

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL MAPA DE BOSQUE/ NO BOSQUE AÑO 2000

Y

MAPA DE PÉRDIDA DE LOS BOSQUES HÚMEDOS AMAZÓNICOS DEL PERÚ 2000-2011

Con el apoyo de:





AUTORIDADES DEL MINISTERIO DE
AGRICULTURA Y RIEGO

Juan Manuel Benitez Ramos
Ministro de Agricultura y Riego

César Francisco Sotomayor Calderón
Viceministro de Políticas Agrarias

Fabiola Muñoz Dodero
Directora General Forestal y de Fauna Silvestre
y (e) Directora Ejecutiva del SERFOR

AUTORIDADES DEL MINISTERIO DEL
AMBIENTE

Manuel Pulgar-Vidal Otálora
Ministro del Ambiente

Gabriel Quijandría Acosta
Viceministro del Viceministerio de Desarrollo
Estratégico de los Recursos Naturales

Gustavo Suárez de Freitas Calmet
Asesor VMDERN y (e) Coordinador Ejecutivo del
Programa Nacional de Conservación de Bosques
para la Mitigación del Cambio Climático



INTEGRANTES DEL EQUIPO TÉCNICO

Equipo Técnico del MINAGRI

Beatriz Dapozzo Ibáñez | Lenin Cruyff Ventura Santos | Noemí Serrudo Torobeo

Equipo Técnico MINAM

Christian Vargas Gonzáles | Eduardo Jesús Rojas Báez | Natalia Málaga Durán |
Renzo Giudice Granados | Brian Zutta Salazar | Laura Secada Daly

Equipo de la Sala de Observación Perú-OTCA

Ethel Rubín De Celis Llanos | Rocío Malleux Hernani

Apoyo Técnico en Revisión

Daniel Castillo Soto | Hubert Portuguez Yactayo | Gustavo Huamaní Castro | Giovanna Orcotoma Escalante | Ybelia Jara Flores

Asistencia SIG-Proyecto REDD+

Andrea Calderón-Urquiza Carbonel | Victoria Espinoza Mendoza

Asesoramiento Técnico-Científico

Matthew Hanssen | Peter Potapov | Jan Dempewolf

Autores

Christian Vargas Gonzáles | Eduardo Rojas Báez | Daniel Castillo Soto | Victoria Espinoza Mendoza
Andrea Calderón Urquiza Carbonel | Renzo Giudice Granados | Natalia Málaga Durán

Colaboradores

Ethel Rubín De Celis Llanos | Rocío Malleux Hernani | Beatriz Dapozzo Ibáñez |
Lenin Cruyff Ventura Santos | Noemí Serrudo Torobeo | Hubert Portuguez Yactayo |
Gustavo Huamaní Castro | Eddy Mendoza Rojas | Matthew Hanssen | Peter Potapov |
Jan Dempewolf | Brian Zutta Salazar

Coordinación

Renzo Giudice Granados | Beatriz Dapozzo Ibáñez | Gustavo Huamaní Castro |
Rocío Malleux Hernani

Cuidado de edición, diseño y diagramación

Alicia Infante Takey

CONTENIDO

Índice de figuras	
Agradecimiento	
Prólogo	8
Presentación	10
Resumen	12
1. Introducción	14
2. Antecedentes	16
3. Objetivos	23
3.1. Objetivo general	23
3.2. Objetivo específico	23
4. Área de estudio	24
4.1. Ubicación y extensión	26
4.2. Características generales de la Amazonía	27
5. Marco conceptual	38
6. Metodología del trabajo	44
6.1. Materiales	46
6.1.1. Cartografía digital	46
6.1.2. Data satelital	46
6.1.3. Equipos de cómputo	50
6.1.4. Programas informáticos	50
6.2. Proceso metodológico	51
6.2.1. Primera etapa	52
6.2.2. Segunda etapa	54
6.2.3. Tercera etapa	70
6.2.4. Cuarta etapa	76
7. Resultados	84
7.1. Superficie de Bosque/No bosque del año 2000	86
7.2. Análisis de Bosque/No bosque a nivel departamental	87
7.3. Pérdida de bosques húmedos amazónicos del Perú 2000-2011	88
7.4. Pérdida la cobertura de Bosques Húmedos Amazónicos del Perú a nivel departamental	91
7.4.1. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Amazonas	91
7.4.2. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Ayacucho	92
7.4.3. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Cajamarca	93
7.4.4. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Cusco	94
7.4.5. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Huancavelica	95
7.4.6. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Junín	96
7.4.7. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Huánuco	97
7.4.8. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de La Libertad	98
7.4.9. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Loreto	99
7.4.10. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Madre de Dios	100
7.4.11. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Pasco	101
7.4.12. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Piura	102
7.4.13. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Puno	103
7.4.14. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de San Martín	104
7.4.15. Pérdida de la cobertura de bosques periodo 2000-2011 departamento de Ucayali	105
7.5. Precisión general del mapa	106
8. Discusión	108
9. Conclusiones	110
10. Recomendaciones	112
11. Anexo	114
Bibliografía	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Metodología utilizada para los estudios de mapeo de bosques y deforestación realizados	19
Tabla 2:	Estudios y estimaciones sobre la deforestación de la Amazonía peruana	20
Tabla 3:	Tipos de cobertura para las clases de Bosque y No bosque	42
Tabla 4:	Bandas espectrales en imágenes Landsat ETM+	47
Tabla 5:	Criterios para la definición de pérdida de la cobertura bosques	66
Tabla 6:	Campos de la tabla de atributos de los puntos de validación	80
Tabla 7:	Leyenda para la clasificación de los puntos de validación	81
Tabla 8:	Cantidad de puntos de validación por tipo de cobertura evaluada	82
Tabla 9:	Superficies de Bosque, No bosque, ríos en hectáreas y porcentaje que representa el mapa base del año 2000	86
Tabla 10:	Superficie acumulada departamental de Bosque y de No bosque para el año base 2000	87
Tabla 11:	Superficie acumulada de Bosque y No bosque para el año base 2011 por departamento	88
Tabla 12:	Pérdida anual de bosques húmedos amazónicos para el periodo 2000-2011	89
Tabla 13:	Coberturas de Amazonas al 2011	91
Tabla 14:	Coberturas de Ayacucho al 2011	92
Tabla 15:	Coberturas de Cajamarca al 2011	93
Tabla 16:	Coberturas de Cusco al 2011	94
Tabla 17:	Coberturas de Huancavelica al 2011	95
Tabla 18:	Coberturas de Junín al 2011	96
Tabla 19:	Coberturas de Huánuco al 2011	97
Tabla 20:	Coberturas de La Libertad al 2011	98
Tabla 21:	Coberturas de Loreto al 2011	99
Tabla 22:	Coberturas de Madre de Dios al 2011	100
Tabla 23:	Coberturas de Pasco al 2011	101
Tabla 24:	Coberturas de Piura al 2011	102
Tabla 25:	Coberturas de Puno al 2011	103
Tabla 26:	Coberturas de San Martín al 2011	104
Tabla 27:	Coberturas de Ucayali al 2011	105
Tabla 28:	Matriz de confusión utilizada para evaluar la clasificación del mapa	106
Imagen 1:	Taller de juicio de expertos para uniformizar los tipos de cobertura que serían considerados dentro de la categoría de bosque	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Extensión del Bosque Húmedo de la Amazonía peruana	26
Figura 2:	Mapa de los bosques húmedos de la Amazonía peruana	27
Figura 3:	Aguajales en el departamento de Loreto, mosaico Landsat ETM+	28
Figura 4:	Bosque Húmedo de terraza baja y media en el departamento de Loreto	29
Figura 5:	Bosque Húmedo de terraza alta en el departamento de Madre de Dios	30
Figura 6:	Bosque Húmedo de colina baja y lomada en el departamento de Loreto	31
Figura 7:	Bosque Húmedo de colina alta en el departamento de Cusco	32
Figura 8:	Bosque Húmedo de superficie plana inclinada en el departamento de Ucayali	33
Figura 9:	Bosque Húmedo de montaña en el departamento de San Martín	34
Figura 10:	Sabana hidrofítica fácilmente diferenciable en Madre de Dios. Pampas del Heath	35
Figura 11:	Herbazal hidrofítico en Ucayali	36
Figura 12:	Imagen Landsat 7ETM+	47
Figura 13:	Imagen MODIS	48
Figura 14:	Imagen SRTM y DEM	49
Figura 15:	Proceso metodológico seguido	51

Figura 16: Malla de cobertura satelital LANDSAT para el territorio peruano (Path/Row)	52
Figura 17: Detalle del proceso metodológico en la etapa de preprocesamiento de imágenes	53
Figura 18: Detalle del proceso metodológico en la etapa de clasificación de imágenes.	54
Figura 19: Organización jerárquica de los criterios de interpretación visual	57
Figura 20: Compositos libres de nubes	58
Figura 21: Combinación RGB543 y las firmas espectrales de agua, suelo y bosques	59
Figura 22: Muestras de entrenamiento en aguajales	61
Figura 23: Muestras de entrenamiento en zonas de colina baja y lomada	61
Figura 24: Muestras de entrenamiento en bosque de terraza alta	39
Figura 25: Muestras de entrenamiento en bosque de pacal en el departamento de Madre de Dios	40
Figura 26: Muestras de entrenamiento para Bosque y No bosque en bosque primario y secundario respectivamente en zonas cercanas a Yurimaguas, departamento de San Martín	40
Figura 27: Muestras de entrenamiento para Bosque y No bosque en herbazales en el departamento de Ucayali	46
Figura 28: Muestras de entrenamiento en centros poblados	49
Figura 29: Muestras de entrenamiento de Bosque y No bosque en redes viales	53
Figura 30: Muestras de entrenamiento de Bosque y No bosque en áreas mineras	57
Figura 31: Muestras de entrenamiento en terrenos agrícolas	59
Figura 32: Muestras de entrenamiento de la clasificación de la pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos. Gráfico departamento región Loreto	65
Figura 33: Ejemplo de árbol de decisiones	66
Figura 34: Detalle del proceso metodológico en la etapa de posclasificación	68
Figura 35: Aguajales bajo diferentes realces en la región Loreto	69
Figura 36: Imagen de alta resolución disponible en el Google Earth	71
Figura 37: Capa editada en zona de aguajales con sustracción de suelo permanente	72
Figura 38: Métrica MedFirst utilizada para la delimitación de herbazales	73
Figura 39: Métrica MedFirst (año 2000) muestra el bosque de pacal localizados entre los departamentos de Cusco y Madre de Dios	74
Figura 40: Edición manual en áreas con presencia de pacale	75
Figura 41: Detalle del proceso metodológico en la etapa de validación	76
Figura 42: Probabilidad de pérdida de bosque	77
Figura 43: Ubicación de los bloques para el proceso de validación	78
Figura 44: Bloque de 30 x 30 metros conteniendo 100 puntos a validar	79
Figura 45: Puntos de validación en formato shapefile superpuestos sobre las Imágenes RapidEye	79
Figura 46: Captura de la tabla de atributos utilizada en el proceso de validación	80
Figura 47: Pixel de 30 m de validación con características mixtas	82
Figura 48: Pérdida anual de Bosques Amazónicos periodo 2000-2011	90
Figura 49: Gráfico estadístico del departamento de Amazonas	91
Figura 50: Gráfico estadístico del departamento de Ayacucho	92
Figura 51: Gráfico estadístico del departamento de Cajamarca	93
Figura 52: Gráfico estadístico del departamento de Cusco	94
Figura 53: Gráfico estadístico del departamento de Huancavelica	95
Figura 54: Gráfico estadístico del departamento de Junín	96
Figura 55: Gráfico estadístico del departamento de Huánuco	97
Figura 56: Gráfico estadístico del departamento de La Libertad	98
Figura 57: Gráfico estadístico del departamento de Loreto	99
Figura 58: Gráfico estadístico del departamento de Madre de Dios	100
Figura 59: Gráfico estadístico del departamento de Pasco	101
Figura 60: Gráfico estadístico del departamento de Piura	102
Figura 61: Gráfico estadístico del departamento de Puno	103
Figura 62: Gráfico estadístico del departamento de San Martín	104
Figura 62: Gráfico estadístico del departamento de Ucayali	105

PRÓLOGO

La mitigación del Cambio Climático, así como la adaptación a sus efectos, es de gran importancia para la Humanidad. En ese contexto, reducir las emisiones debidas a la tala y quema de bosques resulta clave en un país como el Perú. Con el fin de generar eficiencia se han incorporado instrumentos como REDD+ que se basan en pago por resultados de reducción de deforestación y degradación. Para que REDD+ sea funcional y cumpla sus objetivos se requiere contar con información adecuada, en forma oportuna y mediante un sistema costo-eficiente, respecto a la situación de los bosques, incluyendo los cambios en la cobertura y las reservas de carbono. En este sentido, la medición precisa de la deforestación bajo con esas condiciones es un gran desafío.

El Perú contiene más de 69 millones de hectáreas de bosques amazónicos, en donde se encuentran áreas de muy alta diversidad biológica y zonas con la capacidad de almacenar altas cantidades de carbono, incluyendo carbono del suelo (como en los bosques hidromórficos) que, lamentablemente, sufren procesos de deforestación. Por lo tanto, es imperativo llenar los vacíos en información sobre cuánto bosque se ha perdido en los últimos años y cuántas emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) han sido liberados a la atmósfera una vez que éstos han sido deforestados.

Presentamos los resultados de nuestro proyecto como un esfuerzo de colaboración sin precedentes entre el Ministerio del Ambiente-MINAM, a través del Proyecto REDD+, apoyado por el KfW y la Fundación Gordon & Betty Moore, y el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), el Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI, a través del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, la Sala de Observación OTCA-Perú del Proyecto Monitoreo de la Deforestación, Aprovechamiento Forestal y Cambio de Uso del Suelo del Bosques Panamazónico y la Universidad de Maryland.

Los resultados principales de este trabajo conjunto son el Mapa de Bosque y No Bosque del año 2000 y el Mapa de Pérdida de Bosques Húmedos Amazónicos del Perú para el periodo 2000-2011. Mas de 11 000 imágenes del satélite de Landsat fueron usadas para producir mapas anuales, con mínima cobertura de nubes para el periodo de enfoque, con una resolución espacial de 30 m. Adicionalmente, algo único sobre este producto es el haber utilizado una metodología específicamente ajustada para la amazonía peruana a diferencia de otros con objetivos globales. Estos productos servirán como herramientas invaluable para proyectos REDD+ y de conservación, así como mejorar la gobernanza forestal para garantizar el manejo sostenible de los bosques.

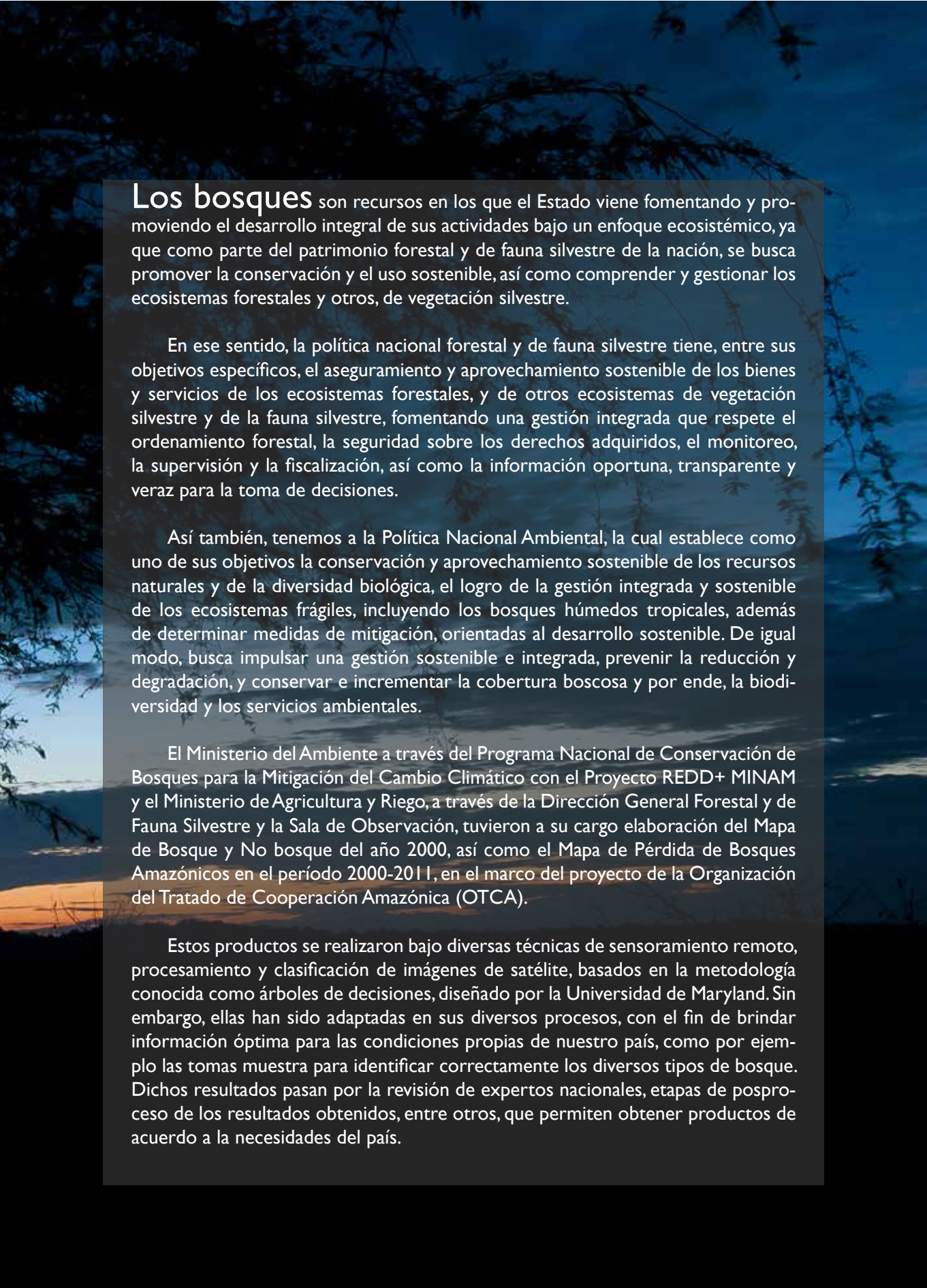
Los presentes mapas y la metodología empleada para medir la pérdida de la cobertura de bosques húmedos en el Perú servirá como un insumo significativo para las acciones de medición, reporte y verificación-MRV para REDD+ y el Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura de Bosques-SNMCB. Para ello, se continúa realizando las acciones de medición de la deforestación al nivel amazónico, a fin de contar con información que se encuentre permanentemente actualizada y a disposición del público. Esperemos que nuestra exitosa colaboración interinstitucional continúe sirviendo a los intereses ambientales del país y contribuyendo significativamente a los esfuerzos nacionales para la mitigación del cambio climático y la conservación de los bosques.

Fabiola Muñoz Dodero
Directora Ejecutiva del SERFOR (e)

Gustavo Suárez de Freitas Calmet
Coordinador Ejecutivo Programa
Nacional de Conservación de Bosques (e)

PRESENTACIÓN

El Perú cuenta con más de 73 millones de hectáreas de superficie de bosques a nivel del territorio nacional, siendo la Amazonía la región natural que presenta más del 94 % del total de la superficie de bosques, según el Informe Nacional de Perú para la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales-FRA 2015 FAO.



Los bosques son recursos en los que el Estado viene fomentando y promoviendo el desarrollo integral de sus actividades bajo un enfoque ecosistémico, ya que como parte del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la nación, se busca promover la conservación y el uso sostenible, así como comprender y gestionar los ecosistemas forestales y otros, de vegetación silvestre.

En ese sentido, la política nacional forestal y de fauna silvestre tiene, entre sus objetivos específicos, el aseguramiento y aprovechamiento sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas forestales, y de otros ecosistemas de vegetación silvestre y de la fauna silvestre, fomentando una gestión integrada que respete el ordenamiento forestal, la seguridad sobre los derechos adquiridos, el monitoreo, la supervisión y la fiscalización, así como la información oportuna, transparente y veraz para la toma de decisiones.

Así también, tenemos a la Política Nacional Ambiental, la cual establece como uno de sus objetivos la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica, el logro de la gestión integrada y sostenible de los ecosistemas frágiles, incluyendo los bosques húmedos tropicales, además de determinar medidas de mitigación, orientadas al desarrollo sostenible. De igual modo, busca impulsar una gestión sostenible e integrada, prevenir la reducción y degradación, y conservar e incrementar la cobertura boscosa y por ende, la biodiversidad y los servicios ambientales.

El Ministerio del Ambiente a través del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático con el Proyecto REDD+ MINAM y el Ministerio de Agricultura y Riego, a través de la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre y la Sala de Observación, tuvieron a su cargo elaboración del Mapa de Bosque y No bosque del año 2000, así como el Mapa de Pérdida de Bosques Amazónicos en el período 2000-2011, en el marco del proyecto de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA).

Estos productos se realizaron bajo diversas técnicas de sensoramiento remoto, procesamiento y clasificación de imágenes de satélite, basados en la metodología conocida como árboles de decisiones, diseñado por la Universidad de Maryland. Sin embargo, ellas han sido adaptadas en sus diversos procesos, con el fin de brindar información óptima para las condiciones propias de nuestro país, como por ejemplo las tomas muestra para identificar correctamente los diversos tipos de bosque. Dichos resultados pasan por la revisión de expertos nacionales, etapas de posproceso de los resultados obtenidos, entre otros, que permiten obtener productos de acuerdo a la necesidades del país.

RESUMEN



El Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura y Riego vienen desarrollando, en el marco de la OTCA, el Proyecto Monitoreo de la deforestación, aprovechamiento forestal y cambios en el uso de suelo en el bosque Plan Amazónico, mediante el equipo técnico conformado por ambos ministerios y por la Sala de Observación de Perú.

El objetivo principal de este estudio fue determinar la superficie de Bosque/No bosque al año 2000 y la pérdida de los Bosques Amazónicos del Perú periodo 2000-2011.

Para este estudio se utilizó la metodología de la Universidad de Maryland diseñada por Matthew C. Hansen y Peter Potapov para el preprocesamiento de las imágenes satelitales, composición de las mismas y clasificación, así como también la validación estadística de los resultados finales de la clasificación.

En este proceso se utilizaron mosaicos nacionales (compositos libres de nubes) 2000 y 2011, derivados de la composición de imágenes Landsat7 LTI, las mismas que poseen corrección geométrica por defecto. Así mismo, se le realizó un remuestreo de la banda termal, a fin de uniformizar con la imagen multiespectral y a su vez se normalizaron con imágenes MODIS.

En el proceso de interpretación para la toma de muestras se utilizó como referencia la hidrografía de las hojas de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN), límites políticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), mapas temáticos, como el Mapa de Cobertura vegetal del Ministerio del Ambiente e imágenes de satélite de alta resolución, así como las imágenes disponibles en los programas satelitales de Google Earth.

Terminando el preprocesamiento de las imágenes y composición de los mosaicos, se continuó con la interpretación visual para la toma de muestras de entrenamiento para su clasificación. Para este proceso se utilizaron criterios específicos de las imágenes satelitales como el brillo-tono, color, textura y contexto espacial. Estos criterios fueron aplicados para el reconocimiento de las muestras de Bosque y No bosque.

Posteriormente, con las muestras ya seleccionadas, definidas mediante los patrones espectrales de cada clase, se procedió a aplicar el método de clasificación de manera automatizada, donde la pertenencia o no a una clase se define a nivel de píxel, en función de los valores digitales de las muestras seleccionadas, obteniendo resultados preliminares, los cuales pasaron por un proceso de edición manual, con la finalidad de mejorar el producto.

1. INTRODUCCIÓN



Con un estimado de 73 millones de hectáreas de superficie de bosques a nivel del territorio nacional, el Perú viene ocupando el segundo lugar con mayor área de bosque a nivel de Sudamérica según la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales-FRA 2005 FAO.

En virtud de lo dicho, una adecuada gestión de los recursos forestales va a asegurar su aprovechamiento sostenible, conservación, protección e incremento para la provisión de bienes y servicios de los ecosistemas forestales en armonía con el interés social, cultural, económico y ambiental de la nación.

Sin embargo, a pesar de que el Perú posee extensos bosques y que estos se concentran en su mayoría en la región amazónica, la intervención con los recursos y servicios del bosque guardan una estrecha relación con el mapa de pobreza rural del país, existiendo una relación directa entre pobreza rural, falta de inversión, escaso desarrollo tecnológico y competitividad; lo que genera un círculo vicioso de destrucción de bosques naturales a través de diversas prácticas, principalmente agricultura migratoria, cambio de uso del suelo, decisiones de colonización rural, construcción de vías de acceso como parte de la infraestructura nacional, entre otras.

En ese sentido, la gestión de estos recursos debe implicar entre sus actividades, evitar grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que produce la pérdida por deforestación y degradación. En el Perú, tal como lo establece la Segunda Comunicación del Perú para la CMNUCC, las emisiones de GEI de la categoría uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUISS) equivalen al 47,5 % de las emisiones a nivel nacional.

El presente estudio ha sido desarrollado en el marco del proyecto de la OTCA “Monitoreo de la deforestación, aprovechamiento forestal y cambios en el uso de suelo en el bosque Plan Amazónico”, por el Ministerio de Agricultura y Riego y el Ministerio de Ambiente.

En consecuencia, este documento presenta una línea base de límites y superficie de Bosque y No bosque, así como el cálculo de pérdida de Bosques Amazónicos como punto de partida para la planificación de acciones y posterior monitoreo de avances en la mejora de la gestión de los recursos forestales en el Perú.

2. ANTECEDENTES



Según FAO (FRA 2010) los bosques representan uno de los principales sumideros mundiales de carbono. Almacenan alrededor de 289 gigatoneladas (Gton) de carbono en árboles y en otra vegetación.

El carbono almacenado en la biomasa forestal, la madera muerta, la hojarasca y el suelo es mayor —en conjunto— que todo el carbono presente en la atmósfera. A nivel mundial, se estima que las reservas de carbono en la biomasa forestal descendieron en 0,5 gigatoneladas al año en el período 2000-2010, principalmente debido a la reducción de la superficie forestal total.

En la interpretación histórica sobre deforestación presentada en la Estrategia Nacional Forestal (Proyecto FAO GCP/PER/035/NET. Apoyo a la Estrategia Nacional para el Desarrollo Forestal, 2002) se diferenciaron cuatro momentos en el país:

1. La etapa prehispánica, cuando la actividad agropecuaria era la más importante y estaba orientada a sustentar los diferentes estamentos de la sociedad. La producción se organizó a partir de un eficiente manejo de los ecosistemas, de las cuencas hidrográficas y de los recursos naturales renovables en general.
2. En la conquista y hasta la primera mitad del siglo pasado, se configuró un patrón productivo cuyo eje fue la actividad extractiva para la exportación de materias primas, que se complementaba con una producción manufacturera incipiente.
3. En los años cincuenta se inicia un precario proceso de industrialización, que tiende a sustituir productos importados, sustituyéndolos por propios. Sin embargo, las políticas siguen orientadas hacia la explotación de recursos naturales.
4. A partir de los años ochenta, se enfrentó el lento crecimiento de la economía y una explosión de demandas sociales, imponiéndose un nuevo modelo de desarrollo.

