



Ministerio
del **Ambiente**

ANÁLISIS DE LA **DEFORESTACION** **EN EL ECUADOR** **CONTINENTAL** **1990 - 2014**

Abril 2016

ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN EN EL ECUADOR CONTINENTAL 1990-2014

Ministerio del Ambiente de Ecuador

Subsecretaría de Patrimonio Natural

Sistema Único de Información Ambiental

Créditos:

Componente de Gestión, Procesamiento de Información y Geomática -CGPIG

Coordinación:

Ximena Herrera

Miguel Chinchero

Nestor Acosta

Elaboración:

Danilo Granja

Jeanneth Alvear

Equipo técnico:

Alexandra Chacón

Francisco Molina

Gabriela Paz

Gicela Arias

Lenin Beltrán

Lorena Parra

Mónica López

Rodrigo Torres

Revisión:

Dirección Nacional Forestal – Subsecretaría de Patrimonio Natural

Calle Madrid 1159 y Andalucía

Quito, Ecuador.

Teléfono: 593-2 398-7600

www.ambiente.gob.ec

La manera de citar este documento es: Ministerio del Ambiente, (2016). Análisis de la deforestación en el Ecuador Continental 1990 - 2014. Quito - Ecuador

CONTENIDO

SIGLAS Y ACRONIMOS	6
RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	9
3. REVISIÓN CONCEPTUAL	11
4. METODOLOGÍA.....	12
4.1. Generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra	12
4.1.1. Insumos y leyenda.....	12
4.1.2. Pre-procesamiento y procesamiento de las imágenes satelitales	13
4.2. Mapa de cobertura y uso de la tierra.....	14
4.3. Evaluación de la precisión de los mapas de cobertura y uso de la tierra	16
4.4. Trayectorias de cambio de cobertura y uso de la tierra	16
4.5. Cálculo de la tasa de deforestación	17
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	18
5.1. Resultados de deforestación y regeneración.....	18
5.2. Matrices de cambio de cobertura	23
5.3. Análisis multitemporal de los bosques nativos.....	25
5.4. Análisis espacial de la deforestación.....	28
5.5. Análisis espacial de la regeneración.....	30
5.6. Deforestación por estratos de bosque.....	31
5.7. Deforestación por ecosistemas boscosos	33
5.8. Deforestación en áreas del SNAP y Bosque y Vegetación Protectora	35
6. CONCLUSIONES	40
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estimaciones globales de la deforestación en el Ecuador	9
Tabla 2. Datos de deforestación nacional de diferentes instituciones	10
Tabla 4. Leyenda de Cobertura y Uso de la Tierra	13
Tabla 5. Cobertura y uso de la tierra a nivel 2 de la leyenda para los 4 años de reporte.....	15
Tabla 6. Ejemplo matriz de cambio de cobertura con tres clases.....	17
Tabla 7. Deforestación bruta, neta y regeneración del Ecuador continental	19
Tabla 8. Deforestación bruta, neta y regeneración por provincias.....	22
Tabla 9. Matriz de cambio de cobertura 1990 – 2000	23
Tabla 10. Matriz de cambio de cobertura 2000 – 2008	24
Tabla 11. Matriz de cambio de cobertura 2008-2014.....	24
Tabla 12. Número y porcentaje de parches de deforestación en función de la distancia a las vías.....	29
Tabla 13. Porcentaje y superficie de deforestación bruta según la pendiente	30
Tabla 14. Deforestación por estrato de bosque para el período 2008 – 2014	32
Tabla 15. Superficies deforestadas por ecosistemas boscosos para el período 2008 – 2014	34
Tabla 16. Deforestación en áreas del SNAP y Bosque y Vegetación Protectora 2008 -2014	36
Tabla 17. Deforestación por área protegida para el periodo 2008 – 2014.....	37

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Dinámica forestal en los tres períodos de referencia.....	19
Gráfico 2. Superficie del bosque desde 1990 al 2014 del Ecuador Continental	25
Gráfico 3. Superficie de bosque nativo por provincia para el año 2014	27

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Cobertura y uso de la tierra 2014	14
Mapa 2. Deforestación y regeneración periodo 1990 – 2000	20
Mapa 3. Deforestación y regeneración periodo 2000 – 2008	21
Mapa 4. Deforestación y regeneración periodo 2008 – 2014	21
Mapa 5. Dinámicas del bosque nativo desde 1990 al 2014.....	26
Mapa 6. Deforestación histórica acumulada 1990-2014 en Nueva Loja - Dureno (Provincia de Sucumbíos).....	28
Mapa 7. Deforestación histórica acumulada 1990-2014 en Tarqui – Canelos (Provincia de Pastaza)	28
Mapa 8. Regeneración histórica acumulada 1990-2014 Taracoa – Dayuma (Provincia de Orellana).....	30
Mapa 9. Regeneración histórica acumulada 1990-2014 Puerto Napo – Arajuno (Provincia de Napo).....	31
Mapa 10. Mapa de deforestación 2008 – 2014 por estrato de bosques.....	33
Mapa 11. Ecosistemas boscosos con mayor deforestación 2008 – 2014.....	35
Mapa 12. Zonas deforestadas en áreas del SNAP y Bosques y vegetación para el periodo 2008-2014.....	39

SIGLAS Y ACRONIMOS

CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (Actual IEE)
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
DEM	Digital Elevation Model
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FRA	Global Forest Resources Assessment
GFW	Global Forest Watch
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano
INEFAN	Instituto Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MAE	Ministerio del Ambiente
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca
ONU	Organización de las Naciones Unidas
REDD	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
ROI	Region of Interest
SAF	Sistema de administración forestal
SIG	Sistema de Información Geográfica
SNAP	Sistema Nacional de Área Protegidas
SUFOREN	Subsecretaría Forestal y de Recursos Naturales Renovables
VCS	Verified Carbon Standard
WRI	World Resource Institute

RESUMEN

El Ministerio del Ambiente (MAE) dentro de su accionar ha fortalecido la gestión institucional, enfocando sus esfuerzos en la generación y gestión de información, mediante los cuales promueve procesos robustos de gobernanza ambiental, la gestión efectiva de las áreas protegidas y el monitoreo continuo de dinámicas ecosistémicas.

Como parte del monitoreo del patrimonio natural, el presente estudio analiza la dinámica y distribución espacial de los bosques en el territorio continental del Ecuador, en base a los mapas de cobertura y uso de la tierra, escala 1:100.000 para los años 1990, 2000, 2008 y 2014. Debido a la escala de trabajo se reportan los resultados a nivel nacional y provincial. Adicionalmente se realiza una revisión conceptual y metodológica de los insumos empleados.

En el análisis se utilizaron imágenes satelitales de mediana resolución como insumo principal para generar una serie histórica de mapas de cobertura y uso de la tierra, los mismos que fueron generados de forma independiente para cada año de referencia. A partir de estos mapas se determinaron trayectorias de cambio de la cobertura boscosa mediante una detección de cambios post-clasificación, con la finalidad de combinar espacialmente los mapas generados.

Este estudio se centra en la cuantificación de los cambios relacionados con la pérdida y/o ganancia de la cobertura boscosa. Los resultados se evidencian en los siguientes indicadores nacionales:

- Deforestación bruta anual promedio para el periodo 1990 – 2000 de 129.943 ha/año, periodo 2000 – 2008 de 108.666 ha/año y periodo 2008 – 2014 de 97.918 ha/año.
- Deforestación neta anual promedio para el periodo 1990 – 2000 de 92.742 ha/año, periodo 2000 – 2008 de 77.748 ha/año y para el periodo 2008 – 2014 de 47.497 ha/año.
- Regeneración anual promedio: 1990 – 2000 de 37.201 ha/año, periodo 2000 – 2008 de 30.918 ha/año y para el periodo 2008-2014 de 50.421 ha/año.

El análisis se complementa con otros insumos generados previamente por el MAE, como el Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental, Mapa de Estratos de Bosque, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, entre otros. Estos insumos se analizan mediante sistemas de información geográfica con el objetivo de lograr un primer acercamiento sobre la dinámica de la cobertura boscosa de una manera integral en el territorio.

De esta manera la información presentada se convierte en un insumo que apoya la adecuada toma de decisiones y la implementación de políticas públicas relacionadas al manejo sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.

1. INTRODUCCIÓN

La Constitución de la República del Ecuador contempla aspectos relacionados a la biodiversidad y recursos naturales. El Art. 395, inciso 1 menciona: *“El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”*. El Art. 404 menciona que: *“El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción”*.

El objetivo séptimo del Plan Nacional del Buen Vivir establecido para el período 2013-2017 busca garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global, donde la mayor ventaja comparativa con la que cuenta el país es su biodiversidad, por ello es fundamental saberla aprovechar de manera adecuada mediante su conservación y su uso sostenible. (SENPLADES, 2013)

Las políticas institucionales del Ministerio del Ambiente con lo expresado en el Acuerdo Ministerial 114 sobre la *“Política Nacional de Gobernanza del Patrimonio Natural para la Sociedad del Buen Vivir 2013-2017”*, en el cual uno de los ejes estratégicos es la *investigación y monitoreo del patrimonio natural*. Este eje estratégico busca, por un lado, la *integración del saber local a la investigación científica para sistematizar y/o generar los conocimientos que el país requiere para impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación*, por otro lado, la *institucionalización de los procesos de generación de información y monitoreo de las condiciones de conservación de los ecosistemas terrestres y marinos del Ecuador a partir de indicadores de presión-estado-respuesta de la biodiversidad en los distintos niveles de organización*.

En este contexto, el MAE desarrolló los proyectos: Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental, Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental y Evaluación Nacional Forestal, los cuales conforman la línea base de información del patrimonio natural, marco referencial para el monitoreo futuro.

El presente estudio tiene como finalidad analizar la deforestación y las dinámicas de la cobertura boscosa en el Ecuador continental desde 1990 al 2014, considerando que la deforestación es uno de los principales indicadores para determinar el estado del patrimonio natural, ya que conlleva consecuencias negativas como la pérdida de biodiversidad, afectación de los servicios ambientales y la destrucción de los hogares de culturas ancestrales (MAE, 2012).

Para realizar este análisis se emplearon como insumos principales los mapas de cobertura y uso de la tierra de los años 1990, 2000 y 2008 a escala 1:100.000 generados por el proyecto Mapa Histórico de Deforestación y el Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del año 2013-2014; este último un trabajo conjunto entre la Unidad de Monitoreo de Patrimonio Natural del MAE y la Coordinación general del Sistema de Información Nacional del MAGAP.

2. ANTECEDENTES

Existen diferentes datos, nacionales y globales, relacionados con las dinámicas de los bosques del Ecuador, obtenidos a partir de diversos enfoques teórico-conceptuales, que han buscado determinar esta dinámica, así como estudios relacionados con temáticas sociales y económicas que buscan explicar las causas y agentes relacionadas con la deforestación.

El indicador relacionado con la pérdida de los bosques tiene una gran relevancia a nivel mundial, es así que existen iniciativas globales que generan esta información como WRI, CIAT-Terra-i, GFW. Esta información debe ser tomada de forma referencial debido a la escala e insumos que utilizan para generar sus estadísticas, ya que es necesaria una validación para que sus datos reflejen con mayor precisión la realidad nacional. Algunos ejemplos de estos datos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Estimaciones globales de la deforestación en el Ecuador

Autor	Año	Tasa de deforestación estimada (ha/año)
WRI	1994	136.000
GFW	2002	45.257
GFW	2003	30.008
GFW	2004	13.952
CIAT-Terra-i	2004	17.363
GFW	2005	37.521
GFW	2006	40.489
GFW	2007	35.788
GFW	2008	60.738
GFW	2009	112.787
GFW	2010	57.881
GFW	2011	33.896
GFW	2012	42.801
CIAT-Terra-i	2012	21.918

Fuente: WRI, 1994; CIAT-Terra-i, 2015; GFW, 2015.

