



**Informe sobre la Reducción de Emisiones por Deforestación
en el Ecuador para pagos basados en resultados de REDD+
periodo 2017-2018**

Quito
Agosto, 2019

Tabla de Contenido

1. Introducción	5
2. Contexto del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques.....	6
2.1. Circunstancias Nacionales – REDD+	6
2.2. Arreglos institucionales MRV	8
2.3. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques	10
2.3.1. Introducción	10
2.3.2. Antecedentes	11
2.3.3. Marco Normativo	11
2.3.4. Alcance, Objetivos y Principios Rectores	12
2.3.5. Componentes del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques.....	14
2.3.6. Arreglos institucionales	16
2.3.7. Actores, roles y responsabilidades en el SNMB	19
3. Información resumida de los reportes presentados a la CMNUCC	24
4. Definiciones empleadas en los reportes	25
4.1. Bosque	25
4.2. Deforestación bruta.....	26
4.3. Deforestación neta	26
4.4. Regeneración natural de bosques	26
5. Información necesaria que permite la reconstrucción de los resultados.....	26
6. Metodología para la generación de los datos de actividad	27
6.1. Selección de imágenes satelitales.....	29
6.2. Pre-procesamiento de imágenes satelitales	30
6.3. Clasificación supervisada	31
6.4. Trabajo de campo	33
6.5. Mosaicos de clasificaciones	34
6.6. Edición visual	35
6.7. Evaluación de la precisión de los mapas independientes.....	37
6.8. Cálculo de la deforestación.....	39
6.9. Evaluación de la precisión de los cambios de cobertura de la tierra	41
7. Metodología para la generación de factores de emisión	42
7.1. Contenidos de Carbono por tipo de bosque.....	43

8. Reservorios, gases, y actividades incluidas en la Línea Base de aquellas descritas en la decisión 1/CP.16 párrafo 70 (actividades REDD+), y descripción de las razones de exclusión de reservorios y gases.	45
9. Cálculo de la línea base	45
10. Resultados de Reducción de Emisiones expresados en toneladas de CO ₂ eq por año, de conformidad con la línea base de deforestación establecido.	49
11. Análisis de los resultados de evaluación de la precisión.....	53
11.1. Resultados de evaluación de la precisión de los mapas independientes.....	53
11.2. Resultados de evaluación de la precisión del cambio de cobertura	54
11.3. Incertidumbre de los factores de emisión	56
12. Alcance y Limitaciones de la Metodología usada para el Cálculo de la Reducción de Emisiones.	57
12.1. Alcances y limitaciones en la generación de datos de actividad.....	57
12.2. Alcances y limitaciones en la generación de factores de emisión	58
13. Plan de mejoras.....	59
13.1. Recomendaciones de la CMUNCC a los reportes enviados por el Ecuador	59
13.2. Actividades planificadas para mejorar los datos de actividad.....	60
13.3. Cambio de cobertura y uso de la tierra	61
13.4. Degradación de bosques	62
13.4.1. Talleres para la construcción de la definición de degradación	62
13.4.2. Desarrollo de una metodología de degradación en zonas piloto	63
13.5. Sistema de alertas tempranas (sata).....	63
13.6. Actividades planificadas para mejorar los factores de emisión - Evaluación Nacional Forestal	65
13.7. Hoja de Ruta del MRV Nacional	66
13.8. Supuestos que condicionan el Plan de Mejoras	66
14. Referencias.....	66

Lista de Tablas

Tabla 1. Funciones e insumos generados por el SNMB hasta el año 2017	15
Tabla 2. Arreglos Institucionales necesarios para la implementación del SNMB	17
Tabla 3. Resumen del SNMB y su articulación con otros sistemas en el contexto REDD+	19
Tabla 4. Principales responsabilidades de los actores en sus roles dentro del SNMB	21
Tabla 5. Características y diferencias entre el NREF-D y la Línea Base de Deforestación para REM	25

Tabla 6. <i>Imágenes empleadas para la generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra.</i>	29
Tabla 7. <i>Leyenda temática para la generación de mapas de cobertura y uso de la tierra</i>	32
Tabla 8. <i>Criterios para realizar la edición visual</i>	35
Tabla 9. <i>Reservas de carbono promedio, utilizado en el cálculo de los factores de emisión.</i>	44
Tabla 10. <i>Superficie deforestada por tipo de bosque y emisiones totales.</i>	48
Tabla 11. <i>Deforestación media anual del periodo 2001-2014</i>	48
Tabla 12. <i>Resultados de reducción de emisiones para el periodo 2017-2018</i>	50
Tabla 13. <i>Resultados anuales de REDD+ en toneladas de CO₂ en el periodo 2017-2018</i>	51
Tabla 14. <i>Medidas de exactitud del mapa de cobertura y uso de la tierra 2014</i>	53
Tabla 15. <i>Resultados de la evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2016.</i>	54
Tabla 16. <i>Medidas de exactitud para el periodo 2001-2008.</i>	54
Tabla 17. <i>Medidas de exactitud para el periodo 2009-2014</i>	55
Tabla 18. <i>Medidas de exactitud para el periodo 2015-2016</i>	55
Tabla 19. <i>Incertidumbres en porcentaje estimados por sumidero de carbono en cada estrato del INF del Ecuador</i>	57

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Marco Institucional REDD+ en el Ecuador</i>	8
Figura 2. <i>Propuesta de sistema MMRV del Ecuador</i>	10
Figura 3. <i>Esquema de los componentes y funciones del SNMB</i>	14
Figura 4. <i>Componentes y actores del SNMB</i>	20
Figura 5. <i>Diagrama de procesos para la generación de mapas y cálculo de las tasas de deforestación del Ecuador continental</i>	28
Figura 6. <i>Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental – año 2018</i>	37
Figura 7. <i>Archivo de cambios de cobertura y uso de la tierra 2000,2008 y 2014</i>	39
Figura 8. <i>Mapa de deforestación del periodo 2001-2014.</i>	40
Figura 9. <i>Mapa de estratos potenciales de bosque del Ecuador continental</i>	47
Figura 10. <i>Línea Base del Ecuador y emisiones medias anuales para el periodo 2001-2014 (38'596.841 tCO₂ eq) asociada a la deforestación bruta media anual.</i>	49
Figura 11. <i>Resultados de REDD+ 18'444.562 tCO₂ eq para el periodo 2015-2016 calculados conforme a la Línea Base.</i>	51
Figura 12. <i>Deforestación en el periodo 2017-2018</i>	52
Figura 13. <i>Diagrama de Modelo Conceptual propuesto para aplicar la metodología Random Forest</i>	61
Figura 14. <i>Flujograma general del SATA.</i>	64

1. Introducción

A partir del 2013, los Gobiernos del Ecuador, Noruega y Alemania iniciaron un diálogo sobre un Proyecto de cooperación financiera basado en pagos por resultados para el reconocimiento de los esfuerzos realizados por Ecuador REDD+. El Programa Global REDD para Early Movers (REM) del Gobierno Alemán apoya el financiamiento puente de REDD y abarca la remuneración de resultados en la reducción de emisiones (RE) de gases de efecto invernadero causadas por la deforestación. El financiamiento se realiza con recursos de Ayuda Oficial para el Desarrollo (OAD). El objetivo superior del Programa consiste en la reducción de las emisiones provenientes de la deforestación del Ecuador, en concordancia con las decisiones relevantes para REDD+ bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y contribuir de esta forma, a la mitigación del calentamiento global a través de la conservación de los bosques y su manejo sustentable. El Programa también busca lograr un efecto catalizador para otros sistemas de pagos por resultados REDD, así como, las medidas y acciones del Plan de Acción REDD+ (PA REDD+).

En el 2018 como parte de las negociaciones REM menciona que el NREF-D del período 2000-2008 presentado por el Ecuador no es elegible para los pagos previstos, por su periodicidad anterior, para lo cual las partes acordaron establecer un nivel de pagos interino para posibilitar el primer pago en el marco del acuerdo REM, el cual será nombrado como Línea Base de deforestación Bruta con un periodo 2001-2014.

Acorde a esta línea base, se presentaron los primeros resultados de Reducción de Emisiones del periodo 2015-2016, información que detallada en el documento “Informe sobre la Reducción de Emisiones por Deforestación en el Ecuador para pagos basados en resultados de REDD+ periodo 2015-2016” de noviembre de 2018.

Para asegurar la calidad de la información y acceder a pagos por resultados, en el año 2018 se ejecutó un proceso de verificación independiente. Las conclusiones del equipo verificador respecto a la reducción de emisiones en comparación al nivel de referencia de pagos REM fueron:

- Se han obtenido aplicando metodologías en conformidad con las buenas prácticas aceptadas internacionalmente y definidas por los criterios de verificación pertinentes;
- Están libres de omisiones y/o falsas declaraciones que podrían conducir a errores y / o discrepancias considerables, y pueden ser considerados lo más precisos posibles dentro del alcance de esta verificación;
- Son consistentes con la metodología establecida por Ecuador en el desarrollo de su Nivel de Referencia (FREL); y
- Pueden ser reconstruidos utilizando un proceso paso a paso, transparente, y coherente.

Los resultados completos del proceso de verificación independiente se presentan en el documento “Verificación independiente de las reducciones de emisiones de Ecuador para 2015 y 2016 elegibles para pagos en base a los resultados del Programa REDD EarlyMovers (REM)”

En la ayuda memoria de la misión de seguimiento del programa REM de marzo de 2018, las partes acordaron que uno de los requisitos para proceder con el segundo desembolso de los pagos por resultados acordados es el presentar los resultados de la verificación independiente de la reducción de emisiones 2017-2018 en base a la línea de pagos REM.

En este contexto, el presente documento tiene como objetivo presentar los resultados de reducción de emisiones del periodo 2017-2018, siguiendo los lineamientos establecidos en los Outline Papers entregados por REM.

El informe detallado a continuación se ha desarrollado tomando en consideración los siguientes puntos:

- Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques
- Información resumida de los reportes presentados a la CMNUCC
- Definiciones empleadas en los reportes
- Metodología para la generación de los datos de actividad
- Metodología para la generación de factores de emisión
- Cálculo de la línea base (2001-2014) a través de mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 2000, 2008 y 2014; y su integración con el mapa de estratos de bosque.
- Cálculo de la reducción de emisiones (2017-2018) a través de mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 2016 y 2018; y su integración con el mapa de estratos de bosque.
- Resultados de reducción de emisiones 2017-2018, expresados en toneladas de CO₂eq por año, de conformidad con la línea base de deforestación establecido.
- Evaluación de la precisión de los mapas de cobertura y uso de la tierra y del cambio de cobertura, así como la incertidumbre asociada a los factores de emisión.
- Plan de mejoras al SNMB y hoja de ruta del MRV nacional.

Los elementos del informe se presentan a continuación.

2. Contexto del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques

2.1. Circunstancias Nacionales – REDD+

El Ecuador, al ser un país en desarrollo (No-Anexo I), en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), no está obligado a reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, está convencido de que su propio desarrollo debe estar vinculado a las prioridades del cambio climático, lo cual se concreta a través de la creación de una gobernanza pionera a nivel global, por su enfoque holístico e innovador, basado en la cosmovisión de nuestros pueblos ancestrales, el Sumak Kawsay o Buen Vivir. Para ello, la Carta Magna, aprobada en el año 2008, se erige sobre la base del cuidado a la naturaleza, y la conformación de un Estado plurinacional e intercultural. Bajo este marco, el Ecuador es el primer país en el mundo en reconocer los derechos de la naturaleza en su Constitución. Asimismo, establece que el Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la gobernanza de sus recursos naturales y la mitigación del cambio climático restringiendo sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Este enfoque fundamenta la promoción de una planificación integral y de desarrollo sostenible, a través del Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV), lo que a su vez ha avanzado a la par con un fortalecimiento del marco regulatorio, que el Ministerio del Ambiente del Ecuador, como ente rector en cambio climático, ha estructurado desde el año 2008, con miras a fortalecer el cumplimiento de los objetivos de la Convención.

La clara voluntad política del Ecuador para combatir el cambio climático y reducir las emisiones del sector forestal lo han posicionado como un país líder en la preparación para REDD+. Somos el primer país en contar con una cooperación no reembolsable del Fondo Verde Climático para implementar REDD+, lo que representa un voto de confianza de la comunidad internacional en el modelo ecuatoriano.

El país cuenta con notables avances para acceder a pagos basados en resultados bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Fuimos pioneros al presentar en el 2014 nuestro Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación con un alcance nacional, lo que marca un referente en Latinoamérica y el mundo.

En el 2016, el Ministerio del Ambiente presentó el Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, que completó con éxito el proceso de Consulta y Análisis Internacional (ICA, por sus siglas en inglés). En noviembre del mismo año se expidió el Plan de Acción REDD+ “Bosques para el Buen Vivir”. Su enfoque nacional busca articular las medidas y acciones dentro y fuera de bosque, a las políticas, programas e iniciativas nacionales y locales, así como generar múltiples beneficios ambientales y sociales.

El PA REDD+ se articula con los otros tres pilares de la CMNUCC para REDD+, que son: el establecimiento de un Nivel Nacional de Referencia de Emisiones Forestales y/o un Nivel Nacional de Referencia Forestal; un Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques robusto y transparente, y un Sistema de Información sobre el abordaje y respeto de las salvaguardas. De esta manera el Ecuador completa satisfactoriamente su fase de preparación para REDD+ y se alista para su implementación.

Respecto del marco institucional para la implementación de REDD+, es fundamental tener en mente que la gestión del cambio climático es competencia del Ministerio del Ambiente a través de la Subsecretaría de Cambio Climático y la Dirección Nacional de Mitigación que tiene como objetivo la “gestión e implementación de REDD+”, para lo cual el Ministerio del Ambiente (MAE), ha sido designado como Autoridad Nacional REDD+ (AN-REDD+).

Sin embargo, al ser el cambio climático un tema transversal y debido a que las competencias de los sectores para hacer frente a las causas de la deforestación corresponden a otras instituciones, para la efectiva implementación del PA REDD+ se requiere de una gestión intersectorial e interinstitucional que considere entidades nacionales y sub-nacionales, así como la sociedad civil y el sector privado. Este marco institucional se presenta en la Figura 1.

Figura 1.Marco Institucional REDD+ en el Ecuador



Fuente: Plan de Acción REDD+, nov 2016.

2.2. Arreglos institucionales MRV

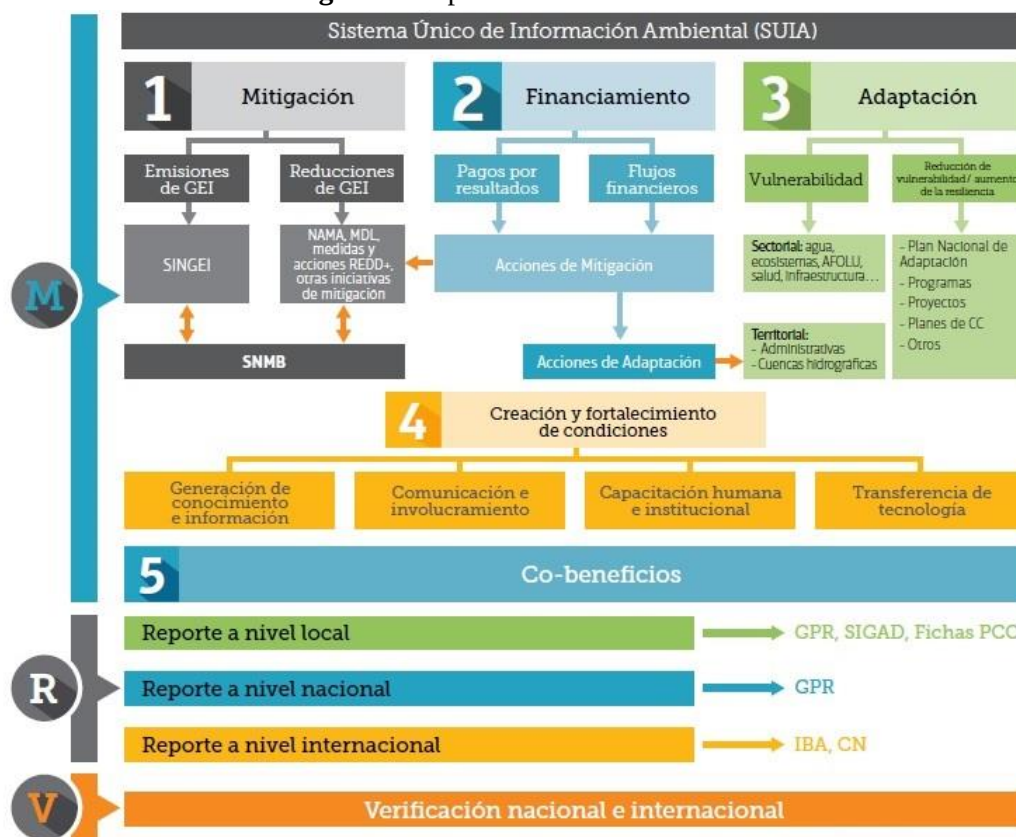
En los últimos años, el Ecuador ha emprendido varios esfuerzos en favor de la medición, reporte y verificación de las distintas acciones relacionadas a la emisión y reducción de GEI y a la gestión del cambio climático en general. Se ha realizado importantes avances en materia de MRV, principalmente en temas relacionados al manejo de información útil para la gestión de la mitigación del cambio climático, bajo los siguientes enfoques: 1) emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), 2) acciones de mitigación/reducción de GEI, y 3) indicadores de gasto y financiamiento en términos de cambio climático, en lo +se refiere a este documento se abordará el enfoque 1.

En lo que concierne al monitoreo de las emisiones de GEI, este se realiza a través del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). Actualmente, los esfuerzos se enfocan en su automatización a través del Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI). Por otro lado, como parte del seguimiento a las emisiones registradas en el sector forestal se cuenta con el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB), que permite el seguimiento y reporte de actividades de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+), e incorpora los procesos de Monitoreo y Medición, Reporte y Verificación (M-MRV).

El trabajo que se plantea hoy en día el MAE se enfoca en aplicar una visión integral de MRV doméstico conformado por subsistemas o módulos que, de alguna forma, trabajen dentro de una misma plataforma de gestión de información sobre cambio climático. Se espera promover la consistencia, sistematización, visualización de resultados y/o avances, evitando la doble contabilidad de emisiones/reducciones de GEI, en el caso de la mitigación, y el monitoreo de la reducción de vulnerabilidad sectorial/territorial o aumento de la resiliencia según sea el abordaje en adaptación al cambio climático.

De esta forma, actualmente se trabaja en la implementación de un sistema unificado de medición, reporte y verificación para la gestión del cambio climático, que se inserta en la plataforma del sistema Único de Información Ambiental (SUIA). Considerando los siguientes lineamientos: En primer lugar, la medición y el monitoreo (M) está conformada por cinco módulos: 1) Mitigación, 2) Financiamiento, 3) Adaptación, 4) Creación y fortalecimiento de condiciones y 5) Co-beneficios. El Reporte (R) se lo realiza a nivel nacional y local, a través del mecanismo de implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), así como el del cumplimiento a la legislación vigente en los distintos niveles de gobierno, y la Verificación (V) es a nivel global en consistencia con los acuerdos internacionales sobre cambio climático.

Con base en lo expuesto, la Figura 2 muestra la estructura general del MRV doméstico propuesto por el Ecuador, con sus respectivos componentes algunos de los cuales se encuentran operativos y otros en fase de diseño, previstos en el corto y mediano plazo. Esta visión ambiciosa e integral podrá concretarse paulatinamente, a la par de la asistencia técnica-financiera captada.

Figura 2.Propuesta de sistema MMRV del Ecuador


Fuente: Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, septiembre 2016

2.3. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques

2.3.1. Introducción

El monitoreo de los bosques se ha convertido en un tema clave en los procesos de elaboración de políticas de desarrollo, ambientales, de manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, tanto nacionales como internacionales. En la mayoría de los casos, esta información traspasa las fronteras de los bosques y puede ser utilizada como un indicador de la diversidad biológica, producción, uso del suelo, hidrología, el manejo de cuencas, temas de planificación urbana/rural, de generación de políticas, de corresponsabilidad de actores afines, de escenarios de gobernanza, etc.

Para el caso de Ecuador, históricamente ha contado con pocas herramientas para monitorear sus recursos forestales y mucho menos la biodiversidad a escalas nacionales, por ejemplo, datos acerca de la deforestación y la degradación forestal, o las cifras nacionales y sub-nacional sobre los bosques hasta antes del 2009 estaban en su mayoría desactualizadas, eran poco confiables o incompletas, en muchos de los casos inconsistentes, o en el peor escenario la información simplemente no existía.