Estudios referentes a la deforestación o pérdida de cobertura de bosques han sido presentados por distintas instituciones, las mismas que serán desarrolladas en forma cronológica:

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

En el año 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 en los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco y Junín, así como 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, escala 1/1 000 000.

Al año siguiente, el INRENA publicó el estudio Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía Peruana (escala trabajada 1/250 000), siendo su objetivo el localizar y cuantificar la superficie deforestada en la región de la selva para los años 1985 y 1990, utilizando 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.

En el año 2000, el INRENA elaboró 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 un mapa de la deforestación ajustado y en donde se estima una superficie acumulada al año 1990 de 5 676 236 ha.

En el mismo año, el INRENA elaboró el Mapa Forestal del Perú 2000 (no publicado) con imágenes de satélite Landsat TM en papel impreso y escala de trabajo 1/250 000, documento en el que se reporta una superficie de áreas deforestadas de la selva amazónica equivalente a 7 341 803 ha.

En el año 2005, el INRENA publicó el Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana correspondiente al año 2000, con imágenes de satélite Landsat TM y escala de trabajo 1/100 000, cuyo objetivo principal es determinar la superficie deforestada de la Amazonía peruana, en clases de uso de la tierra: cultivos agrícolas, pastizales, bosque secundario, mixturas de cultivos agrícolas y áreas sin vegetación. Este documento permitió determinar una superficie deforestada al año 2000 de 7 172 553 ha.

Finalmente, en el año 2009 el MINAM elaboró el Mapa de Cobertura Vegetal (escala de trabajo 1/100 000), cuyo objetivo principal fue proporcionar información del patrimonio natural en su componente de cobertura vegetal, obteniéndose una superficie de área deforestada de la Amazonía de 7 900 000 ha.

En ese sentido, tomando como base referencial los diferentes estudios desarrollados por entidades públicas, privadas y universidades sobre la deforestación en la Amazonía peruana que datan desde hace 39 años, la presente Memoria Descriptiva y sus productos cartográficos (Mapa de Bosque y No bosque del año 2000; Mapa de Pérdida de Bosques Amazónicos en el período 2000-2011) constituye el escenario base referencial de carácter nacional para la generación de información temática relacionada a los recursos. Asimismo se convierte en el insumo necesario para el cumplimiento de una serie de metas nacionales de largo, mediano y corto plazo, encaminadas al logro de una gestión integrada y sostenible de los bosques húmedos tropicales, teniendo en cuenta que esta gestión contribuye a la mitigación del cambio climático.

Por ello, el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura y Riego, en el marco de las actividades que vienen realizando con la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) a través de la Sala de Observación en el proyecto Monitoreo de la deforestación, aprovechamiento forestal y cambios en el uso de suelo en el bosque Plan Amazónico, ha elaborado el presente documento, que establece un paso significativo para la gestión y monitoreo de los recursos forestales en el país.

TABLA I
Metodología utilizada para los estudios de mapeo de bosques y deforestación realizados

AÑO	METODOLOGÍA
1975	Uso de fotografías aéreas e imágenes de radar de vista lateral a una escala de 250 000. En las áreas donde no se obtuvieron fotografías aéreas se realizaron extrapolaciones utilizando como referencia el mapa físico-político) y el mapa Ecológico del Perú y se hicieron verificaciones en campo.
1995	Se realizó sobre la base de un mapa planimétrico del Perú, elaborado con imágenes satelitales Landsat del año 1988, a una escala de edición de 1 000 000.
2000	Se clasificó la deforestación con imágenes Landsat TM (1999-2001) obteniéndose como resultado un mapa a una escala de 250 000.
2009	Se desarrolló con imágenes Landsat del año 2009 tomando como base el mapa de Bosque/No bosque generado por la Dirección General de Ordenamiento Territorial.

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

Adicionalmente, el cuadro siguiente describe con detalle la información de los estudios realizados a la fecha, incluyendo las estimaciones sobre la deforestación que se plantea en cada uno de ellos.

TABLA 2 Estudios y estimaciones sobre la deforestación de la Amazonía peruana							
NOMBRE	Mapa Forestal	Mapa Forestal	Estudio de Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía peruana	Mapa Forestal	Mapa de Deforestación de la Amazonía peruana	Mapa de Cobertura Vegetal del Perú (MPFN)	Mapa de Deforestación de la Amazonía
Elaborado por	Jorge Malleux	INRENA	INRENA	INRENA	PROCLIM	DGEVFPN-MINAM	DGOT MINAM
Año de publicación	1975	1995	1996	2000	2000	2009	2011
Año de las Imágenes Trabajadas	Fotografías Aéreas	LANDSAT 1988	LANDSAT 1983-1991	LANDSAT 2000	LANDSAT 1999-2001	LANDSAT 2009	LANDSAT 2009
Escala	1/1 000 000	1/1000000	1/250 000	1/250 000	1/100 000	1/100 000	1/100 000
Superficie deforestada acumulada (hectáreas)	4 500 000	6 948 237	1985: 5 642 447 1990: 6 948 237	7 341 803	7 172 553	7 902 793	7 902 793

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

Como consecuencia de lo antes mencionado, la elaboración del presente estudio sobre la Pérdida de cobertura de Bosque Amazónico en el Perú forma parte de los insumos necesarios para el cumplimiento de una serie de metas nacionales de largo, mediano y corto plazo, encaminadas al logro de una gestión integrada y sostenible de los bosques húmedos tropicales, teniendo en cuenta que esta gestión contribuye a la mitigación del cambio climático.







3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

El objetivo principal del estudio es determinar la superficie de Bosque/No bosque al año 2000 y la pérdida anual de bosques húmedos amazónicos del Perú periodo 2000-2011.

3.2. Objetivo específico

1. Determinar la superficie de Bosque/No bosque (en hectáreas) de todo el ámbito amazónico para el año 2000 a nivel nacional y departamental, de tal manera que sirva como una línea base histórica.
2. Cuantificar la pérdida anual de bosques húmedos amazónicos del Perú periodo 2000-2011 a nivel nacional y departamental.

4. ÁREA DE ESTUDIO





4.1. Ubicación y extensión

El área de estudio es de 78 313 996 ha correspondientes al 60,9 % del territorio nacional, que incluye el área de distribución de los bosques húmedos, aguajales, varillales, pacales, sabana y herbazal hidrofítico, así como la respectiva red hidrográfica (ríos, quebradas, islas, playas y cochas). Esta área de estudio fue obtenida a partir del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú (MINAM, 2009). Para tener una fuente uniforme de datos auxiliares, este límite fue correlacionado con los límites departamentales, de tal forma que los dos tengan bordes fronterizos iguales, posteriormente se hizo la rasterización de las capas; obteniéndose un área de 78308801 ha.

FIGURA I
Extensión del Bosque húmedo de la Amazonía peruana

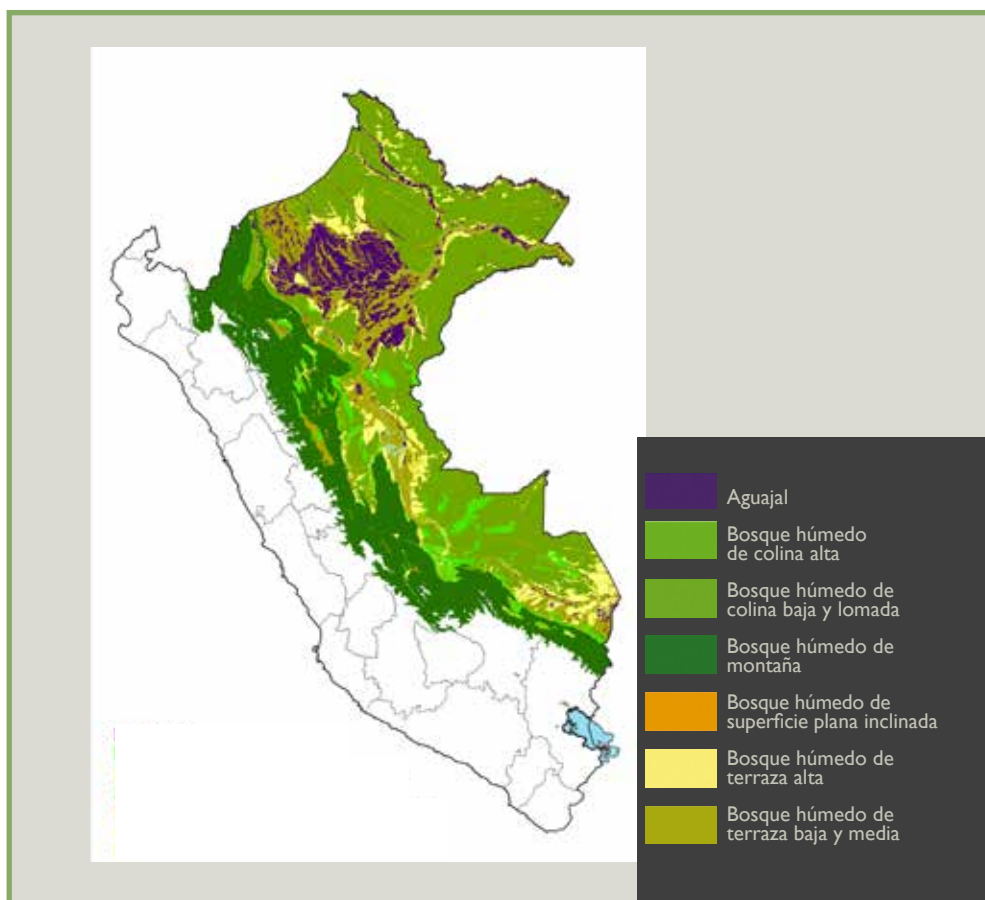


Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

4.2. Características generales de la Amazonía

De acuerdo al Mapa de Cobertura Vegetal del Perú (MINAM, 2009), podemos encontrar diversos tipos de cobertura vegetal. Esta diversidad se debe a la complejidad del modelado fisiográfico, como resultado de las influencias de factores geográficos, geológicos, geomorfológicos, climatológicos y edáficos. En general, podemos diferenciar los siguientes tipos de cobertura vegetal que fueron considerados para la clasificación de Bosque/No bosque y pérdida de bosque en el presente estudio:

FIGURA 2
Mapa de los bosques húmedos de la Amazonía peruana



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

a. Aguajal (Ag)

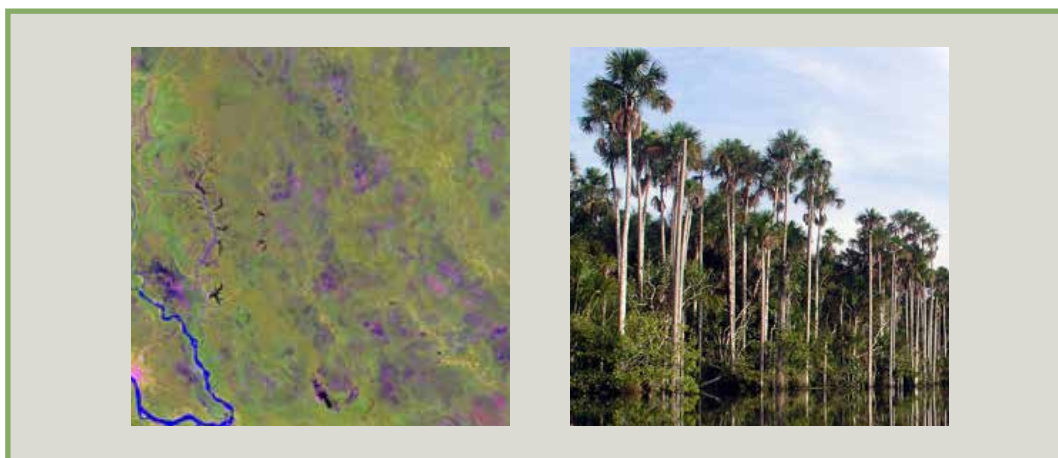
El aguajal es un ecosistema ubicado en la gran llanura de la selva amazónica, desde el nivel mas bajo de los grandes ríos hasta aproximadamente los 750 m. s. n. m. Ocupa una superficie de 6 255 320 ha, que representa el 4,9 % del total nacional (Mapa de Cobertura Vegetal del Perú, 2009).

Corresponde a la unidad vegetal tipo hidromórfica, los suelos presentan un pobre drenaje y abundante materia orgánica con lenta descomposición. Está dominada mayormente por poblaciones de palmeras de la especie *Mauritia flexuosa* conocida como aguaje.

El aguajal produce frutos muy apreciados por la población local y regional, así como de material de construcción. Asimismo, constituye un importante sumidero de carbono del suelo, entre los ecosistemas amazónicos. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009)

FIGURA 3

Aguajales en el departamento de Loreto, mosaico Landsat ETM+



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

b. Bosque húmedo de terraza baja y media (BHTbm)

Esta cobertura comprende al bosque húmedo ubicado en la llanura aluvial de la selva amazónica, tanto en las terrazas bajas como en las terrazas medias y que, debido a la escala de interpretación y al tipo de imagen satelital utilizado, no fueron diferenciados en 2 niveles. Ocupa una superficie de 11 439 879 ha, equivalente al 8,9 % del total nacional.

La cobertura boscosa de la terraza baja es susceptible a las inundaciones de los ríos por su ubicación, relieve y altura (debajo de los 5 m de altura respecto al nivel de las aguas) con pendiente de 0 a 2 % y está conformado por sedimentos aluviónicos recientes, provenientes de los materiales arrastrados por los ríos y quebradas que discurren.

A continuación del bosque de terraza baja inundable se encuentra el bosque ubicado en la terraza media, conformada por terrazas de relieves planos de origen aluvial subreciente. Su altura respecto al nivel de las aguas fluctúa de 5 a 10 m, con pendientes entre 0 y 8 %. Aquí el bosque tiene mayor estabilidad sucesional, la vegetación es predominantemente arbórea primaria con equilibrio dinámico, considerado como maduro, con una estructura vertical y horizontal bien definida, de fustes bien conformados.

Este bosque presenta un gran potencial de recursos forestales maderables y no maderables, así como de servicios ambientales. Su cercanía a los ríos y quebradas hace que este bosque se halle mas expuesto a las actividades que implican la deforestación del bosque original. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

FIGURA 4
Bosque húmedo de terraza baja y media en el departamento de Loreto



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

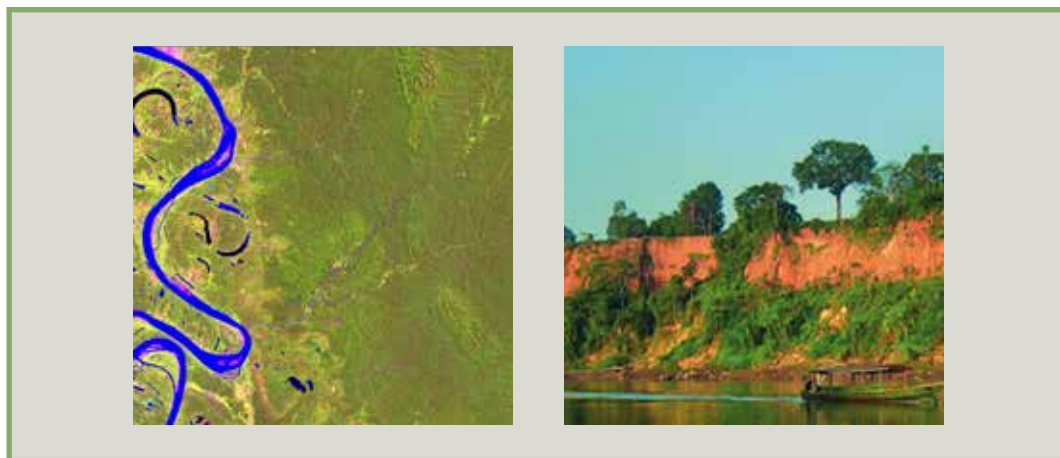
c. Bosque húmedo de terraza alta (BHTa)

Este bosque se encuentra ubicado en una plataforma compuesta por acumulación fluvial antigua con pendiente de 0-15 % y aproximadamente sobre los 10 m de altura respecto al nivel del agua; también existen terrazas de origen tectónico, muchas de ellas alejadas de los ríos, pudiendo ser planas, onduladas o disectadas. Esta última representa el segundo proceso erosivo originado por la precipitación pluvial, la cual produce disecciones en diferentes grados de intensidad traduciéndose en cauces desde superficiales hasta profundos.

Cubre una superficie aproximada de 4 948 916 ha, que representa el 3,9 % de la superficie nacional.

Este bosque presenta un gran potencial de recursos forestales maderables y no maderables, así como de servicios ambientales. Debido a la cercanía de algunas áreas, estas se hallan mas expuestas a las actividades de deforestación. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009)

FIGURA 5
Bosque húmedo de terraza alta en el departamento de Madre de Dios



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

d. Bosque húmedo de colina baja y lomada (BHCbl)

Esta obertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (lomada y colina baja) y, en su conjunto, se extienden sobre 28 029 298 ha que representan el 21,8 % de la superficie nacional.

El bosque ubicado en las lomadas, cuya superficie es menor, se ubica en tierras originadas por acumulación fluvial antigua, presentando una superficie ondulada con pendiente de 8 % a 15 % y una elevación topográfica menor de 20 m de altura con respecto a su base.

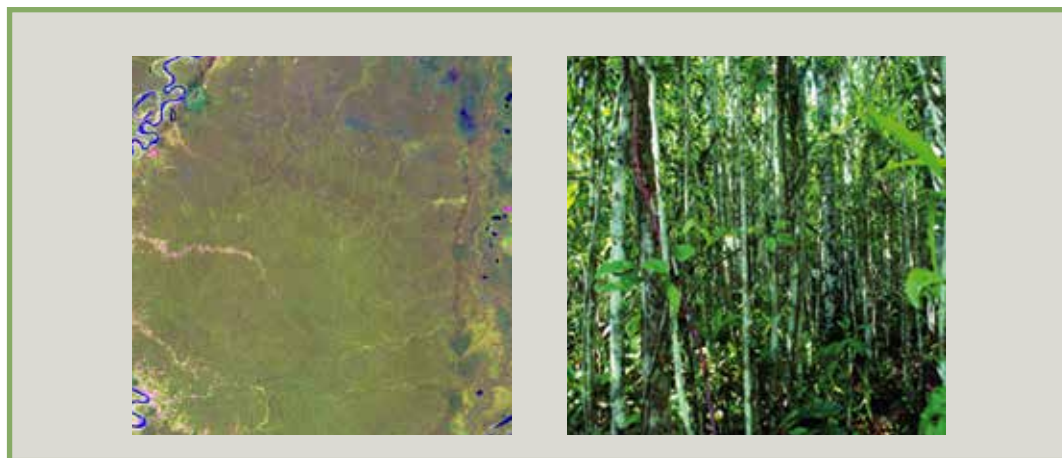
En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, cuya pendiente varía de 15 % a 75 % y una elevación topográfica menor de 80 m de altura con respecto a su base.

Cabe mencionar la presencia de una formación vegetal denominada “varillal”, ubicada de forma discontinua en algunos sectores del departamento de Loreto. Dicha comunidad está dominada por pocas especies de árboles, sumamente delgados y de poca altura, que crecen en suelos de arena (blanca), extremadamente pobre en nutrientes. También se presentan comunidades de cañas silvestres con diferentes grados de cobertura, en algunos sectores, especialmente en los departamentos de Madre de Dios, Cusco y Junín.

Esta cobertura presenta un gran potencial forestal maderable y no maderable, así como de servicios ecosistémicos. Se debe tener en cuenta que las áreas de colinas con fuertes pendientes no son apropiadas para la actividad forestal maderable. Los varillales debido a sus especiales características, deben ser conservados. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

FIGURA 6

Bosque húmedo de colina baja y lomada en el departamento de Loreto



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

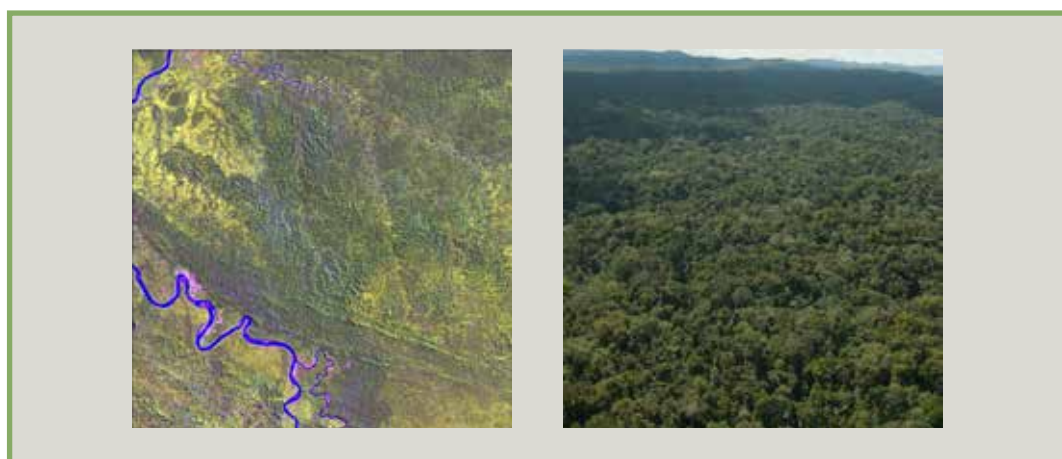
e. Bosque húmedo de colina alta (BHCa)

Este bosque se desarrolla en el paisaje dominado por colinas altas, comprendido por debajo de los 300 m de altura respecto al nivel de su base y con pendiente generalmente superior a 50 %. Ha sido originado por erosión de la antigua acumulación aluvial (anteriores niveles de terraza) y se extiende en 3 125 099 ha, que representa el 2,4 % de la superficie nacional (Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

El bosque se caracteriza por su alta densidad y diversidad florística, la vegetación es predominantemente arbórea. En este tipo de cobertura también se nota la presencia de comunidades de cañas silvestres, con diferentes grados de cobertura, en algunos sectores de la Amazonía, especialmente en los departamentos de Madre de Dios, Cusco y Junín.

Este bosque reporta un buen potencial forestal; sin embargo, la fuerte pendiente del terreno y la alta pluviosidad lo hace altamente vulnerable a los procesos de erosión del suelo fuertes limitaciones para el aprovechamiento forestal maderable. Aún así, se pueden aprovechar los recursos ecosistémicos. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

FIGURA 7
Bosque húmedo de colina alta en el departamento de Cusco



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

f. Bosque húmedo de superficie plana inclinada (BHSp*i*)

Este bosque se encuentra ubicado en planicies inclinadas muy antiguas que forman parte del macizo montañoso andino, comprendido en el ámbito de las cuencas de los ríos Uribamba, Inambari y Pachitea. Ocupa una superficie de 80 301 ha que representa el 0,1 % de la superficie nacional (Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

Esta superficie inclinada antigua presenta una cubierta coluvial con pendiente entre 25 % y 50 %. La naturaleza propia de su litología le hace resistente a los procesos erosivos causado por la fuerte precipitación pluvial. Probablemente, parte de su composición florística sea similar a la del Bosque húmedo de colina alta aledaño. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

FIGURA 8
Bosque húmedo de superficie plana inclinada en el departamento de Ucayali



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

g. Bosque húmedo de montaña (BHM)

Esta cobertura se extiende a través de todo el flanco oriental andino, desde el pie de montaña hasta aproximadamente los 3800 m. s. n. m. en las zonas central y sur del país (límite del pajonal alto-andino) y hasta los 3000 m. s. n. m. en la zona norte del país (límite del páramo). Ocupa una superficie de 15 082 869 ha equivalente a 11,7 % del territorio nacional.

La montaña constituye una geoforma determinada por la longitud de su ladera, superior a los 300 m; con pendiente desde 25 % hasta más de 50 % y en donde se origina, producto de la erosión ocasionada por la alta precipitación pluvial, una red de quebradas que forman muchos valles estrechos en los niveles inferiores. En determinadas zonas de esta montaña existen condiciones climáticas especiales y de exposición que origina lo que se conoce como “bosque nublado”, caracterizada por la presencia de una cubierta casi permanente de nubes, que provoca una frecuente garúa o llovizna.

La fuerte pendiente del terreno, los suelos mayormente superficiales y la alta pluviosidad limitan el desarrollo de la actividad forestal maderable; sin embargo, es posible el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. Cabe resaltar el gran potencial que representa para el ecoturismo. Las condiciones ecológicas y estratégicas de esta cobertura representan un motivo para que sean conservadas y protegidas como centros de biodiversidad y como excelentes proveedores de servicios ecosistémicos (regulación del agua, conservación del suelo, almacén de carbono, riqueza visual, etc.). (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

FIGURA 9

Bosque húmedo de montaña en el departamento de San Martín



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

h. Sabana hidrofitica (Sh)

Esta cobertura se ubica en la parte suroriental del país, en el departamento de Madre de Dios y se extiende al este de Bolivia, oeste de Paraguay y norte de Argentina, en donde es conocida también como “chaco” o “pampa”. Comprende el ámbito del Parque Nacional Bahuaja Sonene.

Esta terraza antigua soporta suelos con escasa materia orgánica, mal drenaje y muchos ácidos, la cual se inunda completamente en la corta temporada de lluvias y se seca totalmente durante el largo periodo seco. Ocupa una superficie de 6136 ha, que representa menos del 0,01 % de la superficie nacional. Esta llanura, conocida en nuestro país como “Pampas del Heath”, presenta una densa cubierta de herbáceas –poáceas y ciperáceas– que van desde los 30 cm hasta los 150 cm de altura, según el lugar, sobre el cual emergen de manera dispersa, palmeras representada por la especie *Mauritia flexuosa* aguaje que además se hace presente de manera concentrada lo largo de los cursos de agua que atraviesa la pampa, formando los denominados “bosques de galería”.