Existe información sobre deforestación a nivel nacional generada por diferentes instituciones (Tabla 2); sin embargo, las metodologías no han sido estandarizadas lo cual dificultaba que los datos sean comparables y se realice el monitoreo de la dinámica de la cobertura boscosa.

Tabla 2. Datos de deforestación nacional de diferentes instituciones

Autor	Año	Tasa de deforestación estimada (ha/año)
Cabarle et al.	1989	341.000
Amelung & Diehl	1992	306.000
INEFAN	1995	106.000
SUFOREN	1991	120.000
FAO ¹	2000, 2005, 2010	198.000
FAO, FRA 2015	2000	92.800
	2005	83.400
	2010	74.000
CLIRSEN	2010	198.000

Fuente: FAO, 2010, 2015; Wunder 2001

Considerando la variabilidad de los datos, tanto globales como nacionales, y con la finalidad de monitorear la dinámica de la cobertura boscosa, el Ministerio del Ambiente ha hecho un gran esfuerzo en inversión para proveer cifras confiables sobre el estado de los bosques del país, es así que en el año 2009 se implementó el proyecto "Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental" cuyo objetivo principal fue construir el escenario histórico de deforestación de forma espacialmente explícita, mediante una metodología que incluye procedimientos de documentación, verificación y validación que permitan evaluar la calidad de la información generada y replicarla en el futuro.

En el 2013 el MAE generó un muestreo estratificado con la finalidad de estimar el área de bosque y no bosque del año 2012 y calcular la tasa de deforestación 2008 – 2012, este proceso se realizó con el apoyo técnico de FAO - Roma, obteniendo una deforestación neta anual de 65.880 ha/año. Estos datos no son incluidos en el presente estudio, debido a que el muestreo cubre únicamente el 30% del Ecuador continental, lo que no permite realizar un análisis espacial de todo el territorio.

Debido a la importancia de contar con datos actualizados, en los años 2014 y 2015 se realizó el mapa de cobertura y uso de la tierra 2013 – 2014, en conjunto entre MAE – MAGAP. Este mapa permitió establecer el límite de la frontera agrícola y fue empleado como insumo para actualizar la tasa de deforestación para el período 2008 – 2014.

¹ La información presentada por FAO –en el 2010 corresponde a los datos reportados por CLIRSEN (2003). Para el reporte FRA-2015 los datos fueron proyecciones generadas en base a la información oficial presentada por el MAE, no se incluye la información del periodo 2008-2014

3. REVISIÓN CONCEPTUAL

Con el propósito de especificar el enfoque con el cual se aborda este estudio se realiza una revisión de las definiciones operativas de bosque, deforestación y regeneración.

Bosque

Comunidad vegetal de por lo menos una hectárea, con árboles de 5 metros de altura y con un mínimo de 30% de cobertura del dosel o capa aérea vegetal.

- Incluye: las áreas cubiertas de bambú y palmas nativas, siempre que éstas alcancen el límite mínimo establecido en cuanto a altura y cubierta de copas.
- Excluye: las formaciones de árboles utilizadas en sistemas de producción agrícola, por ejemplo: plantaciones frutales, plantaciones de palma africana y sistemas agroforestales. Excluye también los árboles que crecen en parques y jardines urbanos².

Bosque nativo

Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos³.

Deforestación

Es un proceso de conversión antrópica del bosque en otra cobertura y uso de la tierra; bajo los umbrales de altura, cobertura del dosel o área establecida en la definición de bosque. No se considera deforestación a las zonas de plantaciones forestales removidas como resultado de cosecha o tala, y donde se espera que el bosque se regenere naturalmente o con la ayuda de prácticas silviculturales⁴.

Deforestación bruta

Se define como la conversión antrópica del bosque nativo a otra categoría de cobertura y uso de la tierra, se excluye la conversión del bosque nativo a cuerpo de agua natural (debido a que esta conversión no es antrópica)⁵

Regeneración

“La regeneración natural es la recuperación de un bosque en ausencia de la intervención humana después de haber sufrido anteriormente una alteración. Esta acción resulta en el incremento de la funcionalidad del ecosistema alterado, la complejidad y estructura en la diversidad de especies vegetales y la disponibilidad de un hábitat, entre otros” (VCS, 2010).

² Definición obtenida del Acuerdo Ministerial 033, publicado en el registro oficial del 18 de junio de 2013

³ Ver cita 2

⁴ Ver cita 2

⁵ Definición operativa generada para el nivel de referencia de emisiones por deforestación para Ecuador ante la CMNUCC. (Abril 2015)

4. METODOLOGÍA

La metodología empleada constituye un punto de partida dentro del proceso de monitoreo de la deforestación. No persigue ser un procedimiento metodológico cerrado, al contrario se espera que sea abierto y tenga una dinámica de actualización permanente conforme a la disponibilidad de nueva información. Por ejemplo la incorporación de imágenes radar debido a que el país presenta nubosidad permanente en varias zonas del país y la automatización de procesos que permitirá reducir los tiempos y fortalecerán el monitoreo.

A continuación se presenta un resumen metodológico basado en los insumos y el uso de información para generar el análisis de las dinámicas del bosque. La metodología a detalle para la obtención de los mapas se presenta en los informes: “Actualización del protocolo metodológico para la generación del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental” y “Protocolo metodológico para la elaboración del Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental 2013 – 2014, escala 1:100.000”.

4.1. Generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra

4.1.1. Insumos y leyenda

Actualmente, con los avances tecnológicos y la disponibilidad de información proveniente de diversos sensores espaciales es posible contar con insumos precisos y con una frecuencia temporal de 1 a 16 días, lo que facilita el monitoreo del estado de la cobertura y uso de la tierra; adicionalmente el acceso gratuito a la información de algunos sensores, permite que el monitoreo sea sostenible en el tiempo.

Considerando estas ventajas se emplearon imágenes satelitales de mediana resolución Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI (nivel de procesamiento L1T) como insumos principales para la generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra, además para el año 2008 se emplearon imágenes Aster. La fecha efectiva de las imágenes satelitales utilizadas corresponde a dos años anteriores y dos años subsiguientes a la fecha de referencia de acuerdo a la disponibilidad de imágenes sin presencia de nubes.

Adicionalmente para llenar vacíos de información se emplearon los mosaicos Landsat proporcionados por la Universidad de Maryland para los años 2000 y 2008⁶. Además de imágenes satelitales de alta resolución Rapideye y ortofotos.

La leyenda de cobertura y uso de la tierra utilizada es jerárquica (Tabla 3) donde el nivel superior corresponde a las seis clases de cobertura y uso de la tierra definidas en base a las

⁶ Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. (2013) High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.

guías 2006 del IPCC⁷, el segundo nivel corresponde a las 16 clases operativas del nivel 2, que fueron acordadas por las entidades encargadas de la generación de información de cobertura y uso de la tierra a nivel nacional: MAE – CLIRSEN – MAGAP.

Tabla 3. Leyenda de Cobertura y Uso de la Tierra

Nivel I	Nivel II
Bosque	Bosque nativo ⁸
	Plantación forestal
Tierra agropecuaria	Cultivo anual
	Cultivo semipermanente
	Cultivo permanente
	Pastizal
	Mosaico agropecuario
Vegetación arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva
	Vegetación herbácea
	Páramo
Cuerpos de agua	Natural
	Artificial
Zonas antrópicas	Área poblada
	Infraestructura
Otras áreas	Glaciar
	Área sin cobertura vegetal
Sin información	Sin información

4.1.2. Pre-procesamiento y procesamiento de las imágenes satelitales

El pre-procesamiento de las imágenes satelitales utilizadas consistió en las fases de ortorectificación y remoción visual de áreas con nubes. Posteriormente se realizó la clasificación de las imágenes, la cual integra métodos automáticos y visuales.

⁷ La leyenda tiene una excepción con respecto a la presentada por el IPCC, que es la inclusión de la clase de pastizal dentro de tierra agropecuaria, esto ayuda a mantener consistencia conceptual, especialmente en áreas donde el uso del suelo pecuario constituye una etapa dentro de períodos de rotación entre pastos y cultivos.

⁸ La categoría bosque nativo incluye a bosques secundarios y otros tipos de bosques con diferentes estados de intervención

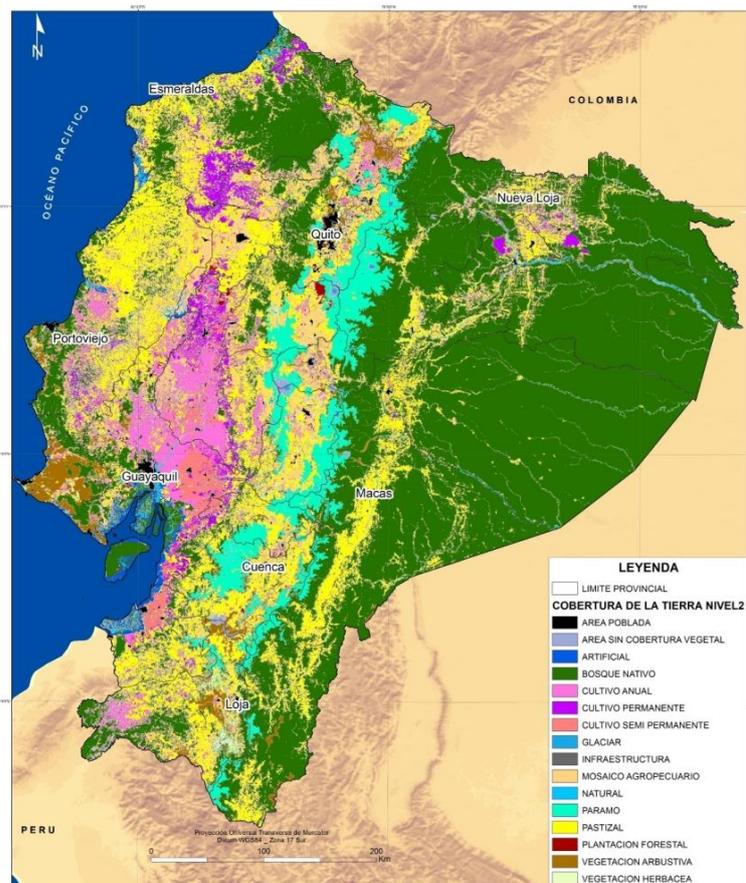
El primer paso de procesamiento fue la segmentación, que establece regiones homogéneas dentro de la imagen. Cada segmento o polígono fue clasificado de acuerdo a un método no supervisado, el cual clasifica los segmentos en base a sus atributos espectrales. Estas clases se asignan por los intérpretes a las clases temáticas de la leyenda.

Para la actualización del mapa al año 2014 se realizó una clasificación supervisada, debido a que el equipo técnico contaba con mayor experiencia en la identificación de coberturas. Este método requiere que el intérprete tenga una gran familiaridad con el área de interés para poder interpretar y delimitar sobre la imagen satelital áreas representativas denominadas ROI de cada una de las categorías representadas y que forman parte de la leyenda. Posteriormente, estas áreas son usadas para entrenar un algoritmo automático que permite obtener la clasificación de la imagen.