A partir de ese año y con un mandato político claro, el país reconoce la necesidad de poner en cifras confiables el estado de los recursos forestales con que el país cuenta, en especial por la oportunidad estratégica que el contar con información actualizada de estos recursos aportan al

país, además de fortalecer su conservación y manejo sustentable con base en políticas públicas consistentes.

2.3.2. Antecedentes

Identificada esta falta de información y la necesidad de contar con información actualizada, durante el periodo 2009-2013 el Ministerio del Ambiente (MAE) generó tres procesos importantes como:

- El Mapa de Deforestación Histórica (MDH) del Ecuador continental (2009-2013), cuyo objetivo principal es construir el escenario histórico de deforestación de forma espacialmente explícita a escala nacional; generando tasas de deforestación a partir una línea base de mapas de Cobertura y Uso de la tierra a escala 1:100.000 para los períodos de referencia de cobertura de la tierra 1990, 2000, 2000 y 2008.
- El Mapa de Vegetación(MV) del Ecuador Continental (2010-2013), orientado a generar información geográfica y biológica actualizada de los ecosistemas, identificando áreas prioritarias para conservación, restauración, y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; generando el Sistema de Clasificación de Ecosistemas, el mapa de ecosistemas a escala 1:100.00 y diversos documentos metodológicos y coberturas secundarias sobre los factores diagnóstico (bioclima, geomorfología, biogeografía, etc.) indican en la distribución espacial de los ecosistemas.
- La Evaluación Nacional Forestal (ENF), proceso con enfoque multipropósito cuyos objetivos principales son, mejorar la gestión de sus bosques, y a su vez, responder a los requerimientos para acceder a los mercados internacionales de carbono bajo los mecanismos REDD+. La ENF contó con tres componentes, el Inventario Nacional Forestal, componente responsable del levantamiento de información en campo, el componente geográfico para desarrollo del mapa de carbono de los bosques y el componente socioeconómico cuyo objetivo principal fue conocer la relación existente entre los bosques naturales y las poblaciones locales.

Las tres iniciativas del MAE mencionadas previamente constituyen la base para la construcción del Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques del Ecuador (SNMB), acción que ha tomado de manera paulatina su camino hacia su institucionalización al interno del Ministerio del Ambiente (MAE) desde el año 2014, cuando en la Subsecretaría de Patrimonio Natural se conforma una Unidad de Monitoreo de Bosques para continuar con las actividades de actualización de información y salvaguardar las capacidades adquiridas por el equipo técnico de los tres proyectos.

2.3.3. Marco Normativo

La conceptualización del proceso de monitoreo de bosques en el Ecuador tomó como marco normativo inicial el Acuerdo Ministerial 114 que delinea la Política de Gobernanza del Patrimonio Natural del Ecuador (eje estratégico 5: información y monitoreo del patrimonio natural), las políticas nacionales enmarcadas en el objetivo 7 (Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global) del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017; además de la Constitución de la República del 2008, en donde el Ecuador reconoce los derechos de la naturaleza, orientando los esfuerzos del Estado al respeto integral de su existencia, a su mantenimiento y a la regeneración de sus ciclos vitales y procesos evolutivos.

En noviembre del año 2016 se expide Acuerdo Ministerial 116 “Plan de acción REDD+ “Bosques para el buen vivir” donde se establecen los lineamientos para la implementación de REDD+ en Ecuador” y en su artículo 21 menciona la creación del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB) como tal.

En abril del año 2017 se expide el Código Orgánico Ambiental (COA), en su Libro I, Título II, Capítulo I, artículo 24 y en el Libro II, Título VI/REGIMEN FORESTAL NACIONAL, Capítulo 7, artículo 125, se indica claramente de las competencias y responsabilidades de la Autoridad Ambiental Nacional en temas de monitoreo de bosques.

En el año 2019, se expide el Reglamento COA, y en su Libro II, Capítulo VI desde el artículo 359 al 367 se reglamenta el monitoreo y evaluación del patrimonio forestal nacional. En el mes de junio de 2019 el MAE expide el Acuerdo ministerial 052 donde se detallan las directrices institucionales para el funcionamiento del Sistema Nacional de monitoreo de Bosques como uno de los requisitos previo a su institucionalización en la estructura orgánica del MAE.

2.3.4. Alcance, Objetivos y Principios Rectores

Alcance. - Este sistema permite el seguimiento y reporte de actividades REDD+ e incorpora los procesos de M-MRV. Su principal función es contar con información periódica sobre los resultados obtenidos a través de las medidas y acciones nacionales, además de proveer datos que sean medibles, reportables y verificables para estimaciones y reportes internacionales de las emisiones y absorciones forestales.

El sistema permitirá conocer la efectividad de la implementación de las medidas y acciones articuladas a la conservación, al manejo forestal sostenible y a la restauración, mediante la consolidación de instancias de gestión a nivel sub-nacional, para un fortalecimiento de la gobernanza forestal a nivel de territorio. La información generada, además, proveerá insumos para el diseño e implementación de políticas de ordenamiento territorial y uso del suelo, gobernanza forestal y manejo de recursos naturales.

Su enfoque es el análisis de los cambios que ocurren en el Patrimonio Forestal Nacional, a través de la generación de información cartográfica a escala 1:100.000 y en periodos de remediación de 1 año, 2 años, 5 años dependiendo de la temática estudiada, centrándose principalmente en:

- Deforestación
- Degradación,
- Sistemas de Alertas Tempranas Ambientales (SATA)
- Estado de los Ecosistemas (flora y fauna)
- Servicios Ecosistémicos (almacenamiento de carbono, paisajes y conservación)
- Información sobre el recurso forestal (especies, áreas basales, relación gente bosque)

En el Reglamento al Código Orgánico Ambiental (COA) se menciona como competencia del MAE el monitoreo y evaluación del Patrimonio Forestal Nacional, el cual abarca a los bosques nativos y ecosistemas naturales, es así que se plantea el ámbito, objetivos generales, específicos y principios, que direccionan la operatividad del SNMB, como se describe a continuación.

Ámbito.- La Autoridad Ambiental Nacional es la encargada de planificar y ejecutar el monitoreo del Patrimonio Forestal Nacional a través del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques, el cual debe generar, recopilar, analizar y reportar información biofísica

georeferenciada relacionada con los bosques, otros ecosistemas naturales y su biodiversidad asociada, considerando además otras clases de uso del suelo, a intervalos regulares, permitiendo el monitoreo de los cambios en el transcurso del tiempo, en articulación con otras entidades competentes.

La información generada por el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques es interoperable con otros sistemas de la Autoridad Ambiental Nacional y será difundida a través del Sistema Único de Información Ambiental.

Objetivo General. - El objetivo del monitoreo del Patrimonio Forestal Nacional es generar, recopilar, medir, analizar y reportar en intervalos periódicos de tiempo la información proveniente de: sistema nacional de monitoreo de bosques, y otra información que pueda ser derivada de otras fuentes de información oficial.

Esta información servirá para la toma de decisiones, desarrollo de políticas, estrategias y otras acciones necesarias para la gestión sostenible de los bosques de manera multisectorial y en los distintos niveles de gobierno; así como para cumplir con los requerimientos de medición, reporte y verificación relacionados con la gestión del Patrimonio Forestal Nacional y asociados a indicadores, instrumentos nacionales e internacionales ratificados por el Estado.

Objetivos Específicos. -

- Proporcionar permanentemente información oficial, confiable y actualizada sobre el Patrimonio Natural del Estado como base para el ordenamiento y gestión territorial.
- Monitorear de forma espacialmente explícita las dinámicas de cobertura y uso de la tierra, ecosistemas, biodiversidad y aspectos socio-ambientales.
- Generar información base para una adecuada Gobernanza Forestal y de Biodiversidad.
- Generar información para reportar los compromisos nacionales ante Acuerdos internacionales (CDB, CMNUCC, FRA, CITES, otros).
- Establecer patrones de cambio en el patrimonio natural a través de datos recolectados en campo en función de una muestra representativa con una planificación a largo plazo.

Principios. - El monitoreo y evaluación del Patrimonio Forestal Nacional se regirá por los siguientes principios:

1. El monitoreo y la evaluación es potestad de la Autoridad Ambiental Nacional y se alinea a los instrumentos de planificación nacional.
2. El monitoreo y evaluación deberá ser realizado por la Autoridad Ambiental Nacional de conformidad con los estándares mínimos nacionales e internacionales que permitan producir resultados de calidad en respuesta a las necesidades de información requeridas a nivel nacional;
3. El monitoreo y la evaluación se lo realiza en intervalos de tiempo, con visión a largo plazo que satisfaga las necesidades de información para la gestión sostenible del Patrimonio Forestal Nacional.
4. La Autoridad Ambiental Nacional establecerá protocolos y estándares mínimos, para que la información generada por actores públicos y privados en el ámbito del monitoreo y evaluación del Patrimonio Forestal Nacional pueda ser integrada en los repositorios, bases de datos y sistemas de gestión forestal que maneja la Autoridad Ambiental Nacional y articulados al Sistema Único de Información Ambiental.

5. Los resultados del monitoreo y evaluación del Patrimonio Forestal Nacional deberán ser socializados a nivel nacional, promoviendo su uso para la planificación y el ordenamiento territorial en los distintos niveles de gobierno.
6. El monitoreo y evaluación del Patrimonio Forestal Nacional buscará mediante mecanismos participativos la mejora continua en aquellos procesos que lo ameriten de conformidad con los lineamientos internos establecidos para el efecto;
7. El monitoreo y evaluación tendrá un enfoque multipropósito que implica la integración de múltiples temáticas entre ellas el análisis de la deforestación y degradación de los bosques, carbono, productos forestales maderables y no maderables, tomando en cuenta las salvaguardas para obtener y generar información;
8. La provisión de información para el monitoreo y evaluación propenderá el uso de insumos e instrumentos accesibles que garanticen la calidad y transparencia de los datos generados, así como su sostenibilidad en el tiempo;
9. Para la efectiva realización del monitoreo y evaluación del Patrimonio Forestal Nacional, la Autoridad Ambiental Nacional establecerá acuerdos intersectoriales con el propósito de evitar duplicidad de esfuerzos en la generación de información; y,
10. Otros principios que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.5. Componentes del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques

El SNMB planteado por el Ecuador es robusto y transparente, permite determinar el estado de los bosques a través de indicadores de cambio de uso y cobertura, además del seguimiento y reporte de actividades REDD+. Este sistema incorpora procesos de Monitoreo y Medición, Reporte y Verificación (M-MRV) de acuerdo a sus circunstancias y capacidades nacionales, en línea con la directriz de la CMNUCC en el marco de REDD+. En la figura 3 se muestran un esquema de las funciones y componentes del SNMB.

Figura 3. Esquema de los componentes y funciones del SNMB



Fuente: adaptado del Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, septiembre 2016

El SNMB está compuesto por tres componentes:

- **Componente Geográfico Espacial:** Este componente está orientado al monitoreo permanente del cambio del Patrimonio Forestal Nacional mediante el análisis espectral de los sensores remotos y la gestión de datos espaciales. Es el responsable de determinar las dinámicas espaciales de cambio de los ecosistemas, coberturas y uso de la tierra a mediano plazo; y de forma permanente, el seguimiento de las perturbaciones ambientales a través del procesamiento de alertas tempranas, con el uso de sensores remotos y otras técnicas geomáticas disponibles.
- **Componente Biofísico:** Este componente se encarga de detectar patrones de cambio en el Patrimonio Forestal Nacional mediante una colección continua de datos en campo, como el inventario nacional forestal, con base a muestras que incluye el levantamiento de información de flora y fauna, en coordinación con el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Es el responsable de proporcionar información desde el territorio, actualizada y periódica sobre los bosques y otros ecosistemas naturales, relacionados con variables biofísicas y socioambientales. Además, provee información sobre la administración y uso del patrimonio natural, y la interacción entre las poblaciones y los ecosistemas en los que habitan. La información es multipropósito y considera necesidades para la integración de otros campos temáticos, de acuerdo a requerimientos, y de cara a fortalecer la gestión del patrimonio natural del país.
- **Componente Análisis de Información y Reporte:** Este componente se encarga de la gestión, análisis estadístico y reportes de la información generada por los otros componentes para proporcionar información actualizada y precisa. Este orientado a entregar la información procesada y analizada en función de los requerimientos de los sistemas y las áreas internas del MAE (ej.: Nivel de referencia de Emisiones, Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, Sistema de Aprovechamiento Forestal SIF, Base Nacional de Datos de Biodiversidad, etc.)

La tabla 1 resume las funciones e insumos generados por el sistema hasta el año 2019.

Tabla 1. Funciones e insumos generados por el SNMB hasta el año 2019

COMPONENTE	FUNCIÓN	INSUMOS GENERADOS
Geográfico Espacial	A mediano plazo: -Determinar las dinámicas espaciales de cambio de los ecosistemas, coberturas y uso de la tierra. A largo plazo -Hacer seguimiento de las perturbaciones ambientales a través del procesamiento de alertas tempranas, con el uso de	*Mapas de cobertura y uso de la tierra para los años: 1990, 2000, 2008, 2014 , 2016 y 2018 a nivel nacional. El mapa 2014 se elaboró en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, bajo las mismas metodologías usadas en los mapas anteriores.

COMPONENTE	FUNCIÓN	INSUMOS GENERADOS
	sensores remotos y otras técnicas geomáticas.	*Mapas de cobertura y uso de la tierra para los años 2015 y 2017 para la región amazónica. *Mapas de deforestación para los periodos 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014, 2014 -2016 y 2016-2018. *Tasas de deforestación 2000-2008, 2008-2014, 2014 -2016 y 2016-2018. * Mapa de ecosistemas *Mapa de Fragmentación de ecosistemas. *Mapa de Fragilidad de ecosistemas
Biofísico	-Proporcionar información desde el territorio, actualizada y periódica, sobre los bosques y otros ecosistemas naturales, relacionados con variables biofísicas. -Proveer información sobre la administración y uso del patrimonio natural, y la interacción entre las poblaciones y los ecosistemas que habitan.	*Inventario Nacional Forestal (información de los contenidos de carbono, áreas basales, etc.) *Estimación contenidos de carbono de 9 tipos de bosque
Análisis de Información y Reporte	Administrar, gestionar y analizar los datos procedentes de los componentes geomático y biofísico, para el intercambio y difusión de información procedente del monitoreo planteado con las diferentes plataformas informáticas del MAE.	*Base Nacional de Datos de Vegetación, *Reporte de Datos de Actividad, Factores de Emisión para el nivel de referencia de emisiones forestal (NREFD), INGEI, Reporte Bienal de actualización, *Datos para el reporte anual de bosques FRA 2015, *Datos para las Estadísticas del Patrimonio Natural. *Datos para el reporte de los indicadores del Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021.

Todo este trabajo fue desarrollado por el MAE con el soporte técnico y financiero de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), la Organización del Tratado de la Cooperación Amazónica (OTCA), entre otros aliados institucionales nacionales e internacionales.

2.3.6. Arreglos institucionales

Un elemento central para la implementación del SNMB y los procesos de MyMRV es contar con la institucionalización dentro del MAE y las instituciones clave. De ello depende que se cuente con un marco institucional que permita dar un seguimiento técnico tanto a las actividades REDD+ como a los impactos potenciales de las medidas y acciones en términos de reducción de deforestación y/o mejora en contenidos de carbono, como una actividad a considerar a futuro.

Es por ello que el MAE ha planteado arreglos institucionales en el contexto REDD+, en caminadas a establecer sinergias con el MAG, incorporar y fortalecer la información monitoreo comunitario, buscar mecanismos sostenibilidad, e incorporando a los Gobiernos Autónomos Descentralizados, a la Academia y demás sectores de la sociedad.

Tabla 2. Arreglos Institucionales necesarios para la implementación del SNMB

ACTIVIDAD	ACTOR	OBJETO
Monitoreo y medición	SNMB	Desarrollo de capacidades técnicas en los procesos de medición y monitoreo de cambios de cobertura y deforestación, cálculo de reducción de emisiones, cambios de usos del suelo y degradación, articulación de la información con los Planes de Ordenamiento Territorial (PDOT), Incorporación gradual de las otras actividades REDD+.
	Instituto Nacional de Biodiversidad (INB)	Planificación, promoción, coordinación y ejecución de procesos de investigación relacionados al campo de la biodiversidad.
	Plataformas Nacionales de Información	Articulación del SNMB para la transparencia y diseminación de información.
Reporte	Instituto Nacional de Biodiversidad (INB), Universidad Regional Amazónica (IKIAM), YACHAY, Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN), UASB, GAD	Desarrollo de capacidades técnicas en los procesos de monitoreo y medición de biodiversidad en las distintas Zonas de Procesos Homogéneos de Deforestación, así como para generar capacidades en los GAD provinciales para la incorporación de la información sobre biodiversidad en los PDOTs.
	Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) MAE/SCC	Articulación de la información del SNMB con los PDOT. Realización de INGEI, IBA, y comunicaciones nacionales.
Verificación	Grupo de expertos/as nacionales	Validación de los productos generados
	CMNUCC	Validación y monitoreo de NREF-D.

Las líneas de acción propuestas, agrupadas en ámbitos, son las siguientes:

Establecimiento de arreglos institucionales para el SNMB. Un elemento central para la implementación del SNMB y los procesos de M-MRV es contar con la institucionalización dentro del MAE y de las instituciones clave. De ello depende que se cuente con un marco institucional que permita dar un seguimiento técnico tanto a las actividades REDD+ como a los impactos potenciales de las medidas y acciones en términos de reducción de deforestación y/o mejora en contenidos de carbono, como una actividad a considerar a futuro.

En ese marco se propone contribuir al proceso de estructuración institucional coordinadamente entre las diferentes instancias del MAE para el establecimiento y funcionamiento del SNMB.

En este contexto, las líneas de acción son:

Monitoreo y Medición:

- Definir lineamientos, protocolos e indicadores para medir y monitorear la efectividad de las medidas y acciones en términos del manejo forestal sostenible y de actividades REDD+ (deforestación y gradualmente incrementos de las reservas de carbono y degradación) con enfoque territorial y que se puedan insertar en el SNMB.
- Identificar sinergias entre el MAE y el MAG para que los sistemas de información de cada institución manejen una estandarización y homologación metodológica para la administración y uso de la información.
- Articular el SNMB con las plataformas de información disponibles a nivel nacional para la transparencia y disseminación de información.
- Apoyar, en correspondencia con las competencias establecidas, la instalación de parcelas permanentes para monitorear bosques, áreas de restauración y sistemas agroforestales gradualmente.
- Desarrollar modelos alométricos para los estratos de bosque definidos y que permitan mejorar la precisión para el cálculo de factores de emisión.
- Impulsar el desarrollo del Sistema de Alerta Temprana para la deforestación que proporcione información de madera efectiva para la toma de decisiones.
- Proveer información periódica sobre datos de actividad y factores de emisión para la contabilidad de reducción de emisiones.
- Incluir a las comunidades, pueblos y nacionalidades en el proceso de monitoreo comunitario de bosques, ya que son los vínculos directos entre el bosque, la normativa del manejo forestal sostenible y las acciones de mitigación de cambio climático.
- Impulsar procesos de coordinación entre MAE y MAG para la generación de productos geográficos que aporten al mejoramiento de metodologías que permitan el monitoreo continuo de dinámicas en el cambio de coberturas y usos de suelo.
- Conformar un comité científico que incluya a diferentes instituciones de Estado, academia, investigadores forestales y ONG, para que se reúna periódicamente a tratar sobre temas de monitoreo y medición que contribuyan a la toma de decisiones.
- Fortalecer las capacidades locales de GAD y comunidades para el levantamiento de información en campo que contribuya con información actualizada y de calidad sobre el estado y la estructura de los bosques, para que sean incorporadas al SNMB.
- Vincular a la academia en los procesos de implementación de parcelas permanentes de monitoreo y análisis de datos, con el objetivo de contar con información periódica.

Reporte

- Insertar los lineamientos de reporte de la CMNUCC dentro del diseño del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques.
- Articular el SNMB con el SINGEI para el reporte del sector USCUS en el Informe Bienal de Actualización y Comunicaciones Nacionales.
- Generar reportes de datos obtenidos a través de procesos de monitoreo comunitario e incorporarlos en el SNMB.

