de validación no se consideró realizar sobrevuelo pues la zona es bastante accesible y la distancia a recorrer era menor que en las anteriores zonas de validación estadística. En las Figuras 44 a 46 se muestran las clases de uso de la tierra visitadas en la zona de validación La Merced-Satipo.



**Figura 44:**  
Pastizal en la zona La Merced-Satipo.



**Figura 45**  
Ganado pastando en la zona La Merced-Satipo.



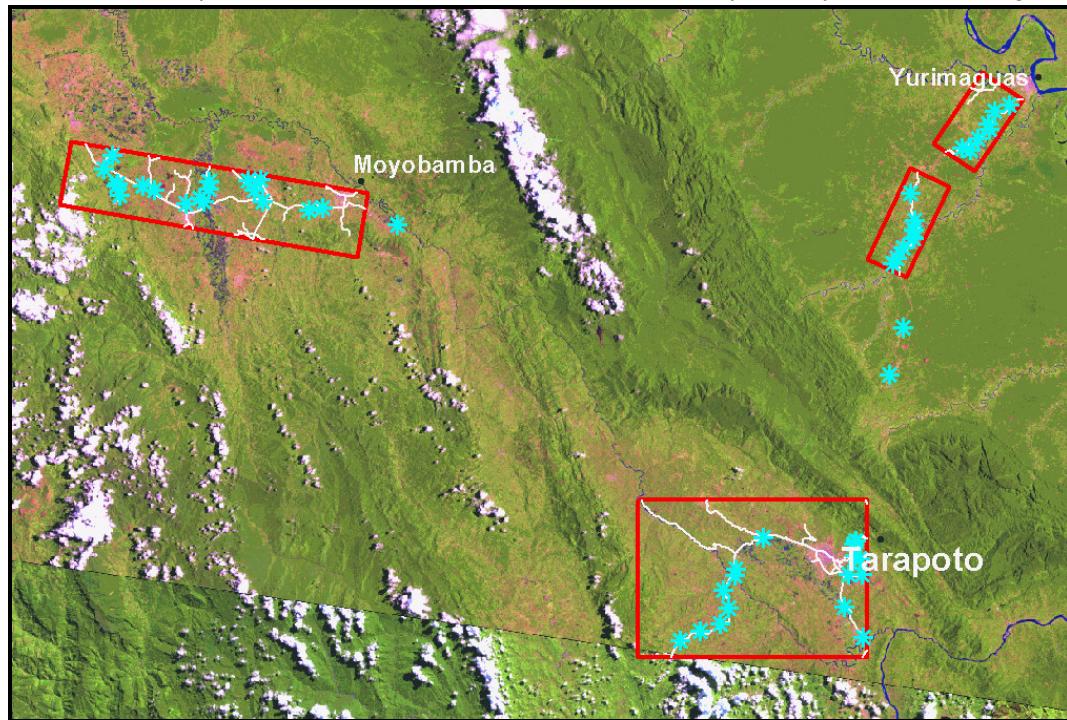
**Figura 46:**  
Agricultura en la zona La Merced-Satipo.

### San Martín

La distribución de los puntos de muestreo levantados en campo para la zona de validación Tarapoto-Moyobamba-Yurimaguas, se pueden observar en la Figura 47.

**Figura 47.**

Ubicación de los puntos de muestreo levantados en la zona Tarapoto-Moyabamba-Yurimaguas



Cabe señalar que la zona trabajada es productora de arroz, café, cacao principalmente, distribuidos en la mayor parte de su territorio, así mismo se encuentran muchas áreas dedicadas al pastoreo.

Durante el trabajo de campo se realizó el control terrestre de la interpretación a lo largo de la carretera Tarapoto-Moyobamba-Tarapoto y Yurimaguas-Tarapoto, así como por caminos de penetración, utilizando para ello las imágenes impresas y los GPS's.

En la figura 48, se observan las líneas de control terrestre, realizadas para la zona de trabajo, desde las cuales también se tomaron las coordenadas (con el GPS) de puntos al interior de unidades de uso de la tierra y sus respectivos códigos

En las Figuras 49 a 54 se muestran las clases de uso de la tierra visitadas en la zona de validación Tarapoto-Moyobamba-Yurimaguas.