Incluye también pequeños parches de especies leñosas de porte bajo, a manera de pequeños “bosques islas”, adaptados al fuerte contraste entre la excesiva humedad y la sequedad. En estos parches de aprox. 100 m² destacan algunas melastomatáceas de porte arbustivo. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

FIGURA 10

Sabana hidrofitica fácilmente diferenciable en Madre de Dios. Pampas del Heath



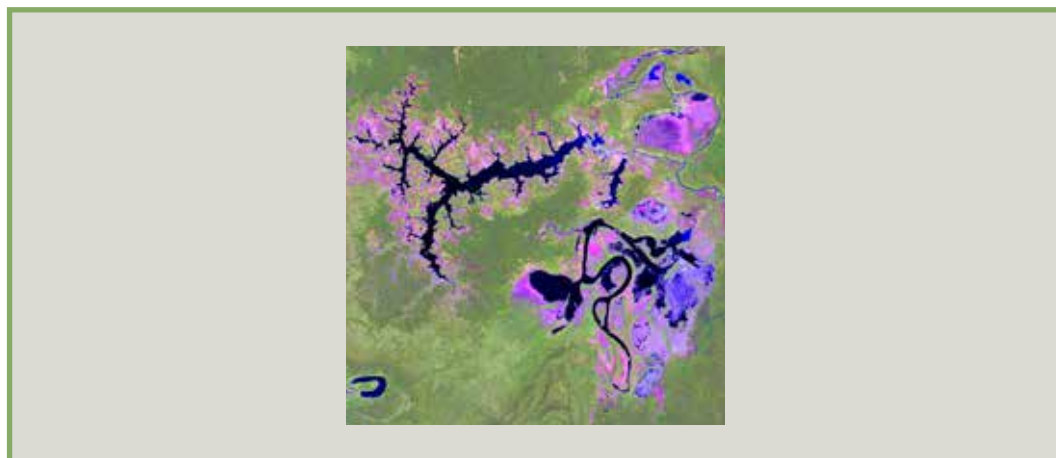
Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.

i. Herbazal hidrofítico (Hh)

Esta cobertura de vegetación se encuentra ubicada en la llanura aluvial inundable de los grandes ríos de la Amazonía, con gran representatividad en el área de influencia del río Ucayali, con un total de 141 546 ha que representan el 0,1 % de la superficie nacional.

Este tipo de cobertura vegetal se desarrolla en suelos hidromórficos, los cuales se inundan por un largo periodo del año y que, al descender el nivel de inundación, aflora un denso tapiz herbáceo de porte bajo que cubre totalmente el suelo. Esta condición edáfica limita drásticamente el desarrollo de formaciones arbóreas, arbustivas o de palmeras, similares a lo que existe en áreas circundantes o adyacentes. Son comunes especies de la familia *Cyperaceae*, *Poaceae*, entre otras. (Memoria Descriptiva del Mapa de cobertura vegetal del Perú, 2009).

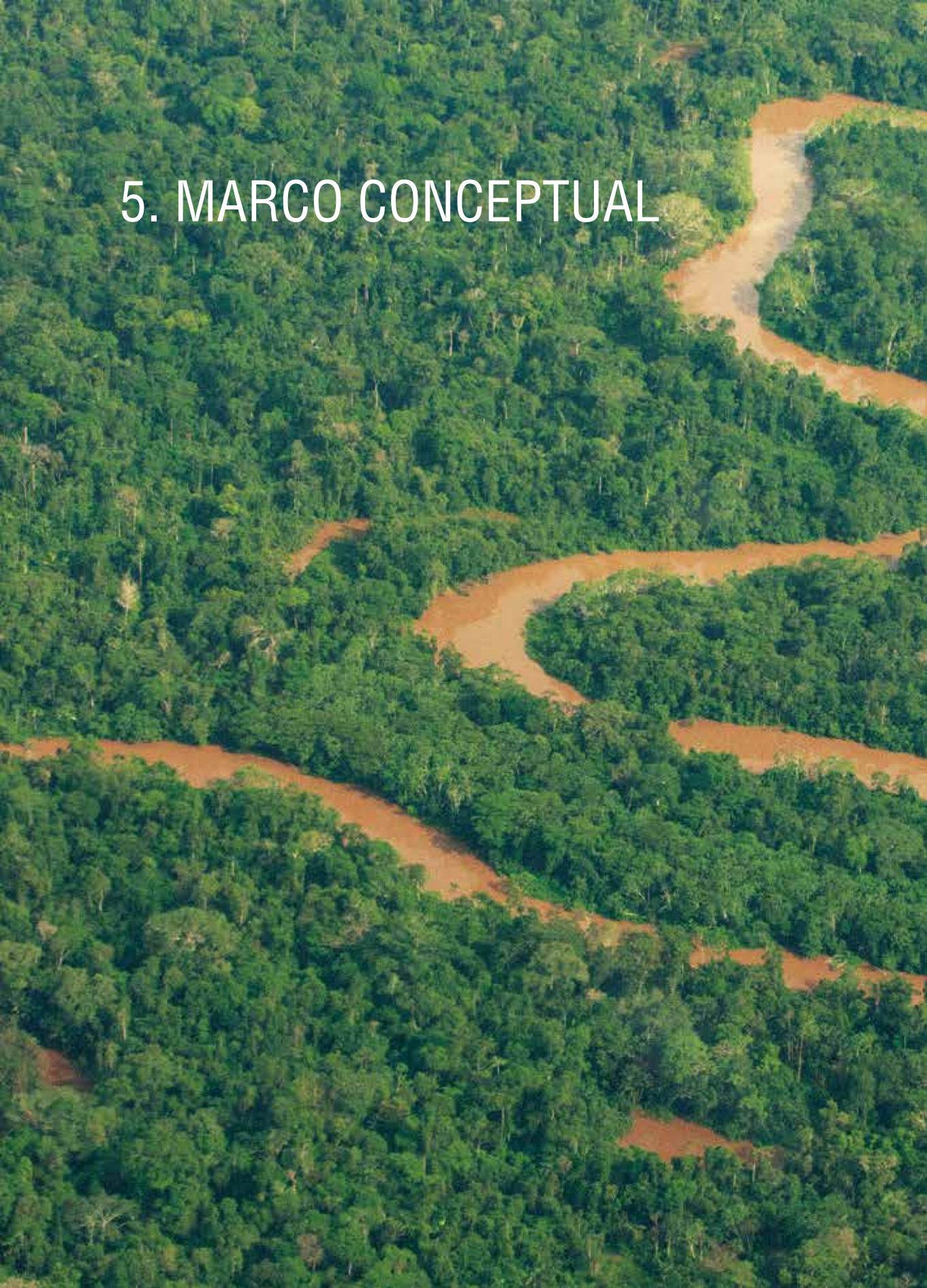
FIGURA 11
Herbazal hidrofítico en Ucayali



Fuente: mosaico de píxeles libre de nubes sobre la base de imágenes Landsat ETM+. Foto: Mapa de Cobertura Vegetal-MINAM.



5. MARCO CONCEPTUAL





Definición conceptual de bosque

Desde el año 2000, en el Perú se han venido elaborando diversas definiciones conceptuales de bosque, que se han ido enriqueciendo y precisando con los diversos aportes que se desarrollan a nivel internacional. Aquí mostramos una revisión de los mismos:

- Mediante el Decreto Supremo n.º 014-2001-AG referido al Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre en su Título I, Capítulo II sobre Definiciones y Abreviaturas en su Artículo 3.9 dice lo siguiente: “Bosque Natural.- Ecosistema nativo, con predominancia arbórea o, intervenido o no, capaz de regenerarse por sucesión natural. Puede ser manejado bajo técnicas y prácticas silviculturales aplicadas para estimular la regeneración natural o para realizar repoblamiento con las especies deseadas”.
- La CMNUCC durante la Segunda Conferencia de las Partes-COP 7 del año 2001 aprobó la decisión 11/CP.7: “Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura” (LULUCF por sus siglas en inglés) donde señala que bosque es la “superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 ha con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 % al 30 % y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros a su madurez *in situ*”.
- La FAO señala, a través del FRA 2010, que bosques son aquellas “Tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel superior al 10 %, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano”.
- Asimismo al interior del MINAM en el año 2012, según acta de reunión en la que participaron diversas Direcciones Generales, el PNCBMCC y el SERNANP se acordó la siguiente definición conceptual de bosques para un nivel nacional: “Ecosistema natural complejo de seres vivos, microorganismos, vegetales y animales,

que se influyen y relacionan al mismo tiempo y se subordinan al ambiente predominantemente de los árboles; que se extiende por mas de 0,5 ha dotadas de árboles de una altura superior a 2 metros o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*, y una cubierta superior al 10 %”.

- En la versión más actualizada del Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal (INF), se define un bosque como un “ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor que 0,5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y presentar una cobertura de copas mínima del 10 %. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa que tienen una altura mínima de 2 metros en su estado adulto para costa y sierra, y 5 metros para la selva amazónica. En su concepción integral, comprende el relieve, suelo, agua, plantas, fauna silvestre y los microorganismos que condicionan asociaciones florísticas, edáficas, topográficas y climáticas con capacidad funcional autosostenible para brindar bienes y servicios. En el caso del bosque denso está estructurado en varios estratos”.

El presente estudio adopta esta última definición reconociendo el esfuerzo integral desarrollado por el MINAM y MINAGRI, analizando la cobertura arbórea en la unidad de un pixel (30 m x 30 m), de acuerdo al alcance de la metodología descrita en los siguientes párrafos. Partiendo de esta definición, se ha desarrollado una definición operativa que mantiene la misma línea integradora respecto a diversos procesos como el INF, la actualización del Mapa de Cobertura Vegetal, el Ordenamiento Forestal, la implementación de REDD+, la Estrategia Nacional de Bosques y Cambio Climático (ENBCC) y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Definición operativa de bosque

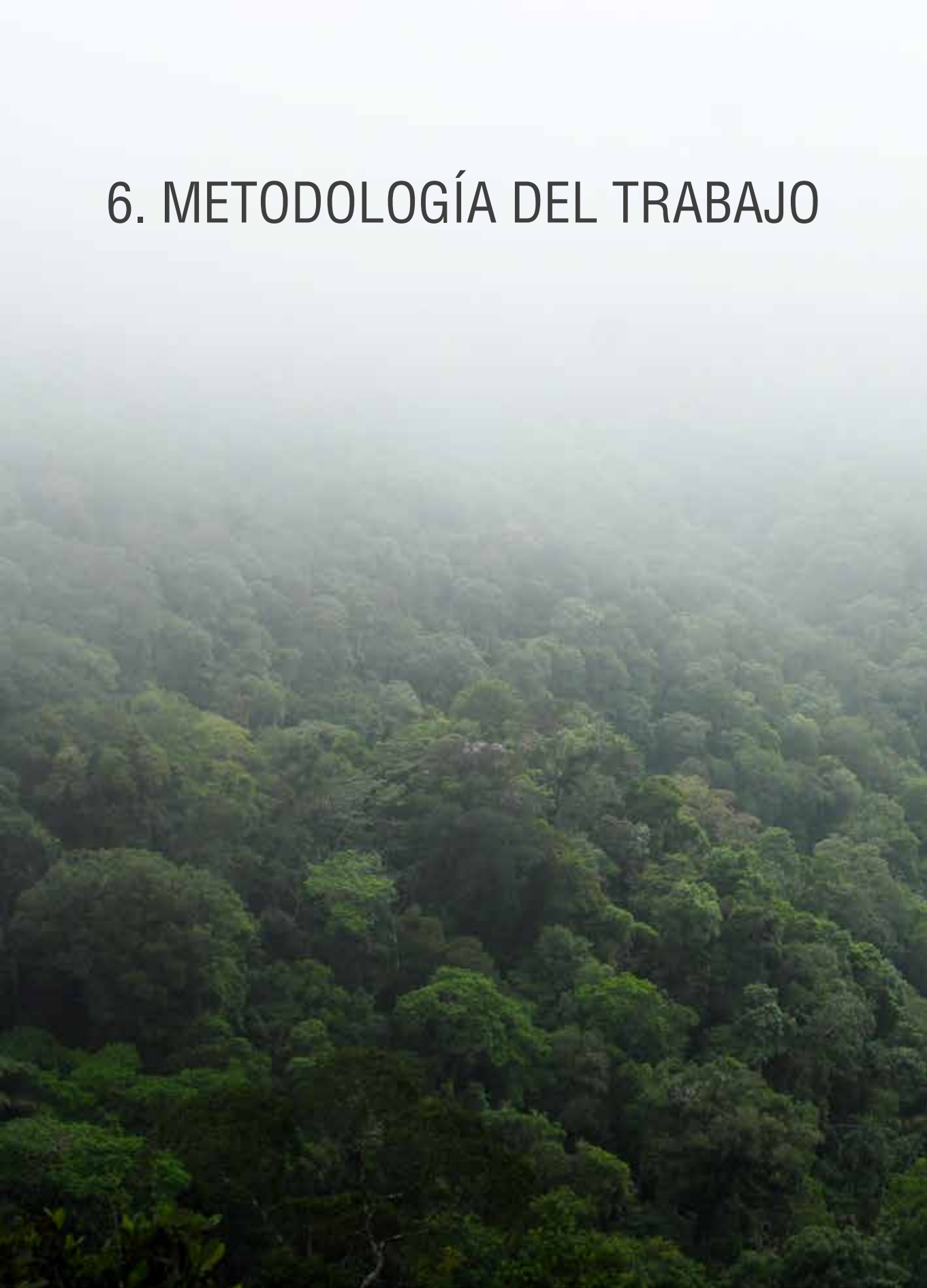
Se basa en el análisis y definición de los tipos de cobertura vegetal que son considerados como bosque, luego de lo cual se establecen áreas de entrenamiento mediante los criterios de interpretación de imágenes satelitales como: tono, color, textura, forma y contexto espacial.

TABLA 3 Tipos de cobertura para las clases de Bosque y No bosque	
BOSQUE	Aguajales
	Bosque de varillales
	Bosque de pacales
	Bosque ribereño
	Bosque de terrazas, lomadas, colinas y montañas
NO BOSQUE	Bosque secundario
	Herbazales
	Sabana hidrofitica
	Áreas agropecuarias
	Áreas mineras
	Centros poblados e infraestructura
	Redes viales

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.



6. METODOLOGÍA DEL TRABAJO





6.1. Materiales

6.1.1. Cartografía digital

La cartografía digital que se utilizó como apoyo para la identificación de las áreas deforestadas en la Amazonía peruana se presenta a continuación:

MINAM: Mapa de Cobertura Vegetal del Perú-2009- Escala 1:100 000

CONAM: Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana-2000 (PROCLIM) escala 1:100 000

MINISTERIO DE TRANSPORTES: Red Vial 2003, escala 1:100 000

ANA: Mapa de Unidades Hidrográficas del Perú (Cuencas Hidrográficas) 2008, escala 1:100 000

INEI: Límite departamental-2007
Límite provincial-2007
Límite distrital-2007

IGN-MINISTERIO DE EDUCACIÓN: Cartas Nacionales Digitales: Hidrografía, Curvas de Nivel, escala 1:100 000

6.1.2. Data satelital

Se trabajó con:

6.1.2.1. Imágenes Landsat 7 ETM+

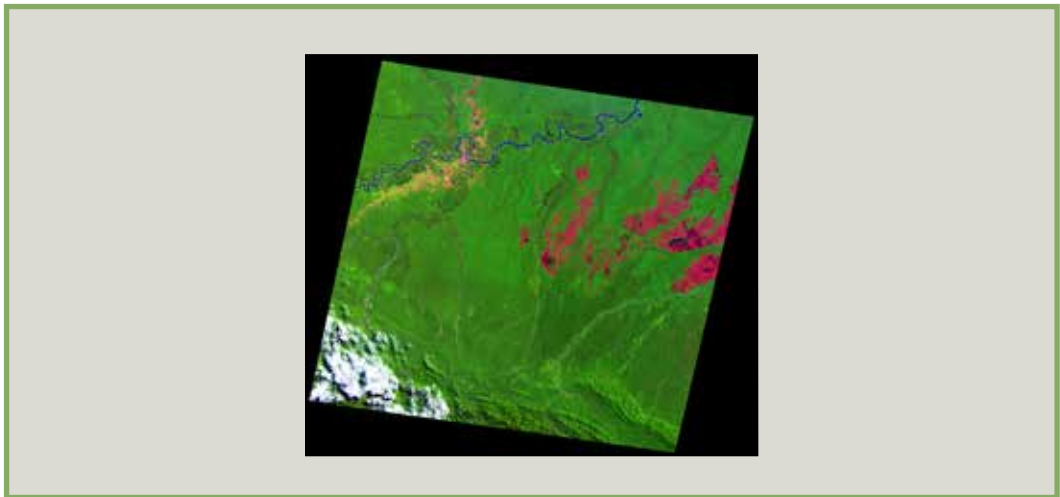
El sensor Landsat 7 ETM+ con imágenes de libre disponibilidad, brinda información casi ininterrumpida desde julio del año 1999, con una vigencia temporal de 16 días. Posee una resolución espacial de 30 m en las bandas visible e infrarroja, una banda termal de 60 m y una banda pancromática de 15 m, cubriendo por escena 170 x 183 km. El sensor ETM+ provee imágenes con 8 bandas espectrales que son la base en los procesos de clasificación. (Detalle ver protocolo).

TABLA 4
Bandas espectrales en imágenes Landsat ETM+

Bandas Landsat	Rango espectral (μm)	
Banda 1	Azul	0,45-0,52
Banda 2	Verde	0,53-0,61
Banda 3	Rojo	0,63-0,69
Banda 4	Infrarrojo cercano	0,78-0,90
Banda 5	Infrarrojo onda corta	1,57-1,78
Banda 6	Termal	10,45-12,42
Banda 7	Infrarrojo de onda corta	2,09-2,35
Banda 8	Pancromático	0,52-0,90

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 12
Ejemplo de imagen Landsat 7ETM+

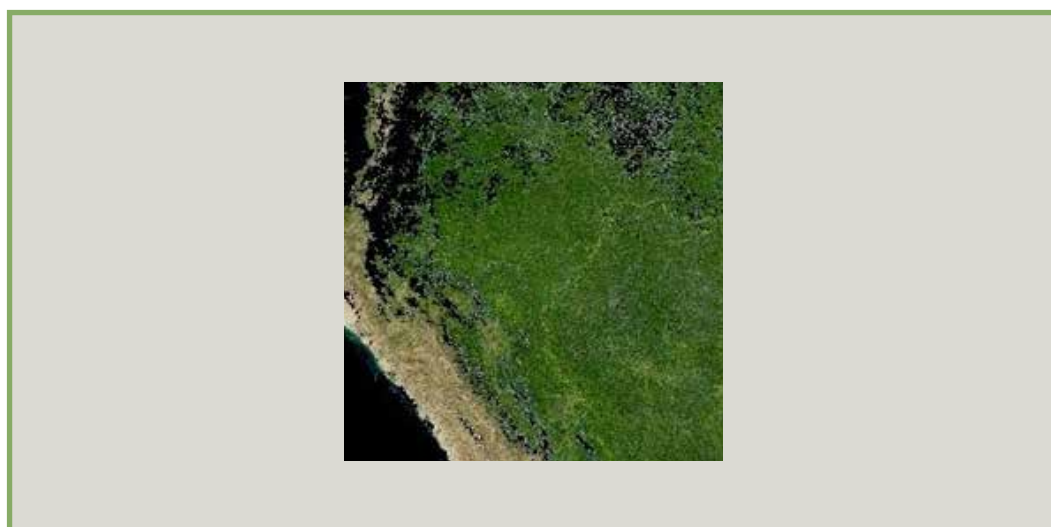


Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.1.2.2. Imágenes MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrometer*)

Son imágenes tomadas por los satélites Terra-1 y Aqua-1, con una resolución espacial de 250, 500 y 1000 m, con una resolución espectral de 36 bandas y una resolución temporal de 1 a 2 días. Las 36 bandas poseen diferentes resoluciones de las cuales 2 bandas poseen 250 m, 5 bandas poseen 500 m y el resto de bandas cuentan con resolución de 1000 m. El área de cobertura es de 10 x 10, divididos en “tiles” o cuadros con una cobertura global. Estos son utilizados en las etapas de preprocesamiento de las imágenes Landsat, como en la normalización de los datos.

FIGURA 13
Ejemplo de Imagen MODIS

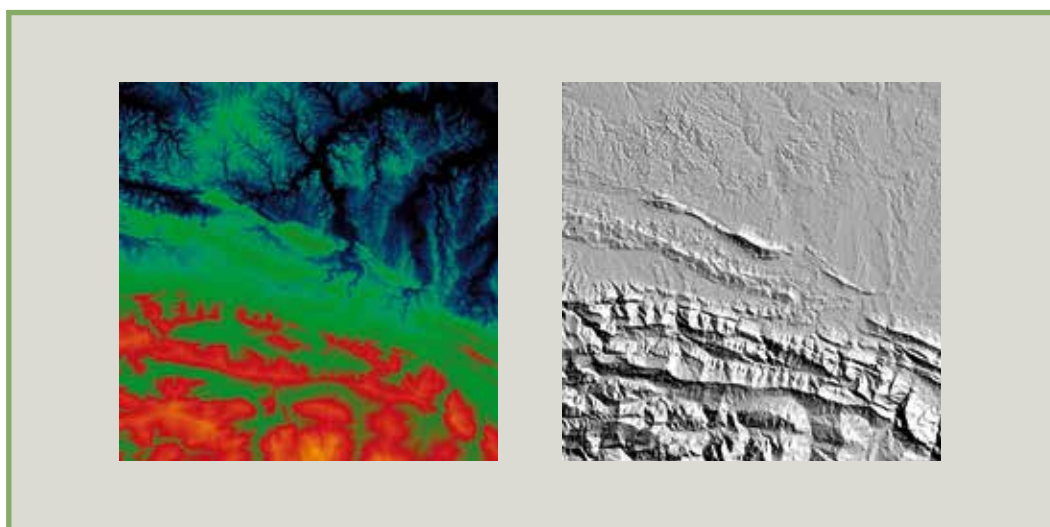


Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.1.2.3. Imágenes SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*)

Es un sistema de radar para adquirir datos de elevación topográfica. Se utilizaron los datos mejorados del SRTM, disponibles en el CGIAR-CSI a 90 m de resolución espacial. Los datos de elevación del SRTM fueron re proyectados, para luego realizar un remuestreo de los píxeles a 30 m para coincidir con la resolución espacial de las imágenes Landsat-ETM. Los datos de altitud y pendiente forman también parte de las métricas de clasificación.

FIGURA 14
Ejemplo de SRTM y DEM



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.1.3. Equipos de cómputo

- 02 PC *Workstation Mac Pro*. Sistema Operativo de 64 Bit. Procesador Intel (R) Xeon (R) CPU E5645 Dos Procesadores de 2.40GHz y 2.53GHz.
- 06 PC Core i7
- *Plotter*
- Cámara fotográfica
- GPS

6.1.4. Programas informáticos

Se utilizaron los siguientes programas:

- PCI Geomática 2012 utilizado en la clasificación, la edición y la validación final de los mosaicos, es un *software* que integra por sí mismo todas las herramientas utilizadas para la teledetección, análisis espacial, fotogrametría y cartografía, siendo capaz de incrementar la productividad.
- ArcGIS 10 utilizado en la composición cartográfica y análisis espacial, es una completa plataforma de información que permite crear, analizar, almacenar y difundir datos, modelos y mapas.
- Google Earth 7.1.1 utilizado como apoyo en la verificación de las coberturas de bosque y No bosque, es un programa informático que muestra de forma virtual cartografía múltiple, tomando como base imágenes satelitales de LANDSAT.

6.2. Proceso metodológico

A continuación se describe cada etapa de el proceso metodológico llevado a cabo para la obtención del Mapa de Bosques y No bosque 2000, así como el Mapa de Pérdida de los Bosques Húmedos Amazónicos del Perú 2000-2011.

FIGURA 15
Proceso metodológico seguido



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.1. Primera etapa: preprocesamiento

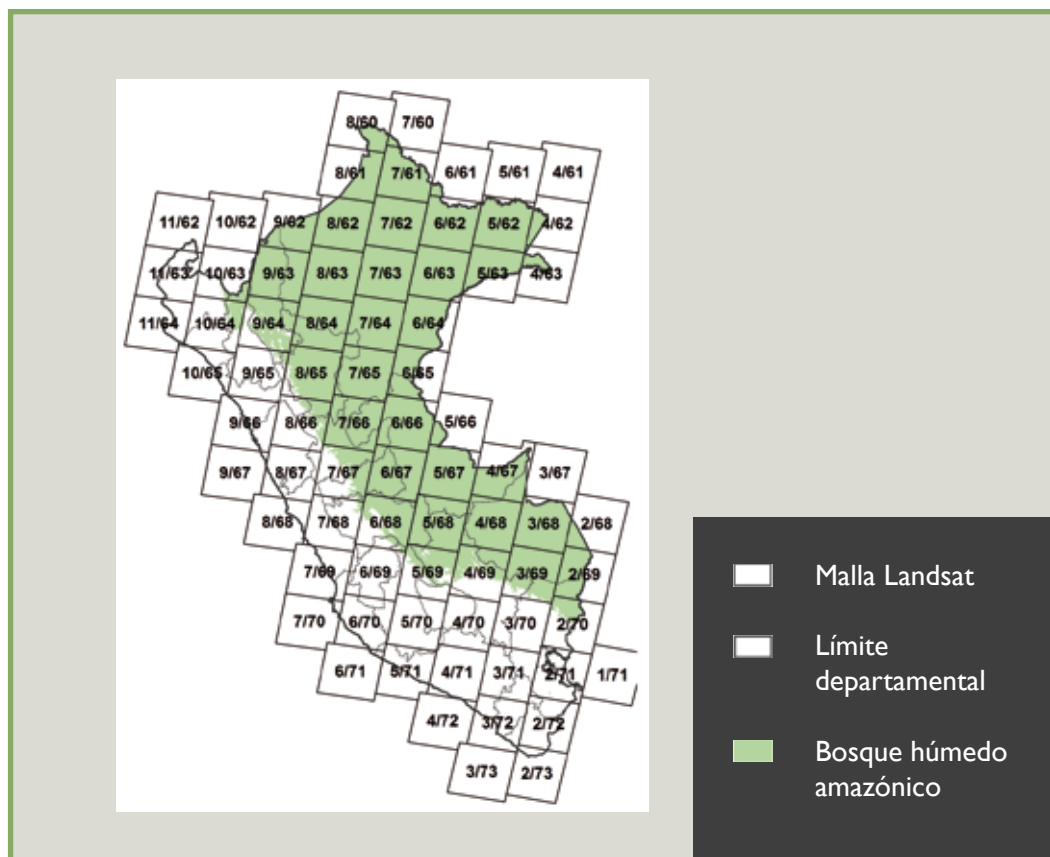
6.2.1.1. Obtención de imágenes satelitales

Para el mapeo de la cobertura Bosque/No bosque y pérdida en los Bosques de amazonía peruana se utilizaron imágenes Landsat ETM+, tomadas entre los años 1999 al 2011, disponibles en el *Earth Resources Observation and Science Center (EROS)* del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) .

Se seleccionó los *Path/Row* correspondientes a todo el territorio peruano y se procedió a descargar las imágenes relativamente libres de nubes (70-80 % máximo de cobertura de nubes). El banco de imágenes para todo el Perú incluyó más de 11 000,00 imágenes.

FIGURA 16

Malla de cobertura satelital LANDSAT para el territorio peruano



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.1.2. Preprocesamiento de imágenes

Las imágenes descargadas tienen el nivel de procesamiento LTI, que incluye una rectificación geométrica y está libre de distorsiones. Posteriormente, fueron reproyectadas al sistema de referencia sinusoidal porque este tiene mayor precisión en la unidad mínima de mapeo (1 píxel: 0,09 hectáreas).

Estos datos pasaron por una evaluación de calidad, en el cual se utilizó un modelo de detección de nubes, sombras, neblina atmosférica y agua, obteniéndose un conjunto de píxeles libres de nubes. Toda esta información fue normalizada utilizando imágenes MODIS con las se corrigieron variaciones de reflectancia debido a la anisotropía de la superficie, al ángulo de elevación solar, entre otros.