Verificación

- Establecer un mecanismo interno que incorpore procedimientos para una efectiva verificación internacional.
- Conformar un grupo de expertos/as nacionales para los procesos de verificación.
- Promover la verificación bajo la CMNUCC como un proceso oficial para las negociaciones con otros países contribuyentes.

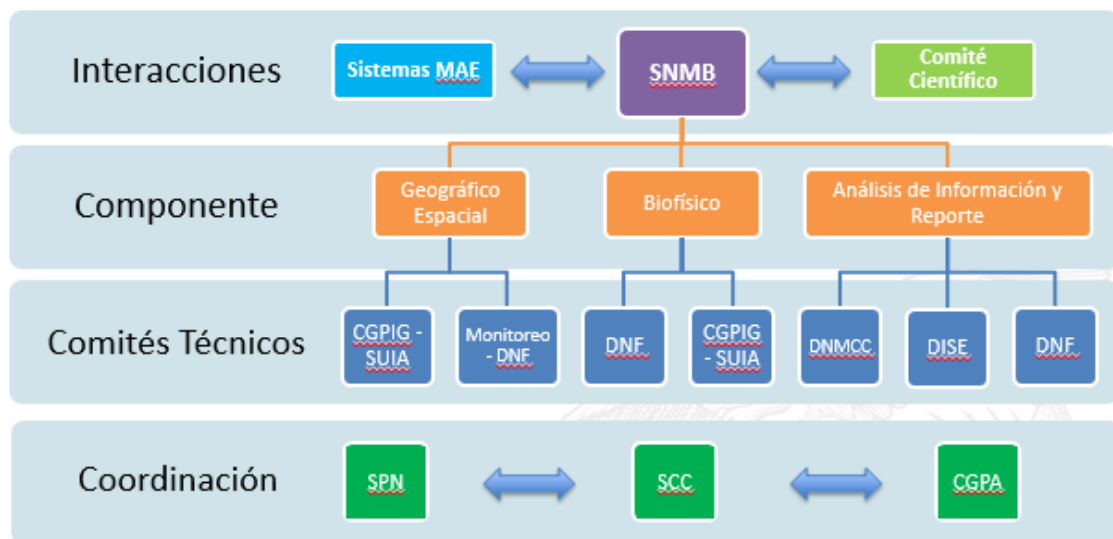
Tabla 3. Resumen del SNMB y su articulación con otros sistemas en el contexto REDD+

	Medición	Reporte	Verificación
SNMB	Procedimiento de recolección y procesamiento de información	En articulación con otros sistemas nacionales	
	Levantamiento de información primaria como elemento necesario que le permitió al país contar con información propia. Esta información ha servido como base para determinar las emisiones de GEI por deforestación bruta y reportada a la CMNUCC mediante la presentación del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación (NREF-D).	Nivel nacional • Sistema nacional de contabilidad de reducción de emisiones basadas en pago por resultados de REDD+ (reporte originado a partir del SNMB) • NREF-D • IBA	Nivel internacional • Evaluación técnica por expertos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) • ICA • Verificación independiente solicitada por países contribuyentes

2.3.7. Actores, roles y responsabilidades en el SNMB

El MAE se encuentra en un proceso de estructuración institucional y actualmente en función del acuerdo Ministerial 052 la Subsecretaría de Patrimonio Natural a través de la Dirección Nacional Forestal coordinada entre las diferentes instancias del MAE para dar operatividad el funcionamiento del SNMB, es así que técnicos de las Subsecretaría de Patrimonio Natural (SPN), técnicos de la Subsecretaría de Cambio Climático (SCC) y de la Coordinación General de Planificación Ambiental participan directamente en la generación de los productos del Sistema de Monitoreo en el ámbito de sus competencias.

Figura 4. Componentes y actores del SNMB



Fuente: MAE, 2018

Dentro del Sistema se puede identificar 3 roles principales que son: Coordinación, Comités Técnicos y Personal de las Unidades.

Rol de Coordinación: la Subsecretaría de Patrimonio Natural coordina con la Subsecretaría de Cambio Climático y Coordinación General de Planificación Ambiental, la gestión administrativa y financiera del SNMB a través del Comité de Gestión del SNMB.

Rol de Comités Técnicos: Conformado por puntos focales técnicos de la Dirección Nacional Forestal (DNF), del Componente de Procesamiento de Información y Geomática del SUIA (CGPIG), de la Dirección Nacional de Mitigación al Cambio Climático (DNMCC) y de la Dirección de Información Seguimiento y Evaluación (DISE) se encargan de diseñar e implementar procedimientos, métodos y metodologías de los componentes del SNMB.

Rol de Personal de Unidades: Conformado por los técnicos especialistas en diferentes temáticas ambientales, pertenecientes a la Dirección Nacional Forestal (DNF), del Componente de Procesamiento de Información y Geomática del SUIA (CGPIG), de la Dirección Nacional de Mitigación al Cambio Climático (DNMCC) y de la Dirección de Información Seguimiento y Evaluación (DISE) se encargan de implementar los procedimientos, métodos y metodologías de los componentes del SNMB para la generación de la información.

A continuación, se detallan las principales responsabilidades de los actores en sus roles dentro del SNMB:

Tabla 4. Principales responsabilidades de los actores en sus roles dentro del SNMB

COMPONENTE	ACTORES	ROLES	RESPONSABILIDADES
SNMB	*SPN – DNF *SCC – DNMCC *CGPA - DISE	Coordinación	*Asegurar la institucionalidad y objetivos del SNMB, sus componentes, Plan operativo anual, etc.
			*Designar a los miembros de los comités técnicos de los componentes del SNMB, así como sus responsabilidades y funciones.
			*Asegurar y Autorizar los recursos financieros, técnicos y el personal necesario para el diseño, implementación, revisión y evaluación del SNMB.
			*Asistir a Comités de Gestión del SNMB.
			*Solicitar el cumplimiento de cronograma de trabajo, productos y servicios a los miembros de los comités técnicos de los componentes.
			* Requerir informes de gestión y evaluación a cada componente para hacer seguimiento de la gestión del SNMB.
			* Hacer seguimiento a los recursos ejecutados por cada uno de los componentes del SNMB.
Geográfico Espacial	* Técnicos CGPIG – SUIA *Técnicos Monitoreo DNF	Comité Técnico	*Diseñar e implementar procedimientos de monitoreo satelital, incluyendo y/o involucrando a actores e instancias competentes al interior del MAE y otras instancias estatales fuera del MAE.
			*Definir el procedimiento de monitoreo a través de imágenes satelitales e información secundaria, por cada proceso que se genere como producto y servicio operacional.
			*Definir el monitoreo geográfico espacial de las condiciones de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador, a partir de indicadores de presión – estado - respuesta del Patrimonio Nacional Forestal en los distintos niveles de organización.
			*Dar seguimiento y elaborar reportes de las consultorías de automatización de procesos para las mejoras del SNMB.
	* Técnicos CGPIG – SUIA *Técnicos Monitoreo DNF	Personal Unidad	*Recopilar y evaluar datos en el tiempo sobre las actividades antropogénicas relacionadas con las tierras forestales a fin de contar con los Datos de Actividad (DA).
			*Implementar el monitoreo geográfico espacial de las condiciones de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador, y calcular indicadores de presión – estado - respuesta del Patrimonio Nacional Forestal en los distintos niveles de organización.

COMPONENTE	ACTORES	ROLES	RESPONSABILIDADES
			*Asegurar y controlar la calidad de los servicios y productos cartográficos generados. *Elaborar documentos metodológicos e informes técnicos de los productos y servicios del SNMB.
Biofísico	*Técnicos Monitoreo DNF *Técnicos CGPIG – SUIA	Comité Técnico	*Diseñar e implementar procedimientos de monitoreo biofísico (INF, etc.), incluyendo y/o involucrando a actores e instancias competentes al interior del MAE y otras instancias estatales fuera del MAE. *Definir el procedimiento de monitoreo biofísico a través del levantamiento de información en campo y BDD, por cada proceso que se genere como producto y servicio operacional. *Definir el monitoreo biofísico de las condiciones de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador, a partir de indicadores de presión – estado - respuesta del Patrimonio Nacional Forestal en los distintos niveles de organización. *Dar seguimiento y elaborar reportes de las consultorías de Inventario Nacional Forestal como parte de las mejoras del SNMB.
			*Generar y evaluar datos en el tiempo sobre los Factores de Emisión (FE) de los 9 tipos de bosque a fin de contar con información para el cálculo de emisiones CO2. *Implementar el monitoreo biofísico de las condiciones de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador, y calcular indicadores de presión – estado - respuesta del Patrimonio Nacional Forestal en los distintos niveles de organización.
			*Asegurar y controlar la calidad de los servicios y productos biofísicos generados. *Elaborar documentos metodológicos e informes técnicos de los productos y servicios del SNMB.
	*Técnicos Monitoreo DNF *CGPIG – SUIA	Personal Unidad	
Análisis de Información y Reporte	*Técnicos DNMCC *Técnicos DISE *Técnicos DNF	Comité Técnico	*Diseñar e implementar procedimientos Análisis de información y reporte para compromisos nacionales e internacionales, incluyendo y/o involucrando a actores e instancias competentes al interior del MAE y otras instancias estatales fuera del MAE. *Definir el procedimiento para el uso de diversas fuentes de información: cartográfica, de levantamiento de información en campo y BDD, para el reporte de compromisos nacionales e internacionales. *Dar seguimiento y elaborar reportes para articular el SNMB con los demás sistemas de información del MAE.
	*Técnicos DNMCC *técnicos CGPIG –	Personal Unidad	*Calcular las emisiones de CO2 a través del INGEI para que sean incorporadas en el SINGEI.



COMPONENTE	ACTORES	ROLES	RESPONSABILIDADES
	SUIA •Técnicos Monitoreo DNF		*Elaborar documentos metodológicos e informes técnicos de reporte de contabilidad nacional de emisiones y de gestión forestal, para el cumplimiento de compromisos nacionales e internacionales relacionados al CC y gestión de bosques. *Asegurar y controlar la calidad de los servicios y productos generados.

El SNMB se articula con otros sistemas del MAE como son el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) donde se publica la información cartográfica y documental en el portal Mapa interactivo (<http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>).

Se mantienen vínculos con el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI), el Informe Bienal de Actualización (IBA) y las Comunicaciones Nacionales para los reportes internacionales. La Dirección Nacional de Mitigación (DNMCC) coordina con el SNMB la recopilación de la información relacionada con la estimación de emisiones de GEI en el sector forestal producidas por actividades como deforestación y degradación de los bosques para la elaboración del NREF.

El SNMB considera la incorporación de información necesaria para la gestión de los recursos forestales, lo que conlleva a contribuir con información para el manejo forestal sostenible. Se mantienen vínculos con los sistemas de monitoreo de Socio Bosque, Sistema Nacional de Áreas protegidas y Sistema de Control y Trazabilidad Forestal.

La validación de los productos que genera el SNMB se la realiza a través de Comités Científicos, conformados por miembros de las Academia, Institutos nacionales e internacionales de Investigación y expertos en diferentes temáticas, lo que permite que los productos del SNMB tenga una alta rigurosidad técnica y científica para la toma de decisiones.

3. Información resumida de los reportes presentados a la CMNUCC

Ecuador presentó su Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación (NREF-D) de forma voluntaria a la CMNUCC en diciembre de 2014, estableciendo como periodo de referencia los años 2000-2008. De las cinco actividades incluidas en el párrafo 70 de la Decisión 1/CP.16, se cubrió la actividad “Reducción de Emisiones Forestales derivadas de la Deforestación” en el Territorio Continental del Ecuador (MAE, 2015a). El informe final del NREF-D de Ecuador se encuentra en la plataforma web de la Convención https://redd.unfccc.int/files/submission_frel_ecuador.pdf

La presentación del NREF-D de Ecuador pasó por una evaluación técnica durante el año 2015 por expertos del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS) designados por la Secretaría de la CMNUCC. El informe final de la evaluación técnica se puede encontrar en la plataforma web <https://unfccc.int/resource/docs/2015/tar/ecu.pdf>

En septiembre de 2016 Ecuador presentó a la CMNUCC el Anexo Técnico, como parte del Primer Informe Bienal de Actualización, en el cual se presentaron resultados alcanzados sobre la reducción de las emisiones para el periodo 2009-2014, en el contexto de pagos basados en resultados REDD+. El informe completo se encuentra en la plataforma web <https://unfccc.int/documents/180635>

En el 2018 como parte de las negociaciones del Acuerdo Separado con REM, se menciona que el NREF- D no es elegible para los pagos previstos, por su periodicidad anterior, para lo cual las partes acordaron establecer un nivel de pagos interino para posibilitar el primer pago en el marco del acuerdo REM, el cual será nombrado como Línea Base de deforestación Bruta con un periodo 2001-2014. Además, se acuerda que para el cálculo de la reducción de emisiones no se considera la deforestación en bosques regenerados.

En la tabla 5 se resumen las principales características y diferencias entre el NREF-D presentado a la CMNUCC y la Línea Base de Deforestación Bruta para REM.

Tabla 5. Características y diferencias entre el NREF-D y la Línea Base de Deforestación para REM

	NREF-D CMNUCC	Línea Base para REM
Periodo de referencia	2000 - 2008	2001 – 2014
Emisiones periodo	43,418,126 tCO ₂ eq/año	38,596,912 tCO ₂ eq/año
Datos de actividad	Mapas Deforestación 2000, 2008	Mapas Deforestación 2000, 2008, 2014 Máscara bosque 2000
Factores de emisión	Evaluación Nacional Forestal 2011 - 2013	Evaluación Nacional Forestal 2011 – 2013
Reservorios	Biomasa aérea Biomasa Subterránea Madera muerta Hojarasca	Biomasa aérea Biomasa Subterránea Madera muerta Hojarasca
Definición de bosques	Acuerdo Ministerial N° 116, consistente con el INGEI	Acuerdo Ministerial N° 116, consistente con el INGEI
Deforestación	Se incluye la deforestación en los bosques maduros y regenerados	Se incluye únicamente la deforestación de los bosques maduros, tomando como base el mapa de bosque del año 2000.
Supuesto	Oxidación inmediata después de la deforestación	Oxidación inmediata después de la deforestación
Resultados 2009-2014	4,831,519 tCo ₂ eq/año	NA
Resultados 2015 -2016	5,236,511 tCO ₂ eq/año	9,222,281 tCO ₂ eq/año
Resultados 2017-2018	9,373,840 tCO ₂ eq/año	11,705,409 tCO ₂ eq/año

4. Definiciones empleadas en los reportes

Se han empleado las definiciones relacionadas con bosque y deforestación que constan en el Acuerdo Ministerial 116, misma que es consistente con la definición empleada por la Subsecretaría de Patrimonio Natural y el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques.

4.1. Bosque

De acuerdo con esta definición, el bosque es considerado como, una comunidad vegetal natural o cultivada de por lo menos una hectárea, con árboles de al menos cinco metros de altura y con un mínimo de treinta por ciento de cobertura de dosel o capa aérea vegetal. El Bosque se puede diferenciar en bosque natural y plantaciones forestales. Se incluye las áreas cubiertas de bambú

y palmas nativas, siempre que estas alcancen el límite mínimo establecido en cuanto a áreas mínima, altura y cubierta de copas. Se excluye las formaciones de árboles utilizados en sistemas de producción agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales, plantaciones de palma africana y sistemas agroforestales. Se excluye también los árboles que crecen en parques y jardines urbanos. (MAE, Acuerdo Ministerial 116, 2016)

4.2. Deforestación bruta

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 en un periodo de tiempo, sin considerar áreas de regeneración durante el mismo periodo. El término excluye a las zonas de plantaciones forestales removidas como resultado de cosecha o tala y a las áreas en donde los árboles fueron extraídos a causa del aprovechamiento forestal, y en donde se espera que el bosque se regenere de manera natural o con la ayuda de técnicas silvícolas, a menos que el aprovechamiento vaya seguido de una tala de los árboles restantes para introducir usos de la tierra alternativos. (MAE, Acuerdo Ministerial 116, 2016)

4.3. Deforestación neta

Es la diferencia entre la pérdida y ganancia de la superficie del bosque (deforestación bruta menos regeneración de bosque), en un periodo de tiempo. (MAE, Acuerdo Ministerial 116, 2016)

4.4. Regeneración natural de bosques

Es la recuperación del bosque nativo a través de procesos naturales o por actividades antrópicas. Como resultado de este proceso se presentan bosques secundarios en diferentes estados de desarrollo. (MAE, Acuerdo Ministerial 116, 2016).

5. Información necesaria que permite la reconstrucción de los resultados

Toda la información que permite la reconstrucción de los resultados se presenta a continuación, y se entregarán para su revisión respectiva.

Todos los mapas utilizados para estimar los datos de actividad se encuentran en formato geotiff y en su resolución espacial original (30*30 metros). Esto incluye:

- MLUCa_2000: Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2000, generada por el MAE a través del análisis de los datos obtenidos por teledetección.
- MLUCa_2008: Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2008, generada por el MAE a través del análisis de los datos obtenidos por teledetección.
- MLUCa_2014: Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2014, generada por el MAE a través del análisis de los datos obtenidos por teledetección.
- MLUCa_2016: Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2016, generada por el MAE a través del análisis de los datos obtenidos por teledetección.
- MLUCa_2018: Mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2018, generada por el MAE a través del análisis de los datos obtenidos por teledetección.

- MPFT: Mapa Potencial de Tipos de Bosque, que contiene los 9 estratos de bosque que se definieron por la ENF, utilizado para estratificar los bosques naturales de acuerdo con su contenido medio de carbono.
- <MAPS.xlsx> hoja de cálculo que muestra la relación entre las categorías de todos los mapas mencionados anteriormente.
- Para el cálculo de reducción de emisiones se cruzaron todos los mapas MLUCa de cada uno de los años con el mapa MPFT en una sola cobertura ráster (MLUCa20002008201420162018_MPFT) para facilitar el cálculo.
- (c) Todas las fuentes bibliográficas consultadas, se enumeran en la sección "referencias", a excepción de los documentos del IPCC, que se pueden obtener a través de IPCC's web oficial (<http://www.ipcc.ch/>).

6. Metodología para la generación de los datos de actividad

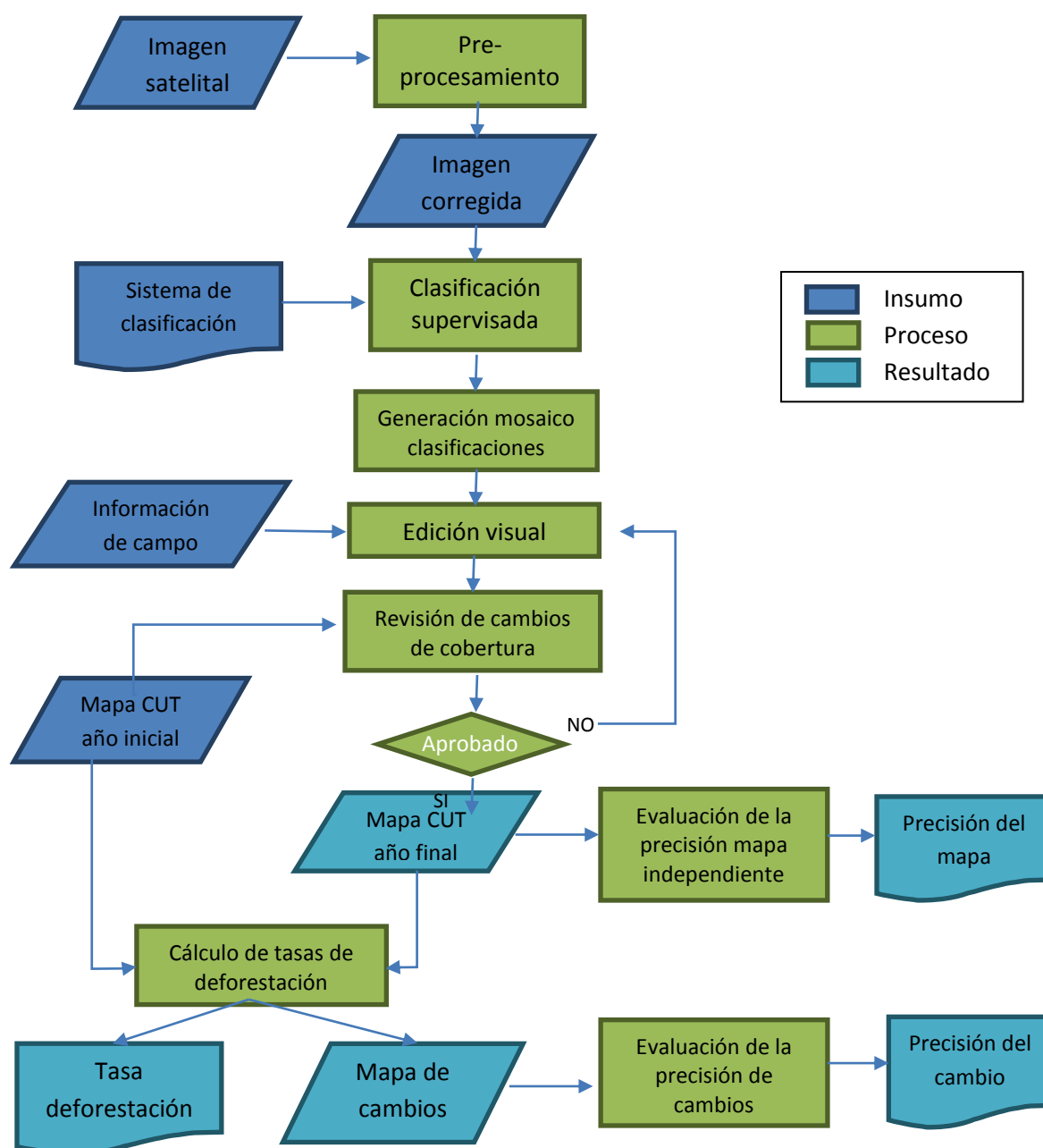
Los datos de actividad utilizados para la construcción de la Línea Base de Ecuador fueron extraídos de una serie temporal histórica de mapas de cobertura y uso de la tierra, desarrollados por el Ministerio del Ambiente (MAE) para los años 2000, 2008 y 2014. Los datos de actividad se estimaron siguiendo el enfoque 3 como se describe en las Guías de Buenas prácticas del IPCC para el sector USCUS (IPCC, 2003). Este enfoque toma en cuenta el uso de la tierra geográficamente explícito y los datos de cambio de uso del suelo para la estimación de los datos de actividad. Siguiendo este enfoque, se generaron tres mapas wall-to-wall para todo el país mediante el análisis de sensores remotos para representar categorías de uso del suelo para los años de referencia 2000, 2008 y 2014. Se asume que los mapas de cobertura representan la situación al 31 de diciembre de cada año.

