Presentación del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de la República de Guinea Ecuatorial a la UNFCCC

En respuesta a la convocatoria realizada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Decisión 12/CP.17 párrafo 13

MAGBOMA y FAO

Malabo, Octubre 2020

Índice de ilustraciones 4
Índice de tablas 5
Acrónimos 6
RESUMEN 8
INTRODUCCIÓN 9
CIRCUNSTANCIAS NACIONALES 12
Geografía y vegetación 12
Deforestación y degradación forestal 13
Marco normativo y legal forestal 15
Políticas de cambio climático 16
DEFINICIÓN DE BOSQUE 18
Definición del FRA 18
Definición legal 18
Definición del análisis histórico 18
Definición de la Primera Comunicación Nacional 19
ESCALA Y ALCANCE: ACTIVIDADES, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO 21
Escala 21
Actividades REDD+ (datos de actividad) 21
Reservorios de carbono (factores de emisión) 21
La omisión del reservorio suelos 21
Gases de efecto invernadero 23
La omisión de gases no CO_2 23
PERÍODO HISTÓRICO CONSIDERADO 25
INFORMACION USADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NREF 26
Datos de actividad 26
Metodología y datos usados 26
Datos de mapas 27
MAPA DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL DE 2004-2014 27

Mapa de pérdidas de cobertura arbórea de 2004-2014 28
Mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014 33
Mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-2014 35
MAPA DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL DE 2013-2018 38
Mapa de bosque intacto y degrado de 2013 39
Mapa de pérdidas forestales de 2013-2018 39
Procesamiento de imágenes satelitales de 2018 39
Árbol de decisión de clasificación de las imágenes 40
Clasificación de 2018 41
Diseño de muestreo 41
Interpretación visual de las muestras 42
Encuesta de clasificación de las muestras 42
Clase bosque-agricultura 43
Árbol de decisión para detección de cambios 43
Protocolo de interpretación visual de las muestras 44
Diseño de Respuesta 46
Reglas para la interpretación de las muestras 46
Control de calidad de la interpretación 46
Análisis y resultados de la detección del área de deforestación y degradación forestal 47
Matrices de errores 47
Matriz de error de la Región Continental 47
Matriz de error de Bioko 48
Estimación de la deforestación y degradación forestal de 2013-18 48
Datos adicionales recopilados a través de las muestras 49
Cambio de cobertura forestal 49
Tipos de bosque 49
Uso de la tierra después de la deforestación 50
Factores de emisión 50
Factores de emisión para la deforestación 51

Factores de emisión para la degradación forestal 52
NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES PROPUESTO 54
FUTURAS MEJORAS PARA EL DESARROLLO DE LA INFORMACIÓN 56
Fortalecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB) 56
Brechas técnicas de MRV-RS 56
Identificación de actividades concretas 57
Roles y responsabilidades institucionales 58
Recomendaciones para la mejora 58
BIBLIOGRAFÍA 60
Software usado 61
..... 62
ANEXOS 62
Anexo I. Lista de participantes en la interpretación del muestreo 62
Anexo II. Cálculo del factor de emisión para deforestación y degradación 63
Anexo III. Valores del contenido promediode carbono de los usos post-deforestación 65
Anexo IV. Archivos usados en el cálculo de datos de actividad, factores de emisión y emisiones del nivel de referencia 67

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Zonas de principales incendios forestales en África. Fuente (NASA, 2019) 23
Ilustración 2. Esquema del flujo de trabajo para la estimación de los datos de actividad. 27
Ilustración 3. Árbol de decisión para clasificar los segmentos del mosaico satelital de 2018 de acuerdo con el mapa de deforestación y degradación (DD) forestal de 2004-14 y el mapa de pérdidas (P) forestales de 2013-2018. 40
Ilustración 4. Árbol de decisión de detección de cambios de la encuesta del NREF..... 44
Ilustración 5. Protocolo de interpretación de las parcelas. 45
Ilustración 6. Uso de la tierra después de la deforestación. 50

Índice de tablas

Tabla 1. Degradación y deforestación en Guinea Ecuatorial en 2004-14. 13
Tabla 2. Causas directas de deforestación y degradación en Guinea Ecuatorial en 2004-2014.. 14
Tabla 3. Categorías de cobertura/uso de la tierra del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014. 30
Tabla 4. Clases del mapa de cobertura y uso de suelo en 2014, adaptadas a las categorías de uso de suelo definidas por el IPCC..... 35
Tabla 5. Contenido de la encuesta de clasificación de las muestras 42
Tabla 6. Matriz de errores de la Región Continental (los valores son número de muestras) 47
Tabla 7. Matriz de errores de Bioko (los valores son número de muestras)..... 48
Tabla 8. Resultados de la deforestación y degradación forestal de 2013-18 del estimador de área estratificada de SEPAL y sus intervalos de confianza asociados para Guinea Ecuatorial, la Región Continental y Bioko, y de la extrapolación del estudio histórico para Annobón. 48
Tabla 9. Contenido promedio de C (fuente IPCC 2019) y estimaciones de la distribución del uso de la tierra post-deforestación. 52
Tabla 10. Factores de emisión (FE) asociados a la deforestación por región..... 52
Tabla 11. Factores de emisión (FE) asociados a la degradación por región. 53
Tabla 12. Valores de actividad de la degradación y deforestación anuales, factores de emisiones (FE) aplicados y sus emisiones correspondientes, con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial por región 54
Tabla 13. Valores de las emisiones de degradación y deforestación anuales con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial..... 55

Acrónimos

AND	Autoridad Nacional Designada
CAFI	Iniciativa para los Bosques de África Central
CEEAC	Comunidad Económica de los Estados de África Central
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CN-REDD+	Coordinación Nacional REDD+
COMIFAC	Comisión de Bosques de África Central
CPDN	Contribuciones Previstas y Determinadas a nivel Nacional
EN-REDD+	Estrategia Nacional REDD+
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FRA	Informe sobre los Recursos Forestales Mundiales
FVC	Fondo Verde para el Clima
GFC	Global Forest Change
GFOI	Global Forest Observation Initiative
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INDEFOR-AP	Instituto Nacional de Desarrollo de Forestal y Gestión del Sistema de Áreas Protegidas
INCOMA	Instituto Nacional para la Conservación del Medio Ambiente
INEGE	Instituto Nacional de Estadística de Guinea Ecuatorial
IFN	Inventario Nacional Forestal
INGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático
MAGBMA	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosque y Medio Ambiente
MRV	Medición, notificación y verificación (MRV por sus siglas en inglés. Decisión 2/CP.17)
NREF	Niveles de Referencia de Emisiones Forestales
NRF	Niveles de Referencia de Forestal
PANA	Plan de Acción Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PARRC	Plan de Acción de Reducción de Riesgos Catastróficos
PNAF	Programa Nacional de Acción Forestal
PNI-REDD+	Plan Nacional de Inversiones REDD+
REDD+	Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo, más la gestión sostenible de los bosques y la conservación y mejora de las reservas de carbono.
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMTS	Sistema de Monitoreo de la Tierra por Satélite
SNMB	Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques ("Sistema de vigilancia de los bosques nacionales" según la terminología de la CMNUCC. Decisión 4/CP.15)
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNGE	Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial
WRI	Instituto de Recursos Mundiales (*World Resources Institute*)

RESUMEN

Este primer NREF ha sido desarrollado a escala nacional, cubriendo las tres regiones del país: Continental, Bioko y Annobón, cada una con unas características vegetales y forestales distintas. Abarca las emisiones de CO_2 por deforestación y degradación forestal, contemplando los depósitos de biomasa aérea y subterránea de los bosques, hojarasca y madera muerta. El período histórico considerado comprende los años 2013-2018 (5 años), con el fin de evaluar los resultados obtenidos a partir de 2019. El presente NREF es 8 552 900 tCO_2/año.

INTRODUCCIÓN

En respuesta a la convocatoria realizada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Decisión 12/CP.17 párrafo 13, la República de Guinea Ecuatorial, a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosque y Medioambiente (MAGBMA), Dirección de Conservación del Medioambiente, presenta su Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) en el marco del proceso de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal, la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono (REDD+).

El NREF se presenta de manera voluntaria con el objetivo de iniciar el proceso de Evaluación Técnica para acceder al mecanismo de pago por resultados, de acuerdo con lo especificado en la Decisión 13/CP.19.

El presente documento, junto con sus anexos, ha sido elaborado de acuerdo con las directrices y procedimientos establecidos en la decisión 12/CP.17 apartado II y su anexo, dando cumplimiento a los siguientes requisitos:

a) Reportar la información utilizada en la construcción del NREF;

b) Cumplir con los principios de transparencia, completitud, consistencia y precisión incluyendo la descripción metodológica utilizada en el momento de construir el NREF;

c) Reportar los reservorios, gases y actividades incluidas en el NREF;

d) Reportar la definición de bosque utilizada; y

e) Expresar el NREF en toneladas de dióxido de carbono (tCO_2) por año.

Además, se han tenido en cuenta las **Directrices del Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático** del 2006 (IPCC, 2006), y donde fue apropiado el Perfeccionamiento de 2019 (IPCC, 2019). El NREF estará en consistencia con los próximos Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Guinea Ecuatorial.

La presentación del NREF ante la CMNUCC forma parte de los esfuerzos que la República de Guinea Ecuatorial realiza para evaluar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la deforestación y la degradación forestal con el objetivo de mitigar el cambio climático.

En 2015 Guinea Ecuatorial ya confirmó su compromiso frente al cambio climático presentando sus **Contribuciones Previstas y Determinadas a nivel Nacional** (CPDN)(MPMA, 2015)ante la CMNUCC, a partir de la aprobación del Acuerdo de París, que establece medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global; su aplicabilidad sería para el año 2020, cuando finaliza la vigencia del Protocolo de Kioto. El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) por los 195 países miembros, adoptado el 12 de diciembre de 2015 y abierto para firma el 22 de abril de 2016 para celebrar el Día de la Tierra.Las CPDN de la República de Guinea Ecuatorial (MPMA, 2015)incluyen la implementación del mecanismo internacional REDD+ como una de las prioridades para la mitigación del cambio climático.