Finalmente, los mapas se revisaron y editaron visualmente para resolver problemas de mezcla espectral o mezcla entre clases temáticas. Esta edición se realizó con el apoyo de información recopilada en campo.

4.2. Mapa de cobertura y uso de la tierra

En el año 2014 el área cubierta por vegetación natural es de 15'177.151 ha, dividida entre bosque nativo 12'753.387 ha, páramo 1'523.970 ha, vegetación arbustiva 810.627 ha y vegetación herbácea 89.167 ha (Mapa 1). El mayor porcentaje de cobertura natural se encuentra en la región amazónica.



Mapa 1. Cobertura y uso de la tierra 2014

En la tabla 4 se muestran los resultados de los mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 1990, 2000, 2008 y 2014, los cuales se encuentran expresados en hectáreas para las clases definidas en el nivel 2 de la leyenda.

Tabla 4. Cobertura y uso de la tierra a nivel 2 de la leyenda para los 4 años de reporte

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA		1990 (Ha)	2000 (Ha)	2008 (Ha)	2014 (Ha)
NIVEL 1	NIVEL 2				
BOSQUE	BOSQUE NATIVO	14'587.771	13'660.354	13'038.367	12'753.387
	PLANTACION FORESTAL	44.443	70.150	62.197	130.072
TIERRA AGROPECUARIA	CULTIVO ANUAL	718.899	703.539	611.942	1'094.905
	CULTIVO SEMIPERMANENTE	151.649	218.204	260.389	480.132
	CULTIVO PERMANENTE	35.592	114.303	167.306	917.407
	PASTIZAL	1'092.682	1'279.029	1'454.890	4'959.939
	MOSAICO AGROPECUARIO	4'398.855	5'844.288	6'337.045	1'266.774
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	VEGETACION ARBUSTIVA	732.029	634.573	587.500	810.627
	VEGETACION HERBACEA	108.028	126.308	109.528	89.167
	PARAMO	1'566.273	1'535.575	1'465.936	1'523.970
CUERPO DE AGUA NATRUAL	NATURAL	350.880	351.095	348.473	305.169
	ARTIFICIAL	138.041	124.603	157.678	199.934
ZONA ANTRÓPICA	ÁREA POBLADA	62.968	109.861	165.538	224.935
	INFRAESTRUCTURA	1.209	5.524	11.616	21.207
OTRAS TIERRAS	ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	99.339	112.682	109.687	112.568
	GLACIAR	11.431	7.973	9.968	7.866
SIN INFORMACION		797.972	0	0	0

En el mapa del año 2014 se recopiló información secundaria que permitió validar las categorías de nivel 2 correspondiente a tierra agropecuaria, producto del trabajo interministerial entre MAE-MAGAP, con los cuales se mejoró la definición de estas categorías en relación con los mapas históricos. Por esta razón no se recomienda realizar un análisis multitemporal dentro de esta categoría.

En cuanto a la categoría plantación forestal es importante aclarar que debido a la escala de trabajo y los insumos empleados en la interpretación de los mapas, se identificaron con mayor precisión las plantaciones ubicadas en la región Sierra, mientras que las ubicadas en

las regiones Costa y Amazonía pueden confundirse con bosque nativo, además las áreas recién plantadas podrían estar incluidas en la clase tierra agropecuaria.

4.3. Evaluación de la precisión de los mapas de cobertura y uso de la tierra

En 2013 se realizó la evaluación de la precisión de los mapas históricos de cobertura y uso de la tierra para transparentar la validez y evaluar la confiabilidad de los mismos, este proceso se desarrolló con el apoyo técnico de FAO-Roma. Los resultados de la precisión global de los mapas a nivel 1 para los años referidos son:

- 1990 → 69%
- 2000 → 73%
- 2008 → 76%.

La información detallada sobre la metodología utilizada para este proceso se encuentra en el documento “Informe final de la evaluación de la precisión del mapa histórico de deforestación del Ecuador continental 1990, 2000 y 2008” (MAE, 2015a).

En el año 2015 se evaluó la precisión global del mapa de cobertura y uso 2013 – 2014 a nivel 1 de la leyenda, el valor de precisión obtenido fue de 85%, la información detallada se encuentra en el documento “Informe de evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso del suelo del Ecuador 2013–2014”.

4.4. Trayectorias de cambio de cobertura y uso de la tierra

Las trayectorias de cambio de cobertura y uso de la tierra se identificaron mediante una detección de cambios post-clasificación, es decir, se generaron mapas independientes para cada año de referencia y luego fueron combinados espacialmente.

Una de las ventajas de utilizar este método es que se minimizan los requerimientos de calibración absoluta y/o relativa de las imágenes. Uno de los riesgos de emplear esta metodología es sobrestimar los cambios, por lo que se realizó un control visual de los cambios generados entre mapas con la finalidad de depurar transiciones inconsistentes, de esta forma reducir los errores causados por la implementación de la metodología.

Para realizar el análisis espacial que explique las dinámicas de la cobertura boscosa se realizaron mapas de cambios a nivel 1 de la leyenda (tabla 3), es decir, se compararon espacialmente pares consecutivos de los mapas de cobertura y uso de la tierra (1990 – 2000, 2000 – 2008 y 2008 – 2014).

En el cálculo del mapa de cambio del período 2008 – 2014, se empleó como insumo el mapa de cobertura y uso de la tierra 2014 generado entre MAE-MAGAP, este mapa fue modificado para evitar cambios inconsistentes con el mapa 2008 previo al cálculo de las tasas de deforestación.

En base a la definición de deforestación (ver sección 3), no fueron considerados en el análisis los cambios de bosque a cuerpos de agua natural o viceversa ya que representa una transición natural, tampoco se considera como deforestación el cambio de plantación forestal a otros usos.

A partir de los mapas de cambios se generan matrices que permiten cuantificar donde ocurren los cambios relacionados con la pérdida y la ganancia de la cobertura forestal, en donde las filas representan coberturas del año inicial y las columnas representan las coberturas del año final. En la tabla 5 se muestra un ejemplo para tres clases.

Tabla 5. Ejemplo matriz de cambio de cobertura con tres clases

	A	B	C	D	E
1	COBERTURA	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA	ZONA ANTROPICA	TOTAL
2	BOSQUE NATIVO	900	300	50	1.250
3	TIERRA AGROPECUARIA	150	500	25	675
4	ZONA ANTROPICA	0	0	75	75
5	TOTAL	1.050	800	150	2.000

En el ejemplo el área analizada tiene un total de 2.000 hectáreas, en la misma se puede obtener la siguiente información:

- Área inicial de bosque = 1.250 ha
- Área final de bosque = 1.050 ha
- Deforestación bruta = 350 ha (el área de deforestación bruta se obtiene al sumar las áreas de conversión de bosque a otras coberturas, en este caso sumando C2+D2)
- Regeneración = 150 ha (el área regenerada está representada por la suma de B3+B4, que representa la suma de las coberturas que se transformaron a bosque).
- Deforestación neta = 200 ha (esta área se obtiene al restar el bosque inicial E2 menos el bosque final B5).

4.5. Cálculo de la tasa de deforestación

Para el cálculo de la deforestación se emplean dos métricas que representan las transiciones de bosques. La primera métrica corresponde a la deforestación anual promedio para un período determinado, definida como:

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1}$$

Eq. 1

Donde A2 y A1 son las áreas de bosque en la fecha final (t2) e inicial (t1), respectivamente (Puyravaud, 2003). La segunda métrica corresponde a la tasa de cambio anual que se obtiene comparando el área cubierta por bosque en la misma región en dos épocas diferentes. La fórmula empleada (Eq. 2) resulta en una tasa porcentual anual, usada frecuentemente para cálculos de esta índole (Puyravaud, 2003).

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

Eq. 2

Donde A1, A2, t1, t2 se definen como en la Eq. 1.

La métrica de deforestación bruta se obtiene de la matriz de transición al realizar un cruce de mapas de cobertura y uso, se suma las áreas de conversión del bosque a otras coberturas (tabla 5) y se divide para el número de años del periodo de referencia.

La métrica de regeneración se obtiene de la matriz de transición al realizar un cruce de mapas de cobertura y uso, se suma las coberturas que se transformaron a bosque (tabla 5) y se divide para el número de años del periodo de referencia.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de los resultados se enfoca en conocer las dinámicas de la cobertura boscosa, permitiendo identificar la deforestación y regeneración a través del análisis de la serie histórica de mapas de cobertura y uso de la tierra⁹, y su relación con variables para conservación, manejo y uso del bosque.

5.1. Resultados de deforestación y regeneración

Al comparar espacialmente los mapas de los años 1990 y 2014, se determinó una pérdida en la cobertura forestal de 2'184.934 hectáreas. Durante este mismo periodo existió una ganancia de bosque de 350.550 hectáreas, lo que refleja una pérdida neta de 1'834.384 hectáreas de bosque.

Los resultados de deforestación y regeneración analizados para los diferentes periodos de estudio demuestran que los valores de deforestación bruta y neta están disminuyendo en relación a los períodos históricos (Tabla 6 y Gráfico 1). Se identifica cuatro factores estructurales que son claves para entender esta tendencia: "1) la creciente concentración de la población del país en asentamientos densos y la caída de las tasas de crecimiento de población, 2) la intensificación de los sistemas productivos rurales, 3) las mejoras en accesibilidad en casi todos los sectores rurales del país, y 4) el cierre de casi todas las fronteras

⁹ Los mapas de cobertura y uso de la tierra se encuentran disponibles para su descarga en <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec>

de colonización debido a la consolidación de los derechos de propiedad de las áreas forestales remanentes más importantes” (Sierra, 2013).

A partir de los mapas generados por el MAE se han realizado varios estudios de causas de deforestación que realizan un análisis detallado de los factores que influyen en las dinámicas de deforestación (Sierra, 2013; Castro et al., 2013).

Tabla 6. Deforestación bruta, neta y regeneración del Ecuador continental

Período	Deforestación bruta anual promedio (Ha/año)	Regeneración anual promedio (Ha/año)	Deforestación neta anual promedio (Ha/año)	Tasa anual de deforestación bruta (%)	Tasa anual de deforestación neta (%)
1990 – 2000	129.943	37.201	92.742	-0,93%	-0,65%
2000 – 2008	108.666	30.918	77.748	-0,82%	-0,58%
2008 – 2014	97.918	50.421	47.497	-0,77%	-0,37%