Finalmente se crean las métricas, que son variables estadísticas generadas a partir de los datos Landsat libre de nubes. Este conjunto de métricas permite detectar la pérdida en forma precisa en determinados periodos de tiempo (métricas multitemporales). (DeFries *et al.*, 1995 y Hansen *et al.*, 2008).

FIGURA 17
Detalle del proceso metodológico en la etapa de preprocesamiento de imágenes



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

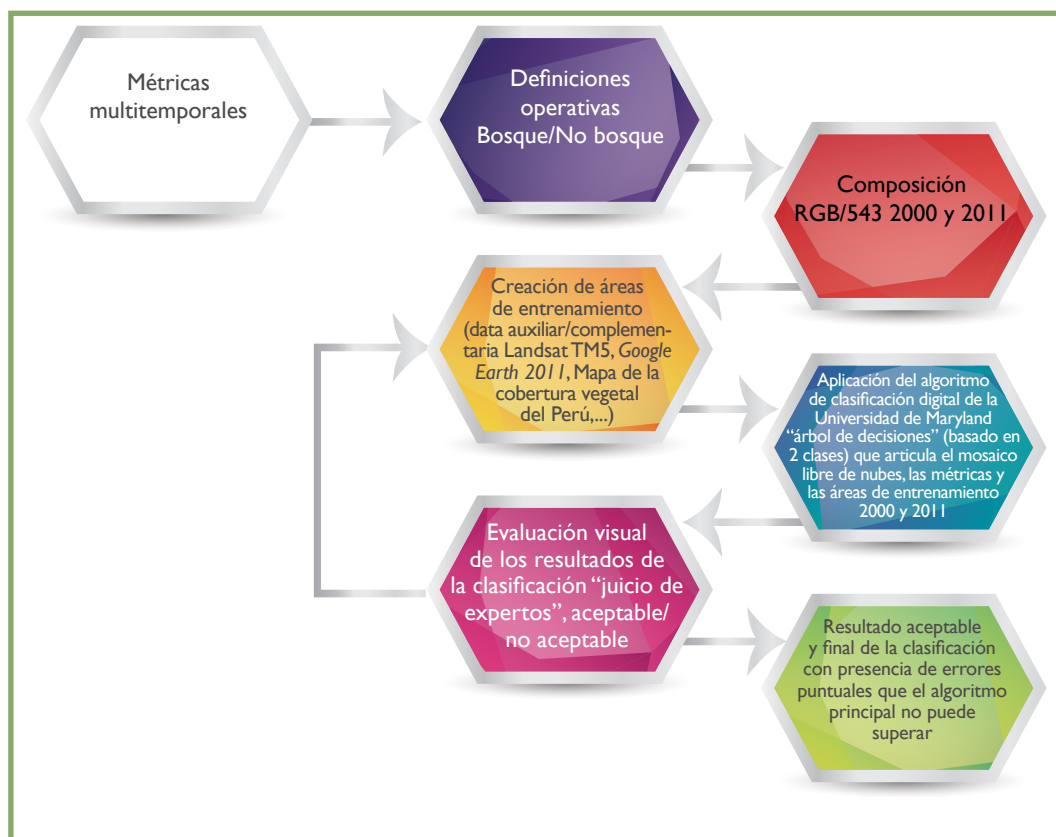
6.2.2. Segunda etapa: clasificación

La clasificación de una imagen digital es un proceso de asignación de píxeles a las clases. El propósito del proceso de clasificación es categorizar todos los píxeles de una imagen digital en una de las varias clases de cobertura de suelos.

La clasificación digital de estos datos utiliza el algoritmo diseñado por la Universidad de Maryland, el cual está basado en “árbol de decisiones”. Este clasificador permite crear tipos de muestras de entrenamiento (Bosque/No bosque, Pérdida/No pérdida) de forma manual.

A continuación se detalla el proceso de clasificación en el siguiente gráfico:

FIGURA 18
Detalle del proceso metodológico en la etapa de clasificación de imágenes



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.2.1. Aplicación de la definición de bosques

La clasificación de cobertura de Bosque/No Bosque para el año 2000 partió de la creación de áreas de entrenamiento, basados en el concepto operativo de bosque a aplicar. Esta toma de áreas de entrenamiento es realizada por profesionales especialistas en la materia y utiliza los criterios de interpretación expuestos por Chuvieco (2000, 2002) y que también fueron utilizados en el informe de PROCLIM para el año 2000.

De acuerdo a Chuvieco (2000, 2002) los criterios de interpretación que permiten discriminar categorías con un comportamiento espectral parejo, aunque con un significado temático distinto, de los cuales el brillo y color son los criterios mas elementales, pues caracterizan espectralmente a una cubierta; la forma, tamaño y textura tienen que ver con las propiedades espaciales de los objetos; la sombra y el desplazamiento, con su relación a los objetos circundantes, y finalmente la dimensión temporal hace referencia a la evolución estacional de las cubiertas. A continuación se definen los criterios de interpretación utilizados en nuestro análisis:

- **Brillo-tono**

Considerado uno de los principales criterios de interpretación, hace referencia a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro. El tono se relaciona estrechamente con el comportamiento espectral de las distintas cubiertas, para la banda particular del espectro sobre la que se trabaje. Por lo tanto; el tono de una cubierta varía con la banda del espectro considerada. Un intérprete podrá reconocer múltiples categorías por el contraste de tonos oscuros en las bandas del espectro, una mayor experiencia permite seleccionar las bandas mas idóneas para reconocer determinados rasgos de interés.

- **Color**

El color resulta un elemento básico en la interpretación visual de imágenes, ya que el color que aprecian nuestros ojos es fruto de la reflectividad selectiva de los objetos a distintas longitudes de onda. Aquellas superficies con alta reflectividad en longitudes de ondas cortas y baja en el resto aparecen con color azul, mientras ofrecen un tinte rojo si absorben las longitudes cortas y reflejan las largas. Las tonalidades mas habituales se corresponden con las siguientes cubiertas. Cabe resaltar que estas tonalidades van a depender de la combinación de bandas RGB, de acuerdo a los requerimientos del análisis que se desee obtener:

- Rojo-magenta: denota vegetación vigorosa, como cultivos regados, bosques de caducifolias y cultivos herbáceos de secano.
- Rosa: muestra áreas vegetales menos densas y/o vegetación en temprano estado de crecimiento.

- Blanco: áreas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad: nubes, arenas, suelos desnudos, nieve, etc.
- Azul oscuro a negro: superficies cubiertas total o parcialmente por agua: ríos, canales, lagos, embalses.
- Gris a azul metálico: ciudades o áreas pobladas.
- Marrón: vegetación arbustiva, muy variable en función de la densidad y del tono de sustrato.
- Beige-dorado: identifica zonas de transición, prados secos, frecuentemente asociados al material ralo.

- **Textura**

Referida a la aparente rugosidad o suavidad de un departamento de la imagen; en definitiva, al contraste espacial entre los elementos que la componen. La textura de la imagen procede de la relación entre el tamaño de los objetos y la resolución del sensor. El criterio de textura es muy importante para discriminar determinadas cubiertas que pueden ofrecer un comportamiento espectral uniforme, cuanto mas similares sean la tonalidad será mas homogénea en el interior de la cubierta y la textura será mas lisa, de lo contrario si existe una alta heterogeneidad en los niveles de gris de esa cubierta aparecerá muy rugosa y con textura grosera.

- **Contexto 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. En muchas ocasiones no cabe mas criterio para separar las cubiertas que ponerlas en relación con el entorno geográfico. Aquí también es muy importante considerar el conocimiento que el intérprete pueda tener de las diferentes áreas a ser analizadas.

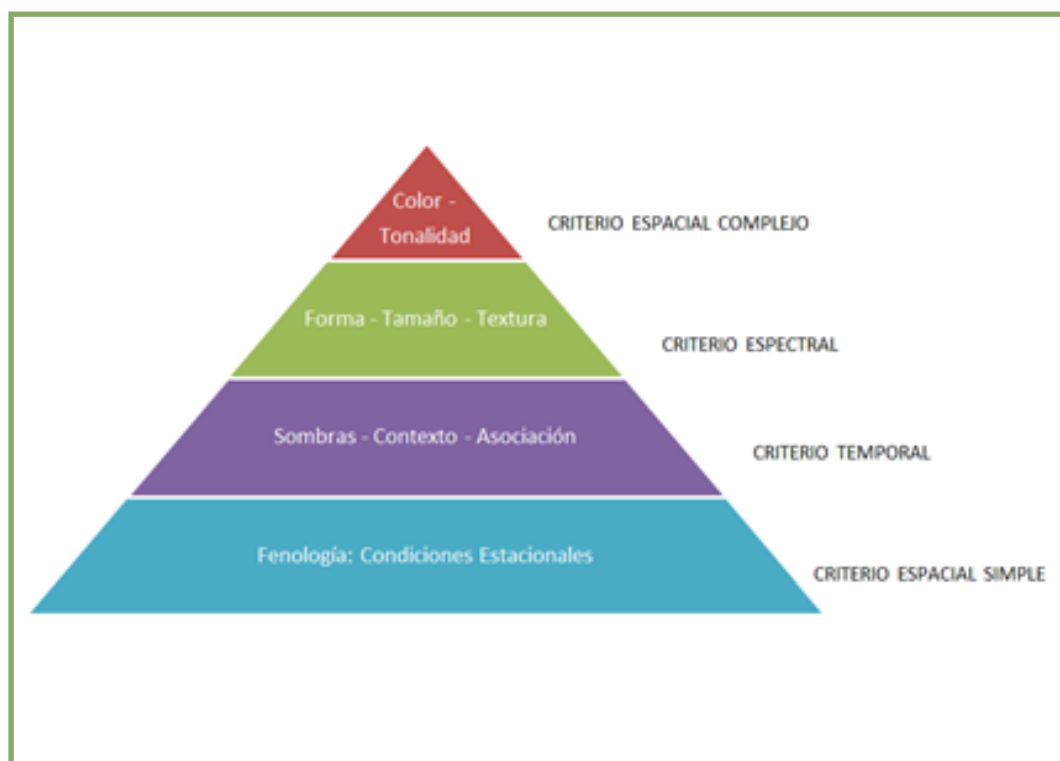
- **Otros criterios de análisis e interpretación visual**

Se hace importante enriquecer la interpretación apoyándose en otros aspectos secundarios, como los que se incluyen a continuación:

- Sombras: permiten realzar la interpretación de los rasgos geomorfológicos y de la textura de la imagen.
- Espacial: indica una organización peculiar de los objetos que forman una determinada cubierta.
- Contorno forma: facilita el reconocimiento de algunos rasgos particulares, así mismo permite reconocer elementos individuales en la imagen.

- **Tamaño:** el empleo de este criterio viene marcado por la resolución espacial de las imágenes. En aquellas de mayor resolución pueden distinguirse objetos particulares, mientras que en las de menor detalle solo pueden señalarse rangos a ciertos tipos de superficie.
- **Período de adquisición:** las características orbitales de un satélite permiten que las imágenes sean adquiridas periódicamente y en condiciones similares de observación, facilitándose así cualquier estudio que requiera una dimensión temporal.

FIGURA 19
Organización jerárquica de los criterios de interpretación visual



Fuente: adaptado de Comunidad Europea, 1993.

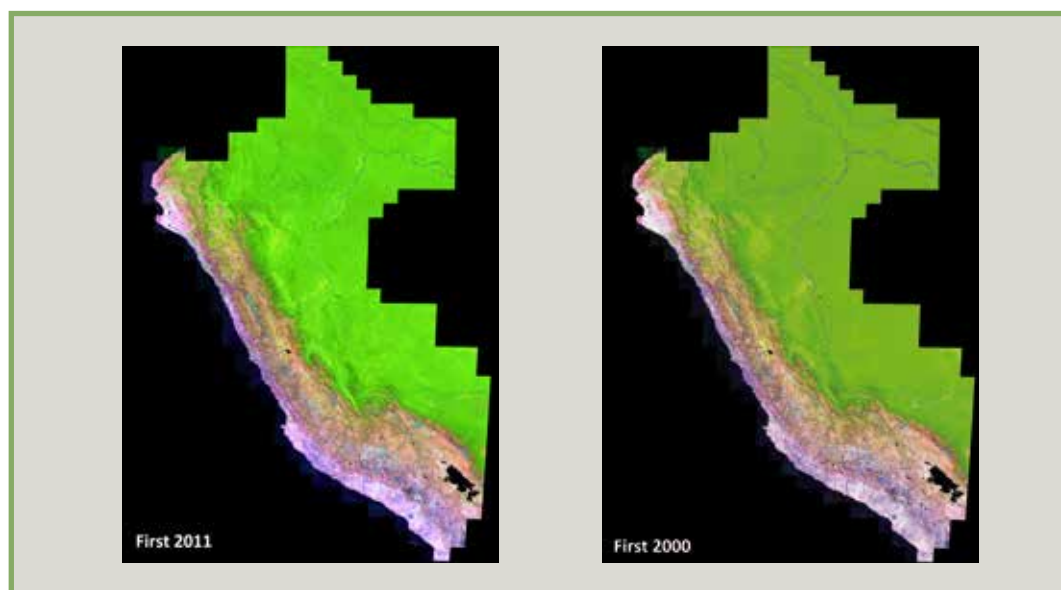
6.2.2.2. Compositos libres de nubes

Los compositos (libres de nubes) de las imágenes LANDSAT ETM+ son utilizados como base para crear las muestras o áreas de entrenamiento RGB543. Se caracterizan por mostrar, en tonos verde oscuro, la cobertura forestal en estado maduro; en tonos verde brillante, la vegetación en proceso de crecimiento y en tonos fucsias, las áreas urbanas.

El suelo desnudo se presenta en diversos tonos debido a su composición química, textura y contenido de humedad; presentando en la mayoría de los casos tonos rosáceos, fucsias o rojizos. También algunas zonas deforestadas se muestran en verdes bastante opacos.

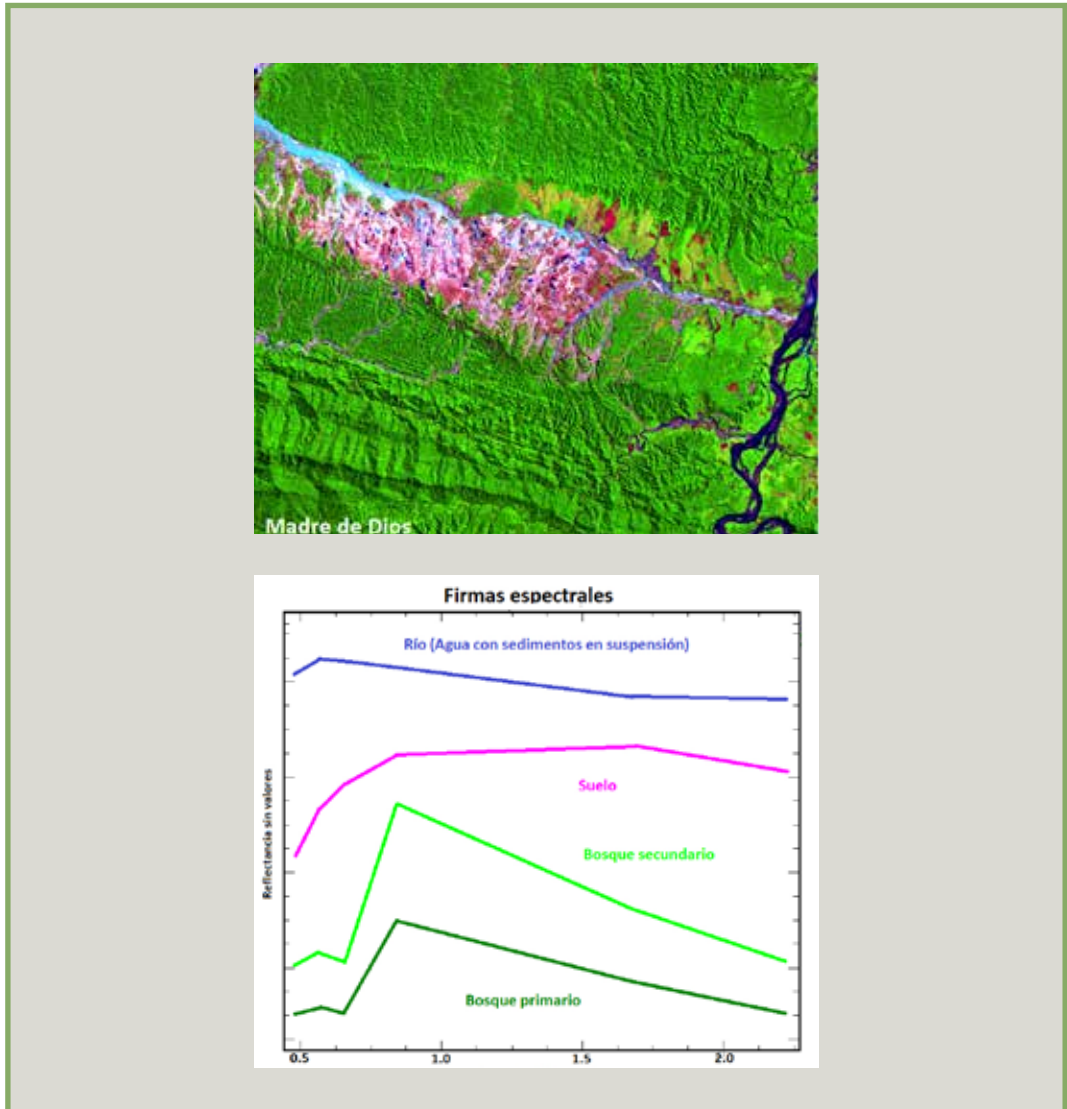
El agua presenta tonos oscuros debido a que no cuenta con elementos en suspensión; mientras que, en el caso de aguas turbias con altos contenidos de elementos en suspensión, se muestran en tonos celestes y azulados. Estas diferencias se deben a la reflectividad de las diversas superficies encontradas, en este caso para la vegetación, encontramos que la diferencia de tonos se debe a la alta reflectividad que posee la clorofila en la banda 4 de la imagen LANDSAT-ETM.

FIGURA 20
Compositos libres de nubes



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 21
Combinación RGB543 y las firmas espectrales de agua, suelo y bosques



Superior: la imagen muestra claramente las diferencias de brillo, color y textura entre los distintos tipos de materiales;
Inferior: las firmas espectrales muestran las distintas características de absorción y reflectividad que poseen estos materiales. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.2.3. Toma de áreas de entrenamiento

La metodología permite crear dos tipos de muestras o áreas de entrenamiento según la clasificación a realizar:

- Las muestras de Bosque y No bosque: con el fin de elaborar el Mapa de Bosque y No bosque del año 2000.
- Las muestras de Pérdida y No Pérdida, dentro del límite del área definida como Bosque para el año 2000: con el fin de elaborar el Mapa de pérdida de Bosques Húmedos Amazónicos del 2000 al 2011.

6.2.2.3.1. Criterios técnicos para la toma de muestras o áreas de entrenamiento en la clasificación del Bosque y No bosque 2000

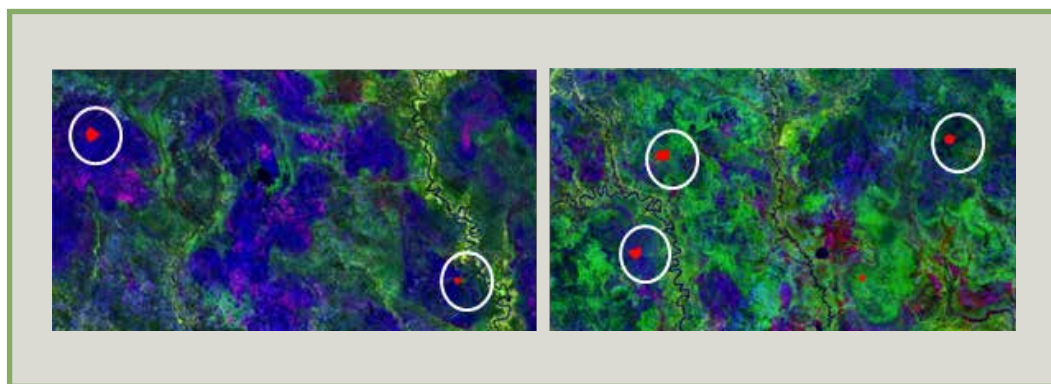
Para la clasificación del Mapa base de Bosque y No bosque para el año 2000 se tomó muestras de entrenamiento, las cuales se basaron en los criterios establecidos en el punto “a” y aplicados a los tipos de cobertura mencionadas en la tabla 3.

Es importante indicar que los criterios anteriormente expuestos pueden ser asociados a tipos de cobertura forestal específicas que se identifican en las imágenes, con lo cual se logra fácilmente aplicar de manera indirecta un concepto de bosque que podría ser sumamente teórico. Además, es preciso destacar que mediante un juicio de expertos —que contó con la presencia de representantes de diversas direcciones del MINAM (DGEVFPF, DGOT, PNCBMCC, Proyecto REDD+), órganos adscritos (SERNANP) y MINAGRI (DGFFS)— se uniformizaron los tipos de coberturas que serían consideradas dentro de la categoría de bosque y que se señalan en la tabla 3. De este modo, se logró aplicar un concepto práctico basado en tipos de bosque que son identificables en una imagen de satélite.

- Ejemplos de muestras en cobertura de bosque

A continuación en las figuras 22 al 25 se muestran algunos ejemplos del proceso de toma de muestras:

FIGURA 22
Muestras de entrenamiento en aguajales



Áreas aledañas al río Marañón, frente a la Reserva Nacional Pacaya Samiria, departamento de Loreto. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 23
Muestras de entrenamiento en zonas de colina baja y lomada



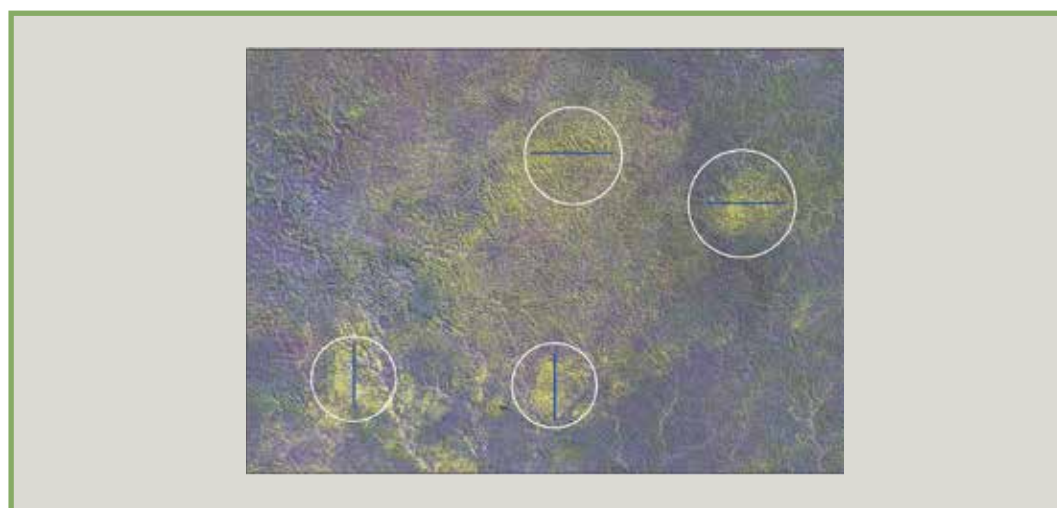
Izquierda: cercanías al Área de Conservación del Alto Nanay en el departamento de Loreto. **Derecha:** muestras de entrenamiento color rojo y azul para Bosque y No bosque respectivamente en áreas cercanas a las comunidades nativas Shampuyacu y Bajo Naranjillo por el río Mayo en el departamento de San Martín. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 24
Muestras de entrenamiento en bosque de terraza alta



Izquierda: muestras de entrenamiento en los alrededores de la concesión para la conservación del río Los Amigos, departamento de Madre de Dios. **Derecha:** muestras en bosque ribereño en los márgenes del río Pastaza en el departamento de Loreto. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 25
Muestras de entrenamiento en bosque de pacal en el departamento de Madre de Dios



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

- **Ejemplos de muestras en cobertura de No bosque**

A continuación en las figuras 26 al 31 se muestran algunos ejemplos del proceso de toma de muestras:

FIGURA 26

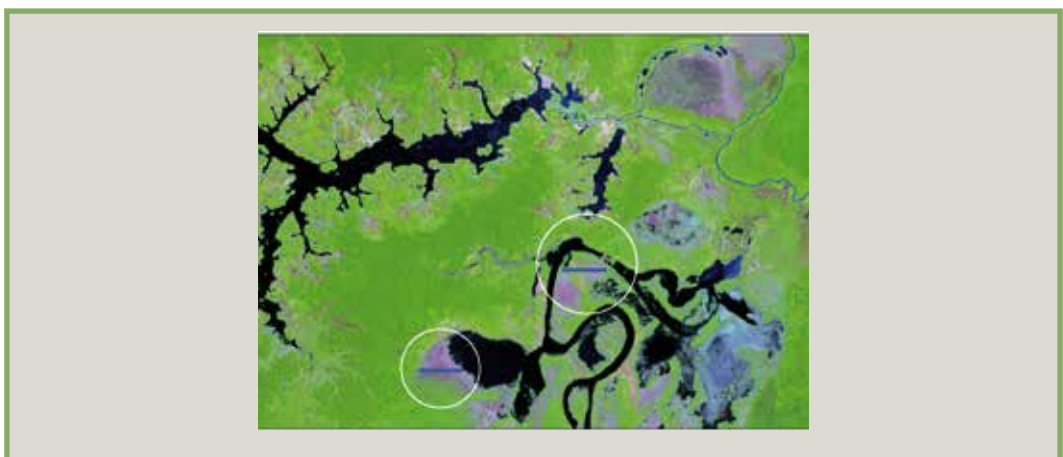
Muestras de entrenamiento para Bosque y No bosque en bosque primario y secundario respectivamente en zonas cercanas a Yurimaguas, departamento de San Martín



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

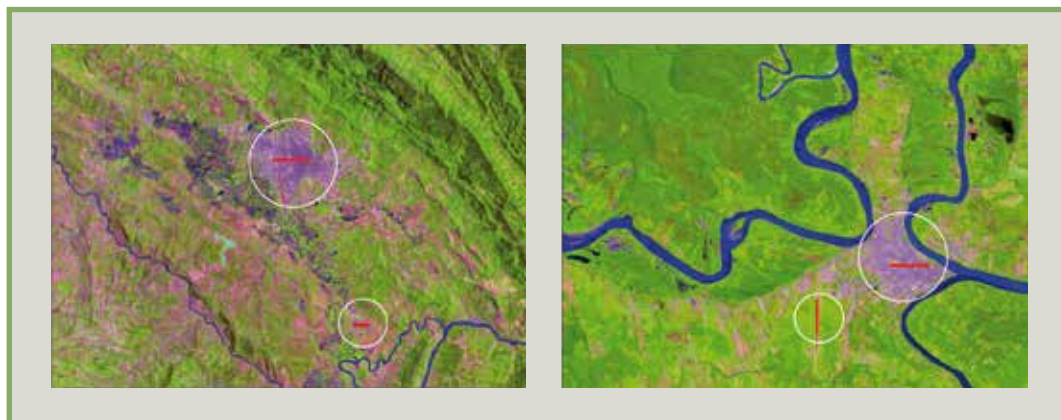
FIGURA 27

Muestras de entrenamiento para Bosque y No bosque en herbazales en el departamento de Ucayali



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 28
Muestras de entrenamiento en centros poblados



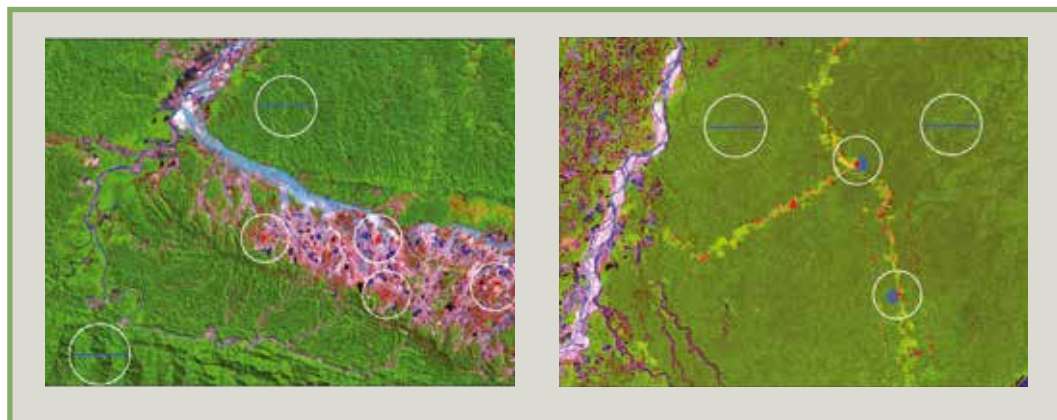
Izquierda: zona correspondiente a la ciudad de Moyobamba y alrededores en el departamento de San Martín. **Derecha:** ciudad de Puerto Maldonado y alrededores en el departamento de Madre de Dios. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 29
Muestras de entrenamiento de Bosque y No bosque en redes viales



Izquierda: las imágenes corresponden al distrito de Andoas, en el departamento de Loreto. **Derecha:** zona al norte del río Malinowsky, en el departamento de Madre de Dios. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 30
Muestras de entrenamiento de Bosque y No bosque en áreas mineras



Izquierda: zona de Huaypetue en el departamento de Madre de Dios. **Derecha:** zona cerca al centro poblado Primavera Baja en el distrito de Inambari, departamento de Madre de Dios. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 31
Muestras de entrenamiento en terrenos agrícolas



Izquierda: zonas aledañas al centro poblado San Ignacio en el departamento de San Martín. **Derecha:** zonas aledañas a la ciudad de Puerto Maldonado en Madre de Dios. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.2.3.2. Criterios técnicos para la toma de muestras o áreas de entrenamiento en la clasificación de la pérdida de los bosques húmedos amazónicos del Perú 2000-2011

En el proceso de clasificación de Pérdida de bosques amazónicos del Perú, periodo 2000-2011, se realizaron áreas de entrenamiento divididas en 2 clases (Pérdida/No pérdida). Se tomaron muestras, enfocándose en las áreas que observaron pérdida de cobertura de bosques primarios y teniendo como base los mosaicos de imágenes Landsat-ETM+ sin nubes del año 2000 y año 2011 y una composición de pérdida. La composición de pérdida se realizó cruzando la banda 5 de los dos años (2000 y 2011) en los cañones RGB, obteniéndose una imagen donde los tonos rojos muestran algún tipo de cambio entre las coberturas de ambos años.