Guinea Ecuatorial ha logrado importantes avances en **REDD+** en un tiempo relativamente corto, gracias a la dinámica generada por el país y también por el apoyo de organizaciones como FAO, FVC y CAFI, entre otros. Esto le ha permitido finalizar su Estrategia Nacional de REDD+ (MAGBMA, 2019a) y su Plan Nacional de Inversión REDD+. En el año 2018 el Fondo Verde para el Clima (FVC) aprobó un proyecto preparatorio para apoyar a la Autoridad Nacional Designada (AND) de Guinea Ecuatorial en su avance hacia la implementación de las fases iniciales de REDD+. La AND del proyecto es el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Bosques y Medio Ambiente (MAGBMA), a través de la Dirección General de Conservación del Medioambiente y, la agencia implementadora es la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Este proyecto específicamente dio asistencia técnica para (i) diseñar y desarrollar un **Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques**(SNMB) en apoyo a la Medición, Notificación Verificación (MRV, por sus siglas en inglés) de emisiones y absorción de gases efecto invernadero (GEI) del sector forestal y (ii) desarrollar los presentes niveles nacionales de referencia (de emisiones) forestales (NRF/NREF); elementos de preparación requeridos para REDD+ de acuerdo a las decisiones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estas actividades contribuirán además a reforzar la capacidad de generar información fiable sobre los recursos forestales para las políticas nacionales, la planificación y el desarrollo sostenible, y para producir estimaciones de emisiones de GEI de los sectores agrícola, silvícola y de otros usos de la tierra (AFOLU).

El Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques tiene dos componentes: el **Sistema de Monitoreo de la Tierra por Satélite** (SMTS), del que se han obtenido los datos de actividad, y el **Inventario Nacional Forestal** (IFN), en proceso de diseño. Los NRF/NREF deberán ser coherentes con el inventario nacional forestal (IFN), el sistema de monitoreo y los inventarios de GEI del país.

El NREF establecido será el punto de referencia para evaluar el desempeño del país en la implementación de las actividades de REDD+ y se utilizará para cuantificar las reducciones de emisiones como resultado de la implementación de la Estrategia Nacional REDD+, las cuales podrán ser presentadas para la reclamación de futuros incentivos económicos potenciales. Los **objetivos** principales del NREF de Guinea Ecuatorial serán, primero, evaluar la implementación de la Estrategia Nacional REDD+, y segundo, contribuir a medidas de mitigación global (incluido el progreso hacia las metas de las CPDN). Su último objetivo será el de obtener pagos por resultados.

El desarrollo del NREF ha sido sometido a consultas con las múltiples partes interesadas. En un primer taller se decidió de manera consensuada el diseño de los NREF, que implica, la definición de objetivos, período de referencia, escala de implementación, alcance (las actividades REDD+, los reservorios de carbono y los gases) y la metodología para la construcción del NREF. En el segundo y tercer taller se llevó acabo la validación de los datos de actividad de los NRF/NREF y las futuras mejoras en la generación de datos de actividad de los NRF/NREF utilizando SEPALcon expertos nacionales de SIG, teledetección, medioambiente, etc. del MAGBMA, UNGE (Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial) e INEGE (Instituto Nacional de Estadística de Guinea Ecuatorial).

CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

Geografía y vegetación

Guinea Ecuatorial es un país situado en el África central, donde se encuentra el segundo bosque tropical más grande del mundo: la selva de la cuenca del Congo. El país tiene una superficie terrestre de 28.051 km^2 y está constituido por dos regiones, una región continental (260.00km^2) y otra insular compuesta por las dos islas mayores, Bioko (2.017km^2) y Annobón (17km^2) e islas menores como Elobey Grande (2,27km^2), Corisco (15km^2), Elobey Chico (0.19 km^2) y Mbañe. Los bosques cubren alrededor del 79% de la región continental y alrededor del 53% de la isla de Bioko (FAO, 1991 y 1992).

El país tiene una población de 1,2 millones de habitantes (República de Guinea Ecuatorial, 2015; INEGE, 2017). Entre el 80% y 90% de la población depende directamente de los bosques para comida, combustible, materiales de construcción y medicinas.

Los **bosques ecuatoguineanos** se caracterizan por una gran biodiversidad vegetal y animal. Predomina la pluvisilva tropical, considerándose la vegetación clímax original, de la que se derivan cuatro tipos principales de formaciones vegetales: bosque denso, bosque secundario, vegetación terciaria y claros cultivados. Además, existen otras formaciones vegetales restringidas a zonas específicas, como bosques hidrófilos, cerros cúpula o praderas alpinas (UICN, 1991).

En la isla de **Bioko**, la vegetación está condicionada principalmente por tres variables: la orografía escarpada (con altitudes comprendidas entre el nivel del mar y los 3.000 m y desniveles pronunciados), la variabilidad de las precipitaciones (2.000 mm al año en Malabo frente a los 11.000 mm recogidos en Ureca) y la gran influencia del cultivo de café y cacao desde mediados del siglo XVIII hasta su decadencia entre las décadas de 1960 y 1980 (UICN, 1991; Juste y Fa, 1994). Gran parte de la superficie de pluvisilva tropical original de Bioko, desde la costa hasta los 700-800 m de altitud, se transformó en zonas de cultivo que posteriormente fueron abandonadas, dando lugar a bosques de pluvisilva tropical secundarios en regeneración. Además de pluvisilva, en la isla se puede encontrar bosque afromontano, helechos y araliáceas, ericáceas y praderas de altura. Estudios más recientes realizados con imágenes satelitales Landsat ETM-7 han servido para obtener datos más precisos sobre las comunidades vegetales y su distribución espacial (Navarro et al., 2012).

En la isla de **Annobón** existen dos tipos de vegetación predominante: formaciones de gramíneas altas y densas al norte del lago A Pot, y bosque tropical al sur (UICN, 1991; Juste y Fa, 1994).

En la **región continental**, aunque originalmente la vegetación estaba constituida en su mayor parte por pluvisilva virgen y bosque primario de terrenos pantanosos e inundables, en la actualidad predomina un mosaico de zonas de cultivo, zonas de barbecho temporal (bicoro) y zonas de bosque en diferentes estados de regeneración. Existe además una franja de manglares y praderas costeras, así como domos de granito o cerros cúpula cubiertos de gramíneas, que tienen gran importancia cultural (UICN, 1991; CUREF, 1999).

Deforestación y degradación forestal

Previo al desarrollo del NREF, Guinea Ecuatorial realizó un *Análisis histórico de la deforestación y degradación forestal 2004-2014* (MAGBMA and FAO, 2018b). Este análisis tuvo en cuenta las siguientes definiciones:

Bosque: Tierra de uso forestal con una superficie mínima de 1 ha, una cobertura de copa mayor o igual al 30% y árboles con una altura mínima de 5 m.

***Deforestación*:** Transformación del bosque a otro uso de la tierra o reducción a largo plazo de la cubierta de copa por debajo del umbral mínimo del 30% correspondiente a la definición de bosque.

Degradación: Cambios en el bosque que afectan negativamente a la estructura o función de la masa forestal o el lugar, reduciendo su capacidad para suministrar productos y/o servicios.

La Tabla 1 muestra los resultados de las estimaciones de la deforestación y degradación forestal a nivel nacional de este estudio.

Tabla 1. Degradación y deforestación en Guinea Ecuatorial en 2004-14.

	Superficie (ha)	Intervalo de confianza	Porcentaje de superficie
Bosque en 2004	2 585 330		
Bosque degradado en el período 2004-2014	230 104	±46 030	8.90%
Bosque deforestado en el período 2004-2014	86 755	±8 971	3.36%
Bosque en 2014	2 498 774	±100 682	

Fuente: MAGBMA and FAO, 2018. Análisis histórico de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014

El estudio abarca 10 años (de diciembre de 2004 a diciembre de 2014), por lo que la superficie anual de deforestación fue de 8 600 ha y de degradación de 23 000 ha aproximadamente, que corresponde con una tasa anual de deforestación del 0,34% y de degradación del 0,89% [1].

En el ***Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014*** (MAGBMA and FAO, 2018a) se determinó que la deforestación y la degradación forestal fueron debidas a la expansión de la infraestructura, la agricultura y el aprovechamiento forestal; siendo la expansión de la infraestructura la principal causa de la deforestación (96%) y la agricultura la principal causa de la degradación forestal (40%). La Tabla 2 describe las causas y subcausas directas de la degradación y la deforestación y el porcentaje de la deforestación y de la degradación debido a cada una de ellas.

Tabla 2. Causas directas de deforestación y degradación en Guinea Ecuatorial en 2004-2014.

Causa directa	Subcausas directas	Deforestación	Degradación
Expansión de infraestructuras	- Vías de transporte (incl. vías de saca) - Urbanización - Edificios públicos - Red Eléctrica - Apertura de canteras de áridos	**96%**	36%
Agricultura	Agricultura itinerante de subsistencia	1%	**40%**
	Agricultura intensiva/comercial	3%	1%
Aprovechamiento forestal	Aprovechamiento maderero en los límites de concesiones 2013 (excluyendo impacto de las vías de saca)	0%	9%
	Aprovechamiento maderero fuera de los límites de concesiones 2013 (excluyendo impacto de las vías de saca)	0%	**14%**

Fuente: MAGBMA y FAO, 2018. Estudio de las causas de la deforestación y la degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2014-2014.

[1] Más detalles de las estimaciones de deforestación y degradación forestal de 2004-14 por regiones se encuentran en los siguientes documentos: 1) Análisis histórico de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial, http://www.fao.org/publications/card/en/c/CA3007ES/, cuadros 3, 4 y 5, página 24, y 2) Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial, http://www.fao.org/3/CA0399ES/ca0399es.pdf, cuadros 9, 10 y 11, página 34.

Marco normativo y legal forestal

La República de Guinea Ecuatorial cuenta con una Ley Forestal y una Ley de Medio Ambiente, las cuales deben ser actualizadas y armonizadas, de tal forma que la Ley Forestal incluya suficientes normas para preservar la biodiversidad y conservar la naturaleza.