Para el cálculo de emisiones del periodo 2015-2016 se empleó como insumo el mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2016 y para el cálculo de emisiones 2017-2018, se empleó el mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2018, siguiendo la misma metodología empleada para la construcción de la línea base.

La metodología a detalle se muestra en el documento “Protocolo metodológico para la generación de mapas de deforestación del Ecuador continental”¹. En la figura 5 se presenta el diagrama general de la metodología y en las siguientes secciones se resumen los pasos, desde la selección de insumos hasta el cálculo de la deforestación.

¹ El documento metodológico y sus respectivos anexos se encuentra en el link <http://suia.ambiente.gob.ec/documentos>. En la sección Sistema Nacional de Monitoreo.

Figura 5. Diagrama de procesos para la generación de mapas y cálculo de las tasas de deforestación del Ecuador continental



Fuente: MAE, 2017

La metodología se basa en las siguientes consideraciones técnicas:

- Lograr una representación consistente de tipos de cobertura y uso de la tierra. Esto quiere decir que la misma metodología va a ser utilizada en el reporte de la deforestación para minimizar la incertidumbre debido a variaciones metodológicas.

- Es una propuesta sencilla con el propósito de minimizar costos de implementación (p.ej. en procesos de capacitación especializada).
- Los cambios de la cobertura y uso de la tierra se determinan a partir de una detección de cambios post – clasificación.
- Incluye un protocolo para realizar la validación de los mapas de cobertura y uso de la tierra en territorio, priorizando las áreas donde existe cambio de cobertura, alta variabilidad temática y que sean de fácil acceso.
- Incluye procesos de aseguramiento y control de calidad como parte de los anexos metodológicos. Esto se traduce en procedimientos detallados de documentación y manejo de datos, que en el presente documento se muestran en cada paso como recuadros con las siglas SCAC (Sistema de Control y Aseguramiento de la Calidad).
- Tiene un enfoque por pasos, lo que permite que sea un procedimiento abierto y tenga una dinámica de actualización permanente conforme a la disponibilidad de nueva información y el mejoramiento de procesos, manteniendo siempre la consistencia de la información generada.

6.1. Selección de imágenes satelitales

El monitoreo de deforestación a nivel nacional se basa en la utilización de imágenes satelitales de libre acceso, con lo cual se asegura la sostenibilidad del monitoreo de la deforestación. La Línea base de deforestación (2000, 2008 y 2014) y el mapa de cobertura del año 2016 fueron generados empleando imágenes satelitales Landsat, que tiene una resolución espacial de 30 metros y una resolución temporal de 16 días. Para el 2008 se adquirieron además imágenes Aster para completar los vacíos de información por la presencia de nubes.

Para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2018, se emplearon imágenes Landsat y para completar los vacíos de información se utilizaron mosaicos de imágenes Sentinel 2. En la tabla 6 se presenta los tipos de imágenes empleadas para cada mapa de cobertura y uso de la tierra.

Tabla 6. Imágenes empleadas para la generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra.

Proceso	Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra	Sensores			
Línea Base	2000	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+		
	2008	Landsat 5 TM	Landsat 7 ETM+		Aster
	2014		Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI	Rapideye para la diferenciación de áreas agrícolas
Cálculo de emisiones	2016		Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI	
	2018		Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI	Mosaicos Sentinel 2

Las imágenes Landsat son descargadas de la plataforma web del USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). El criterio de selección de imágenes para la descarga se basa en una revisión visual de las imágenes disponibles en la plataforma para el año de referencia; se seleccionan y descargan las imágenes con menor cantidad de nubes que corresponden al periodo de enero a diciembre del año de análisis y para completar vacíos de información por la presencia de nubes se recopila imágenes del periodo comprendido entre julio a diciembre del año anterior al análisis.

Para la generación de los mapas de los años 2000 y 2008, se emplearon imágenes de 2 años antes o después de la fecha de referencia, para completar vacíos de información, tomando en consideración que para estas fechas solo existen imágenes Landsat 7.

SCAC: Las imágenes seleccionadas son descargadas y almacenadas en una estructura organizada. Una persona es la encargada de revisar que la información ha sido correctamente almacenada.

6.2. Pre-procesamiento de imágenes satelitales

Los procedimientos de pre – procesamiento permiten corregir problemas geométricos y espectrales de las imágenes generadas por diversas fuentes tales como distorsiones originadas por la plataforma satelital, el sistema de registro de datos del sensor, la rotación terrestre y la influencia de la atmósfera (Chuvieco, 2007).

Los pasos del pre-procesamiento realizados como parte de la metodología incluyen los siguientes procesos:

- Descomprimir las imágenes Landsat en sus correspondientes bandas.
- Crear una estructura organizada de información por cada path-row.
- Generar el layer stack de cada imagen satelital
- Proyectar las imágenes satelitales al sistema de referencia WGS84-UTM 17 Sur.

Para la generación de los mapas de los años 2000, 2008 y 2014 estos pasos se realizaron en el software ENVI. Como parte del mejoramiento a la metodología, a partir del año 2016 este proceso se realizó con un script desarrollado con el apoyo de FAO a través del Targeted Support, el script funciona en el sistema operativo Ubuntu y emplea herramientas de Open ForisGeospatialToolkit, el script permite además generar una máscara preliminar de nubes. El proceso a detalle se describe en el Anexo 3. Automatización del pre-procesamiento de imágenes satelitales.

En la metodología no se realizan correcciones radiométricas de las imágenes satelitales, considerando que se está utilizando un método de detección de cambios post – clasificación. En este método las imágenes para cada año de referencia se clasifican de forma separada y la determinación de áreas de cambio en la cobertura boscosa se realiza comparando los mapas de cobertura y uso de la tierra resultante.

Con respecto a las correcciones geométricas, se seleccionaron imágenes Landsat con un nivel de procesamiento L1T, que incluyen la corrección de errores sistemáticos provenientes de las características orbitales del satélite y de la curvatura y rotación de la tierra.

Para lograr una mayor exactitud geométrica en los productos generados para el cálculo de la deforestación, se revisa la geometría de las imágenes adquiridas, comparándolas con las imágenes históricas de la misma zona, para lo cual se utilizan puntos identificables en las dos imágenes que no debieron cambiar con el tiempo. Para la generación de los mapas del históricos se revisaron las imágenes satelitales con la cartografía oficial escala 1:50.000 y se determinó que no existían desplazamientos en las imágenes por lo que no fue necesario aplicar el protocolo de ortorectificación de imágenes Landsat, el proceso de ortorectificación se realizó únicamente en las imágenes Aster para el año 2008.

Para la generación de los mapas empleados en el cálculo de reducción de emisiones se construyó un protocolo en el caso que se determine que exista un desplazamiento entre las imágenes, mediante el cual se realizaría una registración relativa de la nueva imagen respecto a la imagen de referencia. El procedimiento que se emplearía para el proceso de coregistro se presenta en el Anexo 4.

La máscara de nubes generada en este paso es un archivo preliminar, ya que la banda QA no detecta correctamente todos los tipos de nubes. El paso donde se definen las nubes de forma definitiva es en la clasificación supervisada, con la categoría sin información en la leyenda temática.

Para llenar vacíos de información por la presencia de nubes en el mapa de cobertura de la tierra correspondiente al año 2018 se incorporaron mosaicos de imágenes Sentinel 2, los cuales fueron generadas en la plataforma SEPAL (System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring). El procedimiento para la generación de mosaicos se describe en el Anexo 12.

SCAC: Se realiza una revisión visual de la posición de los píxeles de las imágenes seleccionadas, en relación a las imágenes almacenadas de periodos anteriores.

6.3. Clasificación supervisada

El objetivo principal de la clasificación de imágenes satelitales es producir mapas consistentes de cobertura y uso de la tierra para cada año de referencia sobre la base de la leyenda temática propuesta (Tabla 7). Este proceso se lo realiza en el software ENVI.

Tabla 7. Leyendatemática para la generación de mapas de cobertura y uso de la tierra

CÓDIGO NIVEL I	NIVEL I (IPCC) ²	CODIGO NIVEL II	NIVEL II
1	Bosque	11	Bosque Nativo
		12	Plantación Forestal
2	Tierra agropecuaria*	21	Cultivo Anual
		22	Cultivo Semipermanente
		23	Cultivo Permanente
		25	Pastizal
		26	Mosaico Agropecuario
3	Vegetación Arbustiva y Herbácea	31	Vegetación Arbustiva
		32	Páramo
		33	Vegetación Herbácea
4	Cuerpo de Agua	41	Natural
		42	Artificial
5	Zona Antrópica	51	Área Poblada
		52	Infraestructura
6	Otras Tierras	61	Área Sin Cobertura Vegetal
		62	Glaciar
0	Sin Información	0	Sin Información

*En los mapas que conforman la línea base (2000, 2008 y 2014) se emplearon todas las categorías a nivel 2 de la leyenda para la generación de los mapas. En los mapas correspondientes a los años 2016 y 2018 la categoría tierra agropecuaria no se desagregó a nivel 2. Esto no afecta la consistencia en el reporte de emisiones, considerando que los usos de suelos post-deforestación no influyen en el cálculo, ya que se considera oxidación inmediata.

La categoría sin información representa las zonas con nubes y sombras en las imágenes satelitales, la clasificación supervisada permite tener una máscara de nubes final para las imágenes satelitales.

La clasificación se realiza de forma independiente para cada imagen satelital descargada empleando un método supervisado. Este método requiere del conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por la realización de un trabajo de campo, es decir, que el intérprete debe tener una gran familiaridad con el área de interés, para poder interpretar y delimitar sobre la imagen, áreas suficientemente representativas, denominadas áreas o regiones de interés (ROI por sus siglas en inglés), de cada una de las categorías representadas y que forman parte de la leyenda (Chuvieco, 2010).

²La leyenda tiene una excepción con respecto a la presentada por el IPCC, que es la inclusión de la clase de pastizal dentro de la categoría 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.

El principal objetivo de la fase de entrenamiento, es reunir un grupo de estadísticas que describan el patrón de respuesta espectral para cada clase de cobertura de la tierra presentes dentro de la imagen. Para lograr resultados de clasificación aceptables, es importante que las regiones de interés (ROI) sean representativas y completas. Para este fin sobre la imagen original se seleccionan y se delimitan los grupos de píxeles, que representan los patrones de diferentes clases temáticas (muestras). Es importante que la muestra sea homogénea, pero al mismo tiempo incluye la variabilidad espectral de cada clase temática. Se recomienda que el usuario adquiera más de un área de entrenamiento por clase temática, utilizando la información de campo, mapas y estudios existentes, entre otros.

SCAC: Una vez creados los ROIs, se realiza una evaluación estadística de los mismos, en la cual se analiza si algunas clases se superponen estadísticamente.

Como siguiente paso se evalúa la separabilidad de los ROI. Como resultado de este proceso se genera un archivo en el que se muestra la separabilidad de cada par de clases con valores que van de 0 a 2. Los valores mayores a 1.9 significa que hay una buena separabilidad entre las clases, cuando los valores son menores a 1 se podría realizar una unión (merge ROIs) entre las clases para obtener una sola, y cuando los valores están entre 1 y 1.9 es necesario revisar estas muestras ya sea para reubicar la muestra, definir mejor la muestra o simplemente para eliminarla.

En base a los ROI evaluados se genera la clasificación de toda la imagen mediante el algoritmo de agrupación de máxima probabilidad (Maximum Likelihood), que posteriormente es depurado mediante filtros espaciales que permiten eliminar los píxeles aislados, finalmente se obtiene un archivo de clasificación preliminar por cada imagen satelital.

El procedimiento a detalle de la clasificación se muestra en el anexo 5. Clasificación de Imágenes.

6.4. Trabajo de campo

El levantamiento de puntos en campo tiene como objetivo caracterizar en el campo las clases de cobertura y uso de la tierra, especificadas en la leyenda temática. Esta caracterización debe cumplir dos objetivos principales. El primero es capturar la heterogeneidad interna de cada clase de cobertura y uso de la tierra. El segundo es garantizar que dicha heterogeneidad sea capturada de forma consistente por el intérprete para minimizar errores de omisión o comisión en la generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra.

Este proceso permite la recolección y sistematización de datos en campo a los intérpretes para adquirir experiencia y poder vincular con las clases temáticas generadas en el laboratorio con las clases de cobertura y uso de la tierra en el campo.

El trabajo de campo incluye un diseño experimental donde se especifica el número y distribución espacial de las muestras, actividades de planificación y preparación, actividades de recolección de datos en campo, y la sistematización de los datos colectados. Estos procedimientos se documentan en el Anexo 6. Protocolo de levantamiento de datos de campo.

El levantamiento de datos de campo se realizó para la línea base de deforestación bruta del periodo 2001-2014. Para la generación de los mapas 2016 y 2018 no se realizó este proceso, considerando que se contaba con una base de datos que permite realizar los pasos de clasificación y edición visual, además de un servicio Base Map para el año 2018 formado con los mejores píxeles de imágenes Planet en ese año.

SCAC: El protocolo de puntos de campo, incluyen procesos de control y aseguramiento de la calidad. Toda la información levantada en campo es sistematizada y almacenada en una base de datos, que contiene las coordenadas del punto, fecha, la clase temática identificada en campo y 4 fotografías de respaldo: Sur, Norte, Este y Oeste.

6.5. Mosaicos de clasificaciones

Como resultado del proceso de clasificación supervisada se obtiene un archivo único por cada imagen satelital que contiene las clases definidas en la leyenda temática. Para completar la información del territorio continental se requiere realizar la clasificación de imágenes satelitales de varios path-row, adicionalmente se clasifican varias imágenes de una misma zona, para llenar los vacíos de información debido a la presencia de nubes.

Una vez que se realiza la clasificación de todas las imágenes satelitales de la zona de estudio es necesario realizar un mosaico de los archivos clasificados, con la finalidad de tener un archivo único con la menor cantidad de zonas sin información, que pueda ser editado en el paso siguiente. En la generación de los mosaicos se consideran los siguientes criterios de priorización para formar los mosaicos de imágenes:

1. La clasificación correspondiente a la imagen más actual del año que se esté realizando el mapa y que tenga la menor cantidad de nubes.
2. Emplear las clasificaciones de las imágenes que completen las zonas con nubes, considerando como prioritarias siempre a las imágenes más actuales.
3. Si no se completa toda la cobertura con imágenes del año de referencia del mapa, se puede emplear imágenes del año anterior comprendidas entre los meses de julio a diciembre.

Como producto de este procedimiento se deben generar dos archivos en formato ráster, el primero corresponde a la cobertura de la tierra y el segundo a los códigos de las imágenes empleadas, este último es un respaldo de los insumos que se emplearon para la realización del mapa. El proceso completo se describe en el Anexo 7. Generación de mosaicos de imágenes clasificadas.

SCAC: Una persona realiza los mosaicos de clasificación, la misma que revisa la calidad de la clasificación supervisada de cada imagen.

El mosaico de los códigos de las imágenes empleadas en la clasificación permite llevar un control de los insumos empleados para realizar los siguientes pasos de la metodología.

6.6. Edición visual

Como resultado de la clasificación supervisada de imágenes y el paso posterior de generación de mosaicos se obtiene un archivo con la cobertura de la tierra, obtenido en base a la información de las imágenes satelitales y las áreas de entrenamiento generadas por los intérpretes. Este archivo requiere ser revisado y editado visualmente para resolver problemas de mezcla espectral o mezcla entre clases temáticas y obtener un mapa final, este proceso es el que mayor cantidad de tiempo demanda al equipo técnico y es en donde se requiere una gran experiencia de los intérpretes.

En el proceso de edición visual se van a revisar todos los cambios que se produzca entre la cobertura del año inicial y la clasificación supervisada del año final, de esta forma se podrá corregir posibles errores producidos durante el proceso de clasificación supervisada, asegurando de esta forma la calidad de la información generada. Los polígonos que tienen la misma cobertura en el año inicial y en el año final, no serán revisados visualmente, se pasará la información de la cobertura directamente en el campo REV_año2.

En la tabla 8 se muestra en resumen los criterios para revisar los cambios identificados en el periodo de análisis.