Una vez obtenida la capa de pérdida de cobertura de bosque entre los años 2000-2011, se aplicó el algoritmo que identifica el año en que sucedió la pérdida. Posteriormente, se evaluó el producto para proceder a realizar una edición o corrección de áreas problemáticas utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes y edición manual.

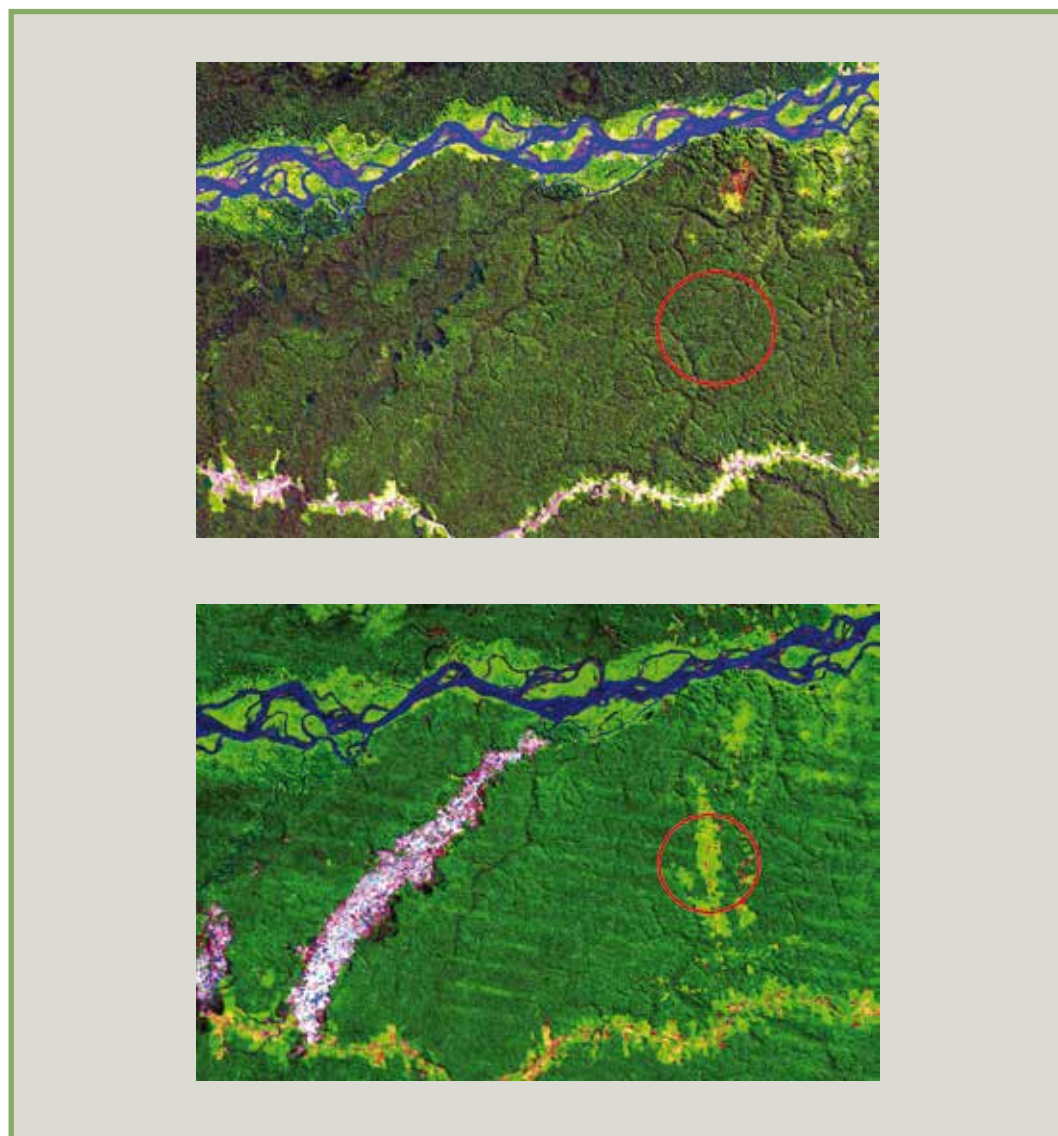
A continuación se indican los criterios de clasificación para la pérdida y no pérdida de bosque:

TABLA 5 Criterios para la definición de pérdida de la cobertura de bosques		
CLASE	Criterio para la definición de pérdida de la cobertura boscosa	
	DATA 2000	DATA 2011
PÉRDIDA	Bosque primario	Bosque secundario o agricultura, infraestructura (Poblados, vías, etc.)
	Bosque primario	Lecho de río (por cambio de curso)
NO PÉRDIDA	Agricultura	Bosque secundario
	Bosque secundario	Bosque primario

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 32

Muestras de entrenamiento de la clasificación de la pérdida de los bosques húmedos amazónicos

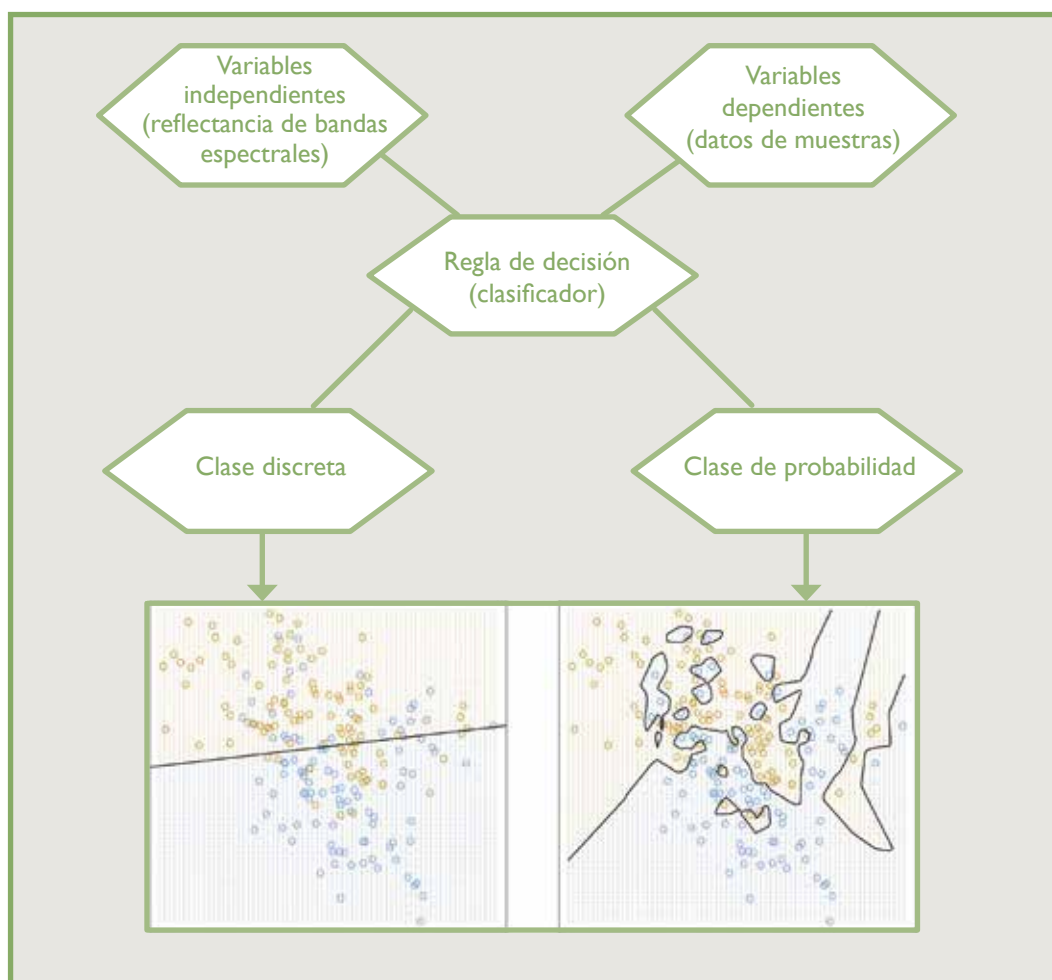


Superior: imagen del año 2000 muestra la cobertura de bosque primario en las zonas identificadas. **Inferior:** imagen 2011 muestra la pérdida de bosque primario a agricultura. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.2.4. Clasificación propiamente dicha

Una vez definidas las áreas de entrenamiento, se realizó la clasificación digital de los datos utilizando el algoritmo diseñado por la Universidad de Maryland, el cual está basado en un “árbol de decisiones” (*decision tree*), obteniéndose buenos resultados a partir de la décima interacción o clasificación. En el proceso de clasificación de pérdida de Bosques amazónicos periodo 2000-2011, como en el de mapeo de Bosque/No bosque 2000, se realizaron 15 interacciones con el fin de obtener resultados de calidad.

FIGURA 33
Ejemplo de árbol de decisiones



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.2.5. Juicio de expertos

Es importante indicar que se realizó una convocatoria a expertos nacionales con el fin de someter el producto inicial a un “juicio de expertos”, el cual se realizó el 8 de abril del año 2013 en el auditorio del MINAM, y que contó con la presencia de representantes de diversas direcciones del MINAM (DGEVFPF, DGOT, PNCBMCC, Proyecto REDD+), órganos adscritos SERNANP, MINAGRI (DGFFS), OTCA. El panel de expertos evaluó la capa de bosque del año 2000 y la pérdida de bosque del periodo 2000 al 2011 obtenida mediante el proceso de clasificación semi automatizado basado en un árbol de decisiones, logrando identificar los distintos tipos de cobertura vegetal existentes en la amazonía y algunos problemas de omisión/comisión en áreas principalmente cubiertas por aguajales, pacaes y herbazales.

Con esto se logró retroalimentar el producto, al mismo tiempo que se afinaron los tipos de coberturas que serían consideradas dentro de la categoría de bosque y que se señalan en la tabla 4. Ello permitió aplicar un concepto práctico basado en los tipos de bosque que son identificables en una imagen de satélite y que va de acuerdo a otros procesos que se desarrollan a la par, como el del Inventario Nacional Forestal y la actualización del Mapa de cobertura vegetal.

IMAGEN I

Taller de juicio de expertos para uniformizar los tipos de cobertura que serían considerados dentro de la categoría de bosque. Tomando como base el Mapa de Cobertura Vegetal 2009

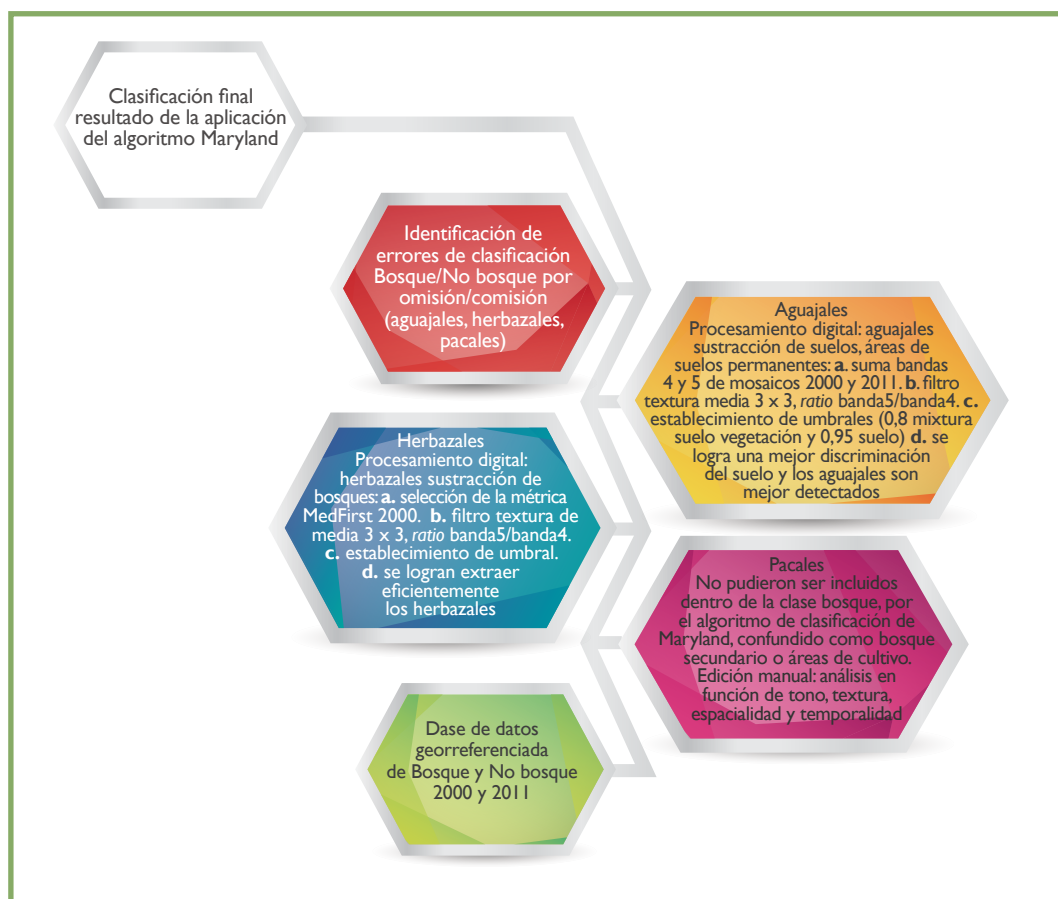


Fuente: PNCB.

6.2.3. Tercera etapa: posclasificación

Si bien los algoritmos de clasificación facilitan un adecuado y efectivo proceso de clasificación, es importante considerar los procesos de corrección que permiten ajustar la información generada. Este proceso toma en cuenta sobre todo la gran variabilidad del tipo de cobertura boscosa a escala nacional que, por diversos factores –como el propio tipo de bosque– hacen que en áreas específicas el proceso de clasificación no sea perfecto. Lo importante es identificar dónde existen estos problemas con el fin de corregirlos. Esto es importante cuando se construye un proceso metodológico de clasificación, ya que ningún *software* y/o metodología por sí sola da un resultado perfecto y debe permitir esta flexibilidad en el ajuste.

FIGURA 34
Detalle del proceso metodológico en la etapa de posclasificación



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

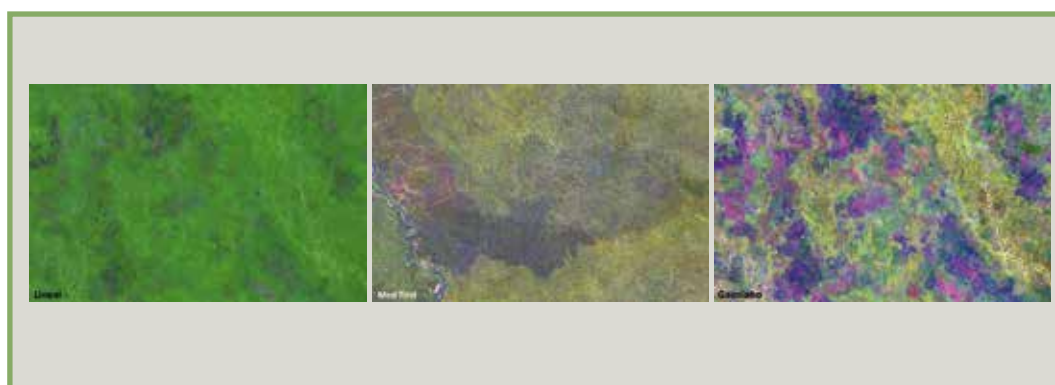
A continuación presentamos los detalles de este proceso de mejora:

- **Aguajales**

Algunos aguajales presentan áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, lo que sumado a la dinámica propia del ecosistema dificulta su interpretación. Estos fueron observados en su mayoría en el departamento de Loreto.

Presentan variaciones de tonos de color dependiendo del realce utilizado. Esto complica aún más los procesos de clasificación, pues dependiendo del realce que se aplique, los aguajales pueden mostrar tonos fucsias que podrían interpretarse como alta presencia de suelo desnudo y/o agua sin cobertura arbórea.

FIGURA 35
Aguajales bajo diferentes realces en la región Loreto



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

Para afinar la capa de aguajales obtenida (utilizando el método de árbol de decisiones, desarrollado por la Universidad de Maryland), se decidió identificar las áreas de suelo permanente. Para lograrlo, se sumaron las bandas 4 y 5 de las composiciones del año 2000 (comp_2000) y 2011 (comp_2011); a esta superposición de bandas se le pasó un filtro de textura de media 3×3 y se aplicó el *ratio* banda 5/banda 4. El resultado fue una imagen en escala de grises, donde los valores más altos corresponden a la mayor probabilidad de presencia de suelo. Finalmente, para determinar el umbral de la capa de suelo permanente se utilizaron imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth y se determinaron dos umbrales: 0,8 y 0,95; el primero mapea las áreas de suelo así como la mixtura espectral del suelo con vegetación y el segundo mapea las áreas con suelo desnudo.

FIGURA 36
Imagen de alta resolución disponible en el *Google Earth*



Izquierda: imagen de alta resolución disponible en el Google Earth. **Derecha:** umbrales evaluados para la obtención de suelo permanente, se observa en color azul el mapeo para el umbral 0,8 y en color rojo el mapeo para el umbral 0,95. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 37
Capa editada en zona de agujales con sustracción de suelo permanente

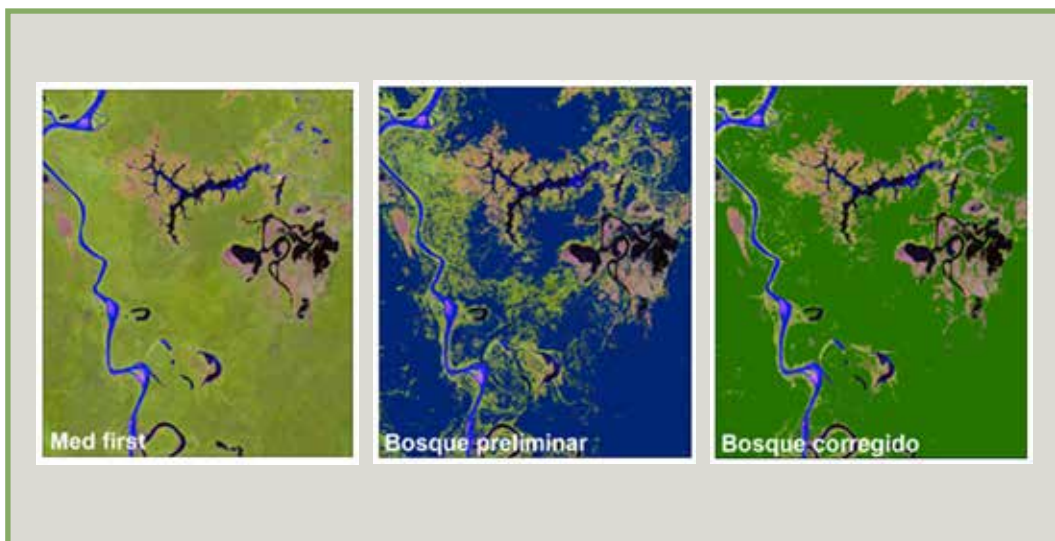


Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

- Herbazales

En el caso de ciertos herbazales y sus áreas circundantes, se encontraron errores de omisión/comisión, principalmente en áreas de bosque que muestran coloraciones verde brillante. Para solucionar este problema y delimitar mejor las áreas con presencia de herbazales, se aplicó un filtro de textura de media de 3×3 a la métrica MedFirst (año 2000). A esta información se aplicó el *ratio* banda5/banda4, para luego generar el umbral y aplicar una máscara para extraer la información correspondiente a los herbazales y sus áreas circundantes. Estos procesos se pueden realizar gracias a que la metodología aplicada brinda esta flexibilidad en su ejecución y no se restringe a un proceso totalmente automatizado.

FIGURA 38
Edición digital en áreas con presencia de herbazales



Izquierda: métrica First (año 2000). **Centro:** capa de bosque preliminar obtenido con la metodología propuesta por la universidad de Maryland. **Derecha:** capa final de bosque en herbazales. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

- Pacales

Presentaron problemas de omisión, probablemente debido al variado comportamiento espectral que posee este tipo de cobertura. Las áreas que no fueron incluidas como bosque por el clasificador en procesos iniciales fueron aquellas que presentaron alta reflectancia en la banda 4: en la combinación RGB543, estas áreas se muestran en tonos amarillo y verde brillante.

FIGURA 39

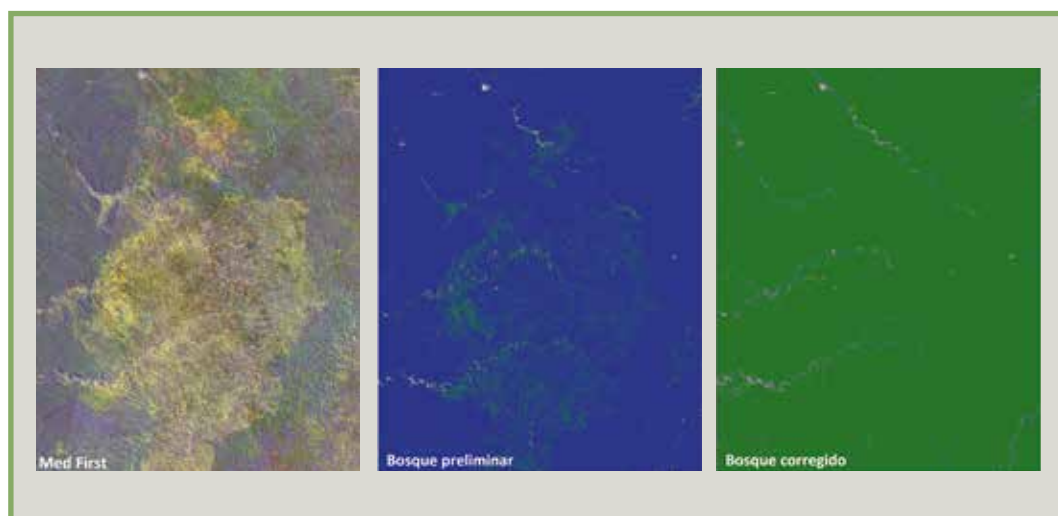
Métrica MedFirst (año 2000) muestra el bosque de pacal localizados entre los departamentos de Cusco y Madre de Dios



Fuente: métrica MedFirst.

Debido a la complejidad y variabilidad espectral, se decidió hacer una corrección manual en la etapa final, pues una corrección digital causaría demasiada distorsión en el resultado, ya que es común confundir el bosque de pacal con bosque secundario o con áreas de cultivo. Los criterios utilizados para la identificación visual fueron: el análisis del tono, la textura, la espacialidad y la temporalidad. Finalmente, se corrigieron los errores de omisión existentes en la capa preliminar.