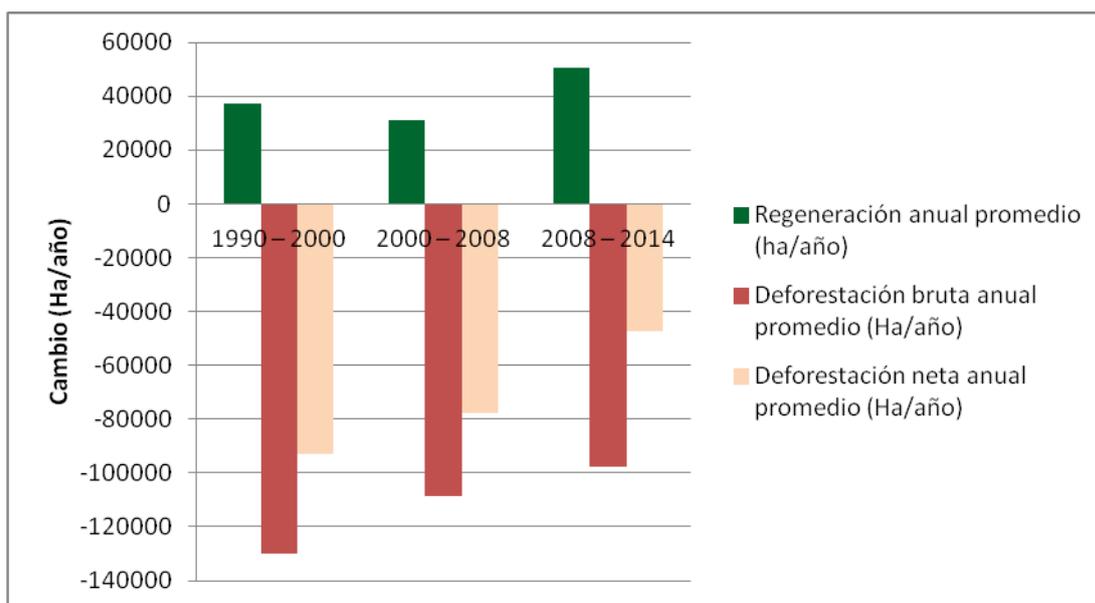
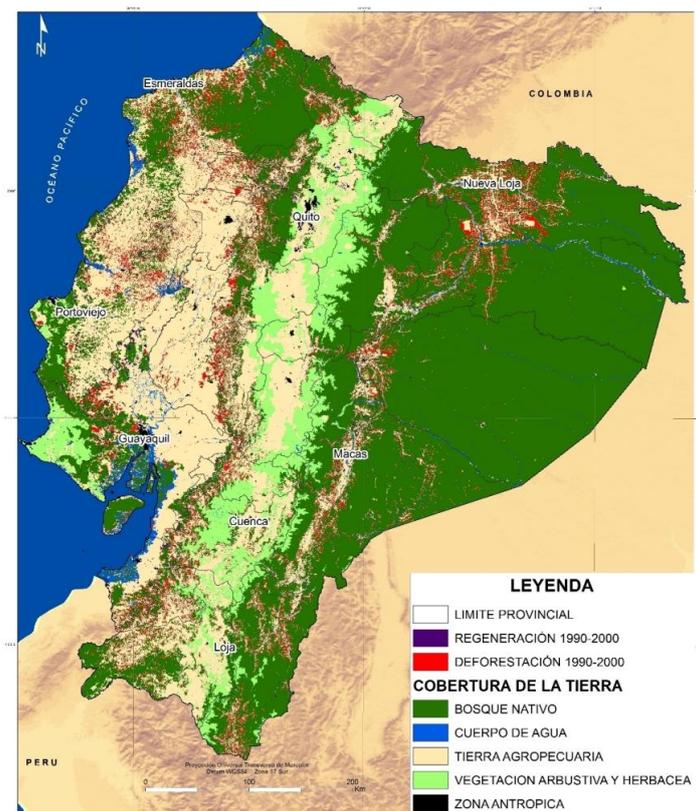


Gráfico 1. Dinámica forestal en los tres períodos de referencia

Con relación a la regeneración se evidencia en el último periodo 2008 – 2014 un incremento en relación al periodo 2000 – 2008, la transición de regeneración no presenta una tendencia a la baja como en el caso de la deforestación. Es importante aclarar que el proceso de regeneración debió iniciar en años anteriores al periodo en el cual las zonas fueron identificadas en las imágenes satelitales empleadas para la generación de los mapas.

Empleando los datos sobre deforestación en los países de Sudamérica presentados en la Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 (FAO, 2015), el país se encuentra en el séptimo lugar, detrás de países como Brasil, Argentina, Bolivia, Perú Venezuela y Colombia.

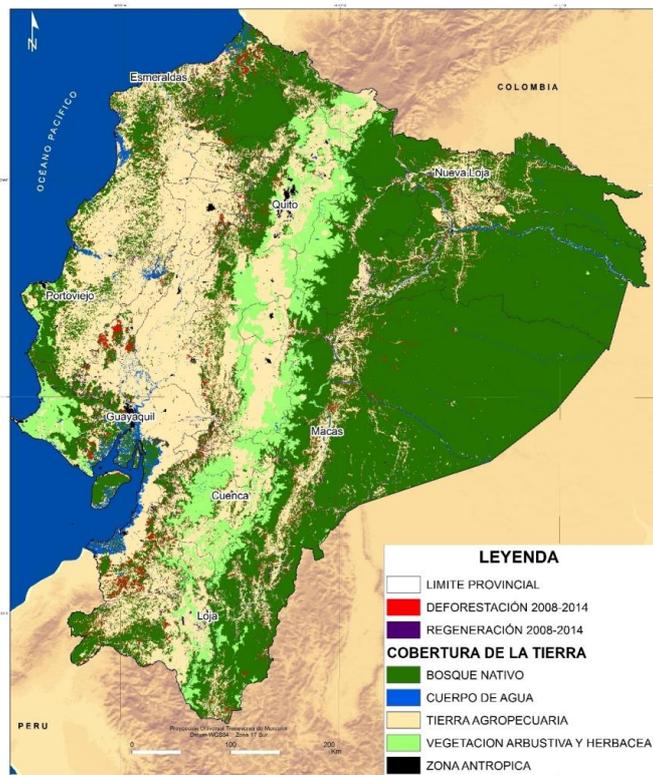
La tendencia nacional de deforestación y regeneración no se comporta de una forma homogénea en el territorio continental ecuatoriano, estos procesos dependen de patrones distintos en cada zona en función de diversas variables, en especial de la intensificación del uso del suelo y de la reestructuración del empleo rural (Sierra, 2013). Estos patrones no están definidos exactamente por límites administrativos, sin embargo, en el presente estudio se presentan los resultados a nivel provincial (Mapa 2, 3, 4 y Tabla 7) para facilitar el análisis en la planificación territorial a un nivel subnacional.



Mapa 2. Deforestación y regeneración periodo 1990–2000



Mapa 3. Deforestación y regeneración periodo 2000 – 2008



Mapa 4. Deforestación y regeneración periodo 2008 – 2014

Tabla 7. Deforestación bruta, neta y regeneración por provincias

Provincias	1990 – 2000(Ha/año)			2000 – 2008 (Ha/año)			2008 – 2014 (Ha/año)		
	Deforestación bruta	Regeneración	Deforestación neta	Deforestación bruta	Regeneración	Deforestación neta	Deforestación bruta	Regeneración	Deforestación neta
Azuay	4.008	1.684	2.325	1.147	455	692	2.740	1.701	1.039
Bolívar	4.414	1.777	2.636	4.159	2.128	2.031	3.217	288	2.929
Cañar	1.847	424	1.422	875	590	285	1.509	1.145	365
Carchi	1.805	611	1.194	1.865	1.215	650	772	699	74
Chimborazo	1.017	763	254	1.130	708	422	929	887	42
Cotopaxi	3.680	1.348	2.332	1.862	953	908	2.223	604	1.619
El Oro	6.177	2.662	3.515	5.113	2.532	2.581	8.136	1.882	6.254
Esmeraldas	16.053	1.443	14.610	15.736	2.539	13.197	12.006	6.530	5.476
Guayas	6.295	3.583	2.712	7.820	212	7.608	8.741	6.171	2.570
Imbabura	2.970	985	1.984	3.062	1.944	1.117	1.392	1.146	246
Loja	5.030	1.170	3.860	4.897	1.263	3.635	5.777	3.962	1.815
Los Ríos	2.950	685	2.265	1.963	613	1.349	918	523	395
Manabí	13.494	5.397	8.097	8.164	3.478	4.686	6.159	4.748	1.411
Morona Santiago	10.222	3.997	6.225	13.483	4.105	9.378	10.430	2.505	7.925
Napo	3.319	1.367	1.952	3.233	344	2.889	2.610	2.012	599
Orellana	10.308	812	9.496	5.536	2.381	3.154	5.752	2.665	3.087
Pastaza	3.893	1.316	2.577	4.523	433	4.090	4.181	1.336	2.846
Pichincha	5.471	2.522	2.949	5.210	6	5.204	3.212	2.804	408
Santa Elena	970	451	520	1.854	269	1.586	794	884	-90
Santo Domingo de los Tsáchilas	2.999	762	2237	1.855	1.446	410	2.346	1.667	679
Sucumbíos	13.806	1.254	12.552	5.013	1.584	3.429	7.592	2.176	5.416
Tungurahua	405	258	146	33	97	-65	735	248	487
Zamora Chinchipe	7.676	1.163	6.513	8.498	1.333	7.166	4.319	3.042	1.277
Zonas no delimitadas	1.135	767	369	1.636	290	1.345	1.425	794	631

La deforestación es un proceso dinámico, por ejemplo Sucumbíos en el periodo 1990 – 2000 era la segunda provincia con mayor deforestación, para el período 2000 – 2008 su tasa de deforestación bajo a la novena posición y para el período 2008 – 2014 se encuentra en la quinta posición como una de las provincias con mayor deforestación.

Las provincias que mantienen históricamente valores altos de deforestación bruta, en orden descendente, son: Esmeraldas, Morona Santiago, Manabí y Sucumbíos. Mientras que las provincias con menor deforestación bruta son: Cañar, Chimborazo, Santa Elena y Tungurahua.

La regeneración es un proceso que influye fuertemente sobre los valores reportados de deforestación neta, las provincias históricamente más representativas son: Manabí, Morona Santiago, Esmeraldas y Guayas.

Con respecto a la deforestación neta, la cual incluye tanto la deforestación como la regeneración, las provincias que se han mantenido en el tiempo con altas tasas de deforestación son: Esmeraldas, Morona Santiago, Sucumbíos y Orellana. Mientras que las provincias con menor deforestación neta son: Santa Elena, Carchi, Chimborazo y Tungurahua.

5.2. Matrices de cambio de cobertura

Para identificar los principales cambios de la cobertura y uso de la tierra, enfocados en deforestación, se emplearon las matrices a nivel 1 de la leyenda, generadas a partir de la comparación de pares consecutivos de los mapas de los períodos en estudio.

En el período 1990 – 2000 (Tabla 8) el 98% de la deforestación se debió a cambios de bosque a tierra agropecuaria, 0,4% se debe a cambios por zona antrópica, 0,4% se debe a cambio a cuerpo de agua artificial y el porcentaje restante se debe a cambios por otras tierras, plantación forestal, vegetación arbustiva y herbácea.

Tabla 8. Matriz de cambio de cobertura 1990 – 2000

		COBERTURA 2000 (Hectáreas)							Total
		Bosque nativo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Cuerpo de agua	Zona antrópica	Otras tierras	Plantación forestal	
COBERTURA 1990 (Hectáreas)	Sin información	0	790.129	0	1.059	3.806	1.582	1.395	797.972
	Bosque nativo	13'288.340	1'275.809	7.006	5.763	2.425	4.971	3.458	14'587.771
	Tierra agropecuaria	35.3754	5'850.295	124.297	5.730	37.992	2.778	22.830	6'397.677
	Vegetación arbustiva y herbácea	9.341	202.036	2'150.455	1.118	4.362	21.401	17.617	2'406.330
	Cuerpo de agua	2.807	22.774	693	461.966	679	2	0	488.921
	Zona antrópica	3	9	1	21	64.141	3	0	64.177
	Otras tierras	6.109	3.205	9.825	41	1.673	89.917	0	11.0770
	Plantación forestal	0	15.106	4.178	0	309	0	24.851	44.443
	TOTAL	13'660.354	8'159.363	2'296.456	47.5697	115.386	120.654	70.150	24'898.060

En el período 2000 – 2008 (Tabla 9) el 99% de la deforestación se debió a cambios de bosque a tierra agropecuaria, el 0,6% se produjo por cambio a cuerpo de agua artificial y el porcentaje restante se debe a otros cambios.