Tabla 8. Criterios para realizar la edición visual

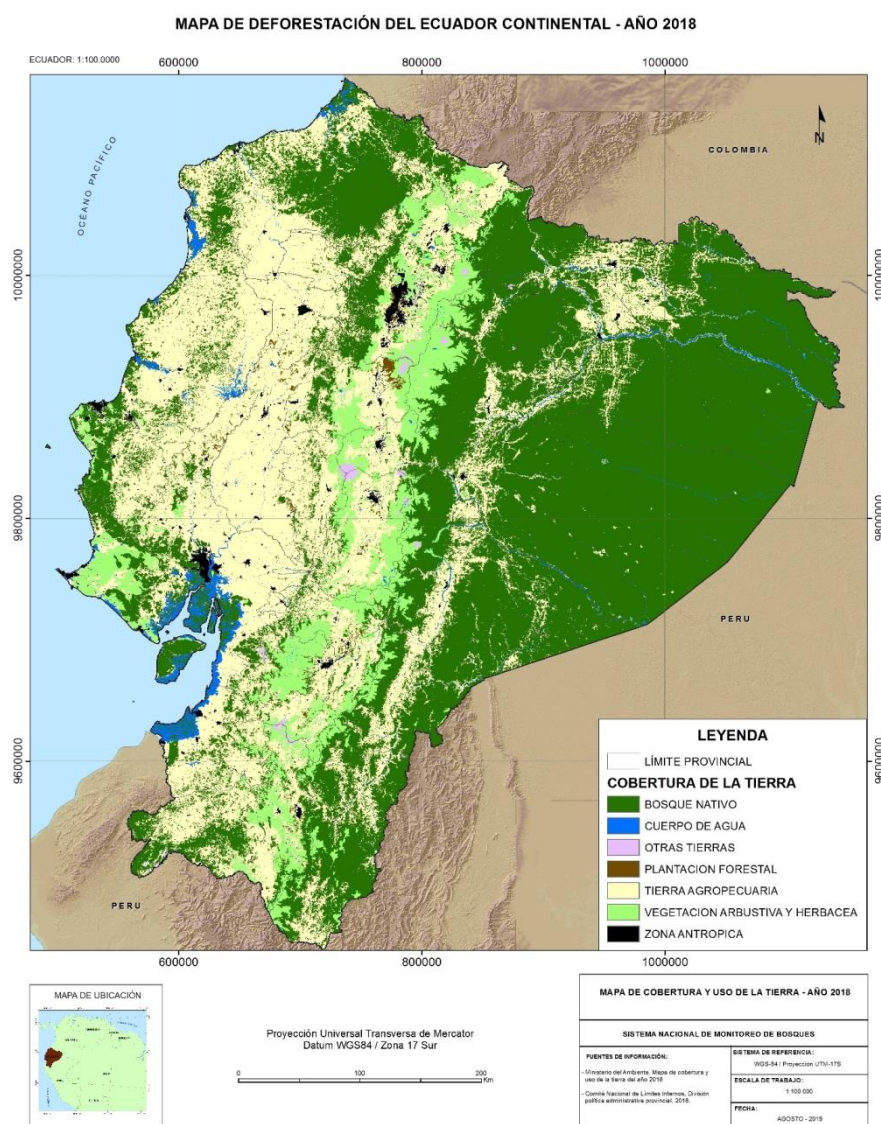
COBER_AÑO INICIAL	COBER_AÑO FINAL	RECLASS	CRITERIOS DE EDICIÓN
-----	SIN INFORMACION	COBER_AÑO INICIAL	Las zonas sin información se completan con la misma información del año anterior.
AREA SIN COBERTURA VEGETAL	BOSQUE NATIVO	AREA SIN COBERTURA VEGETAL	Revisar si este cambio es real, sino mantener cobertura del año inicial.
BOSQUE NATIVO	PLANTACION FORESTAL	BOSQUE NATIVO	Revisar si el cambio es real, es poco probable que un bosque cambie a plantación forestal en periodos cortos.
	PARAMO/VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	BOSQUE NATIVO	Generalmente estas zonas pertenecen a zonas de transición, que no cambian, únicamente la interpretación fue diferente, se mantiene la cobertura del año inicial.
	NATURAL	BOSQUE NATIVO	Los cambios naturales no se consideran deforestación, por eso se mantiene la cobertura del año inicial, generalmente en zonas de meandros.
GLACIAR	BOSQUE NATIVO	GLACIAR	Este cambio no es posible, se mantiene la cobertura del

COBER_AÑO INICIAL	COBER_AÑO FINAL	RECLASS	CRITERIOS DE EDICIÓN
			año inicial.
NATURAL	BOSQUE NATIVO	NATURAL	Los cambios naturales no se consideran, por eso se mantiene la cobertura del año inicial.
PLANTACION FORESTAL	BOSQUE NATIVO	PLANTACION FORESTAL	Revisar si el cambio es real, es poco probable que una plantación forestal cambie bosque en periodos cortos.
PARAMO	BOSQUE NATIVO	PARAMO	Generalmente estas zonas pertenecen a zonas de transición, que no cambian, la interpretación fue diferente, se mantiene la cobertura del año inicial.
VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	BOSQUE NATIVO	VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	

SCAC: Se revisa la consistencia temática de los archivos de edición visual, esta revisión la debe realizar un intérprete independiente (coordinador del equipo) que tenga experiencia en interpretación de imágenes satelitales y que conozca las características de la zona. En este proceso el revisor no realiza cambios pero identifica donde el archivo muestra inconsistencia temática y pasa al responsable de realizar las correcciones.

Finalmente es necesario realizar un análisis de las trayectorias de cambio entre los dos años en los cuales se va a calcular la tasa de deforestación, considerando que se deben cumplir ciertas condiciones y en determinados espacios geográficos para que se establezca una trayectoria de cambio de cobertura y uso de la tierra coherente. De esta forma se obtiene el mapa final de cobertura y uso de la tierra, en la figura 6 se muestra como un ejemplo el mapa correspondiente al año 2018.

Figura 6. Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental – año 2018



Fuente: MAE, 2019

6.7. Evaluación de la precisión de los mapas independientes

En el año 2013 se realizó la evaluación de la precisión de los mapas históricos de cobertura y uso de la tierra (2000 y 2008) para transparentar la validez y evaluar la confiabilidad de los mismos, este proceso se desarrolló con el apoyo técnico de FAO-Roma. Para evaluar la precisión se dividió al territorio continental en celdas con áreas iguales de 20 * 20 Km., siguiendo el enfoque de la cuadrícula de muestreo de la encuesta mundial de teledetección de FRA (FAO & JRC 2012).

Estas celdas de 20 * 20 km representan la unidad de muestreo primaria (UMP) y el número total de UMPs seleccionadas por muestreo fue cerca del 30% del total. El área dentro de cada UMP fue dividida dentro de una unidad de muestreo secundaria (UMS) usando una grilla de 3 pixel por 3 pixel (90 m por 90 m; aproximadamente 1 hectárea).

Dentro de cada UMP un muestreo aleatorio simple de 25 UMS fue seleccionado para una evaluación de la clasificación de la cobertura de la tierra, este proceso fue realizado por un intérprete independiente con experiencia en interpretación de imágenes satelitales. Se evaluaron las categorías a nivel 1 de la leyenda³, empleando las mismas imágenes satelitales que se emplearon en la clasificación.

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, 2015b).

En el año 2015, como parte del proceso de mejora continua para la evaluación de la precisión de los datos 2014 se implementó una metodología de evaluación de la precisión que sigue las buenas prácticas para evaluar la exactitud y estimar el área de cambio de la tierra (Olofsson et al, 2013). Esta metodología emplea un muestreo aleatorio estratificado, además permite calcular áreas de cambio con ajustes de error, cálculos de precisión total, usuario y productor, a través de matrices de confusión.

Los puntos generados por el muestreo son revisados visualmente por dos intérpretes, quienes asignan la categoría de la leyenda correspondiente de acuerdo a la respuesta espectral de la imagen. En el caso que no existan coincidencias entre los dos intérpretes, se requiere un tercer intérprete, que defina la categoría correcta.

La metodología a detalle se muestra en el Anexo 10. Evaluación de la precisión de los mapas de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental, la misma que fue utilizada para la evaluación de la precisión del mapa de cobertura de la tierra 2016 y los cambios 2015-2016.

SCAC: Los puntos de evaluación de la precisión son revisados visualmente por dos intérpretes que no hayan participado en el proceso de edición visual. Se considera la validación de un punto, cuando hay coincidencias entre los 2 intérpretes, en el caso que no exista coincidencia se requiere un tercer intérprete.

Se almacenan en una estructura organizada los puntos generados, las matrices de confusión y los resultados obtenidos.

El proceso de evaluación de la precisión del mapa de cobertura de la tierra del año 2018, será realizado por una consultora independiente, manteniendo la metodología de evaluación propuesta por Olofsson, 2013. Los resultados de este proceso estarán disponibles el 18 de octubre de 2019.

³ El nivel 1 de la leyenda incluye las categorías: bosque, vegetación arbustiva y herbácea, tierra agropecuaria, cuerpo de agua, zona antrópica y otras tierras. Estas fueron agrupadas de acuerdo a la herramienta del Joint Research Centre que utiliza las categorías: bosque, otros usos de suelo, agua y sin información.

6.8. Cálculo de la deforestación

Para el cálculo de la deforestación se combinan los mapas de cobertura y uso de la tierra de los años de análisis, como resultado se obtienen un mapa que identifica de forma espacial los cambios de cobertura. A partir del mapa de cambios se genera un archivo que muestra las transiciones de cobertura y uso de la tierra (Figura 7).

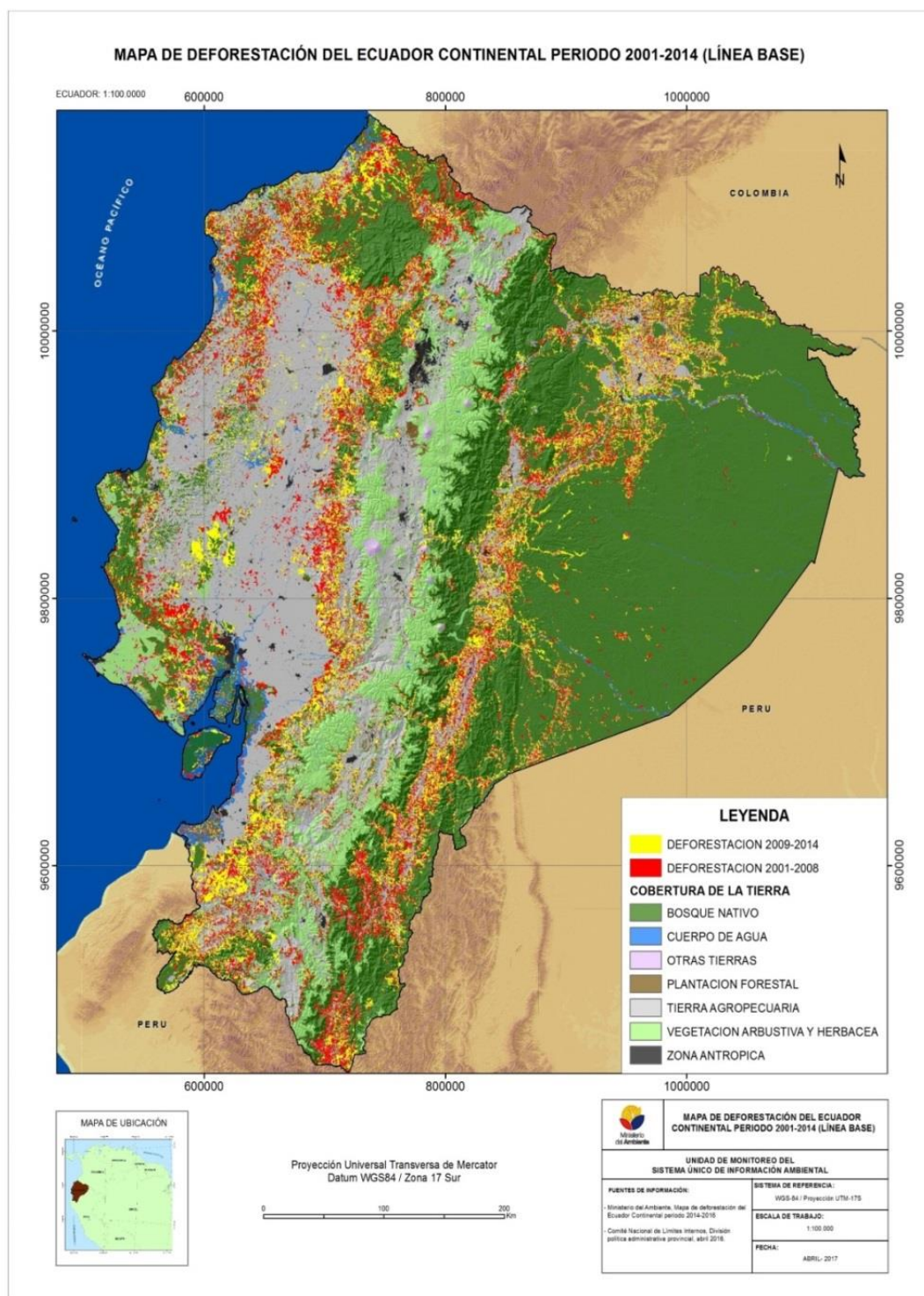
Figura 7. Archivo de cambios de cobertura y uso de la tierra 2000, 2008 y 2014

CUT2000	CUT2008	CUT2014
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	ZONA ANTROPICA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	ZONA ANTROPICA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	TIERRA AGROPECUARIA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	CUERPO DE AGUA
BOSQUE NATIVO	BOSQUE NATIVO	OTRAS TIERRAS

Para el cálculo de la línea base de deforestación de REM se considera la deforestación de los periodos 2001-2008 y 2009 – 2014 (Figura 8). Tomando como base los bosques presentes desde el año 2000, es decir, se toman en cuenta las siguientes transiciones:

- Deforestación 2001-2008: bosque 2000 que fue convertido a otras coberturas en el 2008.
- Deforestación 2009 -2014: bosque presente en el 2000, que se mantiene como bosque en el 2008 y que fue convertido a otras coberturas en el 2014.

Figura 8. Mapa de deforestación del periodo 2001-2014.



Fuente: MAE, elaboración MAE 2018.

Para el cálculo de la deforestación 2015-2016, se considera la transición de bosques presentes en el año 2000, que se mantiene como bosque en el 2008, y en el 2014, que fueron convertidos a otras coberturas de la tierra en el año 2016.

Para el cálculo de la deforestación 2017-2018, se considera la transición de bosques presentes en el año 2000, que se mantiene como bosque en el 2008, 2014 y 2016, que fueron convertidos a otras coberturas de la tierra en el año 2018.

Es importante mencionar que en los reportes nacionales y en la información relacionada con el NREF-D presentado a la CMNUCC, también se considera la deforestación en bosques que se regeneraron, es decir, se considera como deforestación la transición de áreas que fueron no bosque en el 2000, bosque en el año 2008 y que fueron convertidos a otros usos a 2014. En base a las negociaciones con REM, esta transición fue excluida de los cálculos, para asegurar que los datos sean reportados sobre los bosques maduros.

6.9. Evaluación de la precisión de los cambios de cobertura de la tierra

Como parte del proceso de mejora se realizó la evaluación de la precisión de los cambios, en la cual se empleó la información de los mapas del periodo 2000-2008, 2008-2014 y 2014-2016. Las clases de cambio a analizar son: bosque estable, no bosque estable, deforestación y regeneración; con el objetivo de calcular la precisión de cada uno de los cambios referentes a las transiciones de bosque, que es la información que se utiliza para realizar reportes como la disminución de emisiones por deforestación en el contexto REDD.

La metodología empleada sigue las buenas prácticas para evaluar la exactitud y estimar el área de cambio de la tierra (Olofsson et al, 2013). Esta metodología emplea un muestreo aleatorio estratificado, además permite calcular áreas de cambio con ajustes de error, cálculos de precisión total, usuario y productor, a través de matrices de confusión.

El informe de análisis de la precisión incluye los resultados relacionados con: precisión total, precisión del usuario (error comisión), precisión del productor (error omisión), intervalo de confianza y área de cada clase, con la finalidad de demostrar transparencia en la información sobre transiciones de bosque, que es utilizada para el reporte de datos de actividad en informes como el nivel de referencia de emisiones por deforestación.

La robustez y exactitud de la metodología queda definida gracias al diseño de muestreo aleatorio estratificado, donde se garantiza la aleatoriedad y que la probabilidad de inclusión de cada clase sea conocida y mayor a cero.

SCAC: Los puntos de evaluación de la precisión del cambio son revisados visualmente por dos intérpretes que no hayan participado en el proceso de edición visual. Se considera la validación de un punto, cuando hay coincidencias entre los 2 intérpretes, en el caso que no exista coincidencia se requiere un tercer intérprete.

Se almacenan en una estructura organizada los puntos generados, las matrices de confusión y los resultados obtenidos.

El proceso de evaluación de la precisión del mapa de cambios de cobertura de la tierra del periodo 2017-2018, será realizado por una consultora independiente, manteniendo la

metodología de evaluación propuesta por Olofsson, 2013. Los resultados de este proceso estarán disponibles a finales del mes de octubre de 2019.

7. Metodología para la generación de factores de emisión

Los datos sobre las reservas forestales de carbono para los 9 tipos de bosques naturales se obtuvieron a partir de los resultados del Inventario Nacional Forestal de Ecuador (*Evaluación Nacional Forestal*), ENF.

Los Factores de Emisión para la Línea Base de Ecuador consisten en las reservas de carbono asociado al tipo de bosque. Se considera además que la biomasa inmediatamente después de la deforestación es cero. Además, el 100% de la oxidación del carbono almacenado en la madera muerta y la hojarasca se asume en el momento de la conversión. Este supuesto se considera ya que la información disponible sobre el contenido de carbono del uso de la tierra después de la deforestación requiere de mayor investigación. (CMNUCC, 2006, pág. 29)

La estratificación por tipo de bosque, los datos de actividad y factores de emisión son consistentes con la estratificación utilizada en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), que fue presentado en el Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) y con la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático del Ecuador. Los factores de emisión se calcularon considerando las Guías de Buenas Prácticas del IPCC (GBP) 2003 y directrices del IPCC 2006, del sector USCUSS.

Los datos sobre las reservas de carbono forestales para los 9 tipos de bosques naturales se obtuvieron de los resultados del inventario forestal nacional de Ecuador (Evaluación Nacional Forestal, ENF). La ENF ha reportado cuatro reservorios de carbono forestal: biomasa aérea (BA); Biomasa subterránea (BS); Hojarasca (H); Madera muerta (MM) - que incluye los siguientes componentes: madera muerta en pie (MM.P); madera muerta caída (MM.C); y raíces gruesas muertas (RG.M). Las mediciones de campo se realizaron entre 2011 y 2014 y, por lo tanto, son lo suficientemente recientes como para usarlas para estimar factores de emisión en la construcción de la Línea Base de Ecuador para la deforestación en el contexto de pagos basados en resultados de REDD+.

La información recopilada por la ENF se estructuró en el módulo Collect del software OpenForis; para llevar a cabo los cálculos, la información se dividió en cinco conjuntos de datos:

- Conjunto de datos a nivel de árboles individuales
- Conjunto de datos a nivel de parcela
- Conjunto de datos de información de hojarasca
- Conjunto de datos de madera muerta caída
- Conjunto de datos de sotobosque

Los conglomerados se diseñaron en forma de L y la información se extrae de tres parcelas de cada conglomerado. Dentro de cada parcela, hay parcelas anidadas que se utilizan para recopilar información y mediciones de los diferentes depósitos de carbono establecidos por el IPCC (versión revisada 1996): leña seca, hojarasca, sotobosque, biomasa aérea y materia orgánica del suelo. Las variables consideradas para cada reservorio son:

- Madera muerta: madera muerta caída con un DAP ≥ 10 cm.
- Hojarasca: Materia orgánica que se encuentra en el suelo con un diámetro inferior a 10 cm y superior a 2 mm.
- Árboles regenerados: árboles jóvenes con una altura superior a 30 cm y un DAP inferior a 5 cm (brinzales y plántulas).
- Biomasa viva con un DAP inferior a 5 cm: sotobosque; arbustos y árboles frutales leñosos; pastos, cultivos y pastos cultivados y naturales en la parcela de 2m x 2m, por el método destructivo.
- Árboles vivos, madera muerta y tocones: ubicación, identificación de árboles, DAP, altura total (HT), altura comercial (HC), estado fitosanitario, cobertura de copas, fenología y; uso, diámetro y estado de tocones. Los sujetos con un DAP mayor de 20 cm se consideraron en la parcela principal (60 mx 60 m), DAP de 10-20 cm en la parcela anidada de 20 m $\times$ 20 m. En el tipo de bosque perennifolio de Montaña Alta Andina, donde el tallo es principalmente pequeño, los sujetos se midieron en el rango de 5-20 cm DAP.
- Suelo: color, textura, estructura, pedregosidad, contenido de carbono, densidad aparente y profundidad orgánica del horizonte.

Se puede encontrar información detallada sobre la metodología para estimar la biomasa y los factores de emisión en el documento "Evaluación Nacional Forestal (ENF)", (MAE 2014a).

Hasta el momento, la ENF de Ecuador no ha informado los resultados de las mediciones de las reservas de carbono en lo que corresponde al carbono orgánico del suelo (COS), aunque se han tomado medidas que se están analizando actualmente. Las estimaciones de stock de carbono en el grupo de COS pueden, por lo tanto, considerarse en futuras mejoras.

7.1. Contenidos de Carbono por tipo de bosque

En la Tabla 9 se mencionan las existencias de carbono promedio estimado, expresados en toneladas equivalentes de dióxido de carbono por hectárea ($\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$).

Los datos presentados en el informe de la ENF están expresados en toneladas de carbono por hectárea (tC ha^{-1}) por lo que era necesario convertirlos a toneladas equivalentes de dióxido de carbono por hectárea para la construcción de la Línea Base de deforestación propuesta ($\text{tCO}_2\text{eq ha}^{-1}$). Esta conversión consiste multiplicar por 44/12, según lo sugerido por el IPCC.

Tabla 9.Reservas de carbono promedio, utilizado en el cálculo de los factores de emisión.