FIGURA 40
Edición manual en áreas con presencia de pacales

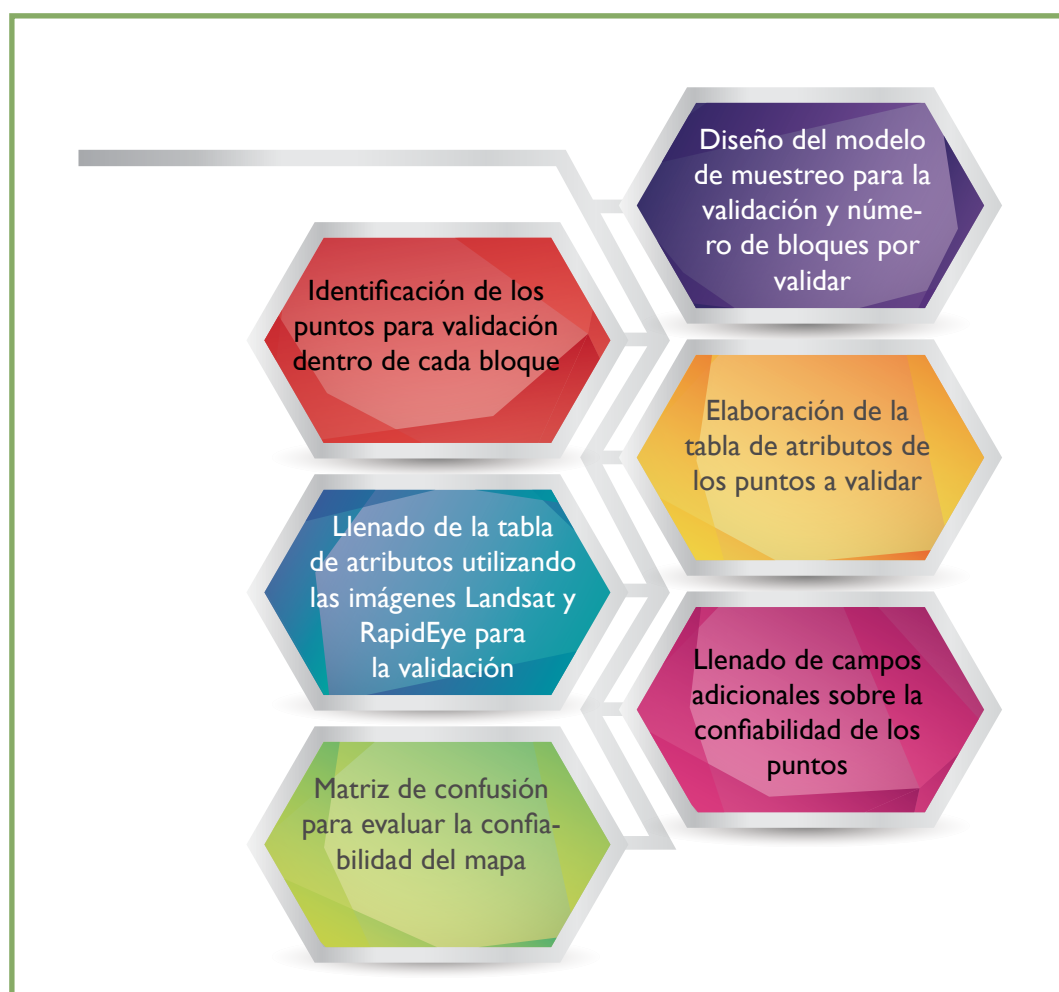


Izquierda: métrica MedFirst (año 2000). **Centro:** capa preliminar de bosques de pacales obtenida con el clasificador, se puede observar errores de omisión producidos por la variada respuesta espectral de los pacales. **Derecha:** capa de bosque de pacal después de la edición manual. Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.4. Cuarta etapa: Validación del Mapa de Bosque/No bosque 2000 y Mapa de pérdida de Bosques Amazónicos del Perú 2000-2011

Para determinar la confiabilidad y grado de exactitud del Mapa de pérdida en la cobertura de bosques amazónicos del Perú 2000-2011, se realizó una validación estadística basada en el uso de imágenes de mediana y alta resolución. Realizando los siguientes según el siguiente flujo presentado:

FIGURA 41
Detalle del proceso metodológico en la etapa de validación



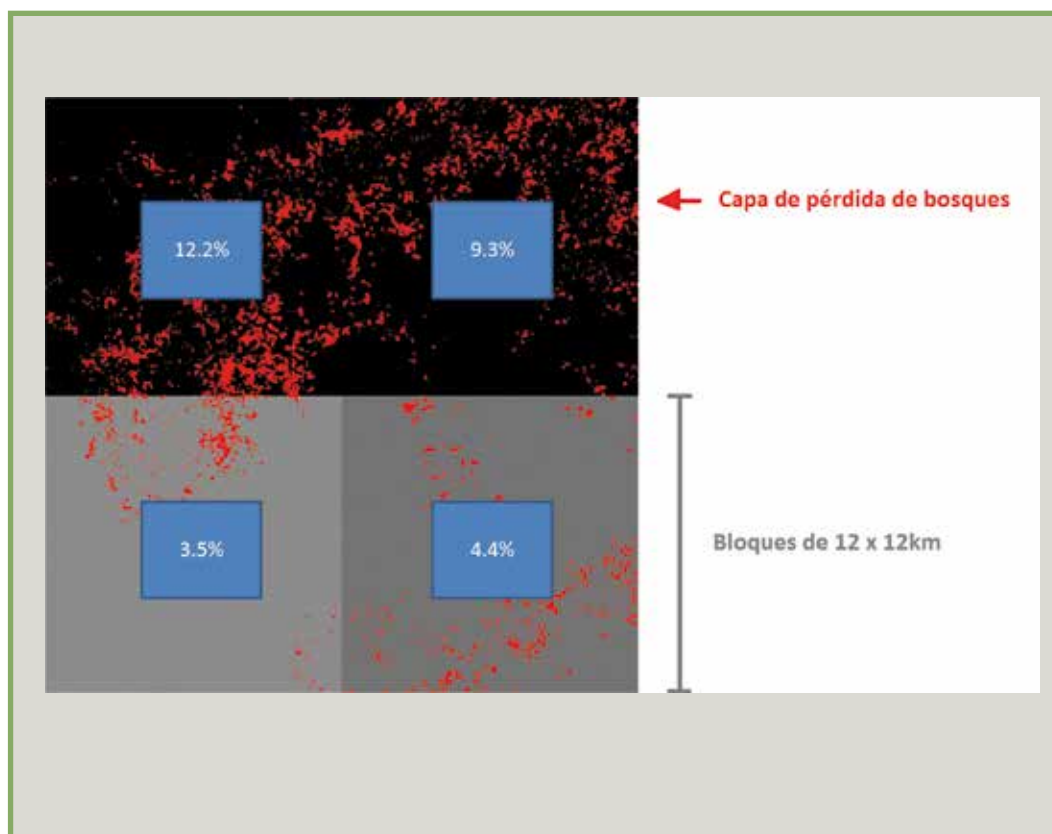
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.4.1. Diseño de Muestreo de validación

Para determinar el área de muestreo de la validación se construyeron bloques de 12 x 12 kilómetros en toda la Amazonía peruana. Posteriormente, se analizaron las imágenes de alta resolución que cubrían estos bloques y su alineación en el sistema de coordenadas y el tamaño del píxel empleado.

Para la selección de los bloques se definieron estratos, algunos con baja probabilidad de pérdida y otros con alta probabilidad de pérdida, como se observa en la figura siguiente:

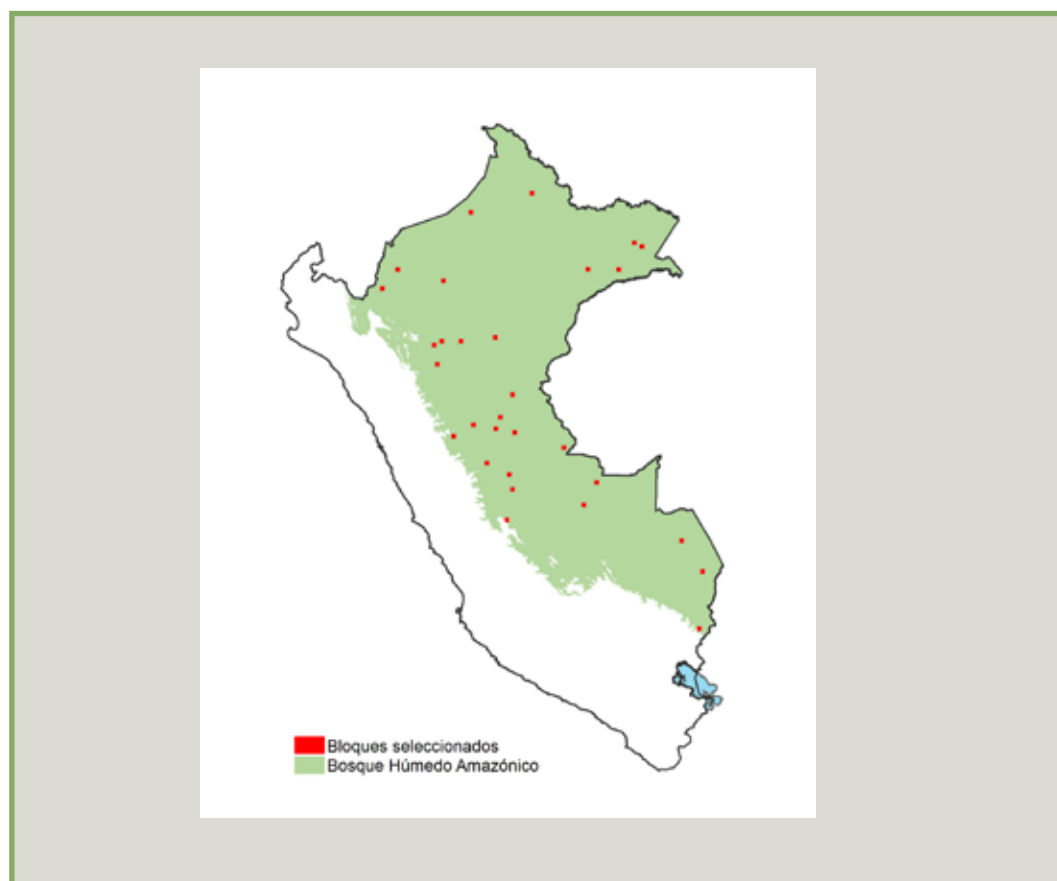
FIGURA 42
Probabilidad de pérdida de bosque



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

Con los criterios mencionados se determinó que los bloques para la validación fueron 30. Con este parámetro, se procedió a la adquisición de las imágenes RapidEye en las que se establecieron 9 bloques dentro del estrato con alta probabilidad de pérdida y 21 bloques con baja probabilidad de pérdida.

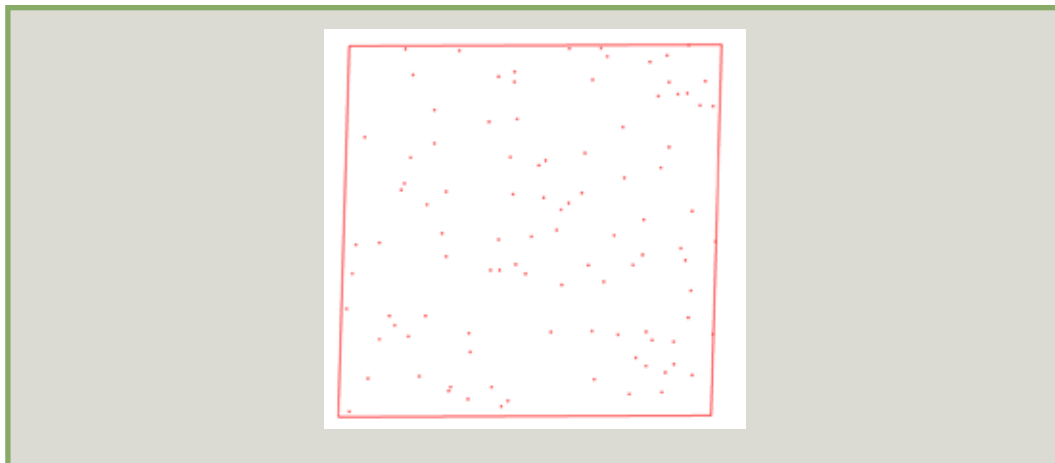
FIGURA 43
Ubicación de los bloques para el proceso de validación



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

En cada bloque se distribuyeron 100 puntos al azar (100 píxeles) estos puntos representan áreas de 30 x 30 m; como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 44
Bloque de 30 x 30 metros conteniendo 100 puntos a validar



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.4.2. Visualización de los puntos para la validación

La identificación visual de los puntos para la validación fue realizada a partir de imágenes RapidEye del año 2011, así como imágenes Landsat 5 y 7 del año 2000 y 2011, priorizándose las de menor cobertura de nubes.

FIGURA 45
Puntos de validación en formato shapefile superpuestos sobre las Imágenes RapidEye



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.4.3. Elaboración de la tabla de atributos

Primero se construyó la tabla de atributos correspondientes a los puntos a evaluar, conjuntamente con la leyenda correspondiente a cada uno de los campos. Los campos a llenar para el año 2000 y el año 2011 son los siguientes:

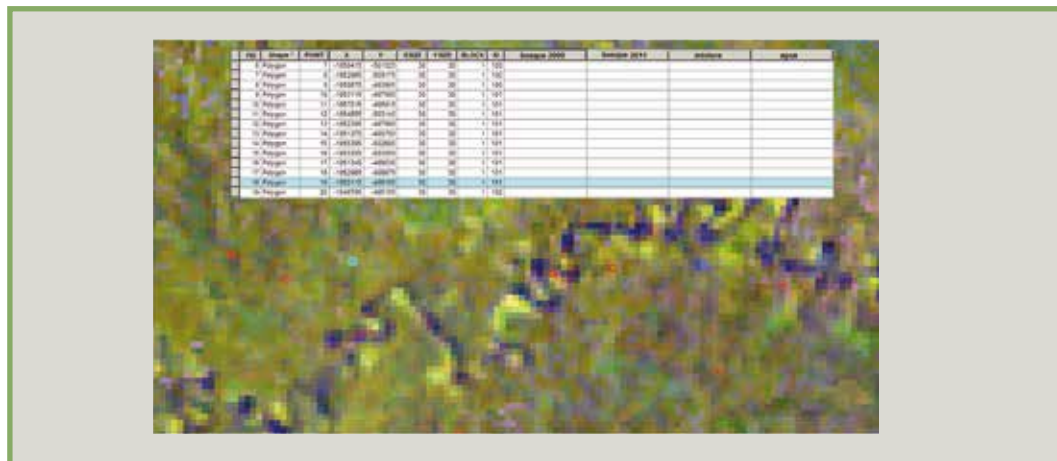
TABLA 6 Campos de la tabla de atributos de los puntos de validación	
Año	Cobertura
2000	Bosque
	Agua
	Nubes o no data
	Sombras topográficas
	Comentarios
2011	Bosque
	Agua
	Nubes o no data
	Sombras topográficas
	Deforestación entre 2000 y 2011
	Comentarios:

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.4.4. Llenado de la tabla de atributos

Cada campo fue detallado con los valores “1” o “0” para indicar la presencia o la ausencia de la cobertura a evaluar, tanto para el año 2000 como para el año 2011: el valor “1” indica la presencia y el “0” la ausencia de la cobertura. En la figura 46 podemos apreciar para el año 2000, en imagen Landsat, la presencia de las coberturas bosque y agua, las cuales están indicadas en la tabla de atributos con la asignación del número 1.

FIGURA 46
Captura de la tabla de atributos utilizada en el proceso de validación



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

TABLA 7
Leyenda para la clasificación de los puntos de validación

Leyenda	
Cobertura	Comentario
Bosque	Bosque
No bosque	Agricultura
	Bosque secundario
	Pasto
	Playa
	Suelo desnudo
Agua	Río Lago
No Data	Nube
	Sombra de nube
	Sin imagen
Sombra	Sombra topográfica

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

En el caso de poder identificarse el tipo de agricultura, esta se especificó en el campo del comentario.

Cada uno de los 3000 puntos fue interpretado visualmente, tanto para el año 2000 como para el 2011. El análisis de estos puntos se hizo de forma simultánea, es decir, se evaluó el punto en la imagen Landsat y a su vez se interpretó visualmente para el periodo 2011. Para lograrlo se superpusieron las imágenes Landsat y RapidEye según la necesidad, lo que enriqueció el conocimiento del área evaluada y optimizó la interpretación de los datos.

La información generada por los interpretes fue integrada, analizada y resumida, utilizándose finalmente los siguientes campos principales.

TABLA 8
Ejemplo de campos principales utilizados para la generación de la matriz de confusión

Id del punto	Pérdida	Confianza	Pixel Mixto	Bosque primario
24100	1	1	1	1
25001	0	1	3	1
25002	1	2	3	1
25003	1	1	3	1
25004	0	1	3	1
25005	1	1	3	1

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

6.2.4.5. Campos adicionales

Se agregaron nuevos campos a la tabla de atributos con el fin de mostrar el grado de confiabilidad de cada punto evaluado. Los campos añadidos fueron:

Confianza: el campo confianza, indica el grado de certeza que tiene el intérprete para asignar la clase a la que corresponde el punto evaluado (bosque, agua, entre otras). Este campo se puede llenar con los valores 1, 2 y 3. Siendo 1 el valor para Seguro; 2 para Casi seguro y 3 para Incierto.

Píxel mixto: este campo indica si la información de los píxeles del área evaluada es pura o mixta, siendo 1 el valor para píxeles mixtos y 0 para píxel puro.

Mixtura: en este campo indicamos el porcentaje de las diferentes coberturas que pueden encontrarse en un píxel mixto, como por ejemplo que haya un porcentaje de Bosque y otro de No bosque. Esta mixtura de información en el píxel obrará a favor del aumento de la incertidumbre y disminuyendo la confianza en la clasificación; es decir a menor pureza en el píxel mayor será la duda al interpretar la información, con lo que tendremos un valor de confianza correspondiente a dato incierto o casi seguro según sea el caso. Esto se puede observar en la figura 47.

FIGURA 47
Píxel de 30 m de validación con características mixtas



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

En el caso de que el píxel haya sido clasificado como puro en el campo píxel mixto, no se incluyó esta información en el campo mixtura ya que se sobreentiende que el píxel abarca el 100 % de la cobertura indicada. Esto quiere decir que si el píxel clasificado como puro, lo que se observa pertenece a un solo tipo de cobertura, por lo que no hay que indicar porcentajes.

7. RESULTADOS





7.1. Superficie de Bosque/No bosque del año 2000

Tomando como base el límite de los bosques húmedos amazónicos del Mapa de Cobertura Vegetal, se encontró un área acumulada de 5 818 785 hectáreas de No bosque que representa el 7,4 % de la superficie total de la Amazonía.

Como parte del análisis, se editó la capa Río del 2000 en la que se encontró un área de 1 397 002 ha que representa el 1,8 % de área total de la Amazonía peruana.

TABLA 9 Superficies de Bosque, No bosque, ríos en hectáreas y porcentaje que representa el mapa base del año 2000		
Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2000	71 093 013	90,8 %
No bosque 2000	5 818 785	7,4 %
Ríos 2000	1 397 002	1,8 %
Total	78 308 801	100 %

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.2. Análisis de Bosque/No bosque a nivel departamental

A nivel departamental, San Martín es el que presenta mayor área de No bosque en hectáreas con 1 027 025 ha. En segundo lugar está Loreto con 985 636 ha seguido por Amazonas con 656 454 ha.

TABLA 10 Superficie acumulada departamental de Bosque y de No bosque para el año base 2000			
Departamento	Bosque 2000	No bosque 2000	Ríos 2000
Amazonas	2 931 092	656 454	37 896
Ayacucho	227 322	114 042	3791
Cajamarca	375 914	404 662	1216
Cusco	3 175 397	450 929	46 447
Huancavelica	18 541	50 589	0
Huánuco	1 849 060	474 138	34 078
Junín	2 003 239	475 243	31 894
La Libertad	69 534	13 051	364
Loreto	35 666 704	985 636	859 264
Madre de Dios	8 169 272	203 871	125 710
Pasco	1 517 025	229 269	17 588
Piura	43 626	38 762	0
Puno	1 468 870	123 733	17 292
San Martín	3 786 832	1 027 025	49 266
Ucayali	9 790 586	571 382	172 196
Total "Suma departamental"	71 093 013	5 818 785	1 397 002

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.3. Superficie de Bosque/No bosque para el año 2011 y Pérdida de bosques húmedos amazónicos del Perú 2000-2011 a nivel nacional

Una vez obtenidos los datos de Bosque y No bosque para el año 2000, el proceso metodológico desarrollado permitió obtener la información de pérdida de bosque anual para el periodo 2000-2011, con lo cual, para el año 2011 se obtuvo una nueva superficie de Bosque y No bosque.

En los resultados se puede observar que el departamento con mayor pérdida de cobertura primaria, es San Martín con 278 115 ha, mientras que Loreto le sigue con 220 549 ha.

El detalle de las cifras del estudio se pueden observar en las siguientes tablas.

TABLA 11 Superficie acumulada de Bosque y No bosque para el año base 2011 por departamento			
Departamento	Bosque 2011	No bosque 2011 (incluida la pérdida de bosque 2000-2011)	Ríos 2011
Amazonas	2 884 955	696 254	44 232
Ayacucho	219 621	119 631	5902
Cajamarca	365 562	413 862	2368
Cusco	3 120 497	482 449	69 827
Huancavelica	17 983	51 089	58
Huánuco	1 679 801	636 673	40 803
Junín	1 919 472	548 947	41 956
La Libertad	68 884	13 554	510
Loreto	35 352 603	1 155 390	1 003 611
Madre de Dios	8 050 964	277 925	169 964
Pasco	1 458 135	285 016	20 731
Piura	41 320	40 868	200
Puno	1 453 196	134 763	21 936
San Martín	3 503 201	1 300 166	59 756
Ucayali	9 584 842	720 527	228 795
Total "Suma departamental"	69 721 037	6 877 114	1 710 650

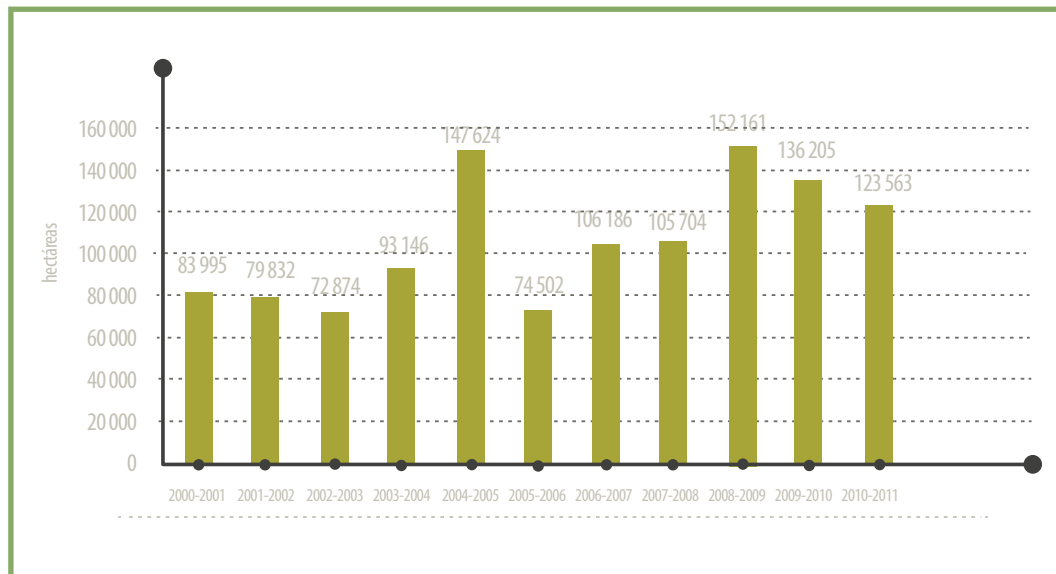
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

Tabla 12
Pérdida anual de bosques húmedos amazónicos para el periodo 2000-2011

Departamento	Pérdida de Bosque acumulada 2000-2011	Pérdida 2000-2001	Pérdida 2001-2002	Pérdida 2002-2003	Pérdida 2003-2004	Pérdida 2004-2005	Pérdida 2005-2006	Pérdida 2006-2007	Pérdida 2007-2008	Pérdida 2008-2009	Pérdida 2009-2010	Pérdida 2010-2011
Amazonas	41 830	3034	3924	3890	3554	3622	3858	5581	3049	4544	3594	3179
Ayacucho	6560	952	92	468	586	497	798	719	193	1088	603	564
Cajamarca	9618	964	838	517	537	1398	720	1165	604	745	1143	987
Cusco	38 346	5933	2570	3128	3129	3641	3325	2867	2453	4362	3610	3329
Huancavelica	550	62	17	19	49	103	22	46	33	28	131	40
Huánuco	165 667	10 610	9978	13 856	8774	25 556	8324	11 494	16 697	24 190	17 456	18 730
Junín	77 709	8018	3964	3302	7763	13 849	5878	5000	6673	9221	7184	6857
La Libertad	511	24	27	16	50	82	32	46	21	58	110	46
Loreto	220 549	15 005	16 141	10 246	19 731	23 154	12 999	20 623	26 280	28 696	26 208	21 466
Madre de Dios	87 848	5603	5223	5626	7766	8288	5756	7338	10 503	5691	14 286	11 768
Pasco	56 831	3724	3695	3356	4407	8335	4560	3221	3702	7979	7516	6335
Piura	2199	254	273	94	133	223	197	276	148	118	167	317
Puno	11 856	771	833	944	919	2081	731	903	1040	538	2153	943
San Martín	278 115	17 311	21 480	15 290	23 996	34 109	14 811	36 552	17 008	38 812	33 873	24 873
Ucayali	177 605	11 732	10 775	12 122	11 752	22 686	12 490	10 356	17 300	26 091	18 171	24 130
Total "Suma departamental"	1 175 792	83 995	79 832	72 874	93 146	147 624	74 502	106 186	105 704	152 161	136 205	123 563

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

FIGURA 48
Pérdida anual de bosques amazónicos periodo 2000-2011



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4. Pérdida de la cobertura de bosques húmedos amazónicos del Perú a nivel departamental

Como parte de los resultados obtenidos del Mapa de Pérdida en la Cobertura de Bosque, se realizó un análisis a nivel departamental.

7.4.1. Pérdida de la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Amazonas

El departamento de Amazonas tiene una superficie amazónica SIG de 3 625 442 ha. El año que presentó mayor pérdida de cobertura de bosque fue el 2007, con 5581 ha. Le sigue el año 2009, con 4544 ha, mientras que los años en donde se observa menos pérdida de bosques son el 2001 y el 2008, con 3034 ha y 3046 ha respectivamente.