La **ley Nº1/1997** es el instrumento más importante que establece el marco jurídico, económico y administrativo sobre el **Uso y Manejo de los Bosques del país**. Esta ley establece el volumen máximo de bosque explotado anualmente para cubrir las necesidades locales e internacionales, así como, el valor anual del derecho de ocupación de una superficie de aprovechamiento forestal. La ley menciona que los beneficios económicos generados por la explotación, industrialización y comercio de los productos forestales pasarán a formar parte del Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEFO), para la financiación de servicios y actividades de manejo, fomento, control, conservación, capacitación e investigación. El 20% de las sanciones o multas impuestas por la aplicación de dicha ley serán ingresadas al FONADEFO.

Por otra parte, el gobierno creó el **Instituto de Desarrollo Forestal** (**INDEFOR**), con el propósito de promover el desarrollo forestal sostenible y el **Programa Nacional de Acción Forestal** (**PNAF**) del año 2000, elaborado en el marco del proyecto "Conservación y uso racional de los ecosistemas forestales de Guinea Ecuatorial", que persigue tres objetivos fundamentales: "1) Asegurar la protección y conservación del patrimonio forestal nacional, su medio ambiente y la preservación de los ecosistemas forestales; 2) Asegurar que los recursos silvestres contribuyan de forma sostenible al desarrollo socio-económico del país; y 3) Promover la formación, capacitación e investigación a todos los niveles, para garantizar el uso racional y sostenible de los recursos silvestres". El PNAF representa un elemento importante para la implementación de la voluntad política del Gobierno, así como la contribución a los esfuerzos del país para alcanzar un desarrollo ambientalmente sostenible. Otra iniciativa importante del sector forestal es el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), el cual prevé un aumento del 17 al 40% del territorio bajo el estatus de protección (Ley de áreas protegidas de 2000).

El **Atlas Forestal Interactivo de la República de Guinea Ecuatorial**, realizado por INDEFOR en colaboración con el WRI, contiene una clasificación de bosques del año 2013 por el tipo de conservación, producción y cobertura (bosques mixtos /densos) hecha por la Universidad de Maryland con imágenes Landsat-7. Actualmente el departamento se encarga de mantener actualizada la **base de datos de bosques comunales, parcelas forestales y bosques nacionales** (concesiones). Además, en la agenda H2020 del Ministerio de Hacienda, Economía y Planificación está prevista la preparación de GoGlobal, una plataforma de información cartográfica disponible para el público.

El **Plan Nacional de Desarrollo Económico (PNDES) de 2013,** intentó diversificar la economía con una voluntad de cambio de la política de extracción de madera a una más sostenible. En 2018 se prohibió la exportación de madera en rollo (Decreto nº 182/2018, de 27 de noviembre). Los datos FAOSTAT (2020) de exportación de madera en rollo industrial indican una reducción de exportación de madera del 17% comparando el año 2019 con el promedio de los 5 años precedentes, o una reducción de exportación de madera del 47% comparando el año 2019 con el año 2018. Los datos nacionales de producción de madera recogen una disminución del 32,4% en 2018 con respecto al año anterior (INEGE 2019).

También se espera un aumento de la cobertura forestal debido a planes de proyectos de reforestación o regeneración natural (ej. Plan Nacional de Repoblación Forestal (PLANAREFO)), y de atenuación y mitigación de los efectos del cambio climático (ej. proyecto COBAM iniciado en 2014 y cuyo objetivo principal es el de reducir la tasa de deforestación y degradación en un 30%, conservar el 50% del bosque comunal y reforestar el 15% de las tierras agrícolas), al incremento del nivel de áreas protegidas y a la disminución de las áreas de concesión forestal. Algunas áreas protegidas, tienen a su vez sus propios Planes de Manejo (Monte Alen, Altos de Nsork, Rio Campo, Montes Temelon y Piedra Nzas). Sin embargo, la deforestación y la degradación forestal siguen siendo un problema actual, y políticas de cumplimento más estrictas e implementación de regulaciones ambientales son necesarias

Políticas de cambio climático

La República de Guinea Ecuatorial ha reforzado la Política Nacional de Cambio Climático, buscando orientar las decisiones públicas y privadas hacia vías de desarrollo resiliente al cambio climático. Así pues, el país ha adoptado distintos instrumentos tanto a nivel internacional como nacional.

A nivel internacional

- Como estado miembro de la Comunidad Económica de los Estados de África Central (CEEAC), ha llevado a cabo el Plan de Acción de Reducción de Riesgos Catastróficos (PARRC) 2015–2030, el cual se inserta dentro de su política general en materia de medioambiente y gestión de los recursos naturales, concretamente en tres ejes: Eje 1) Lucha contra la degradación de las tierras, la sequía y la desertificación; Eje 4) Conservación y gestión sostenible de los 11 recursos forestales de África Central; y Eje 5) Lucha contra el cambio climático en África Central.
- Como miembro de la Comisión de Bosques de África Central (COMIFAC), a partir del Plan de Convergencia (PC) 2015-2025 hacia una economía verde, el país trabaja en el eje de intervención número 4: “Lucha contra los efectos del cambio climático y la desertificación”, que incluye los siguientes resultados: 1) Aumento de capacidad ante los

efectos del cambio climático, 2) Sistemas de seguimiento y monitoreo de bosques, 3) Estrategias de mitigación (REDD+, Plan Clima, NAMA, 4) Control de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la deforestación y degradación a partir de un nivel de referencia, 5) Planes de acción nacionales de lucha contra la desertificación, y 6) Aumento de superficies reforestadas.

- Como estado parte de la CMNUCC presentó las **Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional** (INDC, por sus siglas en inglés), la cual refleja la realidad del país y su voluntad política, y marca la ambición de la República de Guinea Ecuatorial en alcanzar una reducción de un **20% de sus emisiones para el año 2030**, con respecto a los niveles de 2010, a fin de alcanzar una reducción del**50% para el año 2050**. La reducción de emisiones será reforzada en varios sectores, entre los cuales se encuentra el sector forestal.

A nivel nacional se creó el Plan de Acción Nacional de Adaptación (PANA) en el año 2013, que incluye el diagnostico de vulnerabilidad en el ámbito local y sus resultados finales propuestos son los que se encuentran transformados en proyectos en las INDC. Tras el PANA, el país ha desarrollado el **Plan Nacional de Inversión REDD+** (PN-REDD+) que cuenta con un estudio de las **Causas de la deforestación y degradación forestal** y una propuesta de **Estrategia Nacional REDD+** (EN-REDD+), que incluye las opciones estratégicas para hacer frente a las causas. Estos instrumentos se desarrollan con el objetivo de “contribuir a la lucha global contra el cambio climático y al desarrollo sectorial del país, con un enfoque basado en la competitividad, la sostenibilidad, la gestión integrada del territorio, la seguridad alimentaria, y la equidad social y de género”.

DEFINICIÓN DE BOSQUE

En la república de Guinea Ecuatorial hasta la actualidad se han manejado tres definiciones de bosque: la definición de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA, por su sigla en inglés), la definición de la Ley Forestal y la definición del análisis histórico. Para la construcción del NREF de Guinea Ecuatorial se ha utilizado la definición adoptada en el análisis histórico.

Definición del FRA

Para reportar al FRA 2010 y 2015 Guinea Ecuatorial utilizó la definición de bosque propuesta por la FAO. Según las circunstancias nacionales las categorías forestales se definieron como:

- **Bosque**: Tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.
- **Otras tierras boscosas (OTB):** La tierra no clasificada como "bosque" que se extiende por más de 0,5 hectáreas, con árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel de 5 a 10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos *in situ*; o con una cubierta mixta de arbustos, matorrales y árboles superior al 10 por ciento. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.
- **Otras tierras:** Toda la tierra que no ha sido clasificada como "bosque" u "otras tierras boscosas". Incluye todas las áreas clasificadas bajo la subcategoría "otras tierras con cubierta de árboles", tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas con una cobertura de copa de más de 10 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura de 5 metros en la madurez. Incluye tierras agrícolas, llanuras y pastizales, áreas edificadas, tierras baldías, etc.

Definición legal

En la Ley Forestal la definición de bosque es igual a la de FAO, una "superficie de uso forestal, con un área mínima de 0,5 ha, una cobertura mayor o igual al 10% y con árboles de una altura mínima de 5 m".

Definición del análisis histórico

En el año 2017, de acuerdo con las recomendaciones de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC, reflejadas en el anexo de la Decisión 13/CP19, al inicio del proceso de elaboración de la EN-REDD+, el país acordó la definición de bosque como:

Bosque: Tierra de uso forestal con una superficie mínima de 1 ha, una cobertura de copa mayor o igual al 30% y árboles con una altura mínima de 5 m.

Esta definición de bosque utilizada en el análisis histórico fue aprobada técnicamente por expertos nacionales y se adapta a la definición base del Protocolo de Kyoto.

Los criterios para la elección de esta definición, que difiere de las anteriores, fueron los siguientes:

a) En el caso de Guinea Ecuatorial, utilizando los datos de Global Forest Change (GFC) como base de partida, un límite de la cobertura de copa comprendido entre el 15 y el 50% resulta en valores similares de superficie forestal a nivel nacional.

b) El valor del 30% es suficientemente conservador para no sobrestimar ni subestimar la superficie forestal.

c) El 30% coincide con el valor más alto dentro del marco del Protocolo de Kioto.

d) Se considera el ejemplo de la República del Congo como referencia, por su cercanía y características forestales similares. La República del Congo utilizó un 30% de cobertura de copa en la construcción de su NREF, presentado en 2016 a la CMNUCC.

e) Estudios de clasificación de las tipologías de vegetación de la Cuenca del Congo, utilizando imágenes satelitales, ponen de manifiesto que una cobertura de copa del 30% es un valor más realista que otros (como el 10%) en el contexto de la región (Verhegghen et al., 2012).

f) Para la determinación de la superficie mínima de 1 ha, se ha tenido en cuenta la experiencia de los expertos nacionales, que indicaron que estudios forestales de campo precedentes usaron 1 hectárea como superficie de referencia(por ejemplo, parcelas cuadrangulares de100 x 100 m en el IFN de 1990–1992 y en el Inventario Florístico del INDEFOR 2005).Además, los datos de GFC indican que existen muy pocas zonas de bosque con una superficie inferior a 1 ha.

g) Los resultados del IFN de 1990–1992 reflejaban que la altura media de los árboles de un bosque maduro era igual o superior a 5 m.

h) Facilita el uso de datos satelitales de la resolución espacial de Landsat usados en el GFC.