Tabla 9. Matriz de cambio de cobertura 2000 – 2008

		COBERTURA 2008 (Hectáreas)							Total
		Bosque nativo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Cuerpo de agua	Zona antrópica	Otras tierras	Plantación forestal	
COBERTURA 2000 (Hectáreas)	Bosque nativo	12'791.025	857.206	1.042	5.575	2.707	676	2.122	13'660.354
	Tierra agropecuaria	241.213	7'685.443	128.134	35.987	48.632	1.624	18.330	8'159.363
	Vegetación arbustiva y herbácea	4.436	247.917	2'006.201	632	8.509	17.947	10.814	2'296.456
	Cuerpo de agua	1.435	9.785	97	463.849	523	8	0	475.697
	Zona antrópica	1	1	111	0	115.259	14	0	115.386
	Otras tierras	256	3.833	16.422	106	610	99.364	63	120.654
	Plantación forestal	0	27.387	10.957	1	915	23	30.867	70.150
	TOTAL	13'038.367	8'831.572	2'162.964	506.150	177.154	119.655	62.197	24'898.060

En el período 2008 – 2014 (Tabla 10) el 97% de la deforestación se debió a cambios de bosque a tierra agropecuaria, 0,9% a cambios por cuerpo de agua artificial, 0,7% por cambios a zona antrópica y el porcentaje restante se debe a cambios por otras tierras y plantación forestal.

Tabla 10. Matriz de cambio de cobertura 2008-2014

		COBERTURA 2014 (Hectáreas)							Total
		Bosque nativo	Tierra agropecuaria	Vegetación arbustiva y herbácea	Cuerpo de agua	Zona antrópica	Otras tierras	Plantación forestal	
COBERTURA 2008 (Hectáreas)	Bosque nativo	12'450.861	568.404	0	5.506	4.024	4.821	4.750	13'038.367
	Tierra agropecuaria	298.584	7'933.028	399.177	46.434	58.154	20.291	75.903	8'831.572
	Vegetación arbustiva y herbácea	0	146.316	1'992.609	2.522	3.688	6.959	10.870	2'162.964
	Cuerpo de agua	3.941	49.920	75	439.561	1.655	10.776	223	506.150
	Zona antrópica	0	0	0	0	177.154	0	0	177.154
	Otras tierras	0	7.683	22.123	11.081	1.344	77.377	47	119.655
	Plantación forestal	0	13.806	9.780	0	123	210	38.278	62.197
	TOTAL	12'753.387	8'719.157	2'423.764	505.104	246.142	120.434	130.072	24'898.060

Analizando las matrices se puede concluir que el mayor porcentaje de la deforestación se produce por el cambio de bosques a tierra agropecuaria, el porcentaje restante corresponde a cambios por zona antrópica, cuerpo de agua¹⁰ y otros.

5.3. Análisis multitemporal de los bosques nativos

Con el propósito de realizar un análisis de las dinámicas de cambio que presenta el bosque nativo, se reclasificó los mapas de cobertura y uso de la tierra en las categorías bosque y no bosque¹¹ de tal manera que se pueda realizar un análisis en las 3 etapas de transición definidas por la información disponible: histórica (1990 – 2000), media (2000 – 2008) y actual (2008 – 2014), de esta forma se identificaron las siguientes transiciones en la cobertura boscosa: permanencia de bosque, permanencia de no bosque, deforestación y regeneración.

La superficie de bosque nativo presenta una importante disminución de su cobertura, la misma que se evidencia con mayor fuerza entre el periodo 1990 – 2000, a partir del año 2000 los bosques han disminuido en una proporción menor (Gráfico 2).

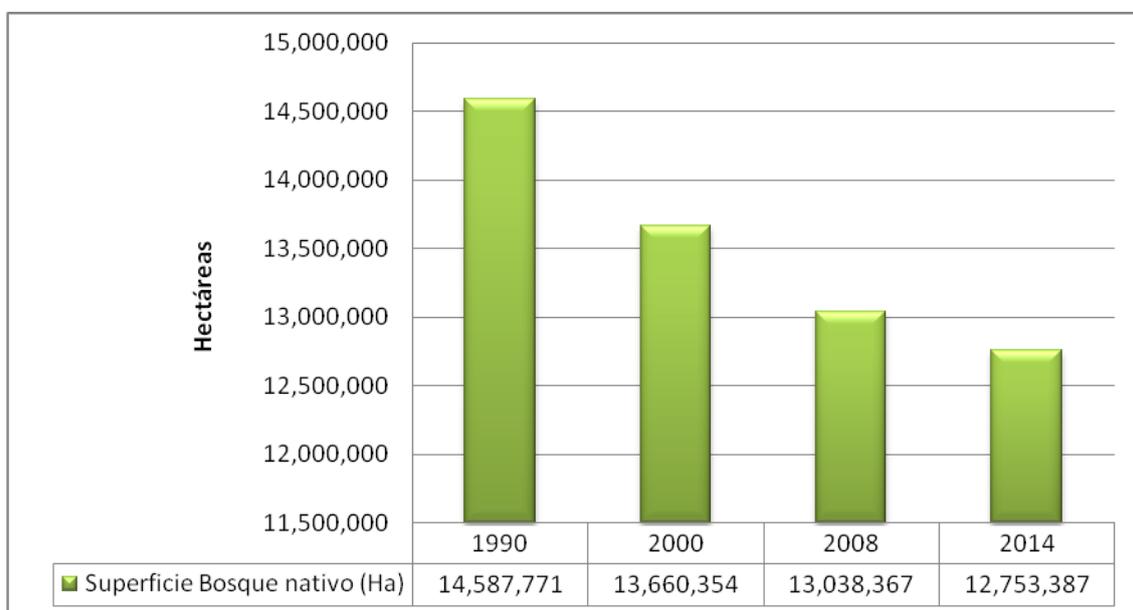


Gráfico 2. Superficie del bosque desde 1990 al 2014 del Ecuador Continental

La permanencia de bosque nativo desde el año 1990 hasta el año 2014 es de 12'135.741 hectáreas, que representa el 83% del bosque que existía en el año 1990, con lo que se comprueba que existen importantes remanentes de bosque nativo consolidados. En cuanto a las áreas que han permanecido como no bosque corresponde a 9'808.153 hectáreas; el área

¹⁰ Este cambio en las matrices representa únicamente la categoría de cuerpo de agua artificial, ya que los cuerpos de agua natural no se consideran dentro del concepto de deforestación.

¹¹ La categoría no bosque incluye: tierras agropecuaria, vegetación arbustiva y herbácea, cuerpo de agua, otras tierras y plantación forestal

restante, es decir 2'954.166 hectáreas, corresponden a zonas que presentan dinámicas de deforestación y regeneración. (Mapa 5)



Mapa 5. Dinámicas del bosque nativo desde 1990 al 2014

De las áreas con procesos de deforestación y regeneración, el 72% corresponden a zonas de deforestación donde el área de bosque ha sufrido un cambio en su cobertura original y donde no se ha evidenciado regeneración, el 11% son áreas de regeneración que presentan una recuperación de la cobertura boscosa desde periodos históricos, el 9% son áreas que actualmente presentan una etapa de regeneración pero que tenían históricamente dinámicas de deforestación, finalmente el 8% restante son áreas actuales que sufren deforestación pero que se encuentran en zonas donde existían dinámicas de regeneración en periodos históricos.

Como resultado de este análisis podemos tener un primer acercamiento de las transiciones y cambios de uso de la tierra que tienen los bosques nativos y de la importancia de contar con un sistema de monitoreo que nos permita tener claridad de las dinámicas de la cobertura boscosa, relacionado con la pérdida y ganancia de los bosques.

Según los datos del año 2014, la superficie de bosque nativo es 12'753.387 hectáreas, que corresponde al 51% del Ecuador Continental, las provincias con mayor cantidad de bosque son: Pastaza, Orellana, Morona Santiago, Sucumbíos y Esmeraldas (Gráfico 3).