Categoría de Uso del Suelo	Biomasa Aérea		Biomasa Subterránea		Madera Muerta			Hojarasca	Total
	BA.A	BA.NA*	BS.A	BS.NA**	MM.P	MM.C	MM.R	H	SUM
Descripción	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹	tCO ₂ eq ha ⁻¹
Bosque Seco Andino	105.60	5.83	25.34	1.40	2.13	20.35	0.95	15.47	177.07
Bosque Seco Pluvial	91.67	5.46	22.00	1.31	1.50	7.59	0.77	6.82	137.12
Bosque Siempre Verde Andino Montano	296.60	15.25	71.17	3.66	21.27	28.12	10.12	8.87	455.06
Bosque Siempre Verde Andino Pie Montano	267.45	11.92	64.20	2.86	15.44	76.01	7.22	7.92	453.02
Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina	224.47	28.20	53.86	6.77	14.78	47.23	6.97	9.86	392.13
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía	396.44	13.68	95.15	3.28	15.40	48.84	7.41	11.26	591.45
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	192.17	11.26	46.13	2.70	8.36	34.32	4.84	8.51	308.28
Manglar	183.77	70.33	44.11	-***	3.41	14.52	1.50	-	317.64
Moretal	181.28	9.46	43.52	2.27	4.55	24.27	2.16	12.72	280.24

(MAE, Estadísticas de Patrimonio Natural, 2015b)

* Sumidero de carbono en árboles de palma y sotobosque.

** Sumidero de carbono del suelo en base a un factor de expansión de la raíz de los árboles del sotobosque y de palma.

*** El factor de expansión de las raíces no se aplicó en los estratos de manglar dado que se midió la raíz en campo.

BA.A Biomasa Aérea Arbórea

BA.NA Biomasa Aérea No Arbórea

BS.A Biomasa Subterránea Arbórea

BS.NA Biomasa Subterránea No Árboles

MM.P Madera Muerta en Pie

MM.C Madera Muerta Caída

MM.R Madera Muerta Raíces

H Hojarasca

8. Reservorios, gases, y actividades incluidas en la Línea Base de aquellas descritas en la decisión 1/CP.16 párrafo 70 (actividades REDD+), y descripción de las razones de exclusión de reservorios y gases.

Los siguientes reservorios de carbono y Gases de Efecto Invernadero (GEI) han sido incluidos en la Línea Base de Ecuador:

Reservorios de carbono:

- Biomasa aérea (BA)
- Biomasa subterránea (BS)
- Hojarasca (H),
- Madera muerta (MM) que incluye los siguientes componentes: madera muerta en pie (MM.P), madera muerta caída (MM.C); y las raíces gruesas muertas (MM.R).

La ENF reportó estimaciones de carbono almacenado en diferentes reservorios en los 9 estratos de bosque. Las mediciones de campo se realizaron entre 2011 y 2013 y han sido utilizados para la estimación de los factores de emisión tanto en el NREF-D de Ecuador, como en la Línea Base propuesta en el contexto de pagos basados en resultados de REDD+, para REM.

Gases de Efecto Invernadero:

- Dióxido de Carbono (CO₂)

Sólo el dióxido de carbono (CO₂) se ha incluido en la Línea Base de deforestación. El proceso de roza, tumba y quema es la práctica más común de la deforestación en el Ecuador. La quema de biomasa a través de esta práctica da como resultado la emisión del metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), gases distintos del CO₂. Sin embargo, los datos de las emisiones de gases distintos del CO₂ no han sido suficientemente recogidos en el informe anterior de inventario de gases de efecto invernadero y presentado en la segunda comunicación nacional, por tanto no se cuenta con información confiable para su inclusión. Para mantener coherencia con el alcance de la información proporcionada por el inventario nacional de GEI, esta línea base sólo incluye emisiones de CO₂. Con el fin de no omitir gases importantes, y el potencial de contribución a las emisiones anuales de gases de efecto invernadero de los gases distintos del CO₂ se ha calculado asumiendo que toda la deforestación se asocia con el fuego (como resultado de la tala y quema). Este cálculo, que puede considerarse como una estimación de la contribución máxima de los gases distintos del CO₂, se tradujo en <5% de las emisiones anuales totales de GEI en tCO₂eq. Sin embargo, ya que el fuego se asocia con la deforestación, se espera que una reducción en la deforestación se traducirá en una reducción de fuego y por lo tanto una reducción en las emisiones distintas de CO₂. Por esta razón, la exclusión de los gases distintos del CO₂ puede ser considerado conservador. (MAE, 2015a).

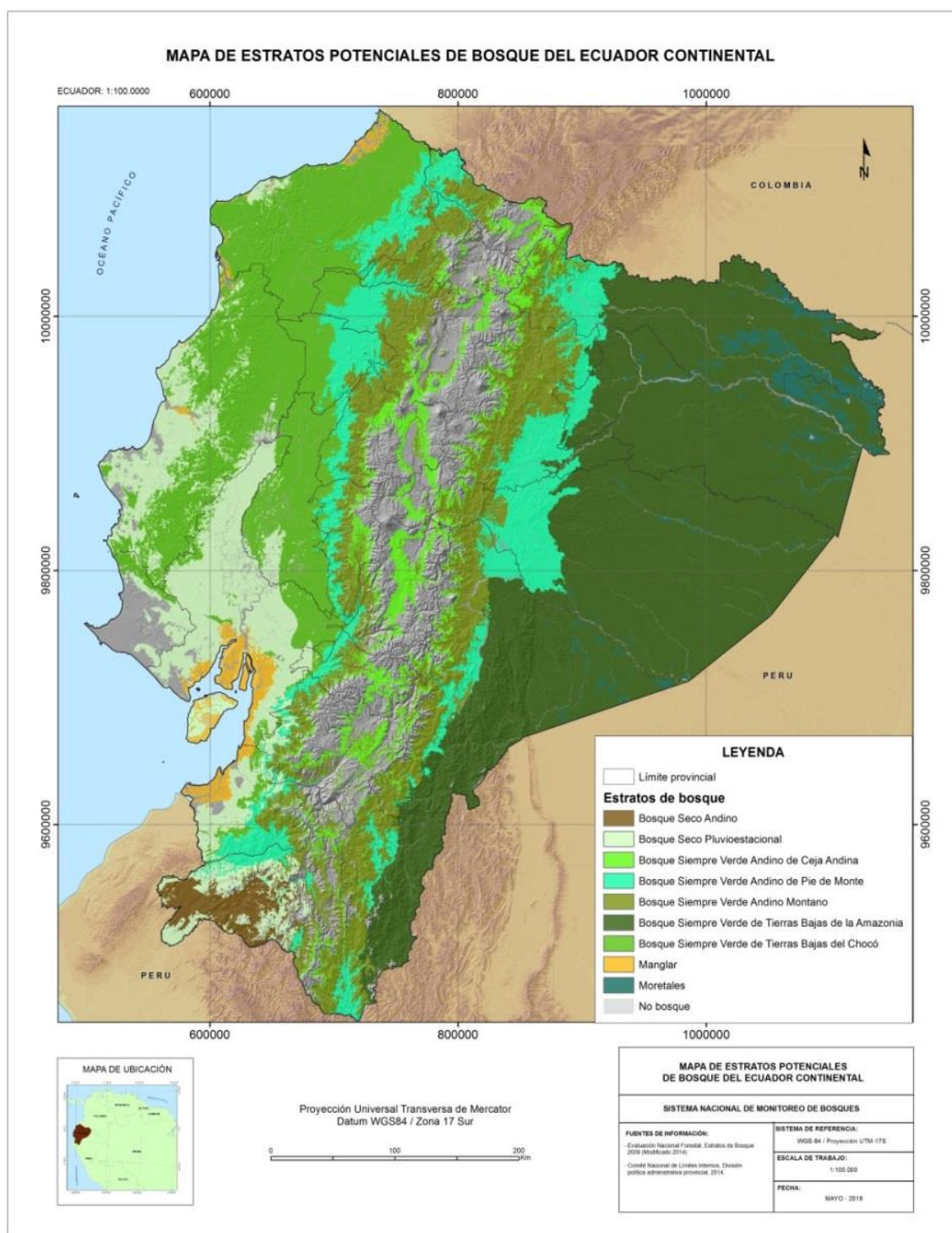
9. Cálculo de la línea base

Para estimar las emisiones históricas, Ecuador propuso multiplicar la deforestación bruta de cada tipo de bosque con los factores de emisión específicos identificados de cada uno de los 9 estratos. En base a la literatura existente del IPCC se empleó el método más simple y conservador para calcular las emisiones en el cual se supone que los factores de emisión son iguales al 100% de las reservas de carbono forestal anteriores a la deforestación.

En este proceso se empleó como insumo el mapa de cambios descrito en la sección 5.8, en el cual se definen las áreas deforestadas para los periodos 2000-2008 y 2008-2014, esta información debe ser relacionada con los factores de emisión generados por tipo de bosque que se describen en la sección 7.1, para realizar este proceso se empleó como insumo el mapa de estratos potenciales de bosque, con lo cual se determina el tipo de bosque en el cual se produjo la deforestación.

El mapa de estratos potenciales de bosque, representa la clasificación de los tipos de bosque en base a criterios bioclimáticos y recomendaciones de expertos. La estimación de las áreas de bosque potencial representa una situación hipotética, sin influencia humana y la clasificación de este bosque potencial según los 9 estratos de bosque utilizados para la Evaluación Nacional Forestal (Figura 9). El empleo de este mapa permite que las áreas definidas como bosque en los mapas de cobertura y uso de la tierra tengan una correspondencia espacial con los 9 estratos de bosque.

Figura 9. Mapa de estratos potenciales de bosque del Ecuador continental



El mapa de cambios de cobertura y uso de la tierra de los años 2000, 2008 y 2014 fue combinado espacialmente con el mapa de estratos potenciales de bosque, a partir de este mapa combinado se construyó una hoja de cálculo que muestra la relación entre las categorías de todos los mapas.

Para el cálculo de la línea Base de emisiones forestales propuesto para REM, se consideró la deforestación del periodo 2001-2014, obtenida de la suma de la deforestación de los periodos 2001-2008 y 2009-2014, teniendo en cuenta un total de 14 años. La deforestación media anual (2001-2014) fue de 97.559 hectáreas por año, la cual considera como base el área de bosques identificadas en el año 2000.

La Tabla 10 presenta los valores de deforestación y el cálculo de emisiones por tipo de bosque. En el periodo 2000-2008 se deforestaron 869.328 hectáreas, lo que equivale a un promedio anual de 108.666 ha/año y en el periodo 2009-2014, se deforestaron un total de 496.504 hectáreas, lo que equivale a un promedio anual de 82.751 ha/año. En la tabla 11 se muestra los promedios anuales.

Tabla 10. Superficie deforestada por tipo de bosque y emisiones totales

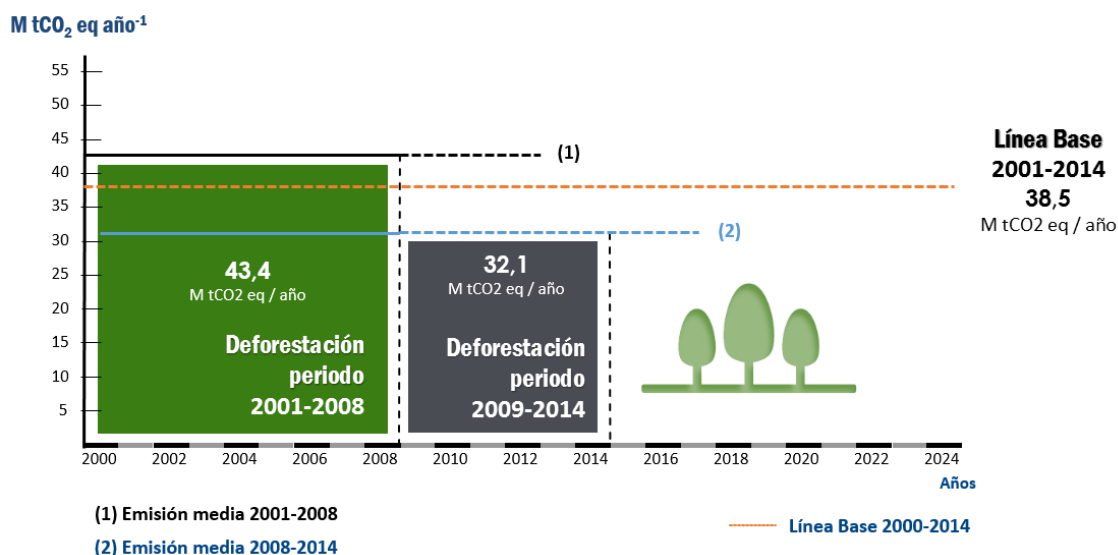
Estrato de bosque	Superficie total de deforestación periodo 2001-2008 (ha)	Superficie total de deforestación periodo 2009-2014 (ha)	Superficie total deforestación 2001 - 2014 (ha)	Factores de emisión NREF-D (CO ₂ eq / ha)	Emisiones totales (CO ₂ eq / ha)
Bosque Seco Andino	17.135	16.869	34.004	177,07	6.021.026
Bosque Seco Pluvioestacional	106.682	84.742	191.424	137,12	26.248.898
Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina	20.432	14.622	35.054	392,13	13.745.723
Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte	185.606	90.270	275.876	453,02	124.976.390
Bosque Siempre Verde Andino Montano	138.409	68.324	206.732	455,06	94.076.473
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia	180.077	113.992	294.070	591,45	173.928.277
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	208.895	99.100	307.994	308,28	94.949.006
Manglar	10.095	6.348	16.443	317,64	5.222.924
Moretales	1.998	2.238	4.236	280,24	1.187.056
Total general (Ha)	869.328	496.504	1.365.832	3.112	540.355.773

Fuente: MAE, elaboración MAE 2018.

Tabla 11. Deforestación media anual del periodo 2001-2014

Superficie de deforestación total del periodo 2001-2014	1.365.832 ha
Deforestación media anual 2001-2014	97.559 ha/año
Total de emisiones anuales 2001-2014 (línea base)	38.596.841 CO ₂ eq año

Figura 10. Línea Base del Ecuador y emisiones medias anuales para el período 2001-2014 (38'596.841 tCO₂eq) asociada a la deforestación bruta media anual.



Fuente: MAE, elaboración MAE 2018.

10. Resultados de Reducción de Emisiones expresados en toneladas de CO₂eq por año, de conformidad con la línea base de deforestación establecido.

La Decisión 14/CP.19 párrafo 3, “Decide que los datos y la información utilizados por las Partes para estimar las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros relacionadas con los bosques, las reservas forestales de carbono y las variaciones del carbono almacenado en los bosques y los cambios en la superficie forestal, según corresponda a las medidas mencionadas en la decisión 1/CP.16, párrafo 70, que emprendan las Partes, deben ser transparentes y coherentes, tanto a lo largo del tiempo como con los niveles de referencia de las emisiones forestales y/o niveles de referencia forestal establecidos de conformidad con las decisiones 1/CP.16, párrafo 71 b) y c), y 12/CP.17, capítulo II”.

En relación a este informe, los resultados para los años 2017-2018 se calcularon utilizando la misma metodología empleada para obtener Línea Base de Deforestación Bruta. La deforestación media anual calculada para los años 2017-2018 es de 64.693,49 ha/año, considerando como base el área de bosques identificados en el año 2000. En la tabla 12 se muestra los resultados de deforestación y emisiones por tipo de bosque en el periodo 2017-2018.

Tabla 12. Resultados de reducción de emisiones para el periodo 2017-2018

Categorías de tierras forestales convertidas a otras categorías de tierras	Superficie deforestada 2017-2018		Emisiones 2017-2018	
	Ha	ha año ⁻¹	tCO ₂	tCO ₂ eq año ⁻¹
Bosque Seco Andino	1.994,49	997,25	353.162,75	176.581,37
Bosque Seco Pluviestacional	17.336,34	8.668,17	2.377.237,53	1.188.618,77
Bosque Siempre verde Andino Montano	18.480,15	9.240,08	8.409.653,44	4.204.826,72
Bosque Siempre verde Andino de Pie de Monte	15.051,87	7.525,94	6.818.747,97	3.409.373,99
Bosque Siempre verde Andino de Ceja Andina	4.548,42	2.274,21	1.783.589,52	891.794,76
Bosque Siempre verde de Tierras Bajas de la Amazonía	41.855,13	20.927,57	24.755.317,09	12.377.658,55
Bosque Siempre verde de Tierras Bajas del Chocó	27.943,74	13.971,87	8.614.540,88	4.307.270,44
Manglar	1.619,64	809,82	514.467,85	257.233,92
Moretal (bosque de palmeras)	557,19	278,60	156.147,15	78.073,57
Total deforestación bruta	129.386,97	64.693,49	53.782.864,19	26.891.432,09

Fuente: MAE, elaboración MAE 2019.

El valor de reducción de emisiones se obtuvo restando la línea base (2001-2014) y las emisiones anuales ocurridas en el periodo 2017-2018. La reducción de emisiones derivadas de la deforestación es la siguiente:

Reducción de emisiones (2017-2018) = Línea Base (2001-2014) – Emisiones brutas derivadas de la deforestación en el periodo (2017-2018) tCO₂eqaño⁻¹

$$38\,596.841 \text{ tCO}_2 \text{ eq año}^{-1} - 26.891.432,09 \text{ tCO}_2 \text{ eq año}^{-1} = 11.705.408,84 \text{ tCO}_2 \text{ eq año}^{-1}$$

De esta manera el resultado de emisiones evitadas por deforestación bruta para el Ecuador se ha estimado en 23.410.817,69tCO₂eq para el periodo 2017-2018, resultado de la suma obtenida de cada año del periodo, como se muestra en la Tabla 13 y Figura 11.

Tabla 13. Resultados anuales de REDD+ en toneladas de CO₂ en el periodo 2017-2018

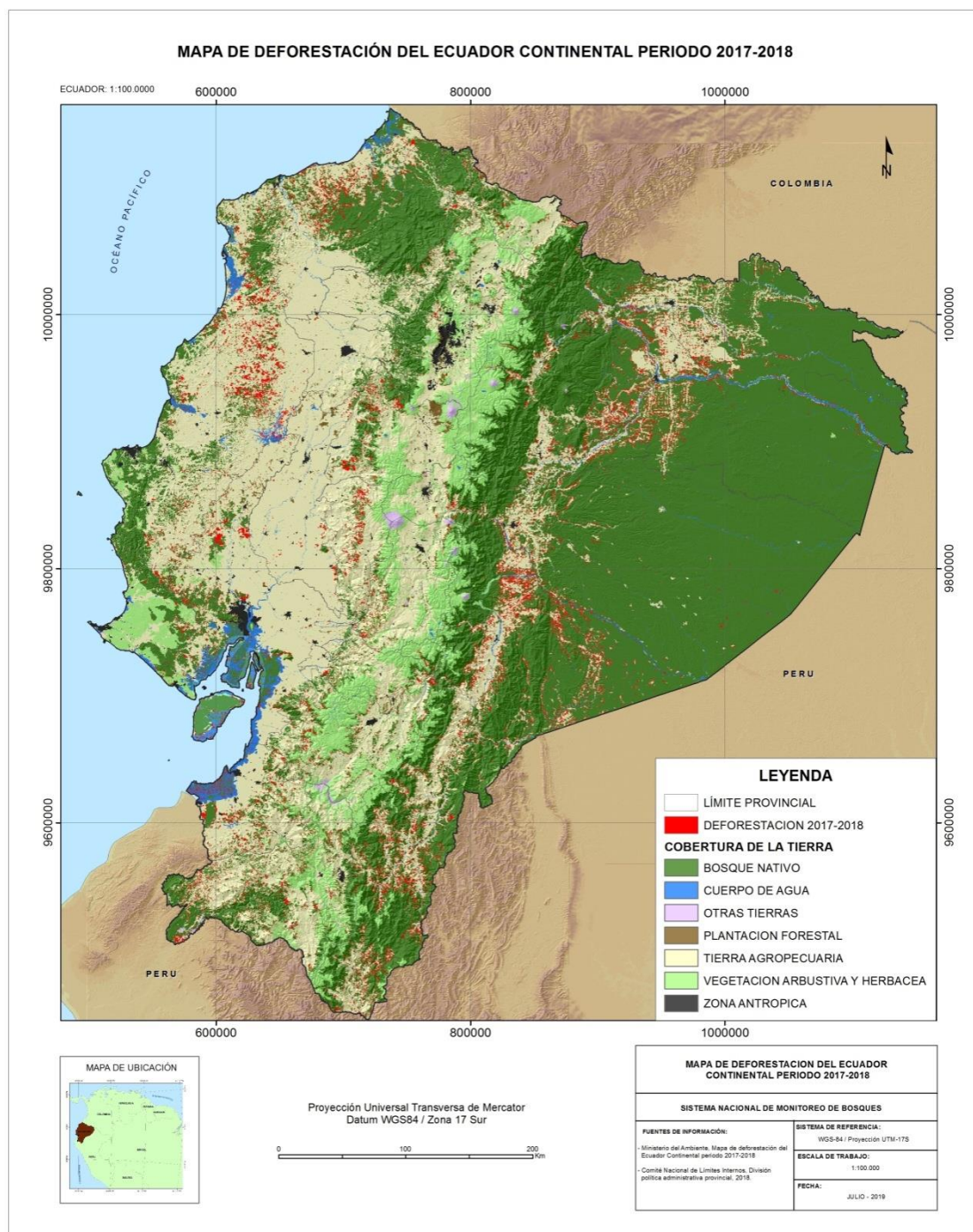
Año	Emisiones por deforestación bruta (tCO ₂)	Resultados REDD+ (2017-2018, tCO ₂)
2017	26.891.432,09	11.705.408,84
2018	26.891.432,09	11.705.408,84
Total	53.782.864,19	23.410.817,69

Fuente: MAE, elaboración MAE 2019.