Definición de la Primera Comunicación Nacional

En la Primera Comunicación Nacional a la CMNUCC no se menciona la definición de bosque adoptada. Sin embargo, en su apartado 3-19 menciona que las subcategorías de bosques utilizadas provienen del documento “Plan Nacional de Acción Forestal del año 2000”. En dicho

plan se tiene en cuenta la regulación de la clasificación y definición de los recursos y producción forestal de la Ley N° 1/1997 de fecha 18 de febrero, sobre el Uso y Manejo de los Bosques. Por tanto, se encontraría la coincidencia con el análisis histórico en términos uso exclusivamente forestal y altura mínima de la copa de árboles de 5 metros.

ESCALA Y ALCANCE: ACTIVIDADES, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO

Escala

El presente NREF se calcula a escala nacional.

Actividades REDD+ (datos de actividad)

El presente NREF incluye las actividades de **deforestación** y **degradación forestal**, definidas como en el *Análisis histórico de la deforestación y degradación forestal 2004-2014* (MAGBMA and FAO, 2018b) o el *Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial* (MAGBMA/FAO, 2018a).

- **Deforestación**: Transformación del bosque a otro uso de la tierra o reducción a largo plazo de la cubierta de copa por debajo del umbral mínimo del 30% correspondiente a la definición de bosque.
- **Degradación**: Cambios en el bosque que afectan negativamente a la estructura o función de la masa forestal o el lugar, reduciendo su capacidad para suministrar productos y/o servicios.

Este estudio utiliza los datos generados por un SMTS. La degradación está principalmente estimada como la reducción del dosel forestal (siempre que se mantenga por encima del 30%), ya que de momento no hay estudios de campo con información de variables biofísicas de los bosques afectadas por la degradación, tales como altura, diámetro basal, productividad o estado de salud.

La **repoblación** forma parte de la estrategia REDD+ por ello, para medir el desempeño de esta actividad sería bueno incluir también el aumento del stock de carbono forestal en el NREF, pero no hay datos disponibles de esfuerzos de repoblación para el periodo de referencia. Sin información del área repoblada y de las localidades no ha sido posible obtener datos de actividad suficientemente precisos.

Reservorios de carbono (factores de emisión)

Se incluyen en el NREF los reservorios de carbono de biomasa aérea y biomasa subterránea (raíces), hojarasca y madera muerta. Por falta de datos fiables y por las dinámicas complejas, de momento se ha omitido el reservorio de carbono del suelo. Sin embargo, se incluye un cálculo Nivel (*Tier*) 1 de las emisiones de carbono del suelo para justificar su omisión.

La omisión del reservorio suelos

Para determinar que las emisiones de los suelos no son significativas, Guinea Ecuatorial realizó un análisis de categoría clave de Nivel 1 siguiendo las ecuaciones apropiadas y los valores

predeterminados en el IPCC 2006 y 2019. El IPCC considera dos tipos de suelos: suelos orgánicos (es decir, las turberas) y suelos minerales. Aunque en Guinea Ecuatorial existen turberas, no son sujetas a deforestación y degradación forestal y su hidrología no se ve afectada por actividades antropogénicas. Por lo tanto, se ha hecho el cálculo de emisiones de suelos minerales.

El Nivel 1 supone cero emisiones del suelo en caso de degradación forestal (IPCC 2019, vol. 4, capítulo 4, sección 4.2.3.2, según el cual no es necesario calcular las estimaciones de tierras forestales que permanezcan como tierras forestales utilizando el Enfoque 2 o 3 (ver Capítulo 3)). Si se utilizan los datos de actividad del Método 1, los factores de cambio de existencias, incluidos los insumos, la gestión y el régimen de perturbaciones, son iguales a 1 utilizando el método de Nivel 1. En consecuencia, sólo se necesitan stocks de carbono de referencia para aplicar el método, y estos se proporcionan en la Tabla 2.3 del Capítulo 2.

Por lo tanto, se supone que las emisiones del suelo en caso de degradación forestal son cero. Las emisiones del suelo en caso de deforestación se calcularon utilizando la Ecuación 2.25 del IPCC 2019:

EQUATION 2.25
ANNUAL CHANGE IN ORGANIC CARBON STOCKS IN MINERAL SOILS

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC_{Mineral} = \sum_{c,s,i} \left(SOC_{REF_{c,s,i}} \bullet F_{LU_{c,s,i}} \bullet F_{MG_{c,s,i}} \bullet F_{I_{c,s,i}} \bullet A_{c,s,i} \right)$$

(Note: T is used in place of D in the $\Delta C_{Mineral}$ equation if T is $\geq$ 20 years, see note below associated with the parameter D)

Para SOC_{REF} se utilizó el valor 53.5 tC/ha (Tabla 2.3, IPCC 2019; 63.6% LAC y 26.4% HAC, tropical húmedo).

Los porcentajes de la composición del suelo mineral de Guinea Ecuatorial de LAC (suelos con baja actividad) y HAC (suelos con alta actividad) se han estimado a partir del 'World Harmonized Soil Map' (Mapa mundial de suelos armonizados), y la información de la distribución de suelos se ha extraído de http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/mapas-historicos-de-suelos-y-bases-de-datos/base-de-datos-armonizada-de-los-suelos-del-mundo-v12/es/, ya que no hay mapas más detallados a nivel nacional ni estudios de la composición de suelos del país.

El uso de tierra después de la deforestación se determinó en las 44 muestras con deforestación (ver sección 'Factores de emisión para la deforestación'). Estas muestras sugieren que el 77% del uso posterior a la deforestación es asentamiento, el 14% bosque en regeneración o barbechos,

el 7% pastizal y el 2% es agrosilvicultura. Para F_{LU}, F_{MG} y F_I se utilizaron los valores por defecto de la Tabla 5.5 y 5.10 (IPCC 2019). F_{LU} x F_{MG} x F_I fue establecido a un valor 0.8 para asentamientos y barbechos y a 1 para pastizales y agrosilvicultura. Para D en la ecuación se utilizó 20 años. El cálculo resultó en una emisión anual por hectárea de deforestación de 1.8 tCO_2/ha/año. Este valor corresponde a 0.27-0.35% de la emisión por hectárea deforestada en la región Continental, Bioko y Annobón. Por lo tanto, se concluye que las emisiones por el suelo no son significativas.

Gases de efecto invernadero

Se incluyen en el NREF las **emisiones netas de CO_2** (se incluyen las capturas derivadas del uso final del suelo), estimadas utilizando las Directrices 2006 del IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de GEI.

No se incluyen otros gases provenientes de los incendios forestales por la baja frecuencia de los mismos. Sin embargo, es un área aún bajo investigación y se evalúa la posibilidad de incluir este cálculo en un futuro (por ejemplo, con datos del IFN).

La omisión de gases no CO_2

Recientemente se ha difundido un mapa satelital de la NASA (Ilustración 1) en un artículo titulado “Se quema el 'segundo pulmón verde' del planeta”, en el que se muestra en rojo incandescente la zona de los principios incendios en el corazón del continente, desde Gabón hasta Angola, desde el Atlántico hasta el Océano Índico.

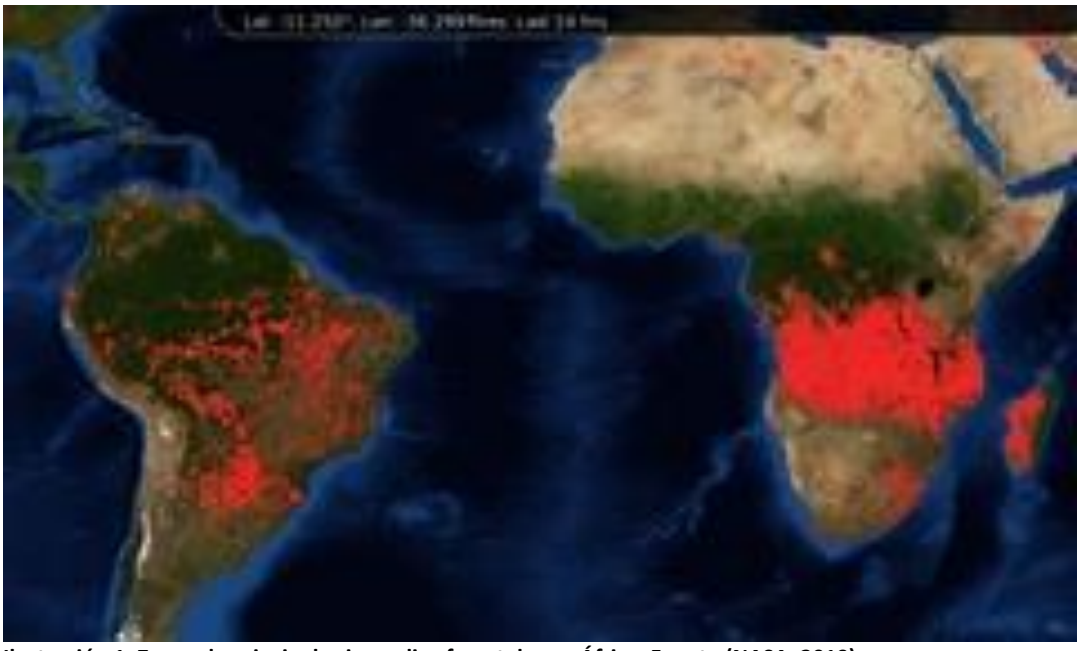


Ilustración 1. Zonas de principales incendios forestales en África. Fuente (NASA, 2019)

Sin embargo, como se puede ver en la Ilustración 1, la zona de África tropical húmeda, donde se ubica Guinea Ecuatorial, no se registran prácticamente incendios forestales, por la excesiva humedad en el suelo provocada por las intensas lluvias anuales.