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	%
Bosque 2011	2 884 955	79,6 %
No bosque 2011	654 424	18,1 %
Pérdida de bosque 2000-2011	41 830	1,2 %
Ríos 2011	44 232	1,2 %
Total	3 625 442	100 %

FIGURA 49
Gráfico estadístico del departamento de Amazonas



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

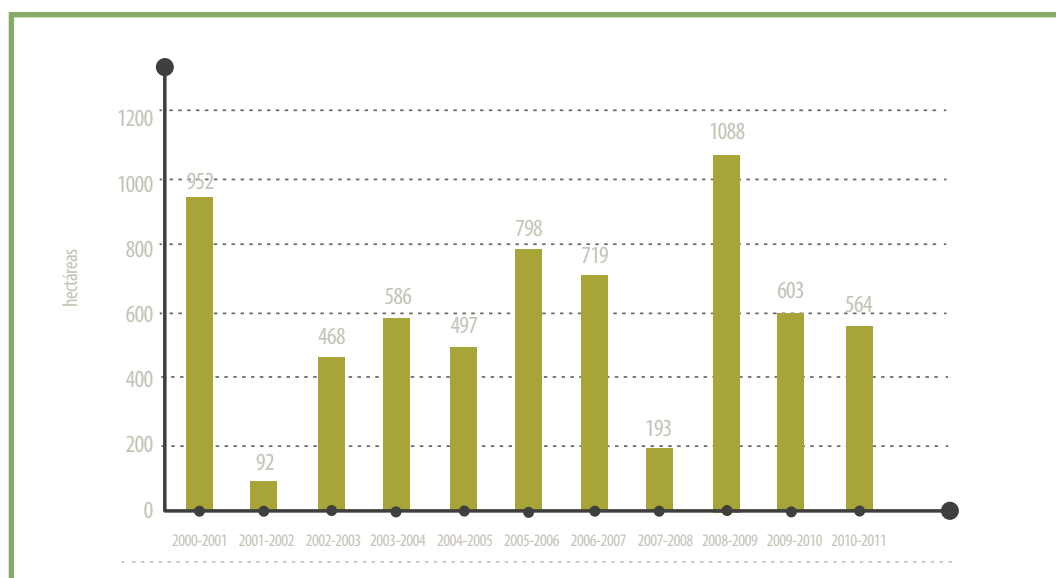
7.4.2. Pérdida de la cobertura de Bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Ayacucho

El departamento de Ayacucho tiene una superficie amazónica SIG de 345 155 ha. El año que presentó mayor pérdida en la cobertura bosques fue el 2009, con 1088 ha; le sigue el año 2001 con 952 ha, mientras que los años en los que se observa menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2002, con 92 ha, y el 2008, con 193 ha.

TABLA 14
Coberturas de Ayacucho al 2011

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	219 621	63,6 %
No bosque 2011	113 071	32,8 %
Pérdida de bosque 2000-2011	6560	1,9 %
Ríos 2011	5902	1,7 %
Total	345 155	100 %

FIGURA 50
Gráfico estadístico del departamento de Ayacucho



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

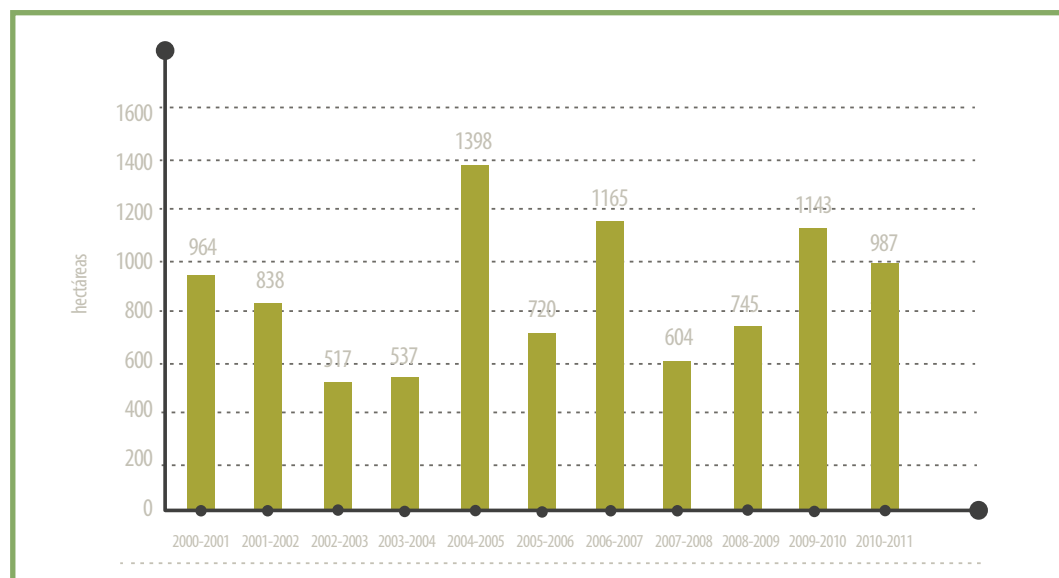
7.4.3. Pérdida de la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Cajamarca

El departamento de Cajamarca tiene una superficie amazónica SIG de 781 792 ha. El año que presentó mayor pérdida en la cobertura bosques fue el 2005, con 1398 ha. En segundo lugar está el año 2007, con 1165 ha; mientras que los años en los que se observa menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2003, con 517 ha y el 2004 con 537 ha.

TABLA 15
Coberturas de Cajamarca al 2011

Cobertura	Superficie	Porcentaje
	Área (ha)	
Bosque 2011	365 562	46,8 %
No bosque 2011	404 245	51,7 %
Pérdida de bosque 2000-2011	9618	1,2 %
Ríos 2011	2368	0,3 %
Total	781 792	100 %

FIGURA 51
Gráfico estadístico del departamento de Cajamarca



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

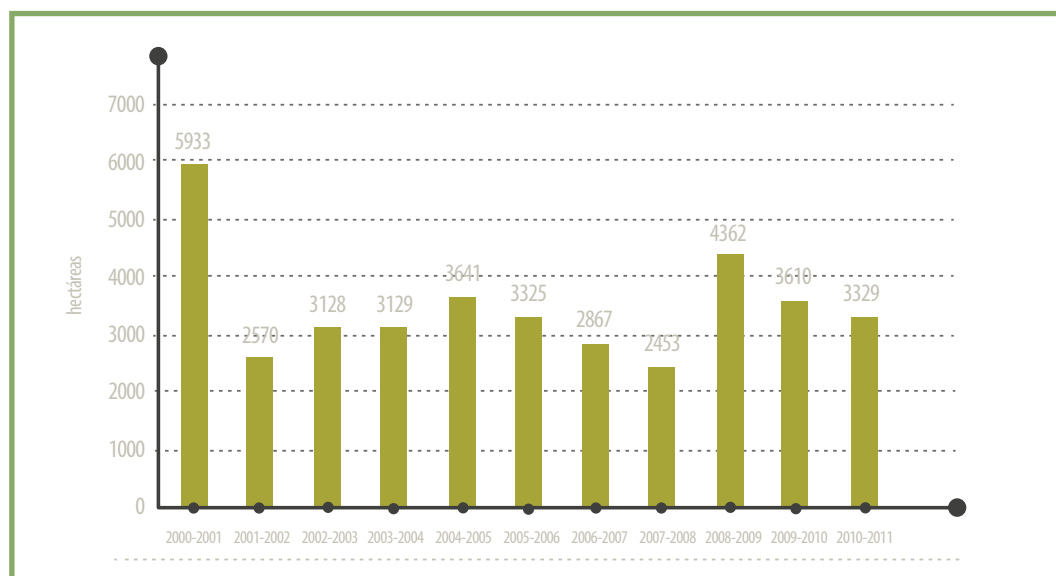
7.4.4. Pérdida de la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Cusco

El departamento de Cusco tiene una superficie amazónica SIG de 3 672 773 ha. El año que presentó mayor pérdida en la cobertura bosques es el 2001, con 5933 ha; le sigue el año 2009, con 4362 ha; mientras que los años en los que se observa menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2008, con 2453 ha, y 2002, con 2570 ha.

TABLA 16
Coberturas de Cusco al 2011

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	3 120 497	85,0 %
No bosque 2011	444 103	12,1 %
Pérdida de bosque 2000-2011	38 346	1,0 %
Ríos 2011	69 827	1,9 %
Total	3 672 773	100 %

FIGURA 52
Gráfico estadístico del departamento de Cusco



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

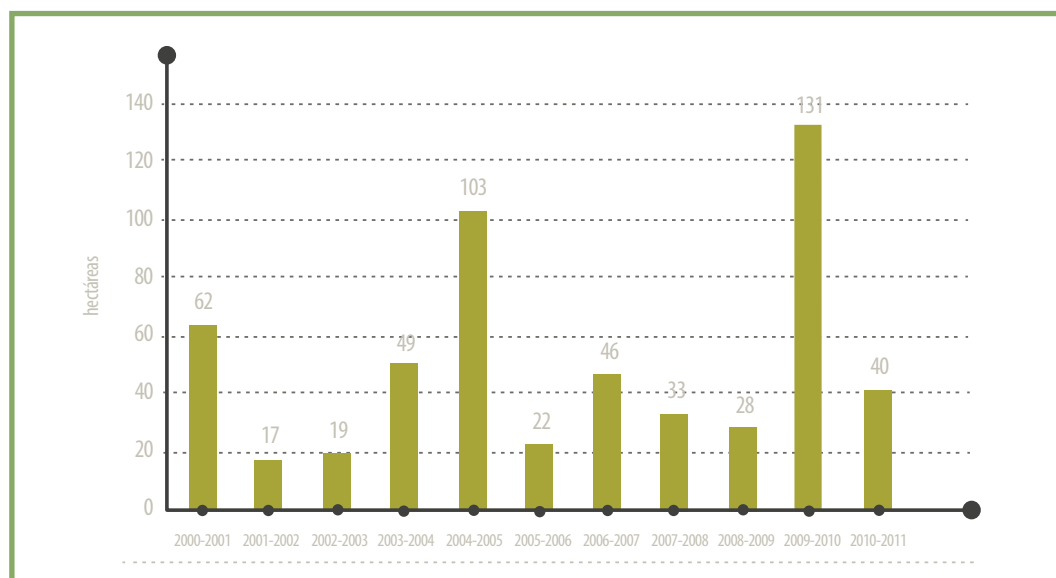
7.4.5. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Huancavelica

El departamento de Huancavelica tiene una superficie amazónica SIG de 69 129 ha. El año que presentó mayor pérdida en la cobertura bosques fue el 2010, con 131 ha; y le siguió el año 2005, con 103 ha. Los años en los que hubo menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2002, con 17 ha, y el 2003, con 19 ha.

TABLA 17
Coberturas de Huancavelica al 2011

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	17 983	26,0 %
No bosque 2011	50 540	73,1 %
Pérdida de bosque 2000-2011	550	0,8 %
Ríos 2011	58	0,1 %
Total	69 129	100 %

FIGURA 53
Gráfico estadístico del departamento de Huancavelica



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

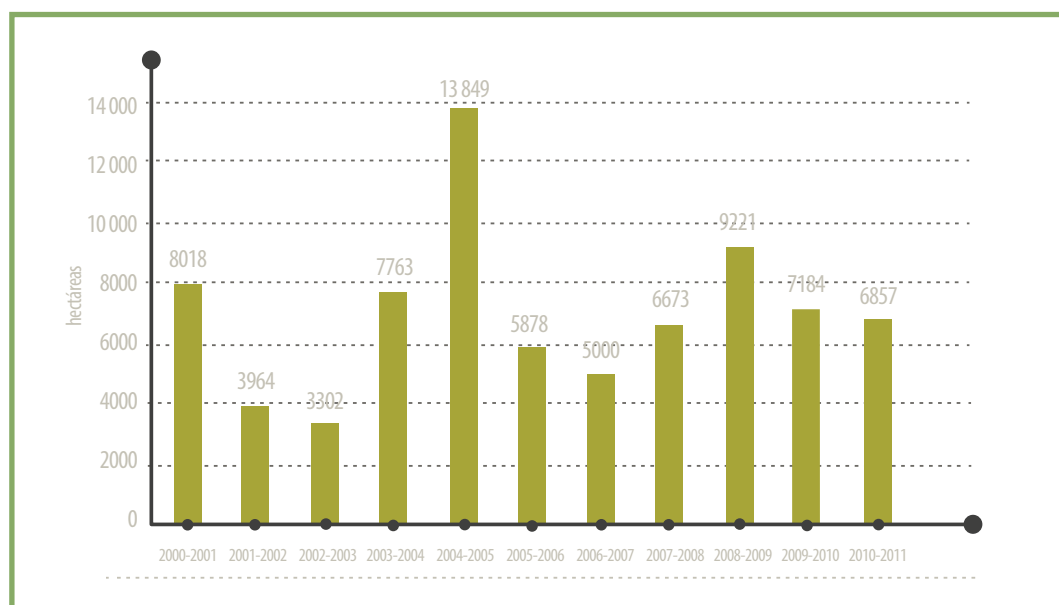
7.4.6. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Junín

El departamento de Junín tiene una superficie amazónica SIG de 2 510 376 ha. El año que presentó mayor pérdida en la cobertura bosques es el 2005, con 13 849 ha, al que le sigue el año 2009, con 9221 ha. Los años en los que se observa menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2003, con 3302 ha y el 2002, con 3964 ha.

TABLA 18
Coberturas de Junín al 2011

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	1 919 472	76,5 %
No bosque 2011	471 238	18,8 %
Pérdida de bosque 2000-2011	77 709	3,1 %
Ríos 2011	41 956	1,7 %
Total	2 510 376	100 %

FIGURA 54
Gráfico estadístico del departamento de Junín



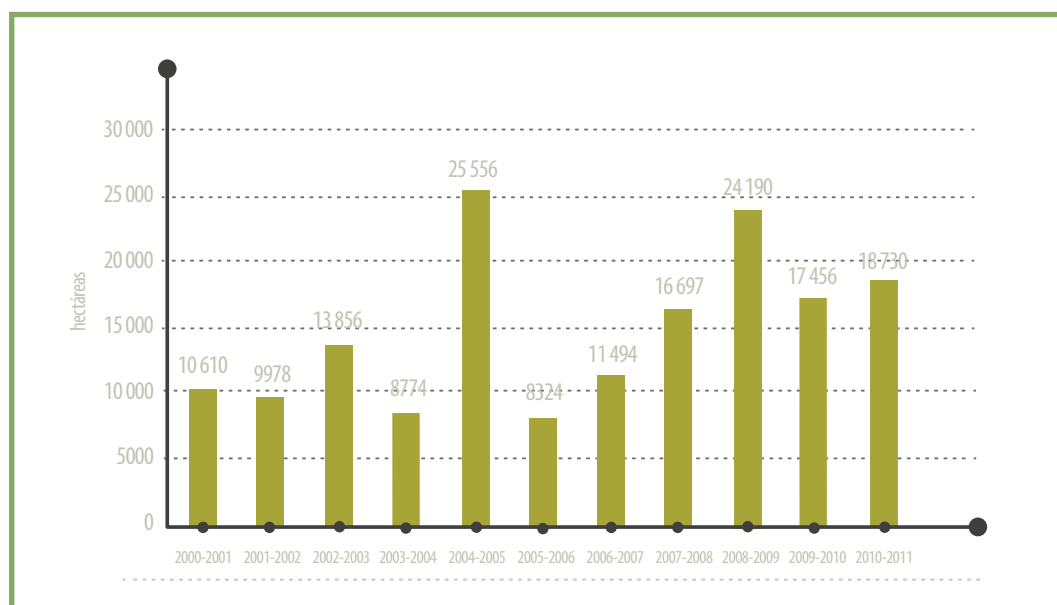
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.7. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Huánuco

El departamento de Huánuco tiene una superficie amazónica SIG de 2 357 277 ha. Los años con mayor pérdida en la cobertura bosques fueron el 2005, con 25 556 ha, y el 2009, con 24 190 ha. Los años en los que se observó menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2006, con 8324 ha, y el 2004, con 8774 ha.

Cobertura	Superficie	Porcentaje
	Área (ha)	
Bosque 2011	1 679 801	71,3 %
No bosque 2011	471 006	20,0 %
Pérdida de bosque 2000-2011	165 667	7,0 %
Ríos 2011	40 803	1,7 %
Total	2 357 277	100 %

FIGURA 55
Gráfico estadístico del departamento de Huánuco



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

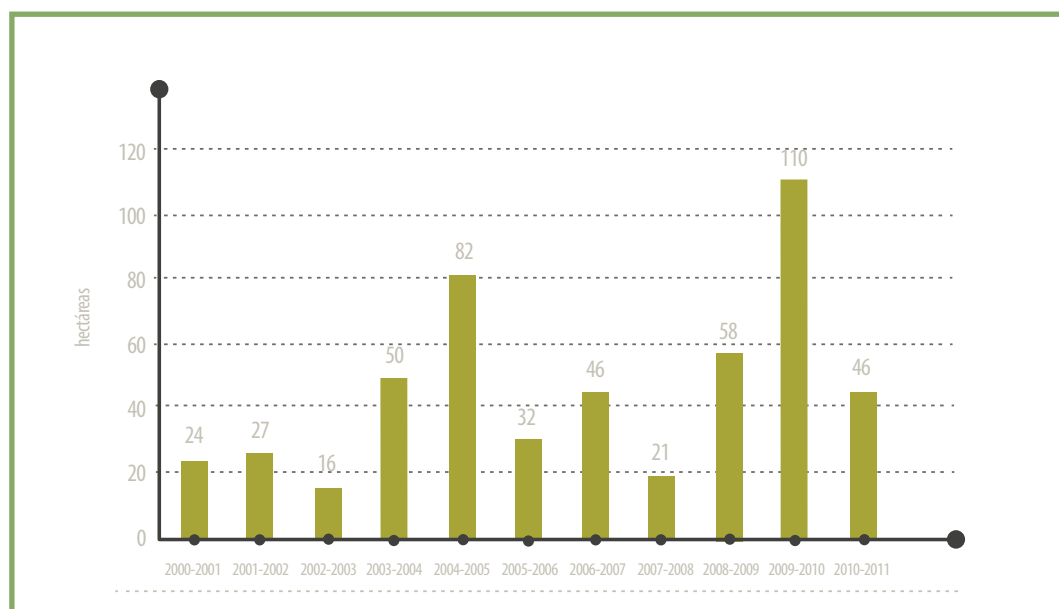
7.4.8. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 de el departamento La Libertad

El departamento de La Libertad tiene una superficie amazónica SIG de 82 948 ha. El año que presentó mayor pérdida en la cobertura bosques es el 2010, con 110 ha. El segundo año con mayor pérdida es el 2005, con 82 ha. Por otro lado; los años con menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2003, con 16 ha, y el 2008, con 21 ha.

TABLA 20
Coberturas de La Libertad al 2011

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	68 884	83,0 %
No bosque 2011	13 044	15,7 %
Pérdida de bosque 2000-2011	511	0,6 %
Ríos 2011	510	0,6 %
Total	82 948	100 %

FIGURA 56
Gráfico estadístico del departamento La Libertad



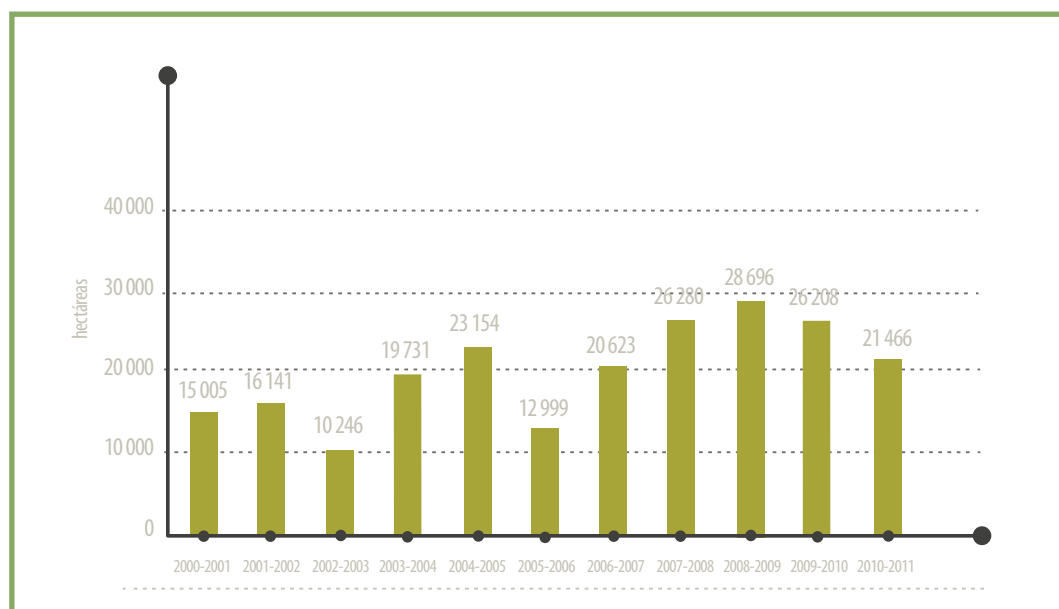
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.9. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Loreto

El departamento de Loreto tiene una superficie amazónica SIG de 37 511 604 ha. Los años con mayor pérdida en la cobertura bosques fueron el 2009, con 28 696 ha, y el 2008 con 26 280 ha. Los años que presentan menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2003, con 10 246 ha, y el 2006, con 12 999 ha.

TABLA 21 Coberturas de Loreto al 2011		
Cobertura	Superficie Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	35 352 603	94,2 %
No bosque 2011	934 841	2,5 %
Pérdida de bosque 2000-2011	220 549	0,6 %
Ríos 2011	1 003 611	2,7 %
Total	37 511 604	100 %

FIGURA 57
Gráfico estadístico del departamento de Loreto



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

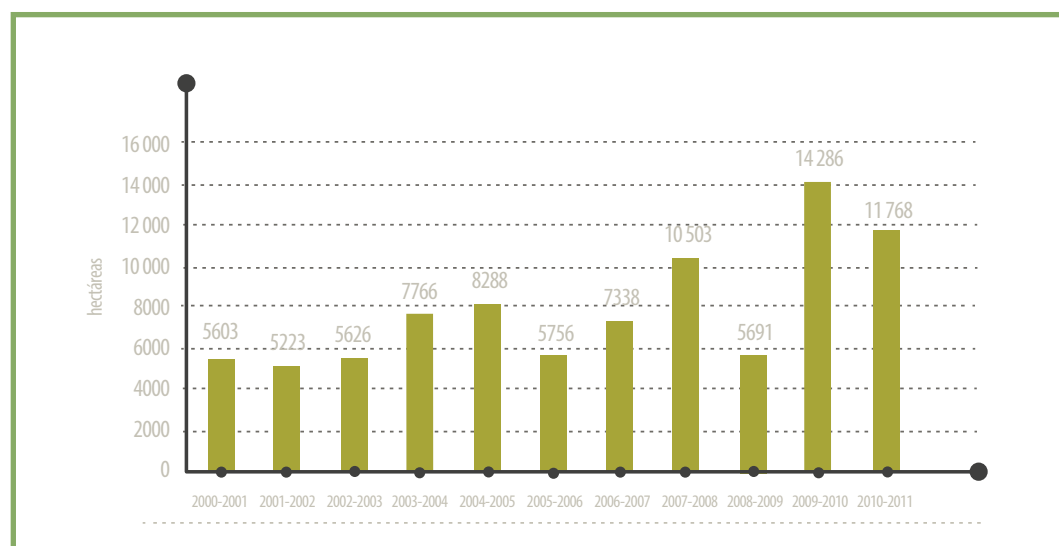
7.4.10. Pérdida de la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento Madre de Dios

El departamento de Madre de Dios tiene una superficie amazónica SIG de 8 498 853 ha. El 2009 fue el año con mayor pérdida en la cobertura bosques con 14 274 ha, seguido por el 2011 con 11 768 ha. Los años en los que se observa menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2002, con 5198 ha, y el 2001, con 5558 ha.

TABLA 22
Coberturas de Madre de Dios al 2011

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	8 050 964	94,7 %
No bosque 2011	190 077	2,2 %
Pérdida de bosque 2000-2011	87 848	1,0 %
Ríos 2011	169 964	2,0 %
Total	8 498 853	100 %

FIGURA 58
Gráfico del departamento de Madre de Dios



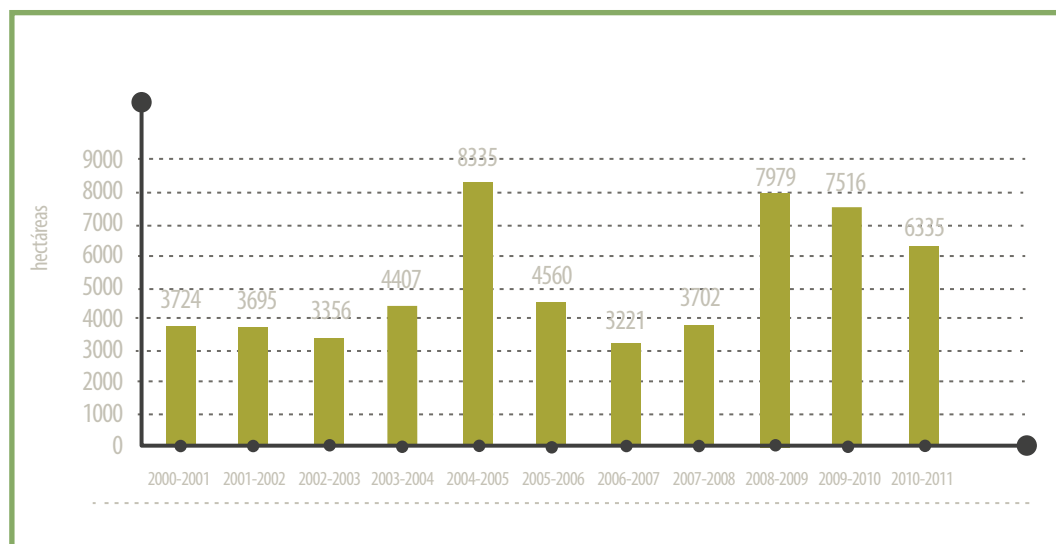
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.11. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 de el departamento de Pasco

El departamento de Pasco tiene una superficie amazónica SIG de 1 763 882 ha. Los años con mayores pérdidas en la cobertura de bosques fueron 2005, con 8335 ha, y el 2009 con 7979 ha. Los años con menor pérdida fueron 2007, con 3221 ha, y el 2003, con 4407 ha.