Figura 11. Resultados de REDD+ 23'410.817,69 tCO₂eq para el periodo 2017-2018 calculados conforme a la Línea Base.



Figura 12.Deforestación en el periodo 2017-2018



Fuente: MAE, elaboración MAE 2018.

11. Análisis de los resultados de evaluación de la precisión

Se realizó la evaluación de la precisión de los mapas independientes y del cambio, siguiendo la metodología descrita en las secciones 6.7 y 6.9. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los procesos.

11.1. Resultados de evaluación de la precisión de los mapas independientes

La información detallada sobre los resultados de la evaluación de la precisión de los mapas 2000 y 2008, 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). La metodología se desarrolló con el apoyo técnico de FAO, como se describe en la sección 6.7. Los resultados de exactitud global de los mapas a nivel 1 de la leyenda son: 73% para el año 2000 y 76% para el año 2008.

La evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso de la tierra 2014 que es parte de la línea base y de mapa de cobertura y uso de la tierra 2016, con el cual se realizó el cálculo de emisiones se realizó en base a la metodología planteada por Oloffson, 2013, como se describe en la sección 6.7.

La exactitud global a nivel 1 de la leyenda del mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2014 fue de 85%, en la tabla 14 se muestra la exactitud de usuario y productor por cada una de las clases evaluadas. La información detallada de los resultados se encuentra en el documento “Informe de evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso del suelo del Ecuador 2013–2014”.

Tabla 14. Medidas de exactitud del mapa de cobertura y uso de la tierra 2014

CLASES	Exactitud de usuario	Exactitud de productor
BOSQUE NATIVO	0,90	0,91
TIERRA AGROPECUARIA	0,80	0,87
VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	0,82	0,62
CUERPO DE AGUA	0,56	0,76
ZONA ANTROPICA	0,80	0,40
OTRAS TIERRAS	0,44	0,43

Como resultado de la evaluación del mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2016 se obtuvo una exactitud global de 93,67%. En la tabla 15 se muestra la exactitud de usuario y productor por cada una de las clases evaluadas. La información detallada de los resultados se encuentra en el documento “Evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso de la tierra 2016 del Ecuador continental”.

Tabla 15. Resultados de la evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2016

Precisión total	93,67%	
Clases	Exactitudde usuario	Exactitud de productor
Bosque	0,96	0,97
Tierra Agropecuaria	0,93	0,95
Vegetación Arbustiva y Herbácea	0,91	0,79
Cuerpo de Agua	0,80	0,82
Zona Antrópica	0,84	0,69
Otras Tierras	0,78	0,61

Los resultados de la evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2018 estarán disponibles el 18 de octubre del 2019.

11.2. Resultados de evaluación de la precisión del cambio de cobertura

La evaluación de la precisión de los mapas de cambios se realizó en base a la metodología planteada por Oloffson, 2013, como se describe en la sección 6.9. Los resultados se muestran en las tablas 16, 17 y 18, estos incluyen los resultados de: exactitud total, exactitud del usuario (relacionado con el error de comisión) y exactitud del productor (relacionado con el error de omisión).

En el cálculo de reducción de emisiones se emplea únicamente la clase deforestación y no se incluye datos de bosques regenerados, sin embargo, se muestra los resultados sobre todas las transiciones relacionadas con bosque, representadas por las clases: bosque estable, no bosque estable, deforestación y regeneración, con la finalidad de demostrar la transparencia en la información.

Tabla 16. Medidas de exactitud para el periodo 2001-2008

Exactitud total	93,56%	
Clases	Exactitud de usuario	Exactitud de productor
Bosque estable	0,96	0,96
No bosque estable	0,95	0,92
Deforestación	0,57	0,82
Regeneración	0,29	0,50

Tabla 17. Medidas de exactitud para el periodo 2009-2014

Exactitud total	96,94%	
Clases	Exactitud de usuario	Exactitud de productor
Bosque estable	0,99	0,98
No bosque estable	0,99	0,97
Deforestación	0,59	0,82
Regeneración	0,25	0,81

Tabla 18. Medidas de exactitud para el periodo 2015-2016

Exactitud total	95,20%	
Clases	Exactitud de usuario	Exactitud de productor
Bosque estable	0,95	0,96
No bosque estable	0,96	0,95
Deforestación	0,83	0,69
Regeneración	0,22	1,00

La evaluación realizada muestra que los mapas de cambios de los periodos analizados tienen exactitudes totales mayores al 93%, lo cual implica una alta exactitud. En el cálculo de la exactitud del usuario se obtuvieron valores mayores al 95% para la clase de bosque estable y para no bosque estable, es decir, que estas clases están correctamente representadas.

La clase deforestación que es el valor que se emplea para el cálculo de emisiones tiene los siguientes valores de exactitud de usuario: 57% para el periodo 2000-2008, 59% para el periodo 2009-2014 y 83% para el periodo 2015-2016.

La clase regeneración presenta los valores más bajos de exactitud de usuario, esta medida al estar relacionada con el error de comisión indica que se está sobreestimando las áreas de regeneración. Es importante mencionar que los bosques regenerados no son considerados en el cálculo de la línea base de deforestación, ni en el cálculo de la reducción de emisiones. Estos valores se muestran únicamente para demostrar la transparencia de la información.

La metodología empleada por el Ecuador para el cálculo de emisiones es espacialmente explícita, es decir, que las áreas de deforestación reportada pueden ubicarse en el territorio a través de su representación en los mapas de cambio de cobertura de la tierra. El resultado de la evaluación se muestra a través de la exactitud global, de usuario y productor. No se consideró presentar los resultados de áreas ajustadas, ni de corrección de sesgo de deforestación de acuerdo a una de las sugerencias planteadas por Oloffson para la presentación de resultados, considerando que esta información es un ajuste estadístico, que no permite la representación espacial de las áreas ajustadas obtenidas.

La metodología de evaluación de la precisión empleada sigue las recomendaciones descritas en el documento Sourcebook COP22 (GOFC-GOLD, 2016), en el cual se menciona que “La evaluación de la precisión debe conducir a una descripción cuantitativa de la incertidumbre de las estimaciones de área y cambio de área por categorías de suelo. Tales análisis pueden implicar categorías específicas medidas de precisión temática, ajuste de las estimaciones de área basadas en mapas para adaptarse a errores e incertidumbres conocidos y cuantificados, y construcción de la mejor estimación intervalos de confianza para las estimaciones del área”.

Los resultados de la evaluación de la precisión de los cambios del período 2017-2018 estarán disponibles el 18 de octubre del 2019.

11.3. Incertidumbre de los factores de emisión

La estimación de los factores de emisión está asociada a muchas fuentes de incertidumbre, como valores de stock de biomasa predeterminados, parámetros por defecto, errores de muestra y sesgo inevitable de mediciones de campo, incertidumbre de parámetros asumidos conservadoramente, valores de incertidumbre no informados por el IPCC y variabilidad interanual afectando los cambios de existencias de biomasa.

En el caso de valores de stock de carbono producidos por ENF para los 9 tipos diferentes de bosques, se calcularon las incertidumbres de los errores asociados con las estimaciones para los diferentes reservorios de carbono medidos por tipo de bosque. La mayor incertidumbre se asoció con las mediciones en el grupo de madera muerta.

Las reservas totales de carbono en los estratos forestales inventariados (9 subcategorías de bosques nativos, Tabla 19) tienen un valor de incertidumbre promedio de 10.25%.

Tabla 19. Incertidumbres en porcentaje estimados por sumidero de carbono en cada estrato del INF del Ecuador

Estrato	Incertidumbre (%) C Aéreo	Incertidumbre (%) C en Raíces	Incertidumbre (%) C en Sotobosque	Incertidumbre (%) C en Madera caída	Incertidumbre (%) C en Hojarasca	Incertidumbre total %
B. Seco Andino	18.04	18.04	57.59	67.20	14.33	15.73
B. Seco Pluvioestacional	14.99	15.00	27.11	79.09	9.86	13.62
B. Siempre verde andino Montano	9.87	10.17	32.23	23.86	9.12	9.01
B. Siempre verde andino Pie montano	10.61	10.60	27.58	84.96	11.53	16.53
B. Siempre verde andino de Ceja Andina	24.36	26.18	34.32	45.20	11.80	19.79
B. Siempre verde de tierras bajas de la Amazonía	6.06	6.09	19.61	34.94	7.36	6.00
B. Siempre verde de tierras bajas del Chocó	8.97	8.99	22.43	24.13	6.89	7.79
Manglar	17.92	17.92	24.74	55.04	--*	14.20
Moretal	20.79	21.07	44.26	67.52	14.33	18.86

*-- En el estrato Manglar la estimación de Carbono en hojarasca no aplica.

12. Alcance y Limitaciones de la Metodología usada para el Cálculo de la Reducción de Emisiones.

12.1. Alcances y limitaciones en la generación de datos de actividad

Las condiciones biofísicas del Ecuador y la presencia de la cordillera de los Andes provoca que la mayor parte del tiempo el territorio nacional tenga presencia de nubes, lo que ha dificultado el monitoreo de bosques en intervalos mensuales o anuales. Cuando se inició el proceso de construcción de la línea base de deforestación, solo se contaba con imágenes ópticas Landsat 5,

7 y Aster (año 2008), lo que influyó en la elección de una metodología de detección de cambios post-clasificación, empleando como insumos imágenes satelitales ópticas de ± 2 años en relación a un año de referencia para el mapa de cobertura y uso de la tierra, que permitieron llenar los vacíos de información para los mapas 2000 y 2008.

No se consideró el uso de imágenes radar para la generación de la línea base, debido a que no existía acceso libre a imágenes de este tipo y la falta de consenso global de metodologías que permitan calcular deforestación con las mismas.

Con la aparición del satélite Landsat 8 se contó con mayor información para la generación de los siguientes mapas de uso y cobertura de la tierra (2014, 2016 y 2018), con lo cual se seleccionaron imágenes de enero a diciembre del año de referencia y para llenar vacíos desde julio a diciembre del año anterior, siguiendo la misma metodología para mantener la consistencia de los datos presentados.

Otra limitación de la metodología es la diferenciación precisa entre bosques maduros y secundarios en los 9 estratos de bosque, a través de imágenes satelitales. Lo que influye en la detección y baja precisión de la categoría regeneración. Por esta razón en la línea base de deforestación para REM se optó por calcular la deforestación dentro de una máscara de bosque fijada en base al año 2000. Esta limitación no fue considerada en la construcción del FREL presentado por el Ecuador a la CMNUCC.

La metodología planteada fue construida para obtener datos de deforestación, lo cual no permite tener ninguna aproximación a datos de degradación en bosque.

El MAE emplea los datos generados a través de los mapas de cobertura y uso de la tierra para realizar reportes nacionales e internacionales. Con relación a los reportes nacionales, los datos son presentados de forma espacialmente explícita a nivel provincial, cantonal y áreas bajo conservación y manejo, por lo que al no existir una metodología de representación directa de las áreas ajustadas o corrección por sesgo, no se empleó en el reporte las áreas ajustadas después del proceso de evaluación de la precisión.

12.2. Alcances y limitaciones en la generación de factores de emisión

La Evaluación Nacional Forestal proporciona información sobre cada estrato o tipo de bosque, incluidos los bosques jóvenes y maduros, sin diferenciarlos por su estado de sucesión. Se asumió un factor de emisión promedio para cada estrato, a fin de evitar extremos en los valores de densidad de carbono. Durante el proceso de revisión del Informe Bienal de Actualización presentado a la CMNUCC los expertos de LULUCF señalaron que, debido a que Ecuador ha utilizado una metodología consistente para estimar las emisiones en el establecimiento del FREL y los resultados de reducción de emisiones, el efecto neto de cualquier sobreestimación o subestimación de las emisiones relacionados con el estado sucesional del bosque se cancelará parcialmente (párr. 15 del TATR).

Para el cálculo de emisiones por deforestación se considera la oxidación inmediata, es decir, que la biomasa inmediatamente después de la deforestación es cero. Además, el 100% de la oxidación del carbono almacenado en la madera muerta y la hojarasca se asume en el momento de la conversión. Este supuesto se considera ya que la información disponible sobre el contenido de carbono del uso de la tierra después de la deforestación requiere de mayor investigación. (CMNUCC, 2006, pág. 29).

No se incluyó el reservorio de carbono en suelos, debido a que el momento de la presentación de la línea base estaban siendo analizados.

Reducir los diferentes componentes del error en la ENF implica una serie de consideraciones particulares, entre las que se encuentran la identificación correcta de los estratos y su tamaño, la técnica de muestreo, el tipo y tamaño de las parcelas de muestreo, la identificación correcta de las especies en el inventario forestal, el uso de protocolos estandarizados y unidades de medida, y, finalmente, la identificación de errores en las bases de datos resultantes.

13. Plan de mejoras

13.1. Recomendaciones de la CMUNCC a los reportes enviados por el Ecuador

En base a la decisión 1/CP.16, párrafo 70 la convención alienta a las Partes que son países en desarrollo a que contribuyan a las medidas de mitigación en sector forestal mediante la realización de las siguientes actividades, según lo considere apropiado cada Parte y de acuerdo con sus respectivas capacidades y circunstancias nacionales:

- a) Reducir las emisiones de la deforestación;
- b) Reducir las emisiones de la degradación forestal;
- c) Conservación de las reservas de carbono forestal;
- d) Manejo sostenible de los bosques;
- e) Mejora de las reservas de carbono forestal;

Ecuador en base a sus capacidades y circunstancias nacionales, presentó a la convención el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales por Deforestación (NREF-D) en diciembre de 2014, el cual pasó por una evaluación técnica de los expertos de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMUNCC).

En las conclusiones del informe de la evaluación el equipo evaluador (AT, por sus siglas en inglés) considera que la información de datos de actividad y los factores de emisión a nivel de tipo de bosque, en la construcción del NREF para la actividad de reducción de emisiones de la deforestación a nivel nacional es completa, además se considera que esta información se ajusta principalmente a las directrices para la presentación de información sobre los NREF (que figura en el anexo de la decisión 12 / CP.17).

Sin embargo, el AT señaló algunas áreas para mejoras técnicas futuras relacionadas a mejoras metodológicas, descripción de datos, los reservorios y actividades a incluir en la construcción del nuevo FREL, las cuales se describe a continuación:

- **Inclusión de degradación:** debido a la falta de información sobre las emisiones de degradación de bosque, el AT no pudo evaluar si esta actividad es significativa en términos de emisiones, y reconoce la intención de Ecuador de incluir la degradación forestal en construcción de futuros FREL cuando se conviertan en datos nuevos y adecuados y una mejor información disponible. Por esta razón, el AT considera la recolección de datos sobre la degradación forestal como un área importante para futuras mejoras técnicas. Si bien reconoce la dificultad de esta tarea, el equipo evaluador señala que el análisis de las posibles representaciones de la degradación forestal (por ejemplo, redes viales, estadísticas de cosecha, etc.) o el análisis de la degradación a escala sub nacional podría ser considerado por Ecuador como un paso intermedio hacia la estimación de las emisiones de degradación forestal a nivel nacional. Este análisis

podría proporcionar información preliminar sobre las tendencias actuales y facilitar la comprensión de la relación entre la deforestación y degradación (incluido cualquier riesgo de desplazamiento de emisiones entre las actividades), así como como facilitar la evaluación de la importancia de la degradación forestal en cualquier futuro FREL sumisión (*Párrafo 31 y 38 “Report on the technical assessment of the proposed forest reference emission level of Ecuador submitted in 2014”*)

- **Mejoras en datos de actividad:** La AT acoge la intención expresada por Ecuador de explorar las siguientes mejoras metodológicas potenciales relacionadas con los datos de actividad mediante la evaluación de las siguientes áreas, consideradas por la AT como prioridades para futuras mejoras técnicas (*Párrafo 39 “Report on the technical assessment of the proposed forest reference emission level of Ecuador submitted in 2014”*):
 - a) Las opciones para mejorar la precisión de los mapas de uso de la tierra;
 - b) Evaluar la clasificación directa de la deforestación mediante la comparación de imágenes compuestas multitemporales (potencialmente más precisas que la comparación de mapas estimados a partir de imágenes), al menos en áreas con condiciones ambientales homogéneas, llevando pruebas en diferentes regiones del país para determinar si esta metodología significa una mejora a la metodología anterior.;
 - c) Cálculo de la precisión de cambios en la cobertura terrestre, especialmente la deforestación.
- **Mejoras en factores de emisión:** La AT acoge la intención expresada por Ecuador de explorar Inclusión del reservorio de suelo y otros de efecto invernadero diferentes al CO₂, tratamiento diferencial de los boques menores a 10 años, tanto en su detección como en su densidad de carbono y estado sucesional (*Párrafos 20, 22, 31, 36 y 37 “Report on the technical assessment of the proposed forest reference emission level of Ecuador submitted in 2014”*):

13.2. Actividades planificadas para mejorar los datos de actividad

El Ecuador cuenta actualmente con un sistema de monitoreo de bosques robusto y transparente para determinar el estado de los bosques a través de indicadores de cambio de uso y cobertura, que adicionalmente permiten el seguimiento y reporte de actividades REDD+. Sin embargo, debido a los avances tecnológicos en el procesamiento de imágenes satelitales y el acceso a nuevas imágenes satelitales de libre acceso como Landsat 8, Sentinel 1 y 2, el Ecuador está interesado en mejorar sus procesos metodológicos para contar con datos más precisos y ser más eficiente en el proceso de obtención de datos de actividad.

Con este antecedente, el Ministerio del Ambiente (MAE) con el apoyo financiero del Programa Conservación de Bosques y REDD+ (PCB REDD+) que fue creado como apoyo por parte de la Cooperación Financiera Alemana (KfW), implementó el “Proyecto Fortalecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques”, mediante el cual se desarrollaron las siguientes consultorías:

- a) Desarrollo e implementación de las cadenas de preprocesamiento y de procesamiento del cambio de cobertura y uso del suelo del Ecuador en el System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring (SEPAL)

- b) Desarrollo e implementación de la cadena de detección de la degradación en la Amazonía del Ecuador utilizando el System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring (SEPAL)”.
- c) Desarrollo e implementación piloto del Sistema de Alertas Tempranas (SATA) del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del Ecuador Las mejoras metodológicas planteadas se resumen a continuación

13.3. Cambio de cobertura y uso de la tierra

El análisis de la inclusión de las mejoras metodológicas en el cálculo del Dato de Actividad se desarrolló a través de la consultoría titulada “Desarrollo e implementación de las cadenas de preprocesamiento y de procesamiento del cambio de cobertura y uso del suelo del Ecuador en el System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring (SEPAL)” que finalizó en marzo de 2019.

Desde agosto de 2019 el equipo técnico del SNMB está trabajando en el recálculo de la serie histórica de los datos de deforestación adaptando las mejoras metodológicas desarrolladas en esta consultoría en los mismos períodos de la línea base de pagos.

La Figura 13 muestra el diagrama de procesos para la implementación de las cadenas de preprocesamiento, cambio de uso adaptada por el equipo técnico del SNMB.