Por otra parte, FRA 2015 afirma que no se registran incendios forestales en Guinea Ecuatorial basándose en un análisis de MODIS Burned Area. Los incendios son raros ya que el clima del país es muy húmedo, tropical, con abundante precipitación, lo que dificulta la propagación de los fuegos, aunque sean provocados, y no se llega a consumir la biomasa, salvo en épocas de gran sequía. Los únicos incendios que existen son pequeños fuegos para fines de agricultura de subsistencia.

Esa afirmación de FRA en 2015 es ratificada por los expertos nacionales en materia de bosques y medio ambiente del país. Y, es más, FAO en 2017 publicó que la existencia de agricultura no es significativa en la degradación del bosque (1%). Ahondando en el tema, la Primera Comunicación Nacional a la CMNUCC (MAGBMA, 2019b), no refleja emisiones por la quema de bosque.

En base a todas esas premisas o considerandos aludidos en los párrafos anteriores, el documento del FREL no refleja el apartado de emisiones por gases no CO_2. Por lo tanto, queda fundamentada la omisión de dicho aspecto en este informe.

PERÍODO HISTÓRICO CONSIDERADO

Para la construcción del NREF se evaluaron varias opciones, tal como proyecciones lineales, promedios históricos con varios periodos de referencia y un ajuste por circunstancias nacionales. Por medio de una evaluación experta, se determinó que una proyección lineal proporcionaba la aproximación más realista de los niveles de deforestación y degradación que se esperan en el futuro cercano en ausencia de la implementación de REDD+. Sin embargo, teniendo en cuenta las restricciones en los ajustes como se incluye en el marcador (*scorecard*) del Fondo Verde del Clima (FVC) para el programa piloto de pagos por resultados REDD+, se decidió utilizar un promedio histórico, considerando el periodo más reciente, ya que esto refleja mejor la situación actual en el país. Guinea Ecuatorial es un país de alta cobertura forestal y baja deforestación, por lo cual, las emisiones promedias históricas proporcionan una línea de base desafiante para evaluar el rendimiento, dado que el país ha tenido un buen desempeño en el pasado al mantener bajas las emisiones de CO_2 relacionadas con los bosques. Como tal, se podría considerar que este NREF incluye una gran ambición. Después de haber evaluado las opciones y considerando las orientaciones proporcionados por el FVC en el marcador el consejo del grupo de trabajo fue utilizar un **promedio histórico de 5 años** (del 31 de diciembre de 2013 al 31 de diciembre de 2018) en el periodo de referencia. No se aplicaron ajustes por circunstancias nacionales. El año 2018 marca el inicio de la implementación REDD+ en Guinea Ecuatorial con la aprobación de la Estrategia Nacional REDD+. Se espera que en el futuro se hagan actualizaciones periódicas del NREF.

INFORMACION USADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NREF

Datos de actividad

Metodología y datos usados

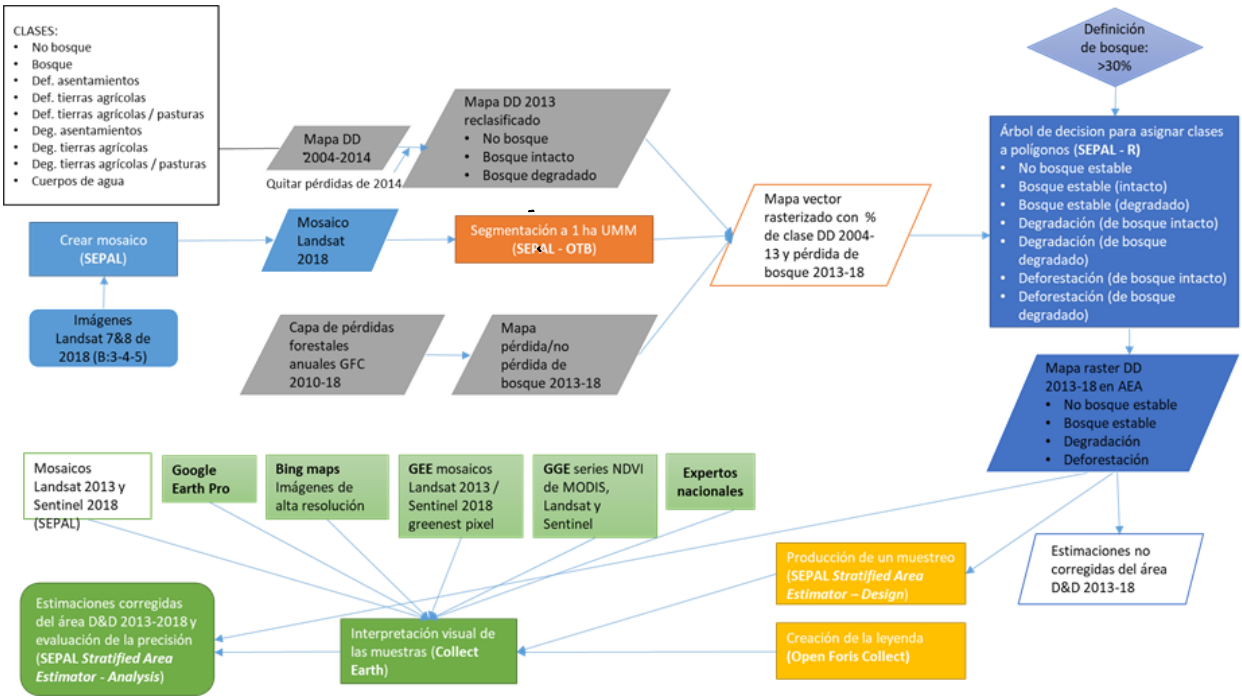
Guinea Ecuatorial ha aplicado las guías de la Iniciativa Mundial de Observación Forestal (GFOI por sus siglas en inglés) en su análisis de datos de actividad. La GFOI sugiere que la definición de buenas prácticas del IPCC requiere que los inventarios de emisiones cumplan con dos criterios: (1) ni sobreestimación ni subestimación en la medida de lo posible, y (2) incertidumbres reducidas en la medida de lo posible (Penman et al., 2003). Para satisfacer estos criterios, se deben compensar los errores de clasificación al estimar las áreas de actividad a partir de mapas y las incertidumbres se deben estimar utilizando métodos sólidos y estadísticamente rigurosos. El medio principal para estimar las precisiones, compensar los errores de clasificación y estimar la incertidumbre es mediante comparaciones de clasificaciones de mapas con observaciones de referencia en una muestra de evaluación de precisión.

Los datos de actividad se estimaron a partir de una combinación de los datos del estudio histórico de la deforestación y degradación forestal de 2004-2014 (MAGBMA and FAO, 2018b), que se desarrolló a partir de los datos del Global Forest Change (GFC)[2], con las nuevas pérdidas forestales de 2013-2018 provenientes también de los datos del GFC. El mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-14 sirvió de mapa base para estimar la deforestación y la degradación forestal de 2013 -2018. Los cálculos tienen en cuenta un período de 5 años de cambio, un umbral de cobertura de dosel del 30% para la definición de bosque y un umbral de 1 ha para la separación de la pérdida de cobertura arbórea entre deforestación y degradación forestal.

Para estar en línea con las buenas prácticas del IPCC, Guinea Ecuatorial ha decidido realizar una estimación de área estratificada. Es decir, los datos de actividad se derivan de unidades de muestreo que se estratifican con un mapa que contiene las clases de interés (degradación y deforestación). Esta metodología se explica paso a paso en Olofsson et al., 2014, que también contiene todas las fórmulas aplicadas en el cálculo.

[2] Se trata de una base de datos gratuita y disponible a nivel mundial que proporciona, entre otros, información sobre el porcentaje de cobertura arbórea a partir del año 2000 y las pérdidas de cobertura anuales hasta 2018. Los datos de GFC se actualizan periódicamente mediante el análisis de imágenes gratuitas Landsat, con una resolución de 30x30 m. GFC genera información sobre cobertura forestal y cambio de ésta, proporcionando un buen punto de partida para el análisis de cambio de uso de las tierras forestales, consistente con la definición de bosque nacional de Guinea Ecuatorial, en ausencia de un mapa actualizado nacional de cambio de uso del suelo, cambio de la ocupación de tierras o de cambio de uso de las tierras forestales, que sería la mejor alternativa.

A continuación, se presenta un esquema del flujo de trabajo para la estimación de los datos de actividad (Ilustración 2). Sus pasos se detallan en las siguientes secciones.



Nota: todas las fechas corresponden a 31 de diciembre del correspondiente año.

Ilustración 2. Esquema del flujo de trabajo para la estimación de los datos de actividad.

Datos de mapas

MAPA DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL DE 2004-2014

Esta sección describe la metodología seguida para realizar el mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-2014 (MAGBMA, FAO, 2018b), que consistió en las siguientes fases:

1. Desarrollo del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo histórico 2004-2014 a partir de los datos del GFC.
2. Desarrollo del mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014.
3. Desarrollo del mapa de deforestación y degradación forestal en el periodo 2004-2014, a partir del mapa de pérdidas de cobertura arbórea y del mapa de cobertura y uso de tierra en 2014.

4. Estimación de la superficie deforestada y degradada en el periodo 2004-2014.

Mapa de pérdidas de cobertura arbórea de 2004-2014

Descarga de información del GFC de la isla de Bioko y la región continental de guinea ecuatorial, y generación de información de la isla de Annobón

Se descargaron las siguientes capas:

- *Treecover 2000*: Porcentaje de cobertura arbórea en el año 2000, con árboles de altura mayor a 5 m, con rango del 0 al 100%.
- *Gain*: Píxeles donde se produce un aumento de la cobertura arbórea entre los años 2000 y 2012.
- *Loss*: Píxeles donde se producen pérdidas de cobertura arbórea entre los años 2000 y 2016.
- *Lossyear*: Píxeles en los que se ha producido una pérdida de cobertura arbórea, categorizados según el año de pérdida (en el periodo 2000 – 2016).
- *Datamask*: Tierra cartografiable y masas de agua.