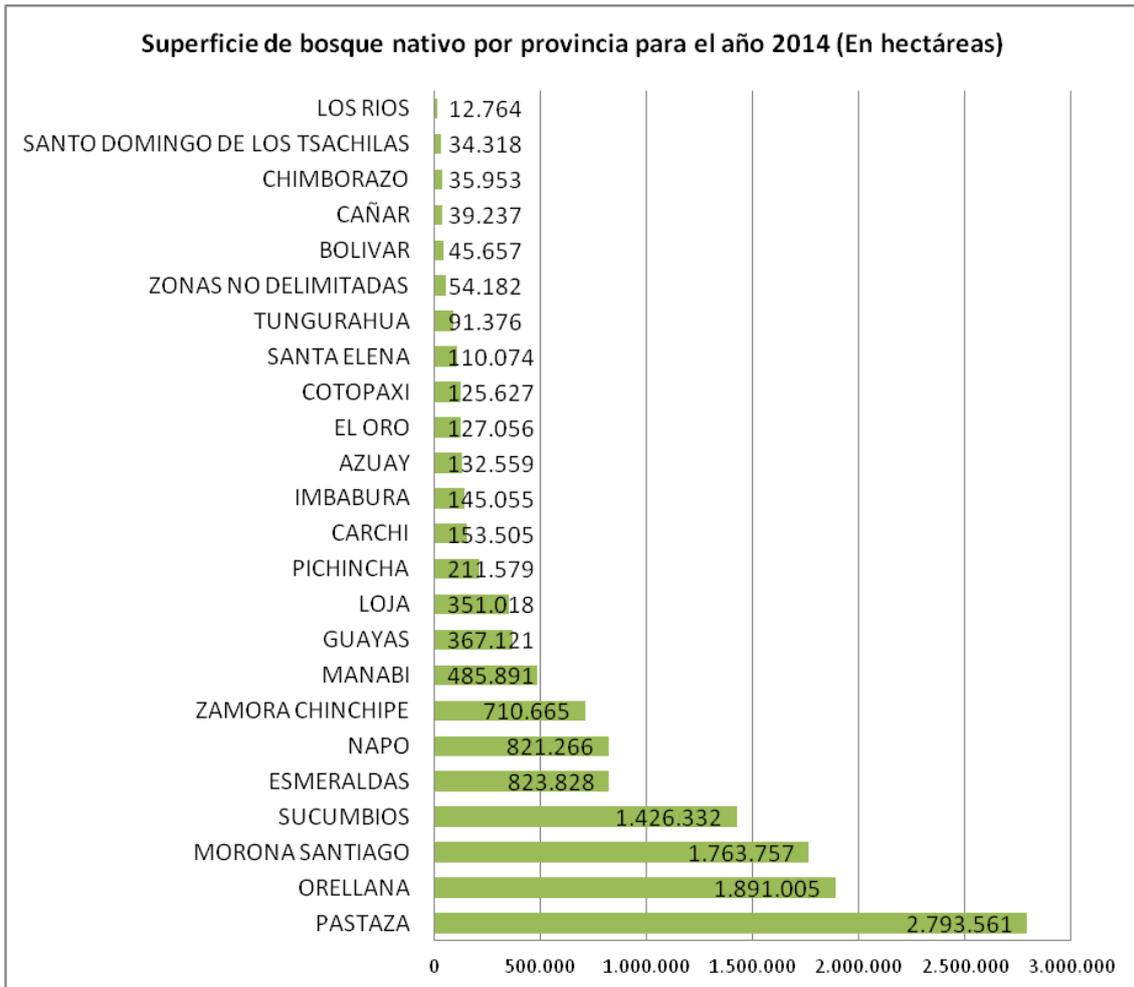


Gráfico 3. Superficie de bosque nativo por provincia para el año 2014

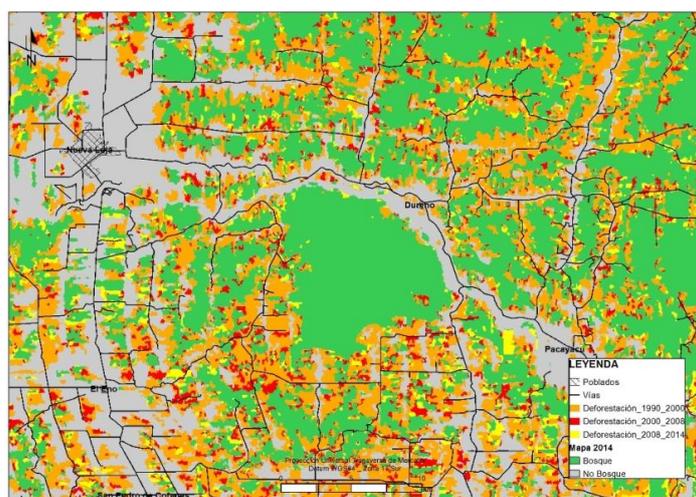
En promedio en la serie histórica, las superficies boscosas consolidadas (mayores a 1.000 hectáreas) representan el 90% del área de cobertura boscosa total, estas se ubican en la Amazonía y en la provincia de Esmeraldas, en estas áreas es donde se enfocan las estrategias de conservación, manejo y control del MAE. Ferraz et al., (2007), menciona: “La importancia de las áreas protegidas de gran extensión radican en que se pueda preservar la flora y fauna en la Amazonía, ya que las mismas son fundamentales para reducir los impactos de la fragmentación”

En promedio la cantidad de parches de bosque que predominan en los 4 años de referencia corresponde a un rango menor a las 50 hectáreas, que representa un total de 90% de todos los polígonos de bosque, lo que demuestra que existen un gran número de parches distribuidos por el país, pero que en área no son representativos (menor al 2% del área remanente de bosque) y que por su tamaño y distribución son los más expuestos a perderse, como ejemplo el 52% de los bosques menores a 50 hectáreas presentes en el año 1990 se deforestaron para el año 2000.

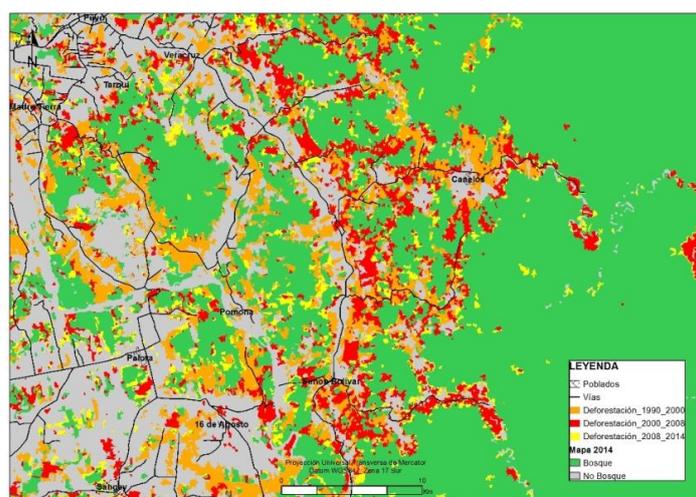
5.4. Análisis espacial de la deforestación

En base a la comparación de los mapas de cobertura y uso de la tierra de la serie histórica disponible, se determinó que el 40% del área deforestada se encuentra concentrada en parches menores a 25 hectáreas, el 21% corresponde al rango de 100 a 500 hectáreas, lo que vuelve complejo el monitoreo de la deforestación y la definición de las causas que promueven la deforestación, cuando la misma se genera en rangos variables y se distribuyen de forma aleatoria por todo el territorio.

En el análisis espacial de las zonas deforestadas se evidencia que la deforestación se extiende en áreas donde históricamente se ha producido cambios de cobertura boscosa, como se puede observar en los mapas 6 y 7.



Mapa 6. Deforestación histórica acumulada 1990-2014 en Nueva Loja - Dureno (Provincia de Sucumbíos)



Mapa 7. Deforestación histórica acumulada 1990-2014 en Tarqui – Canelos (Provincia de Pastaza)

El Ministerio del Ambiente, comprometido con el manejo responsable de los bosques del Ecuador, autoriza programas de manejo forestal sostenible a nivel nacional, que permita el uso responsable de los recursos forestales y a su vez garantice su permanencia en el tiempo junto con los servicios ecosistémicos que brindan.

Entre los programas de manejo forestal aprobados por el MAE, se encuentra el Programa de Corta para Zonas de Conversión Legal, a través del cual se autoriza a los propietarios o posesionarios con una área con bosque nativo, previa presentación de la documentación establecida en la normativa forestal vigente, el remplazo de una pequeña área de bosque nativo por cultivos agropecuarios destinados para el sustento familiar, siendo este tipo de programas los que se reflejan al realizar un análisis de los parches de deforestación del período 2008 – 2014 con respecto a los programas de manejo forestal aprobados, que se encuentran registrados desde el 2012 hasta el año 2014 en el SAF.

En este sentido, se determinó que un total de 226 parches de deforestación se intersecan con programas de manejo forestal en bosque nativo que representan el 3,57% del total de programas entregados, con lo cual se evidencia que los programas de manejo forestal no tienen una relación directa con la deforestación, pero si refleja la importancia de contar con un adecuado plan de manejo, programa de control y monitoreo forestal.

Para complementar este análisis espacial se empleó información secundaria como: el mapa de vías escala 1:50.000 y el mapa de pendientes del Ecuador (DEM 90 metros), considerando que las vías brindan accesibilidad a los mercados, y particularmente en los caminos existe el vínculo con el avance de la deforestación, haciendo el evento un fenómeno espacialmente explícito (Vance y Geoghegan, 2002).

Utilizando el mapa de vías se determinó que el 90% de los parches de deforestación se encuentran a una distancia menor a 5 kilómetros de las vías (Tabla 11), confirmando que los frentes de deforestación tienen una relación directa con las vías de acceso, ya que reducen los costos del transporte, ganan plusvalía los terrenos, facilitan la extracción de productos forestales, ganaderos y agrícolas y aumenta la población a lo largo de las carreteras (Wunder, 2000).

Tabla 11. Número y porcentaje de parches de deforestación en función de la distancia a las vías

Distancia a vías (Km)	Porcentaje de polígonos de deforestación	Número de parches
0,5	38 %	24.526
1	17%	11.062
5	35%	22.856
10	6%	4.175
> 10	4%	2.567

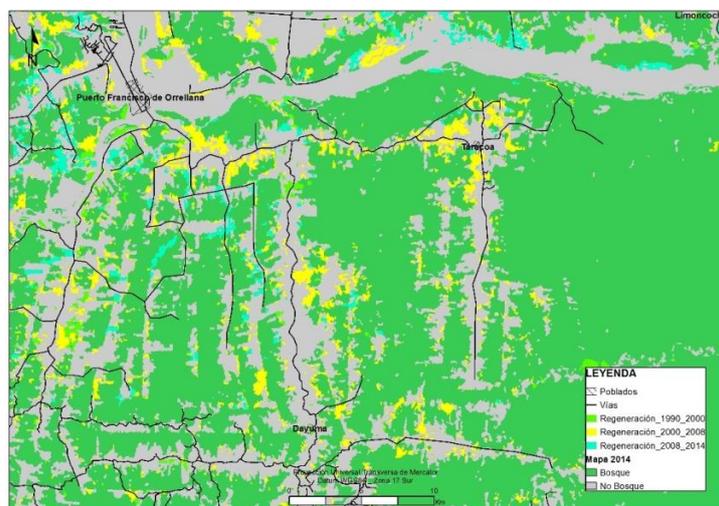
En base al mapa de pendientes se evidenció que el 57% de la deforestación se encuentra en zonas con pendientes menores a 10 grados (Tabla 12), en zonas de mayor pendiente hay menos deforestación, ya que estas son menos accesibles por la topografía del terreno.

Tabla 12. Porcentaje y superficie de deforestación bruta según la pendiente

Pendiente (grados)	Porcentaje deforestación	Deforestación bruta anual promedio (Ha/año)
0-10º	57%	55.575
10-20º	25%	24.337
20-30º	14%	13.419
30-40º	4%	3.968
mayor a 40º	1%	619

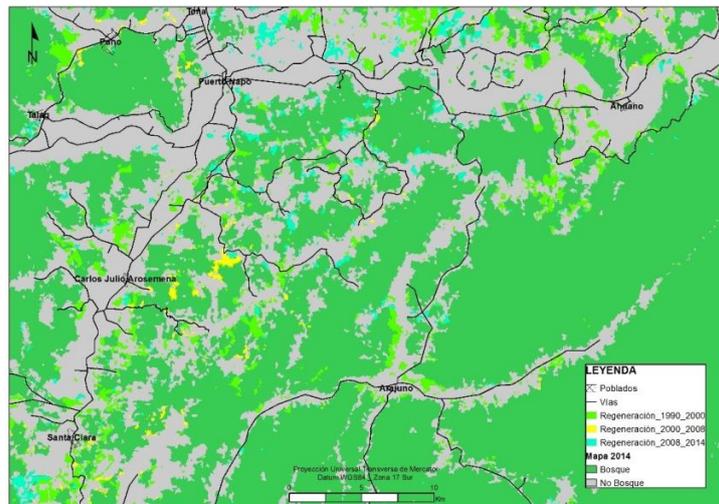
5.5. Análisis espacial de la regeneración

Los parches de regeneración para los 3 periodos se distribuyen en todo el país, el 65% del área total regenerada a nivel nacional corresponde al rango de parches de 0 hasta 25 hectáreas. En el análisis espacial de la regeneración se evidencia que la ubicación es aleatoria, a diferencia de la deforestación, no se encuentra concentrada donde históricamente se presenta la regeneración, como se muestra en los mapas 8 y 9.



Mapa 8. Regeneración histórica acumulada 1990-2014 Taracoa – Dayuma (Provincia de Orellana)

La regeneración, al igual que la deforestación, se mantiene en su mayoría cercana a las vías, por lo cual puede existir una relación con tierras que se encuentran en abandono.