TABLA 23 Coberturas de Pasco al 2011		
Cobertura	Superficie	Porcentaje
	Área (ha)	
Bosque 2011	1 458 135	82,7 %
No bosque 2011	228 185	12,9 %
Pérdida de bosque 2000-2011	56 831	3,2 %
Ríos 2011	20 731	1,2 %
Total	1 763 882	100 %

FIGURA 59
Gráfico del departamento de Pasco



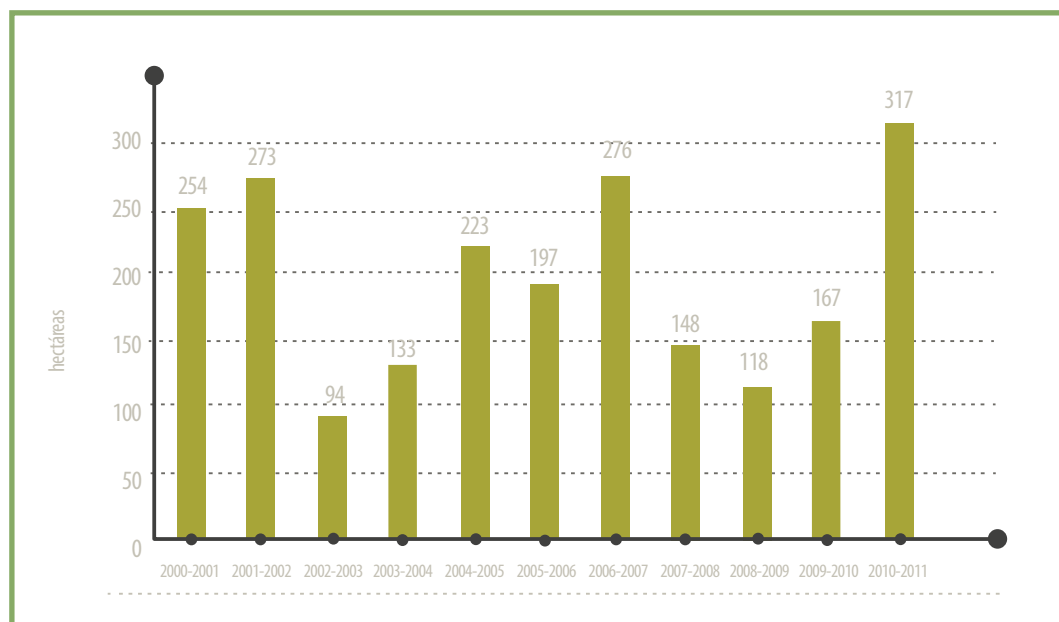
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.12. Pérdida de la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 de el departamento de Piura

La región Piura tiene una superficie amazónica SIG de 82 388 ha. Los años que presentaron mayor pérdida en la cobertura bosques fueron el 2011, con 317 ha, y el 2007, con 276 ha. Mientras que los años en los que hubo menos pérdida en la cobertura primaria fueron el 2003, con 94 ha, y el 2009 con 117 ha.

TABLA 24 Coberturas de Piura al 2011		
Cobertura	Superficie Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	41 320	50,2 %
No bosque 2011	48 669	46,9 %
Pérdida de bosque 2000-2011	2199	2,7 %
Ríos 2011	200	0,2 %
Total	82 388	100 %

FIGURA 60
Gráfico estadístico del departamento de Piura



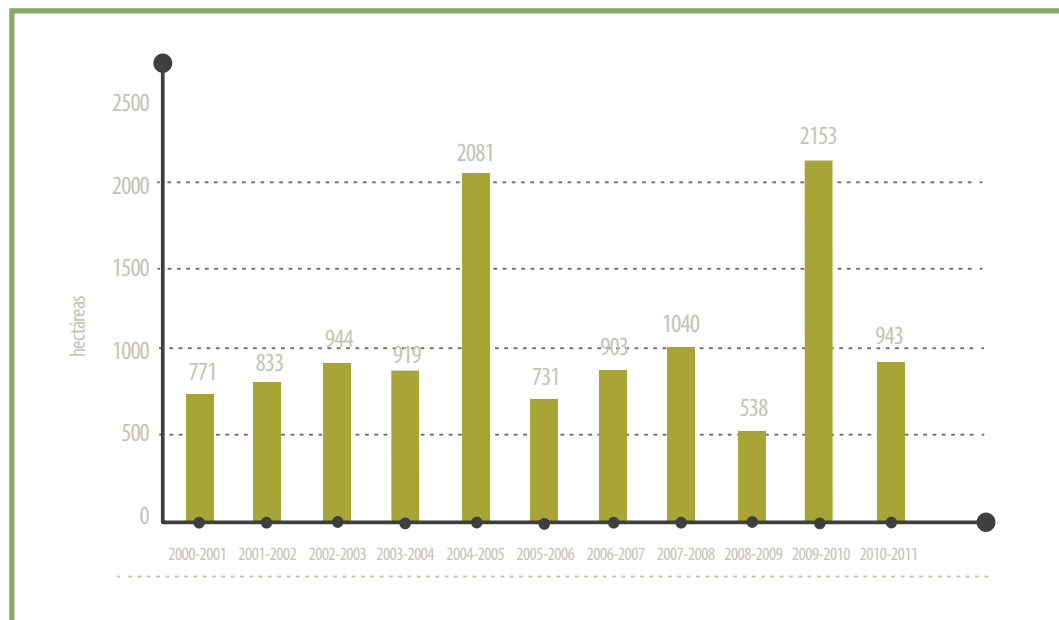
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.13. Pérdida de la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Puno

La región Puno tiene una superficie amazónica SIG de 1 609 895 ha. En este caso los años que presentaron mayor pérdida en la cobertura bosques fueron el 2010, con 2153 ha, y el 2005, con 2081 ha. Los años con menor pérdida en la cobertura primaria fueron: 2009, con 538 ha, y el 2006, con 731 ha.

TABLA 25 Coberturas de Puno al 2011		
Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	1 453 196	90,3 %
No bosque 2011	122 908	7,6 %
Pérdida de bosque 2000-2011	11 856	0,7 %
Ríos 2011	21 936	1,4 %
Total	1 609 895	100 %

FIGURA 61
Gráfico estadístico del departamento de Puno



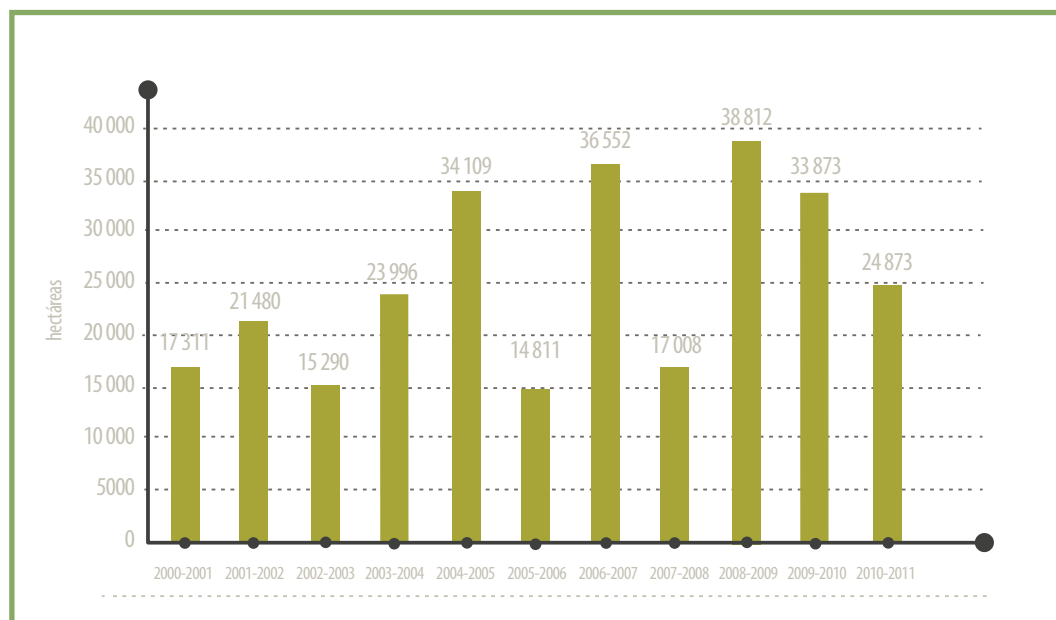
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.14. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de San Martín

El departamento de San Martín tiene una superficie amazónica SIG de 4 863 123 ha. Los años que presentaron mayores pérdidas en la cobertura bosques fueron 2009, con 38 812 ha; y el 2007, con 36 552 ha. En cuando a los años con menor pérdida de cobertura primaria tenemos el 2006, con 14 811 ha, y el 2003, con 15 290 ha.

TABLA 26 Coberturas de San Martín al 2011		
Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	3 503 201	72,0 %
No bosque 2011	1 022 051	21,0 %
Pérdida de bosque 2000-2011	278 115	5,7 %
Ríos 2011	59 756	1,2 %
Total	4 863 123	100 %

FIGURA 62
Gráfico estadístico del departamento de San Martín



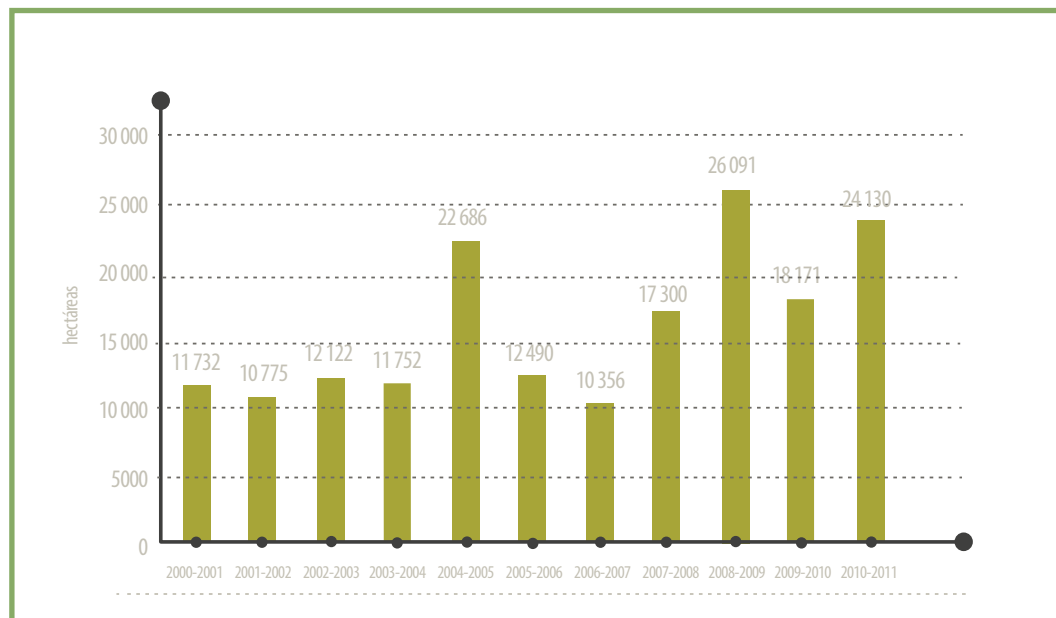
Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.4.15. Pérdida la cobertura de bosques durante el periodo 2000-2011 en el departamento de Ucayali

El departamento de Ucayali tiene una superficie amazónica SIG de 10 534 163 ha. Los años con mayor pérdida en la cobertura bosques fueron el 2009, con 26 091 ha, y el 2011, con 24 130 a. Por otro lado, los años en los que hubo menor pérdida en la cobertura primaria fueron el 2007, con 10 356 ha, y el 2002, con 10 775 ha.

Cobertura	Superficie	
	Área (ha)	Porcentaje
Bosque 2011	9 584 842	91,0 %
No bosque 2011	542 922	5,2 %
Pérdida de bosque 2000-2011	177 605	1,7 %
Ríos 2011	228 795	2,2 %
Total	10 534 163	100 %

FIGURA 63
Gráfico estadístico del departamento de Ucayali



Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.

7.5. Precisión general del mapa

Con la finalidad de tener mayor precisión general del Mapa de Pérdida de Bosques en el periodo 2000 al 2011 se realizó una matriz de confusión. Esto permitió comparar sus resultados con la clasificación obtenida con el “árbol de decisiones” y con la validación realizada con las imágenes de satélite. En la matriz se evalúa la exactitud de la clasificación, colocando en las columnas las clases de pérdida (*Loss*) y no pérdida de bosque (*No Loss*) de la validación o referencia. En las filas se colocaron las categorías de nuestro Mapa de Pérdida de Bosques, basado en la pérdida (*Loss*) y no pérdida (*No loss*) del bosque durante el periodo analizado.

Con esta matriz de confusión, los resultados de exactitud se calcularon sobre la base de la pérdida de bosque (*Loss*) y no pérdida de bosque (*No Loss*) para una muestra total de 2553 puntos. Dichos puntos indicaron una exactitud global de 97,33 % lo cual indica una buena clasificación realizada.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de la matriz de confusión y el cálculo de la exactitud global:

TABLA 28 Matriz de confusión utilizada para evaluar la clasificación del mapa					
	No Cambio	Pérdida de bosque	Total	Exactitud usuario (%)	Error comisión (%)
Bosque	99,30	32,93	95,26	97,89	2,11
Pérdida de bosque	0,70	67,07	4,74	86,15	13,85
Total	100,00	100,00	100,00		
Exactitud Productor	99,30	67,07		Exactitud global (%): 97,33	
Error Omisión (%)	0,70	32,93			

Fuente: Proyecto REDD+ MINAM.



8. DISCUSIÓN



Para construir el Mapa Base Bosque/No bosque para el año 2000, así como el Mapa de Pérdida de Bosques Amazónicos del 2000-2011, se utilizó la escala de 1/100 000. Sin embargo, los resultados obtenidos tienen la medida de píxel (30 * 30 m).

La precisión general del mapa fue analizada con imágenes de mayor resolución para los campos de pérdida y no pérdida, encontrándose una exactitud global del 97,33 %.

Para calcular las áreas de Bosque/No bosque 2000 y las de pérdida de los bosques húmedos amazónicos del Perú 2000-2011 fue necesario contar con un límite amazónico que tuviera exactitud y precisión. Por tal motivo, se utilizó el límite de Bosques húmedos amazónicos del Perú, correspondientes al Mapa de Cobertura Vegetal (MINAM, 2009), el cual fue elaborado con imágenes Landsat del año 2009 por la DGEVPN del MINAM.

Para este estudio se descartó utilizar información base de otros estudios, como el Mapa de deforestación de la Amazonía peruana-2000 (CONAM, 2005). La razón fue que el primer estudio tenía una metodología y una leyenda diferente, lo cual generaba resultados mucho más genéricos en sus límites.

Los resultados obtenidos mostraron una pérdida de bosques total de 1 175 792 ha con una tasa promedio de 106 890 ha para el periodo de estudio 2000-2011. Estos resultados fueron calculados a partir de la información generada en formato Raster. Se utilizó este formato y no el vectorial, porque es el formato original de los resultados del proceso de clasificación, además de permitir una mayor rapidez en el cálculo de estadísticas a nivel nacional.

Las grandes áreas de pajonales y páramos ubicadas en los Bosques de Montañas no fueron consideradas dentro de la contabilidad del No Bosque para este estudio, puesto que éstas áreas fueron delimitadas como una cobertura individual dentro del Mapa de cobertura vegetal y no se consideraron dentro de los Bosques Húmedos Amazónicos desarrollados en él.

La metodología de clasificación empleada trabaja con un sistema de coordenadas sinusoidal. Para el cálculo de las áreas de este estudio se re proyectaron sus resultados al sistema de coordenadas *Universal Transverse Mercator*, que es el sistema de coordenadas oficial del Perú.

9. CONCLUSIONES



- El área de estudio que corresponde al ámbito de distribución del bosque húmedo amazónico es de 78 308 801 ha, lo que representa el 60,9 % del territorio nacional.

- La superficie de Bosque/No bosque para el año 2000 en la amazonía del Perú es de 71 093 013 ha y 5 818 785 ha, lo que representa el 55,3 % y el 4,5 % del territorio nacional respectivamente.

- La pérdida de bosque húmedo amazónico en el periodo del 2000 al 2011 es de 1 175 792 ha equivalente al 0,9 % del total en todo el territorio nacional.

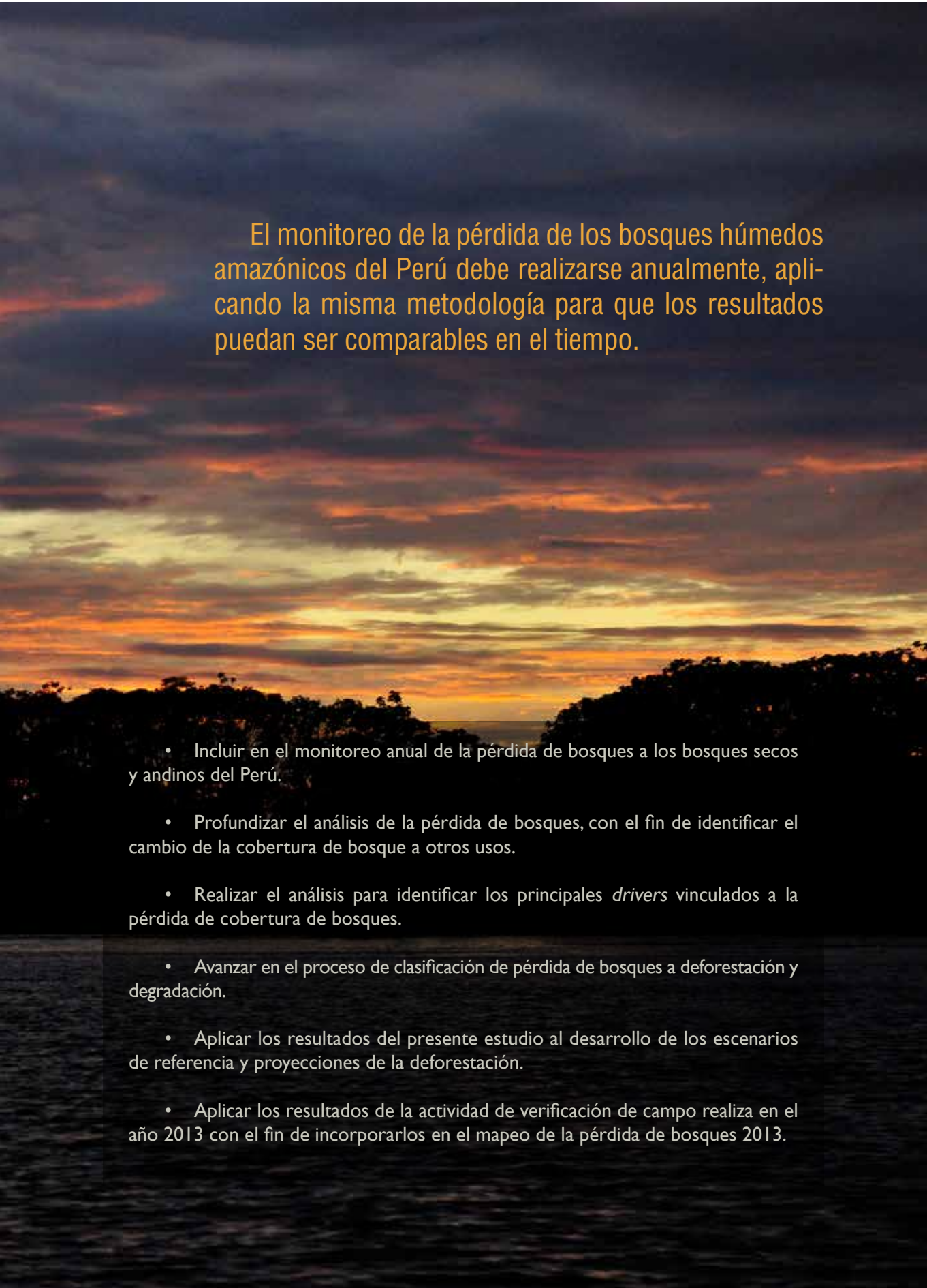
- La tasa promedio anual de pérdida de bosques amazónicos del Perú para el periodo 2000-2011 es de 106 890 ha. Sin embargo, tomando como referencia los últimos 5 años, se obtiene una tasa promedio anual de 124 764 ha, y si se toman los últimos 3 años, la tasa anual incrementa a 137 310 ha.

- El departamento de San Martín presenta la mayor tasa promedio de pérdida de bosques amazónicos del Perú para el periodo 2000-2011 con 25 283 ha. Le siguen los departamentos de Loreto con 20 050 ha y Ucayali con 16 146 ha.

- La exactitud global de los resultados fue de 97,33 %.

10. RECOMENDACIONES





El monitoreo de la pérdida de los bosques húmedos amazónicos del Perú debe realizarse anualmente, aplicando la misma metodología para que los resultados puedan ser comparables en el tiempo.

- Incluir en el monitoreo anual de la pérdida de bosques a los bosques secos y andinos del Perú.
- Profundizar el análisis de la pérdida de bosques, con el fin de identificar el cambio de la cobertura de bosque a otros usos.
- Realizar el análisis para identificar los principales *drivers* vinculados a la pérdida de cobertura de bosques.
- Avanzar en el proceso de clasificación de pérdida de bosques a deforestación y degradación.
- Aplicar los resultados del presente estudio al desarrollo de los escenarios de referencia y proyecciones de la deforestación.
- Aplicar los resultados de la actividad de verificación de campo realizada en el año 2013 con el fin de incorporarlos en el mapeo de la pérdida de bosques 2013.

An aerial photograph of a dense tropical forest. The trees are packed closely together, creating a textured canopy. The colors range from deep forest green to bright, almost yellow-green, suggesting different species or perhaps the effect of sunlight filtering through the leaves. The overall impression is one of a vast, undisturbed natural space.

ANEXO

Cronología de Eventos de Socialización de Resultados de Pérdida de la Cobertura Forestal

Fecha	Evento	Lugar	N.º de participantes	Público objetivo
11 de marzo de 2014	Taller de Socialización de Avances y Resultados del Proyecto REDD+MINAM	Puerto Maldonado, Madre de Dios	62	Autoridades, especialistas de gobiernos regionales, MSAR-MDD y sociedad civil
24 y 25 de marzo de 2014	Taller de Presentación y Revisión del marco conceptual nacional para REDD+	Lima	27	Expertos nacionales e internacionales
26 de marzo de 2014	Taller de Socialización de Avances y Resultados del Proyecto REDD+MINAM	Ucayali	49	Especialistas de gobiernos regionales, MSAR-MDD y sociedad civil
27 y 28 de marzo de 2014	Taller-Convensorio Avances, logros y próximos pasos a seguir en el monitoreo de la cobertura forestal	Lima	14	Expertos nacionales e internacionales
4 de abril de 2014	Taller de Presentación del marco conceptual del nacional para el desarrollo de los niveles de referencia forestal y el sistema nacional MRV	Lima	52	Funcionarios de los GORES, representantes de las organizaciones ambientalistas y de los ministerios
16 de abril de 2014	Taller de Socialización de Avances y Resultados del Proyecto REDD+MINAM	Piura	48	Especialistas y funcionarios de gobierno nacional, gobiernos regionales, mesas REDD+ y sociedad civil

28, 29 y 30 de abril de 2014	Módulos IV y V del Curso Técnico sobre inventarios Nacionales de GEI de la categoría USCUS y Medición, Monitoreo, reporte y verificación para REDD+	Lima	65	Especialistas y funcionarios de gobierno nacional, gobiernos regionales, mesas REDD+ y sociedad civil
29 de mayo del 2014	Taller de Socialización de Avances y Resultados del Proyecto REDD+MINAM	Lima	51	Especialistas y funcionarios de gobierno nacional, grupo REDD+ Perú y sociedad civil
12 y 13 de junio de 2014	Taller Regional sobre articulación de los procesos de implementación del mecanismo REDD+	Tarapoto, San Martín	32	especialistas y representantes de sectores y sociedad civil de la región de San Martín.
17 y 18 de julio de 2014	Encuentro Regional: "Construyendo una Gestión de Bosques y Cambio Climático en la Amazonía",	Tarapoto, San Martín	54	especialistas y representantes de sectores y sociedad civil.
4 de Noviembre de 2014	Reunión: "Avances y reflexiones sobre Niveles de Referencia para la Amazonía"	Lima	12	Especialistas de gobiernos regionales



FOTOS:
Taller regional 12 y 13 de junio, Tarapoto



BIBLIOGRAFÍA



- BROICH, M., M. C. HANSEN, F. STOLLE, P.V. POTAPOV, B.A. MARGONO y B. ADUSEI
2011 Remotely sensed forest cover loss shows high spatial and temporal variation across Sumatera and Kalimantan, Indonesia 2000-2008. *Environmental Research Letters*, 6/1, doi:10.1088/1748-9326/6/1/014010.
- CARROLL, M., J. R. G. TOWNSHEND, M. C. HANSEN, C. DIMICELI, R. SOHLBERG, y K. WURSTER,
2010 *Vegetative cover conversion and vegetation continuous fields*.
In B. Ramachandran, C. Justice, & M. Abrams (Eds.), *Land remote sensing and global environmental change: NASA's EOS and the science of ASTER and MODIS*. New York: Springer.
- CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE
2005 *Mapa de la deforestación de la Amazonía peruana 2000*.
- CHANDER, G., B. L. MARKHAM, y D. L. HELDER
2009 Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment* 113, 893-903.
- DEFRIES, R., M. HANSEN y J. TOWNSHEND
1995 Global Discrimination of Land Cover Types from Metrics Derived from AVHRR Pathfinder Data. *Remote Sensing of Environment* 54, n.º 3, 209-222.
- HANSEN, M. C., R. DEFRIES, J. R. G. TOWNSHEND, M. CARROLL, C. DIMICELI, y R. A SOHLBERG
2003 Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: First Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm. *Earth Interactions* 7, n.º 10, 1-15.
- HANSEN, M. C., S. V. STEHMAN, P. V. POTAPOV, T. R. LOVELAND, J. R. G. TOWNSHEND, R. S. DEFRIES,
K. W. PITTMAN, F. STOLLE, M. K. STEININGER, M. CARROLL y C. DIMICELI
2008 Humid Tropical Forest Clearing from 2000 to 2005 quantified using multi-temporal and multi-resolution remotely sensed data. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 9439-44 [doi:10.1073/pnas.0804042105].
- INRENA
1996 *Guía Explicativa del Mapa forestal 1995*. Lima, 129 pp.
- KALLIOLA, R.; M. PUHAKKA; W. DANJOY, (eds)
1993 *Amazonía Peruana. Vegetación Húmeda tropical en el llano subandino*. Proyecto Amazonía. Universidad de Turku-ONERN. Finlandia, 265 pp.

KILLEEN, T. J., V. CALDERON, L. SORIA, B. QUEZADA, M. K. STEININGER, G. HARPER, L. A. SOLORZANO, y C. J. TUCKER,
2007 Thirty years of land-cover change in Bolivia. *Ambio*, 36(7), 600-606.

MALLEUX, J.
1975 *Mapa Forestal del Perú*. Memoria explicativa. Lima, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 35 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, MINISTERIO DEL AMBIENTE, FAO Y MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DE FINLANDIA.
2014 *Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal. Proyecto Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático en el Perú*. Lima: INF, GCP/GLO/194/MUL, 61 pp.

MINISTERIO DEL AMBIENTE
2012a *Memoria Descriptiva de mapa de cobertura vegetal del Perú*.
2012b *Inventario y Evaluación del Patrimonio Natural en los ecosistemas de Selva Alta-Parque Nacional Yanachaga Chemillén*. Lima, 130 pp.

POTAPOV, P., S. TURUBANOVA y M. C. HANSEN
2011 Regional-scale Boreal Forest Cover and Change Mapping Using Landsat Data Composites for European Russia. *Remote Sensing of Environment* 115, n. ° 2 548-561.

POTAPOV, P., S. TURUBANOVA, M. C. HANSEN, B. ADUSEI, M. BROICH, A. ALTSTATT, L. MANE Y C. O. JUSTICE
2012 Quantifying Forest Cover Loss in Democratic Republic of the Congo, 2000-2010, with Landsat ETM+ Data. *Remote Sensing of Environment* 122, 106-116.