Para cubrir todo el espacio de Guinea Ecuatorial se descargaron los *grids* 10N-0E y 10N-10E.

Descarga de imágenes Landsat de Annobón

Como GFC no dispone de datos de la isla de Annobón, se generó información equivalente digitalizando las imágenes Landsat 7 y 8, correspondientes al periodo 2004-2014, además de los años 2002 y 2003, ya que la imagen de 2004 tenía mucha cobertura nubosa. En caso de ausencia de datos para el año 2004, se utilizaron imágenes de 2002, 2003 o 2005. Las imágenes Landsat son las mismas que utiliza GFC. La base de datos de referencia para la descarga de las imágenes Landsat 7 y 8 para el periodo 2004-2014 es Console Google Cloud Platform (https://console.cloud.google.com/storage/browser/earthengine-public/?pli=1).

Generación de mosaicos anuales Landsat 5, 7 y 8 – greenest píxel – (1999-2016), y Sentinel 2 (2016)

Los mosaicos constituyen la base para las series temporales necesarias para la estimación de la superficie deforestada y degradada. La herramienta empleada para su generación fue RStudio (https://www.rstudio.com/), un software de código abierto (*open source*) que permite realizar cálculos estadísticos de gran utilidad para el análisis de datos *ráster* y vectorial. La fuente de información para los datos de partida fue Google Earth Engine

(https://earthengine.google.com/), que constituye tanto un catálogo de imágenes satelitales como una plataforma de análisis de datos geoespaciales y de generación de productos combinados.

Generación de mosaicos Landsat con el mínimo porcentaje de nubes posible

Para ello se utilizó la plataforma SEPAL (https://sepal.io/) y se usaron imágenes Landsat (5, 7 y 8) de años anteriores y posteriores al período histórico 2004- 2014.

SEPAL es un sistema ideado para el acceso, procesamiento y análisis de datos de teledetección para la vigilancia de la superficie terrestre. Engloba varias herramientas que se interrelacionan entre ellas, todas gratuitas y de libre acceso.

Generación de mosaicos radar

Para completar la información satelital óptica, se generaron mosaicos de imágenes radar, ya que esta tipología de información satelital no adolece del problema de las nubes.

Los productos usados en esta fase fueron:

- JERS 1996 (ALOS L-BAND SAR). Incluye la región continental y Bioko.
- Mosaicos ALOS PALSAR 2007, 2010, 2015, 2016. Para los años 2007 y 2010 se tienen datos de la región continental, Bioko y Annobón. Para 2015 y 2016 no hay datos de Annobón.
- Sentinel-1 de Bioko y la región continental, del año 2015.

Recopilación del conocimiento de los expertos nacionales y de otras fuentes de información cartográfica para incorporarlos en el mapa

Durante la realización del análisis histórico, y específicamente, durante el trabajo cartográfico se colaboró con expertos nacionales e internacionales con la intención de facilitar la incorporación de todos los conocimientos técnicos posibles en los productos cartográficos.

También se consideraron otras fuentes de información cartográfica como archivos procedentes del proyecto de "Conservación y Utilización Racional de los Ecosistemas Forestales de Guinea Ecuatorial (CUREF)", del Atlas Forestal de Guinea Ecuatorial (MAB y WRI 2013) (https://gnq.forest-atlas.org/), de la base de datos de INDEFOR y de modelos digitales de elevaciones de páginas web como CGIAR-CSI (http://www.cgiar-csi.org/) o USGS (https://www.usgs.gov/).

Digitalización de los cambios detectados en el período histórico en la isla de Annobón

Para generar un mapa equivalente a los datos de Bioko y de la región continental, se digitalizaron los cambios en la isla de Annobón en el periodo 2004-2014. Todo el proceso se lleva a cabo con

QGIS, usando como base las combinaciones de las bandas de Landsat 7 y 8 NIR, SWIR1, RED y SWIR 2, NIR, GREEN.

Además de las imágenes satelitales, se recurrió a bibliografía complementaria con información sobre las características de la vegetación de la isla (Fa, 1991; Juste y Fa, 1994), así como a otras fuentes cartográficas como el archivo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de alturas de 30 m de resolución de USGS (https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc).

Generación de la primera versión del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014 para Bioko y para la región continental a partir de los datos disponibles en GFC

La información inicial de GFC se sometió a un proceso de limpieza de nubes e integración de todas las fuentes de información disponibles, generándose así un mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo de diciembre de 2004 a diciembre de 2014, que refleja las zonas donde se ha producido un aumento o pérdida de bosque, así como las zonas sin cambios.

Tanto en la región continental como en la isla de Bioko se priorizaron aquellas coberturas/usos de la tierra con valor cultural, social o medioambiental según la opinión de los expertos nacionales. En ambos casos se trabajó con QGIS y con coordenadas WGS 84, ya que son las correspondientes a los datos de GFC.

El mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014 considera las categorías que se describen en la Tabla 3, tanto categorías de cobertura/usos de la tierra (códigos 1 al 10) como categorías de ganancias o pérdidas de cobertura arbórea en las distintas coberturas/usos de la tierra definidos previamente.

Tabla 3. Categorías de cobertura/uso de la tierra del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014.

	Código	Definición
Mar	sin información	*Buffer* de 1 km alrededor del área cartografiable.
CATEGORÍAS DE COBERTURA/USO DE LA TIERRA QUE SE ENMARCAN EN LA DEFINICIÓN DE BOSQUE		
Pluvisilva, bosques monzónicos y afromontanos	1	Áreas en las que se ha mantenido una cobertura de copa mayor o igual al 30% en el periodo 2004-2014, y que no corresponden a ninguna otra categoría que cumpla los criterios de la definición de bosque en el contexto del país. Incluye pluvisilva (bosque húmedo tropical) clímax, pluvisilva secundaria (p. ej. antiguas fincas cacaoteras y cafetales en regeneración), bosque monzónico y bosque afromontano bajo (UICN, 1991; Juste y Fa, 1994, Navarro *et al*, 2012).
Manglar	2	Áreas consideradas como manglar (datos provenientes del Proyecto CUREF-INDEFOR) en las que se ha mantenido una cobertura de copa mayor o igual al 30% en el periodo 2004-2014.
Mosaico agroforestal	3	Espacio alrededor de las vías y los consejos de poblado en el que resulta muy probable encontrar un mosaico de cultivos, barbechos, bosque

		terciario o secundario en regeneración, zonas de mantenimiento de carreteras, tala o efectos causados por la red eléctrica, y donde se ha mantenido una cobertura de copa mayor o igual al 30% en el periodo 2004-2014. Los criterios, consensuados con expertos nacionales, fueron: - Bioko: 50 m a lo largo de las carreteras y 500 m alrededor de los consejos de poblado (aunque hay fincas situadas a más de 5 km de las vías y poblados). - Región continental: 2 km alrededor de los consejos de poblado incluidos en las áreas de intervención agrícola (según el Proyecto CUREF-INDEFOR), 500 m alrededor del resto de consejos de poblado y 50 m a lo largo de las carreteras.
Araliáceas	4	Áreas de vegetación propia de las zonas altas de Bioko (entre 1 800 y 2 500 m de altitud) en las que se ha mantenido una cobertura de copa mayor o igual al 30% en el periodo 2004 – 2014. Su definición se basa en el criterio de los expertos nacionales, el empleo de Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) y la bibliografía consultada (UICN, 1991; Juste y Fa 1994; Navarro et al, 2012).
Palmeral	5	Palmerales, incluyendo antiguos palmerales abandonados que ya no tiene un uso productivo-agrícola intensivo, y donde los árboles superan los 5 m de altura y la cobertura de copa es mayor o igual al 30%. Los criterios fueron consensuados con expertos nacionales y confirmados con una revisión de las imágenes radar.
CATEGORÍAS DE COBERTURA/USO DE LA TIERRA QUE NO SE ENMARCAN EN LA DEFINICIÓN DE BOSQUE (ZONAS DE "NO BOSQUE")		
Abacá	6	Antigua plantación de *Musa textilis*, para uso textil y con árboles que en el caso de Bioko no suelen superan los 5 m de altura. Los criterios fueron consensuados con expertos nacionales y confirmados con revisión de imágenes radar.
Pradera	7	Engloba toda aquella vegetación arbustiva-herbácea que se puede encontrar en las áreas costeras, en las áreas más altas de Bioko (más de 3 000 m del Pico Basilé), incluyendo vegetación ericoide y en algunas áreas de Annobón con gramíneas o vegetación costera rala. Los criterios de delimitación de estas áreas se basan en los archivos del Proyecto CUREF -INDEFOR, en el empleo de los MDE, en información bibliográfica complementaria (Fa, 1991; Juste y Fa, 1994, Navarro et al, 2012), en el criterio de expertos nacionales, y en la diferenciación a partir de la digitalización de imágenes satelitales Landsat.
Piedras	8	Cúpulas inselberg, que se encuentran diseminadas por toda la superficie de la región continental. Tienen un valor ecológico importante. Datos del Proyecto CUREF -INDEFOR.
Zonas urbanas, infraestructuras y zonas agrícolas	9	Zonas urbanas, carreteras, grandes infraestructuras y zonas agrícolas no incluidas en la categoría de mosaico agroforestal (que englobaría tanto la agricultura intensiva como la agricultura itinerante de subsistencia en las que la cobertura de copa es inferior al 30% según la definición de bosque)