Mapa 9. Regeneración histórica acumulada 1990-2014 Puerto Napo – Arajuno (Provincia de Napo)

5.6. Deforestación por estratos de bosque

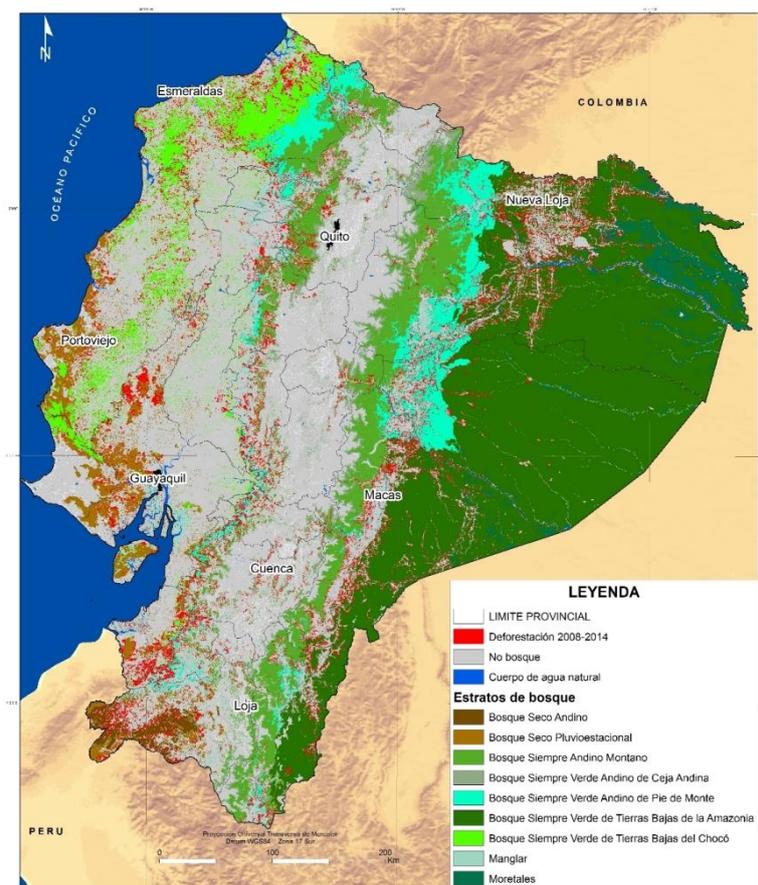
En base a la estratificación realizada por la Evaluación Nacional Forestal, que divide a los bosques en 9 estratos por tipos de bosque caracterizados por condiciones climáticas, fisionómicas y de contenidos de carbono (Mapa 10), se determinó que más del 60% del área deforestada durante el periodo 2008 – 2014 se encuentra concentrada en 3 tipos de bosque: Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia, Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó y Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte. En la tabla 13 se presentan los resultados de deforestación para todos los estratos de bosque.

Realizando el análisis de acuerdo a la tasa anual de deforestación neta se evidencian las presiones a los que son expuestos los diferentes tipos de estratos boscosos, los estratos bosque seco andino, bosque seco pluvioestacional y bosque siempre verde de tierras bajas del Chocó presentan las más altas tasas de deforestación. Los bosques secos presentan niveles de remanencia bajos, por esta razón cambios pequeños en su cobertura forestal causan tasas altas, lo que evidencia la importancia de contar con un sistema de monitoreo y control forestal sobre estos estratos de forma prioritaria.

Tabla 13. Deforestación por estrato de bosque para el período 2008 – 2014

Tipo de bosque	Área por tipo de bosque	Deforestación bruta anual promedio (Ha/año)	Regeneración anual promedio (Ha/año)	Deforestación neta anual promedio (Ha/año)	Tasa anual de deforestación neta (%)
Bosque Seco Andino	161.910	2.929	762	2.167	-1,28
Bosque Seco Pluvioestacional	679.264	15.395	8.556	6.839	-0,97
Bosque Siempre verde Andino Montano	1.998.052	13.941	8.505	5.436	-0,27
Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina	528.212	2.834	1.943	891	-0,17
Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte	1.247.816	19.313	10.210	9.103	-0,71
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia	6.665.893	22.394	7.263	15.131	-0,23
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	888.841	19.503	11.480	8.023	-0,88
Manglar	152.595	1.181*	1.384*	-203*	0,13
Moretales	430.803	427	318	109	-0,03

*El dato presentado sobre manglar es referencial, debido a la importancia que representa este estrato, el MAE a través de la Unidad de Monitoreo generó un estudio multitemporal para detectar cambios de uso de la cobertura de manglar desde 1990 al 2012 (MAE, 2014).



Mapa 10. Mapa de deforestación 2008 – 2014 por estrato de bosques

5.7. Deforestación por ecosistemas boscosos

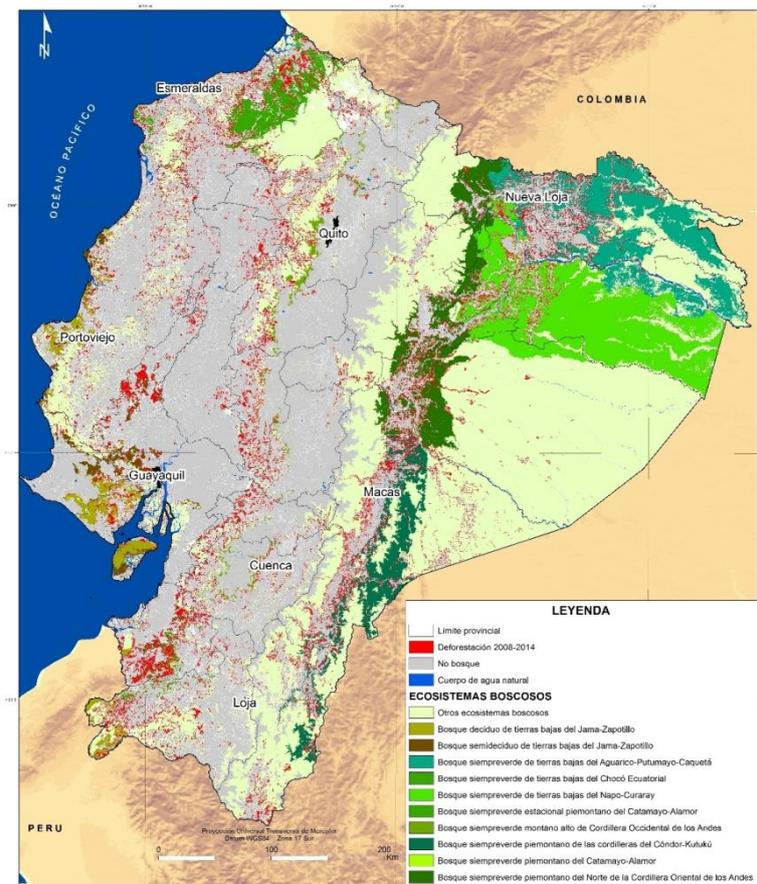
Analizando la deforestación en el último período con respecto a los 65 ecosistemas boscosos definidos por el Mapa de Ecosistemas del Ecuador Continental escala 1:100.000, se determinó que el 56% del área deforestada durante el periodo 2008 – 2014 se encuentra en 10 ecosistemas boscosos, los mismos que sufren la mayor presión por deforestación (Tabla 14 y Mapa 11). El 44% del área deforestada se encuentra distribuido en los restantes 55 ecosistemas boscosos.

Los ecosistemas boscosos con mayor superficie de deforestación neta son: Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá, Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú y Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial.

Con respecto a la superficie de deforestación bruta, los ecosistemas con mayor superficie deforestada son: Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá, Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo y Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial.

Tabla 14. Superficies deforestadas por ecosistemas boscosos para el período 2008 – 2014

ECOSISTEMA	Deforestación bruta (Ha/año)	Regeneración (Ha/año)	Deforestación neta (Ha/año)	Ubicación provincial del ecosistema
Bosque deciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	3.731	1.833	1.898	Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro, Loja
Bosque semideciduo de tierras bajas del Jama-Zapotillo	6.441	3.284	3.157	Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro, Loja
Bosque siempreverde de tierras bajas del Aguarico-Putumayo-Caquetá	7.191	1.510	5.681	Sucumbíos, Orellana
Bosque siempreverde de tierras bajas del Chocó Ecuatorial	6.259	2.950	3.309	Esmeraldas
Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo-Curaray	4.829	1.936	2.893	Napo, Sucumbíos, Orellana
Bosque siempreverde estacional piemontano del Catamayo-Alamor	4.382	1.237	3.145	El Oro, Loja
Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	4.596	1.919	2.677	Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua Chimborazo, Cañar, Azuay
Bosque siempreverde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	6.540	3.782	2.758	Morona Santiago, Zamora Chinchipe
Bosque siempreverde piemontano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú	5.935	2.007	3.928	El Oro
Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes	5.408	2.829	2.579	Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza



Mapa 11. Ecosistemas boscosos con mayor deforestación 2008 – 2014

5.8. Deforestación en áreas del SNAP y Bosque y Vegetación Protectora

El análisis de deforestación se realizó en dos categorías de conservación definidas por el MAE, sus definiciones se describen a continuación:

- El SNAP es el conjunto de áreas naturales protegidas que garantizan la cobertura y conectividad de ecosistemas importantes en los niveles terrestre, marino y costero marino, de sus recursos culturales y de las principales fuentes hídricas (MAE, 2015b). Actualmente representa el 20% del territorio nacional y contiene el 26% de los bosques nativos del país¹².
- Los bosques y vegetación protectores son aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas, de dominio público o privado, que estén localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas no son aptas para la

¹² El porcentaje de bosque dentro de áreas protegidas se calculó en base al mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2014 y los límites del SNAP actualizados al 2015

agricultura o la ganadería. Sus funciones son las de conservar el agua, el suelo, la flora y la fauna silvestre. (TULAS, 2003)

La deforestación bruta anual promedio para el periodo 2008-2014 dentro del SNAP es de 3.640 ha/año, que representa el 4% del área deforestada nacional. Mientras que la deforestación neta anual promedio es de 782 ha/año, que representa el 2% del área deforestada nacional (Tabla 15 y Gráfico 15). Esto demuestra la importancia de contar con un sistema nacional de áreas protegidas, ya que estas se convierten en un factor de freno de la deforestación.

La deforestación bruta anual promedio dentro de Bosques y Vegetación Protectora es de 10.409 ha/año, que representa el 11% del área deforestada nacional. Mientras que la deforestación neta anual promedio es de 3.801ha/año, que representa el 8% del área deforestada nacional (Tabla 15 y Mapa 12).

Tabla 15. Deforestación en áreas del SNAP y Bosque y Vegetación Protectora 2008 -2014

Áreas bajo conservación y manejo	Deforestación bruta (Ha/año)	Regeneración (Ha/año)	Deforestación neta (Ha/año)
Bosque y vegetación protectora	10.409	6.608	3.801
SNAP	3.640	2.858	782
Áreas sin categoría de conservación	83.868	40.955	42.913
TOTAL NACIONAL	97.918	50.421	47.497

Fuente: Cobertura del SNAP y Bosque Vegetación Protectora, MAE 2015

Analizando la deforestación dentro de las áreas protegidas (Tabla 16) se evidencia el objetivo de conservación que cumplen al presentar valores negativos de deforestación neta, donde la regeneración es mayor que la deforestación, pese a estos esfuerzos por conservar y proteger las áreas se observa que las reservas ecológicas Mache Chindul y Los Ilinizas son la que sufren mayor presión por deforestación. Con respecto a la regeneración las áreas más representativas son las reservas ecológicas Manglares Churute y Mache Chindul y el Parque Nacional Cayambe Coca.