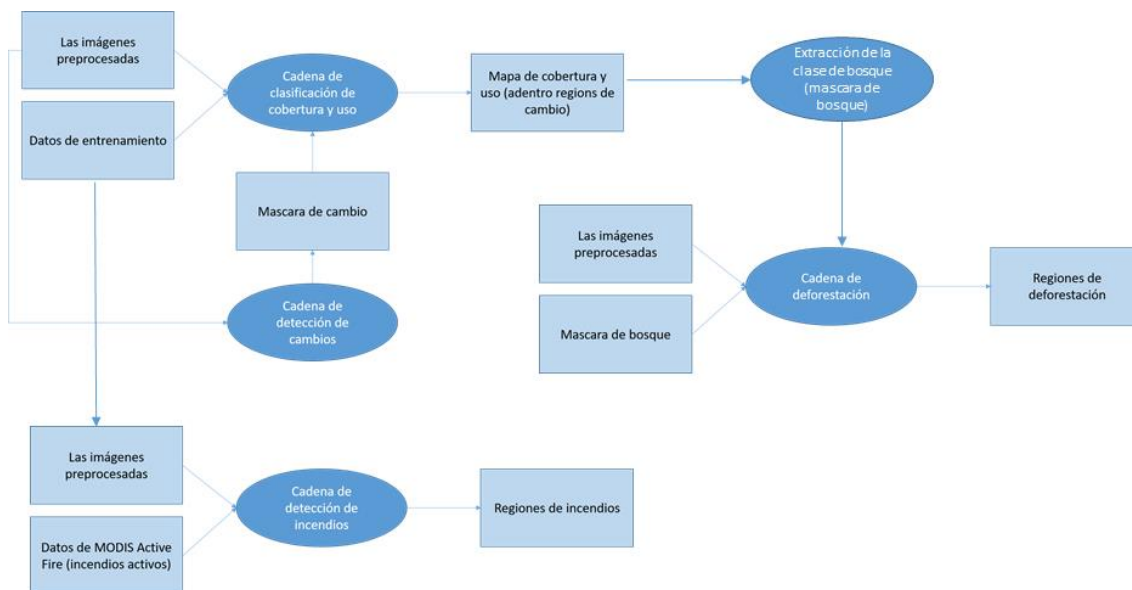


Figura 13. Diagrama de Modelo Conceptual propuesto para aplicar la metodología RandomForest

A continuación se describen las mejoras que se incluirán en la detección del cambio de la cobertura y uso de la tierra:

- Cadena de preprocesamiento de imágenes satelitales gratuitas ópticas y radar de forma automatizada en SEPAL (System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring)⁴ que permita correcciones topográficas, radiométricas y atmosféricas. Como resultado de este proceso se obtendrán mosaicos anuales.
- Clasificación del cambio de cobertura y uso de la tierra de forma directa en pares de mosaicos de los períodos requeridos.
- .
- Pruebas de clasificación supervisada mediante el método RandomForest que permita integrar el análisis de información complementaria como índices de vegetación y medidas topográficas que junto con la información de datos de referencia permitirá utilizar el método de clasificación supervisada.
- El flujo de trabajo para la validación se implementará utilizando las herramientas disponibles en SEPAL e incorporar las potencialidades de la plataforma CollectEarth Online para integrar el uso de servicios WMS, imágenes satelitales de alta resolución y datos auxiliares.
- Análisis de la incertidumbre combinada entre los datos de actividad y los factores de emisión.

13.4. Degradación de bosques

Al momento la única actividad de reporte es la deforestación, sin embargo, se considera importante generar datos que permitan entender los procesos de degradación en bosques, por lo cual se han realizado 2 talleres sobre definiciones de degradación bajo la coordinación del Ministerio del Ambiente del Ecuador y el apoyo del Proyecto Apoyo Específico ONURED FAO (TS ONU-REDD) y se realizó el análisis de la metodología para calcular degradación en 2 zonas piloto, con lo cual se analizó la factibilidad de incluir el reporte de la degradación en un futuro reporte. A continuación, se resumen los avances en el tema.

13.4.1. Talleres para la construcción de la definición de degradación

El primer taller se desarrolló los días 17 y 18 de agosto de 2017, contó con la participación de varias unidades del Ministerio del Ambiente, así como la participación de delegados de dos Universidades y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y expertos en el ámbito forestal.

El objetivo del taller fue: Unificar criterios de medición y reporte de degradación de forestal y bosques secundarios con la visión de construir una definición sólida que permita su monitoreo en función de las capacidades y circunstancias nacionales, así como brindar sustento técnico a las nuevas normativas que construye el MAE y los reportes internacionales. Como resultado del

⁴ El sistema SEPAL es diseñado por la FAO con colaboración del Gobierno de Noruega, KSAT, AMA, USGS, Comisión Europea, entre otros, para facilitar el acceso y procesamiento de las imágenes satelitales con la finalidad de obtener productos que indiquen el estado de la cobertura forestal y contribuir a fortalecer el monitoreo del bosque relacionado con las actividades REDD+

taller se contó con una definición preliminar de degradación forestal y se analizaron algunos aspectos técnicos que deben ser considerados el momento de realizar el reporte de degradación.

El segundo taller se realizó el 25 de junio de 2018, contó la participación de varias unidades del Ministerio del Ambiente y consultores externos. El objetivo del taller fue: Unificar criterios de medición y reporte de degradación forestal y bosques secundarios con la visión de construir definiciones nacionales acorde al Código Orgánico Ambiental, que permitan su monitoreo en función de las capacidades y circunstancias nacionales.

Como resultados del taller se revisaron varias alternativas metodologías para determinación de Degradación Forestal, usando teledetección e imágenes satelitales. Además se realizó una revisión de la definición de degradación planteada en el primer taller.

13.4.2. Desarrollo de una metodología de degradación en zonas piloto

Como parte del fortalecimiento del sistema de monitoreo de bosques con el apoyo del Programa Conservación de Bosques y REDD+ (PCB REDD+) se realizó la consultoría: “Desarrollo e implementación de la cadena de detección de la degradación en la Amazonía del Ecuador utilizando el System for Earth Observation Data Access, Processing and Analysis for Land Monitoring (SEPAL)”

La consultora elaboró una propuesta metodología para detección y monitoreo de la degradación, la cual debe ser probada en dos zonas piloto de la Amazonía: la provincia de Orellana y la provincia de Morona-Santiago. La cadena de procesamiento de degradación utiliza imágenes satelitales Landsat (5, 7 y 8) y Sentinel (1 y 2) y el índice NDFI Normalized Difference Fraction Index. Los resultados en las dos zonas piloto muestran que en Ecuador por la alta nubosidad y la falta de datos continuos históricos es muy complicado el establecer una línea base de degradación solo con imágenes satelitales. Como resultado se plantearon algunas consideraciones preliminares para generar una metodología que permita evaluar la degradación a nivel del Ecuador continental.

En base a los resultados de la consultora se tiene planificado presentar un anexo que muestre los avances de Ecuador en el tema de degradación en el nuevo FREL, como los resultados solo serán un piloto, no se tiene planificado incluir como una nueva actividad de reporte en el nuevo FREL.

13.5. Sistema de alertas tempranas (sata)

El control forestal es una de las competencias del Ministerio del Ambiente, que tiene como finalidad proteger el patrimonio forestal nacional. Realizar este control implica una serie de actividades en territorio, lo cual involucra un gran esfuerzo en tiempo y recursos. Tomando en cuenta esta situación, se ha visto la necesidad de contar con un sistema de alerta temprana, que en base a la información de sensores remotos permita identificar amenazas en un corto tiempo, de manera que el control en campo sea más eficiente.

Este sistema se desarrolló a través de la consultoría titulada: “Desarrollo e implementación piloto del Sistema de Alertas Tempranas (SATA) del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del Ecuador”. La consultoría realizó las siguientes actividades:

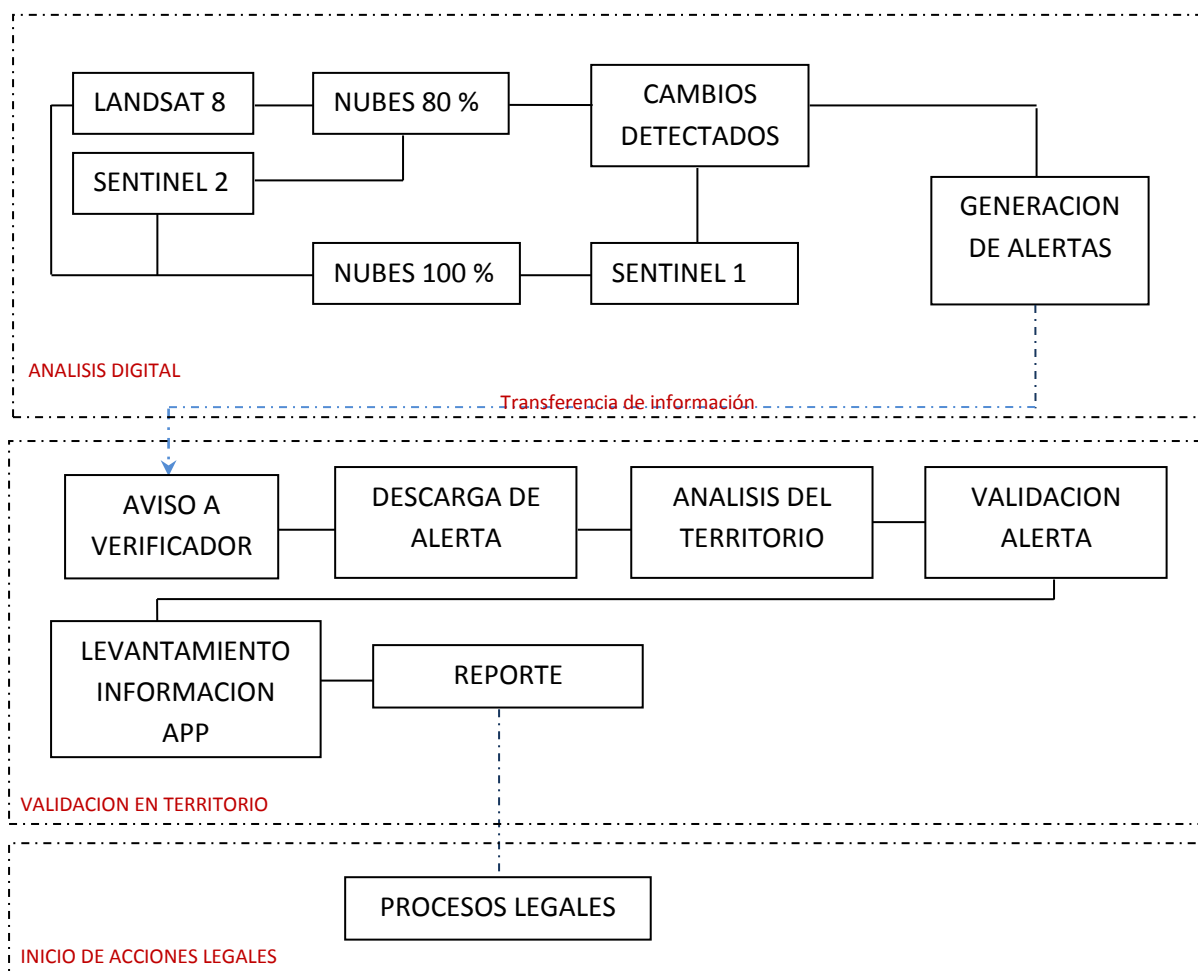
- Desarrollo de SATA empleando como insumos imágenes satelitales Landsat 8 y Sentinel 1, 2, con lo cual se tendrá acceso a información periódica entre 15 días y 1 mes. Esta

información debe ser procesada de una manera ágil con la finalidad de poder identificar alteraciones que puedan ser detectadas por estos sensores y generar alertas en un tiempo casi real.

- Para el desarrollo de esta metodología se identificaron 3 áreas pilotos que son la provincia de Orellana, Morona Santiago y Pichincha, desde septiembre de 2019 se están haciendo los análisis de resultados en otras zonas de importancia para el control de la deforestación como paso previo a la implementación a nivel nacional.
- Una vez que la alerta sea identificada, se tiene planificado enviar esta información al personal de campo, para lo cual las alertas son procesadas y enviadas a tabletas con Apps específicos para la verificación en campo.
- Una vez realizada la verificación se generan reportes los cuales servirán para cerrar la alerta o para proceder a realizar los respectivos procesos administrativos para que las alertas sean atendidas de manera oportuna y pueda llegar a un reporte para el inicio de procesos en la parte legal.
- Al ser un análisis piloto permitirá identificar las fortalezas y debilidades de la implementación de este sistema será una herramienta que apoye a la reducción de la deforestación.

En la figura 14 se muestra el flujograma general del SATA.

Figura 14. Flujograma general del SATA



13.6. Actividades planificadas para mejorar los factores de emisión - Evaluación Nacional Forestal

Se proponen ajustes en la metodología y la incorporación de ajustes en la medición de variables de caracterización de los bosques, con el fin de dar mayor exactitud a las estimaciones y aproximar los contenidos de carbono por estado de sucesión.

En este sentido, el MAE desde el año 2016 ha emprendido varias acciones con relación a mejorar el levantamiento de información en la Segunda Evaluación Nacional (ENFII) que se señalan a continuación:

- Ajuste de muestreo en función de datos de la ENF I, distribución sistemática por los 9 tipos de bosque.
- Ajuste de muestreo de reservorio de madera muerta.
- Inclusión de medidas para caracterizar el estado sucesión de los bosques (bosques jóvenes).
- Reducción de un coeficiente de expansión de superficie.
- Actualización de procesos de aseguramiento y control de calidad de datos (A nivel de formularios, base de datos, exploración y análisis).
- Análisis de consistencia y de incertidumbre para los datos del reservorio de carbono provenientes de la ENFI y ENFII.

Este proceso está pensado en ciclos de remediación de 5 años y busca proveer información sobre las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración; adicionalmente, para cumplir con los requerimientos de medición, reportaje, y verificación de la Estrategia Nacional REDD+ - Ecuador y otros compromisos en el ámbito nacional e internacional.

El Ministerio del Ambiente (MAE) con el apoyo financiero del Programa Conservación de Bosques y REDD+ (PCB REDD+) que fue creado como apoyo por parte de la Cooperación Financiera Alemana (KfW), en el marco del “Proyecto Fortalecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques”, desarrolló la siguiente consultoría:

- a) Implementación inicial de la segunda Evaluación Nacional Forestal del Ecuador Continental – Componente Forestal

Esta consultoría se consideró como la fase inicial del 2do ciclo de inventario. Como resultado se levantó información sobre características de los recursos forestales por tipos de bosque (dendrometría, especies, abundancia, biomasa carbono relacionadas), para la generación de indicadores, métricas del estado productivo, diversidad y uso potencial de los bosques en modo piloto en el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía.

La ejecución completa del nuevo ciclo de Evaluación Nacional Forestal incluye el apoyo de la academia y otros fondos de cooperación (ProAmazonía, REM, etc.) para el levantamiento y análisis de datos; al final del ciclo se espera mejorar la precisión y exactitud de los parámetros de los datos recopilados en campo y reportados en la primera ENF.

13.7. Hoja de Ruta del MRV Nacional

El Ministerio del ambiente se ha planteado actividades que permitan cumplir con el plan de mejoras y los tiempos necesarios para la presentación de los reportes nacionales e internacionales; estas actividades se detallan en la hoja de ruta MRV donde constan además los equipos técnicos del MAE responsables y su cronograma de ejecución del 2018 al 2020.

Es necesario tomar en cuenta que esta hoja de ruta está sujeta a modificaciones de acuerdo a las circunstancias nacionales existentes. Ver Anexo Hoja de Ruta MRV.

13.8. Supuestos que condicionan el Plan de Mejoras

Para la implementación de las mejoras metodológicas se han identificado los siguientes supuestos que influyen en el cumplimiento de lo propuesto en la hoja de ruta MRV:

- Si bien los resultados de las consultorías supusieron un avance en la mejora de la metodología de la detección de la deforestación, debido a las condiciones biofísicas y tipos de vegetación presentes en el Ecuador, su aplicación directa no es posible, requiriendo pruebas y adaptaciones que requieren de un gran esfuerzo por parte del personal técnico para alcanzar las metas planteadas en los tiempos requeridos.
- Es necesaria la adecuada transferencia de tecnología mediante capacitación al equipo técnico debido a que el cambio metodológico que se propone tiene un componente de automatización alto, que requiere un esfuerzo inicial importante para que el equipo técnico lo pueda implementar, validar y modificar en el caso de ser necesario.
- Dependencia de la plataforma tecnológica y de personal de FAO debido a que las cadenas de pre-procesamiento y procesamiento van están implementadas en la plataforma SEPAL que funciona a través de recursos y colecciones de imágenes gratuitas en Google Earth Engine y servidores en la nube de propiedad de Amazon.
- Los resultados de la nueva metodología requieren de un tiempo adecuado de validación, que permitan cumplir con los estándares de precisión recomendados en las guías de buenas prácticas relacionado con mapas de cambio de cobertura y uso de la tierra. Este proceso de validación además debe demostrar una mejora en los resultados en comparación con los presentados con la metodología actual.
- Se debe considerar que la metodología de degradación se evaluó únicamente en 2 sitios piloto, que corresponden principalmente al estrato de bosque Tierras Bajas de la Amazonia, por lo que los resultados no pudieron ser evaluados a nivel nacional. Este se considera como un primer estudio, que requiere un mayor análisis a futuro, en base a los nuevos insumos y avance en el procesamiento de imágenes satelitales. Además de la inclusión de información de campo para calibrar los modelos.

14. Referencias

- Código Orgánico del Ambiente. Registro oficial suplemento 983 de 12 de abril de 2017, Quito.
- Chuvieco, E. (2007). Páginas 12-13 en: Protocolo metodológico para la generación del Mapa de Deforestación Histórica en el Ecuador Continental. Socio Bosque. Quito.
- Chuvieco, E. (2010), *Teledetección Ambiental*, Barcelona, España: Editorial Ariel.

CMNUCC. (2003). *Directrices del IPCC de 2003 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

CMNUCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

CMNUCC. (2014). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 19º período de sesiones, celebrado en Varsovia del 11 al 23 de noviembre de 2013 . 42.

CMNUCC. (2015). Report on the technical assessment of the proposed Forest Reference Emission Level of Ecuador submitted in 2014.

CMNUCC. (2017). Technical report on the technical analysis of the technical annex to the First Biennial Update Report of Ecuador

MAE. (2014a). Evaluación Nacional Forestal

MAE. (2015a). Forest Reference Emissions Level for Deforestation of Ecuador. Quito.

(MAE, 2015b). Informe final de la evaluación de la precisión del mapa histórico de deforestación del Ecuador continental 1990, 2000 y 2008”

MAE. (2015c). Resultados de la Evaluación Nacional Forestal.

MAE. (2016). Acuerdo Ministerial 116. Expedir el Plan de Acción REDD+ "Bosques para el Buen Vivir" y establecer los lineamientos para la implementación de REDD+ en Ecuador.

MAE. (2016b). Bosques para el Buen Vivir- Plan de Acción REDD+ Ecuador (2016-2025). Quito, Ecuador.

MAE. (2017). Protocolo metodológico para la generación de mapas de deforestación del Ecuador continental. Quito – Ecuador.

MAE. (2017b). Evaluación de la precisión del mapa de cobertura y uso de la tierra 2016 del Ecuador continental. Quito –Ecuador.

MAE. (2018). Documento Línea Base de Deforestación Bruta del Ecuador periodo 2001-2014.

Olofsson, P. et al. (2013). Making Better Use of Accuracy Data in Land Change Studies: Estimating Accuracy and Area and Quantifying Uncertainty Using Stratified Estimation. *Remote Sensing of Environment*, 129(15):122-131.

Los tdr's de los productos de la consultoría se encuentran en <http://www.ambiente.gob.ec/convocatorias/>. COOPERACIÓN FINANCIERA ENTRE ECUADOR Y ALEMANIA PROGRAMA CONSERVACIÓN DE BOSQUES Y REDD – FORTALECIMIENTO NACIONAL DE MONITOREO DE BOSQUES

- **Proceso:** “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS CADENAS DE PREPROCESAMIENTO Y DE PROCESAMIENTO DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL ECUADOR EN EL SYSTEM FOR EARTH OBSERVATION DATA ACCESS, PROCESSING AND ANALYSIS FOR LAND MONITORING (SEPAL)”.
- **Proceso:** “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA CADENA DE DETECCIÓN DE LA DEGRADACIÓN EN LA AMAZONÍA DEL ECUADOR UTILIZANDO EL SYSTEM FOR EARTH OBSERVATION DATA ACCESS, PROCESSING AND ANALYSIS FOR LAND MONITORING (SEPAL)”.



- **Proceso:** “*DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN PILOTO DEL SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS (SATA) DEL SISTEMA NACIONAL DE MONITOREO DE BOSQUES DEL ECUADOR*”.