Agua (masas continentales, ríos y lagos)	10	Ríos, lagos, zonas inundables.
CATEGORIAS DE PÉRDIDA O GANANCIA DE COBERTURA ARBÓREA ENTRE 2004 Y 2014		
Pérdidas de bosque 2004 – 2014	105 - 114	Todas aquellas zonas que en 2004 estaban enmarcadas en la definición de bosque (categorías 1 a 5) y que en los años posteriores hasta 2014 registraron una pérdida de cobertura arbórea por debajo del 30%, convirtiéndose en una de las zonas correspondientes a “no bosque” (categorías 6 a 10).
Ganancias de bosque	190	Todas aquellas zonas que en 2004 estaban clasificadas como “no bosque” (categorías 6 a 10) y que en los años posteriores hasta 2014 experimentaron una ganancia o aumento de cobertura arbórea, convirtiéndose en zonas enmarcadas en la definición de bosque (categorías 1 a 5).
Ganancias + pérdidas en pluvisilva, bosque monzónico y afromontano bajo	195	Todas aquellas zonas de pluvisilva y bosque afromontano bajo (categoría 1) en las que hubo ganancias o pérdidas de cobertura arbórea entre 2004 y 2014.
Pérdidas en manglar 2004 - 2014	205 - 214	Toda aquella zona que en 2004 estaba clasificada como manglar (categoría 2) y que en los años posteriores hasta 2014 registró una pérdida de cobertura arbórea por debajo del 30%, pasando a ser una zona de “no bosque” (categorías 6 a 10).
Ganancias en manglar	290	Toda aquella zona que en 2004 se consideraba de “no bosque” (categorías 6 a 10) y que en los años posteriores hasta 2014 experimentó una ganancia de cobertura arbórea, pasando a clasificarse como manglar (categoría 2).
Ganancias + pérdidas en manglar	195	Todas aquellas zonas de manglar (categoría 2) en las que hubo ganancias o pérdidas de cobertura arbórea entre 2004 y 2014.
Pérdidas en mosaico agroforestal 2004 - 2014	305 - 314	Toda aquella zona que en 2004 se clasificaba como mosaico agroforestal (categoría 3) y que en los años posteriores hasta 2014 registró una pérdida de cobertura arbórea por debajo del 30%, convirtiéndose en zona de “no bosque” (categorías 6 a 10).
Ganancias en mosaico agroforestal	390	Todas aquellas zonas que en 2004 se consideraban de “no bosque” (categorías 6 a 10) y que en los años posteriores hasta 2014 experimentaron una ganancia de cobertura arbórea convirtiéndose en mosaico agroforestal (categoría 3).
Ganancias + pérdidas en mosaico agroforestal	395	Todas aquellas zonas de mosaico agroforestal (categoría 3) en las que hubo ganancias o pérdidas de cobertura arbórea entre 2004 y 2014.

Pérdidas en araliáceas 2004 - 2014	405 - 414	Toda aquella zona de araliáceas en 2004 (categoría 4) que en los años posteriores hasta 2014 experimentó una pérdida de cobertura arbórea por debajo del 30%, pasando a clasificarse como una zona de "no bosque" (categorías 6 a 10).
Ganancias en araliáceas	490	Toda aquella zona que en 2004 se clasificaba como de "no bosque" (categorías 6 a 10) y que en los años posteriores hasta 2014 registró un aumento de cobertura arbórea convirtiéndose en una comunidad de araliáceas (categoría 4).
Ganancias + pérdidas en araliáceas	495	Todas aquellas zonas de araliáceas (categoría 4) en las que hubo ganancias o pérdidas de cobertura arbórea entre 2004 y 2014.
Pérdidas en palmeral 2004 - 2014	505 - 514	Toda aquella zona de palmeral (categoría 5) en 2004 que en los años posteriores hasta 2014 experimentó una pérdida de cobertura arbórea por debajo del 30%, pasando a clasificarse como zona de "no bosque" (categorías 6 a 10).
Ganancias en palmeral	590	Toda aquella zona de que en 2004 se clasificaba como de "no bosque" (categorías 6 a 10) y que en los años posteriores hasta 2014 registró un aumento de cobertura arbórea, convirtiéndose en palmeral (categoría 5).
Ganancias + pérdidas en palmeral	595	Todas aquellas zonas de palmeral (categoría 5) en las que hubo ganancias o pérdidas de cobertura arbórea entre 2004 y 2014.

Mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014

Descarga de información de Bioko y la región continental

Se descargó el mosaico Landsat de GFC correspondiente al año 2014.

Descarga de información de la isla de Annobón

Se utilizaron imágenes Landsat 8 procedentes del repositorio *Google Cloud Platform*. Las imágenes Landsat 7 carecen en ocasiones de líneas de datos (también denominados SLC-off, bandeos o *gaps*), y tienen un alto porcentaje de cobertura nubosa.

Recopilación de información de campo

Se recopiló información de campo durante el mes de mayo de 2015, registrando puntos GPS con sus respectivas fotografías, representando las distintas coberturas y usos de la tierra a lo largo de las vías asfaltadas de la región continental y de la isla de Bioko.

Clasificación no supervisada de las imágenes

Tanto las imágenes obtenidas del GFC como las del repositorio *Google Cloud Platform* se sometieron a una clasificación no supervisada utilizando la herramienta "*Iso Cluster Unsupervised Classification*" de ArcGIS. Tanto en Bioko como en la región continental, se redujo el número

inicial de clases, agrupando coberturas similares empleando imágenes Landsat e información de campo.

Clasificación supervisada de las imágenes

La clasificación supervisada tiene como objetivo delimitar con mayor detalle las clases o mejorar la precisión. Se utilizó la herramienta "*Maximum Likelihood Classification*" de ArcGIS, que permite utilizar píxeles de identidad conocida para clasificar píxeles de identidad o cobertura desconocida. En cada área se generaron "zonas de prácticas" de cada clase, inequívocamente asociadas al tipo de cobertura correspondiente.

Selección de las mejores clases de cada tipo de clasificación

Una vez obtenidas ambas clasificaciones (supervisada y no supervisada) se realizó una inspección visual de la calidad de las clases de cada tipo de clasificación comparándolas con las imágenes Landsat originales. Para evaluar las clasificaciones se utilizaron los mosaicos del GFC (los cuales tienen 4 bandas: 1. Roja, 2. NIR, 3. SWIR I, 4. SWIR II) con las combinaciones 432, 321 y 123.

Limpieza de las clases

En los casos de presencia de nubes, sombras (incluyendo barrancos) y falta de líneas de datos en las imágenes Landsat, se adoptó un enfoque conservador, asumiendo que en dichas zonas había bosque. La limpieza se realizó mediante una inspección visual (comparando cada clase obtenida con los productos del GFC utilizando las mismas combinaciones de bandas descritas en el paso anterior) y la digitalización posterior de polígonos en áreas con problemas para cada una de las clases.

Generación de un mosaico ráster

Posteriormente, se generó un *ráster* para cada una de las islas y la región continental superponiendo los *rasters* con clases individuales (por ejemplo, infraestructuras o ríos en el caso de la región continental) a los *rasters* con las clases resultantes de las clasificaciones no supervisadas (por ejemplo, tierra agrícola y tierra agrícola/praderas en la región continental) mediante la herramienta "Raster a Mosaico" de ArcGIS.

El producto que se obtiene al final de este proceso es el mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014 con una resolución 30 metros de píxel, en el sistema de referencia WGS84, representando las clases que se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Clases del mapa de cobertura y uso de suelo en 2014, adaptadas a las categorías de uso de suelo definidas por el IPCC.

Código	Clase[4]	Descripción
1	Infraestructuras	Incluye la expansión urbana (viviendas sociales, viviendas autoconstruidas), infraestructura de servicios (iglesias, hospitales, bases militares), tendido eléctrico y autopistas, así como suelo desnudo.
2	Tierras agrícolas	Incluye las zonas con cultivos, con construcciones rurales o con poca presencia de vegetación arbórea. En las zonas correspondientes a esta clase se realizan actividades de agricultura de subsistencia y de construcción de viviendas rurales. Dichas viviendas rurales tienen una distribución espacial poco densa por lo cual no llegan a ser clasificadas dentro de la cobertura “Asentamientos". La cobertura “Cultivos” se encuentra generalmente próxima a las vías.
3	Tierras agrícolas/Praderas	Incluye las zonas que presentan una combinación de barbechos, zonas de pastoreo de ganado a pequeña escala y extracción selectiva de madera. En esta clase la cobertura de vegetación arbórea es mayor que en la clase “Tierras agrícolas”. Se puede encontrar próxima a las vías, pero generalmente más alejada que la clase “Tierras agrícolas”.
4	Bosque	Abarca las zonas con cobertura arbórea densa que no corresponde a la clase de Tierras agrícolas ni a la de Tierras agrícolas/Praderas. En esta clase no se practica la agricultura de subsistencia, aunque también incluye aquellas áreas que antiguamente eran fincas de cacao y/o café.
5	Cuerpos de agua/*no data*	Ríos, lagos, zonas inundables.
7	Praderas de gramíneas en Annobón (UICN, 1991)	Se trata de extensas coberturas de gramíneas que ocupan de forma natural parte de la isla, sobre todo al nordeste y en algunas áreas costeras. Presenta una respuesta espectral diferente al resto de las categorías analizadas para Bioko y la región continental.

Mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-2014

El mapa de la deforestación y degradación forestal en el periodo 2004-2014 se generó combinando la información de los dos mapas anteriores (Mapa de pérdidas de cobertura arbórea de 2004-2014 y Mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014). El proceso de generación de los *rasters* con la información de deforestación y degradación (región continental, Bioko y Annobón)

[4] Las nombres de las clases se ajustan a las categorías definidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

se llevó a cabo a través de un script de R (combine_gfc_clean_mapa_uso_suelo_20171106), disponible para su consulta y descarga en la siguiente página web https://github.com/lecrabe/gnq_ws_20170726/.

Segmentación del mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014, completada con una segmentación del mosaico Landsat de 2014

El primer paso consistió en realizar una segmentación del mapa de cobertura y uso de la tierra de 2014, generando polígonos con una superficie mínima de 1 ha (equivalente aproximadamente a 12 píxeles), consistente con la definición de bosque para este estudio.

La segmentación a partir del citado mapa no fue suficiente ya que algunos polígonos, principalmente los correspondientes a zonas de bosques y zonas de no bosque, tenían una superficie excesivamente grande. Por esta razón, se realizó a una segunda segmentación en base al mosaico Landsat 2014 disponible para descargar en la página web del GFC.