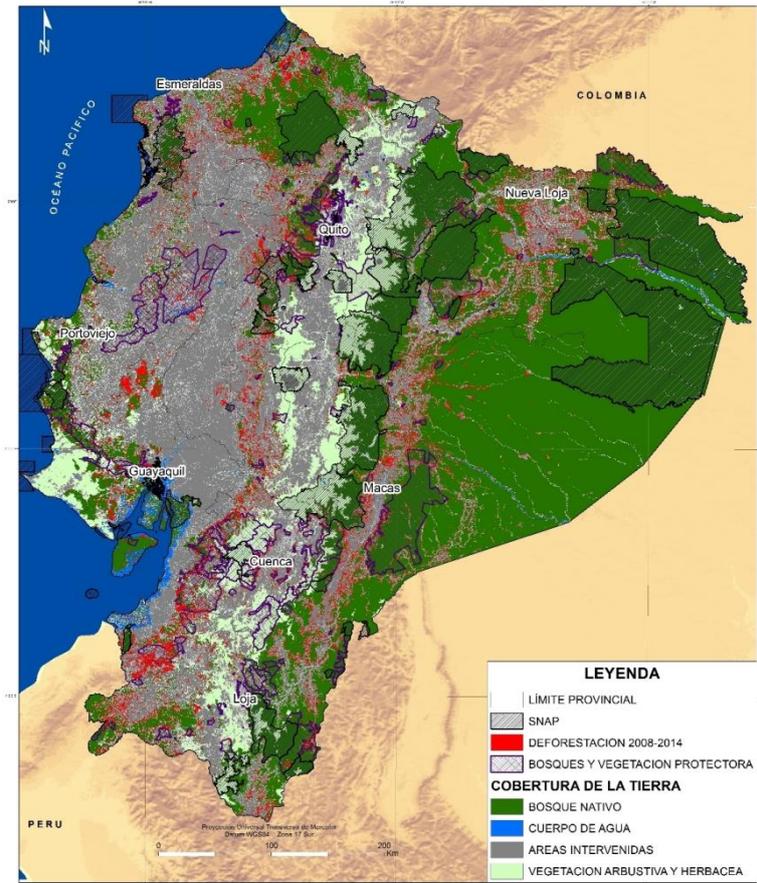
Tabla 16. Deforestación por área protegida para el periodo 2008 – 2014

Nombre	Categoría de conservación	Deforestación bruta anual promedio (Ha/año)	Regeneración anual promedio (Ha/año)	Deforestación neta anual promedio (Ha/año)
Antisana	Reserva Ecológica	49	8	41
Arenillas	Reserva Ecológica	20	60	-39
Cajas	Parque Nacional	3	2	1
Cantagallo - Machalilla	Reserva Marina*	-	4	-4
Cayambe Coca	Parque Nacional	358	471	-113
Cerro Plateado	Reserva Biológica	1	7	-6
Chimborazo	Reserva de Producción de Fauna	0	0	0
Cofan Bermejo	Reserva Ecológica	25	8	18
Colonso Chalupas	Reserva Biológica	11	1	10
Cotacachi Cayapas	Reserva Ecológica	11	28	-17
Cotopaxi	Parque Nacional	0	0	0
Cuyabeno	Reserva de Producción de Fauna	253	51	202
El Angel	Reserva Ecológica	0	0	0
El Boliche	Área Nacional de Recreación	0	0	0
El Cóndor	Reserva Biológica	0	0	0
El Pambilar	Refugio de Vida Silvestre	0	2	-2
El Pelado	Reserva Marina*	-	-	-
El Quimi	Reserva Biológica	0	0	0
El Zarza	Refugio de Vida Silvestre	2	6	-5
Galápagos	Parque Nacional**	-	-	-
Galera San Francisco	Reserva Marina*	-	-	-
Isla Santa Clara	Refugio de Vida Silvestre	0	0	0
Isla Santay	Área Nacional de Recreación	0	2	-2
Islas Corazón y Las Islas Fragatas	Refugio de Vida Silvestre	0	3	-3
La Chiquita	Refugio de Vida Silvestre	30	10	20
Limoncocha	Reserva Biológica	3	0	3
Llanganates	Parque Nacional	32	12	20
Los Ilinizas	Reserva Ecológica	837	265	572
Los Samanes	Área Nacional de Recreación	0	0	0
Machalilla	Parque Nacional	60	26	34
Mache Chindul	Reserva Ecológica	922	479	442
Manglares Cayapas Mataje	Reserva Ecológica	282	235	46

Manglares Churute	Reserva Ecológica	33	635	-603
Manglares El Morro	Refugio de Vida Silvestre	4	1	3
Manglares el Salado	Reserva de Producción de Fauna	6	7	-1
Manglares Estuario del Rio Esmeraldas	Refugio de Vida Silvestre	0	5	-5
Manglares Estuario del Rio Muisne	Reserva de Producción de Fauna	20	62	-42
Pacocha	Refugio de Vida Silvestre	31	1	30
Parque Lago	Área Nacional de Recreación	1	3	-2
Paschoa	Refugio de Vida Silvestre	0	1	-1
Playas de Villamil	Área Nacional de Recreación	0	0	0
Podocarpus	Parque Nacional	18	40	-22
Pululahua	Reserva Geobotánica	46	4	42
Puntilla de Santa Elena	Reserva de Producción de Fauna	0	0	0
Quimsacocha	Área Nacional de Recreación	0	0	0
Sangay	Parque Nacional	389	369	20
Siete Iglesias	Área Ecológica de Conservación	71	5	65
Sumaco Napo-Galeras	Parque Nacional	65	13	53
Yacuri	Parque Nacional	1	3	-2
Yasuni	Parque Nacional	58	29	29
	TOTAL SNAP	3640	2858	782

*Son reservas marina, por lo tanto no existe deforestación.

** No se dispone de datos para Galápagos, debido a que el área del estudio de deforestación corresponde al territorio continental



Mapa 12. Zonas deforestadas en áreas del SNAP y Bosques y vegetación para el periodo 2008-2014.

6. CONCLUSIONES

El Ministerio del Ambiente del Ecuador, gracias al fortalecimiento en la gestión institucional, cuenta con geo-información de calidad que le permita promover procesos robustos enfocados en su mandato: “garantizar un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserva la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.

Los resultados obtenidos de combinar espacialmente los mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 1990, 2000, 2008 y 2014 demuestran que la deforestación bruta en el Ecuador Continental se encuentra disminuyendo en relación con los datos reportados. La deforestación bruta anual promedio para el periodo 1990 – 2000 fue de 129.943 ha/año, periodo 2000 – 2008 de 108.666 ha/año y para el último periodo, 2008 – 2014 de 97.918 ha/año.

Los resultados de deforestación neta mantienen una tendencia hacia la baja, con una deforestación neta anual promedio para el periodo 1990 – 2000 de 92.742 ha/año, para el periodo 2000 – 2008 de 77.748 ha/año y para el último periodo 2008 – 2014 de 47.497 ha/año.

La regeneración de la cobertura boscosa, a diferencia de la deforestación, no presenta una tendencia definida como lo demuestran los resultados de regeneración anual promedio: 1990 – 2000 de 37.201 ha/año, periodo 2000 – 2008 de 30.918 ha/año y para el último periodo de reporte 50.421 ha/año.

La superficie de bosque nativo presenta una importante disminución desde el año 1990 que presentaba una superficie de 14'587.771 hectáreas, la misma se evidencia con mayor fuerza entre el periodo 1990 – 2000, a partir de este periodo los bosques han disminuido en una proporción menor. La superficie boscosa remanente para el año 2014 de bosque nativo fue de 12'753.387 hectáreas.

Las superficies boscosas consolidadas que existen en el Ecuador Continental representan el 90%, en estas áreas es donde se priorizan las estrategias de conservación, incentivos, manejo y control que promueve el Ministerio del Ambiente.

En base a las matrices de transición producto de combinar espacialmente los mapas de cobertura y uso de la tierra, se puede concluir que entre el 97% y 99% de la deforestación se produce por el cambio de bosques a tierra agropecuaria, el porcentaje restante corresponde a cambios por zona antrópica, cuerpo de agua artificial y otros.

Los datos de deforestación dentro de las categorías de conservación y manejo demuestran la importancia que presenta el SNAP para el cuidado y mantenimiento de la cobertura boscosa remanente, comportándose como una barrera para la deforestación y demostrando la gestión efectiva del Ministerio del Ambiente en las áreas protegidas.

Los datos reportados sobre deforestación son fundamentales para conocer el estado histórico y actual de los bosques; sin embargo, es importante realizar un monitoreo continuo en períodos más cortos, de al menos dos años, con la finalidad de conocer las dinámicas de los bosques e implementar medidas oportunas para disminuir la deforestación.

La metodología empleada en el presente estudio se encuentra documentada y es totalmente replicable, esta es una de las fortalezas para todo sistema de monitoreo, ya que permite obtener datos comparables, que además permitirán el reporte de actividades de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+).

La información generada constituye la base para realizar un análisis más amplio no solo de los bosques sino de todo el patrimonio natural dentro de un proceso de mejora continua e institucionalización de los procesos de monitoreo que permitirá tener conocimientos más profundos sobre sus dinámicas incluyendo a futuro estudios relacionados con bosques secundarios, degradados, entre otros.

El uso de imágenes satelitales de mediana resolución, principal insumo utilizado para la generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra a escala 1:100.000, permite reportar resultados y análisis a escala nacional y provincial y solo debe utilizarse como referencia para trabajar a escalas de mayor detalle, es decir usos con la finalidad de generar geo-información a nivel cantonal o parroquial.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, M., R. Sierra, O. Calva, J. Camacho, F. López y P. Lozano (2013). *Zonas de Procesos Homogéneos de Deforestación del Ecuador: Factores promotores y tendencias al 2020*. Quito, Ecuador: Programa GESOREN-GIZ y Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Chuvieco, E.,(2010), *Teledetección Ambiental*, Barcelona, España: Editorial Ariel.
- CIAT-Terra-i, (2015). Landcover change monitoring. Recuperado de: <http://www.terra-i.org>.
- FAO. (2010). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. Informe Principal. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- FAO. (2015). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015. Compendio de datos. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>
- GFW, (2015). Hansen/UMD/Google/USGS/NASA Tree Cover and Tree cover Loss and Gain, Country Profiles. Washington DC, Estados Unidos. Recuperado de www.globalforestwatch.org/country/ECU.
- Ferraz et al. (2007). A Large-Scale Deforestation Experiment: Effects of Patch Area and Isolation on Amazon Birds. *Science*. 315 (5809), 238-241.
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Recuperado de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
- MAE. (2015b). Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador – SNAP. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://Áreasprotegidas.ambiente.gob.ec/info-snap>
- MAE, (2012). *La preparación para REDD+ en Ecuador*, Quito, Ecuador.
- MAE-MAGAP. (2015). Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013 – 2014, escala 1:100.000. Quito, Ecuador
- Mena, C., Bilsborrow, R., McClain, M. (2006). Socioeconomic Drivers of Deforestation in the Northern Ecuadorian Amazon. *Environmental Management*, 37 (6), 802-815. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16555027>
- MAE. (2013). Informe Final de la Evaluación de la Precisión del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental 1990,2000 y 2008.
- MAE. (2014). Actualización del protocolo metodológico para la generación del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental. Recuperado de: http://suia.ambiente.gob.ec/web/suia_old/anexos-nivel-de-referencia
- MAE. (2015a). Informe de evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso del suelo del Ecuador 2013-2014.

- Puyravaud J., (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management. Forest Ecology and Management*. 177 (2003) 593-596.
- SENPLADES. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Recuperado de: <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010, y un acercamiento a los próximos 10 años*. Quito, Ecuador: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends.
- MAE. (2014). Informe de Manglar – Unidad de Monitoreo.
- TULAS. (2003). Libro III: Régimen Forestal (Última Reforma Acuerdo Ministerial 003), artículo 16.
- Vance, C., Geoghegan, J., (2002). Temporal and spatial modeling of tropical deforestation: a survival analysis linking satellite and household survey data. *Agricultural Economics*. 27 (2002) 317-332.
- VCS. (2010). Methodology for Carbon Accounting in Project Activities that Reduce Emissions from Mosaic Deforestation and Degradation. Recuperado de: <http://www.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/VM0006.pdf>.
- WRI, (1994). *World Resources 1994-95 a guide to the global environment*. Washington DC, Estados Unidos: Oxford University Press.
- Wunder, S., (2000). *The economics of deforestation: the example of Ecuador*. London, UK: MacMillan and St.Martin's Press.