Clasificación de los polígonos en zonas de deforestación, de degradación o sin cambios

En los polígonos obtenidos, se utilizó la información del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014 para determinar si:

- Se ha producido deforestación: cuando en el polígono bosque se han producido pérdidas de cobertura arbórea y ésta ha quedado por debajo del 30%.
- Se ha producido degradación: cuando en el polígono bosque se han producido pérdidas, pero la cobertura arbórea se mantiene por encima del 30%.
- No se han producido cambios: no se han producido pérdidas de cobertura arbórea, y el polígono se mantiene como bosque o como "no bosque" o cuerpos de agua.

Si un polígono estaba compuesto por una combinación de píxeles de bosque y no bosque, éste se consideró “bosque” si al menos un 30% de los píxeles en él contenidos correspondían a la categoría de bosque. La misma regla se aplicó en el caso de los cuerpos de agua. Los polígonos de bosque donde se identificaron ganancias de cobertura forestal se clasificaron como “bosque”.

Generación del mapa

Una vez generado el *raster* final se reproyectó a *Albers Conic Equal Area*, para poder trabajar con superficies.

El último paso consistió en asegurar que no existían píxeles sin valor (*no data*), como consecuencia de la combinación de ambos mapas. Para ello se generó y aplicó un nuevo script de R (replace_nodata_agua_20171206) disponible en la siguiente página web: https://github.com/lecrabe/gnq_ws_20170726/.

El mapa resultante de la deforestación y degradación forestal en el periodo 2004-2014 se divide en las siguientes categorías:

- Bosque sin pérdida de cobertura arbórea[5]
- Bosque degradado
- Deforestación
- No bosque (p. ej. abacá, pradera, piedras, zonas urbanas, infraestructuras y zonas agrícolas)
- Cuerpos de agua

Muestreo para corregir los errores de clasificación del mapa y estimación de la superficie de deforestación y de degradación forestal

Para corregir las estimaciones de deforestación y degradación forestal ligadas a los errores de clasificación o desviaciones de los mapas, y para cuantificar la precisión de estas estimaciones (es decir, calcular intervalos de confianza asociados a las estimaciones), se realizó un muestreo estratificado de 1 000 puntos (425 en la isla de Bioko y 575 en la región continental) diseñado con la herramienta "*Stratified Area Estimator Design*" de SEPAL, a partir del mapa preliminar de deforestación y degradación forestal de 2004-2014. En la isla de Annobón, la validación se realizó con expertos nacionales, sin realizar un muestro, ya que se trata de una isla muy pequeña.
En cada uno de los 1 000 puntos de muestreo, se determinó si se habían producido cambios en la cubierta forestal interpretando las imágenes satelitales. Para ello se utilizó la herramienta Open Foris-Collect Earth (http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html) y series temporales con mosaicos Landsat del periodo histórico y Sentinel-2 del año 2016. Collect Earth permite visualizar los puntos de muestreo en Google Earth, y registrar la interpretación realizada (deforestación, degradación, bosque, no bosque) en una ficha asociada a cada punto de muestro.

Las series temporales se generaron a partir de la selección de las imágenes satelitales en Google Earth Engine y aplicando un script de R en el que, para cada punto del muestreo, se crea un archivo PNG con un recorte de mosaicos Landsat 5, 7 y 8 para cada año del periodo histórico

[5] Esta categoría incluye las pocas ganancias de bosque identificadas.

correspondiente con la localización del punto y un área adicional de 1x1 km, así como el mismo recorte utilizando como base el mosaico de Sentinel-2 del año 2016. Estos recortes se acompañan con el gráfico del NDVI.

El proceso estadístico de muestro, descrito por Olofsson et. al (2014), permitió estimar la superficie deforestada y degradada durante el periodo 2004-2014 con los intervalos de confianza asociados que definen la precisión del mapa generado, así como la superficie de cobertura forestal del país en 2014 (Tabla 1).

La metodología utilizada para estimar la superficie deforestada y degradada en el periodo 2004-2014 tiene limitaciones, relacionadas con las imágenes satelitales utilizadas y, por tanto, con su interpretación por parte de los expertos nacionales. Muchas de las imágenes de Guinea Ecuatorial en Google Earth tienen una resolución media (especialmente en áreas no urbanas), y muchas de ellas contienen errores derivados de la limpieza de nubes (un problema muy habitual en la zona ecuatorial de África) y de la ausencia de líneas de datos en Landsat 7 (SLC-off después de 2003). Igualmente, los mosaicos Landsat generados para el periodo histórico que se han utilizado para las series temporales presentaron problemas debidos a la elevada cobertura nubosa. A la calidad de las imágenes se suma la dificultad para estimar la degradación forestal, que en esta metodología sólo se asocia a las aperturas de la cubierta de dosel observables. Para minimizar el impacto de esta problemática y complementar la información satelital, se trabajó con expertos nacionales cartógrafos y botánicos, con conocimiento del terreno y familiarizados con el uso de herramientas SIG. En caso de duda en la interpretación de los datos base, los conocimientos de los expertos ayudaron a determinar si se había producido un cambio.

MAPA DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL DE 2013-2018

La elaboración de este mapa se basó en la metodología usada en la creación del mapa del estudio histórico de deforestación y degradación forestal de 2004-14. En el repositorio **https://github.com/frel-guinea-ecuatorial/GNQ_DD_14_18**, se pueden encontrar las instrucciones de la cadena de procesamiento de datos, en los documentos README_ES.md y README_EN.md (en español e inglés respectivamente), y el material necesario para ser ejecutados en la plataforma SEPAL (https://sepal.io). Se incluyen los pasos para creación de los mosaicos de imágenes satelitales de 2018 de Bioko y de la región continental, su segmentación, y los códigos (en la carpeta 'scripts') para 1) la descarga de los datos de entrada desde Dropbox (los mapas de deforestación y degradación forestal de 2004-14 de Bioko y de la región continental y las segmentaciones de 2018), 2) la creación de los mapas base de 2013, 3) la descarga de los datos del GFC y la creación del mapa de pérdidas forestales de 2013-2018, y 3) la combinación

de estos productos para obtener las clasificaciones de 2018. Además, en el siguiente enlace se pueden descargar directamente los datos de entrada y otros productos intermedios y finales: los mosaicos, los mapas de bosque intacto y degradado de 2014 y de 2013, el mapa de pérdidas forestales anuales de 2013-2018, y los mapas de deforestación y degradación forestal de 2013-18. También se incluyen las imágenes de los mapas de deforestación y degradación forestal de 2013-18, y del enfoque de algunas zonas seleccionadas de estos mapas junto a sus correspondientes imágenes de los mosaicos satelitales de 2013 y 2018.

https://drive.google.com/drive/folders/1_5CBAL5GH9lHhMDfs64GAaJwvLz6xdlm?usp=sharing

Mapa de bosque intacto y degrado de 2013

El mapa del estudio histórico de deforestación y degradación forestal de 2004-14 se reclasificó para obtener el mapa de bosque estable y bosque degradado de diciembre de 2013. Se quitaron las pérdidas forestales del año 2014 (los pixeles con pérdidas forestales en 2014 pasaron a bosque), para incluir 5 años de actividad en el NREF. Las clases de deforestación (por asentamientos, agricultura o pasturas) pasaron a la clase de no bosque. La clase de degradación por asentamientos también pasó a la clase de no bosque, ya que su uso primordial dejó de ser forestal, mientras que las clases de degradación por agricultura o pasturas pasaron a la de bosque degradado.

Mapa de pérdidas forestales de 2013-2018

Se creó un mapa de pérdidas forestales de 2013-2018 a partir del GFM (http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest). Este mapa incluye las pérdidas de los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018, es decir, de 5 años. Con un código de R se descargó la información del GFC de las pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2000–2018 de Bioko y de la región continental (para cubrir Guinea Ecuatorial se necesitan los *grids* 10N-0E y 10N-10E) en formato raster, categorizadas según el año de pérdida (0=no pérdida o valores en el rango 1-18, representando el año en el que se ha detectado primeramente la pérdida en los años 2001-2018 respectivamente). Estas se clasificaron en pérdida o no pérdida de bosque en el 2013-2018. Para Annobón no hay datos del GFM por lo que se hizo una extrapolación del mapa de deforestación y degradación forestal de 2004 -2014.

Procesamiento de imágenes satelitales de 2018

Se creó un mosaico a partir de imágenes de Landsat 7 y 8, tomando como fecha prioritaria el 31 de diciembre de 2018 y rellenando los pixeles con cobertura nubosa con datos de la misma estación de los tres años anteriores. Este se segmentó en unidades de paisaje de una unidad mínima de mapeo de 1 ha en función de las características espaciales y espectrales, tomando las bandas 3-4-5 (red-NIR-SWIR). Tanto el mosaico como la segmentación se hicieron en SEPAL (https://sepal.io).

Árbol de decisión de clasificación de las imágenes

Para estimar el área que ha sido deforestada y degradada desde el 31 de diciembre del 2013 hasta el 31 de diciembre 2018 en cada unidad, los segmentos se sobrepusieron con el mapa de bosque intacto y degrado de 2013 y con el mapa de pérdidas forestales de 2013-2018 (ambos en formato raster), y se clasificaron en R de acuerdo a un árbol de decisión representado en la Ilustración 3 que tiene en cuenta la definición forestal. Además se decidió que 1) para clasificar un bosque en 2013 en intacto o degradado, este debería haber sufrido una degradación de menos o más del 30% respectivamente entre 2004 y 2013, y 2) para clasificar un bosque en 2018 en degradado o deforestado este debería haber sufrido una pérdida del área forestal de menos o más del 30% respectivamente entre 2013 y 2018; además para clasificar un bosque en degradado se añadió un umbral de más del 10% para no considerar pequeñas pérdidas debidas a errores o 'ruidos'. Las clases finales del mapa de 2018 fueron: no bosque, bosque estable, bosque degradado y bosque deforestado. Finalmente, este mapa se rasterizó para calcular las áreas.

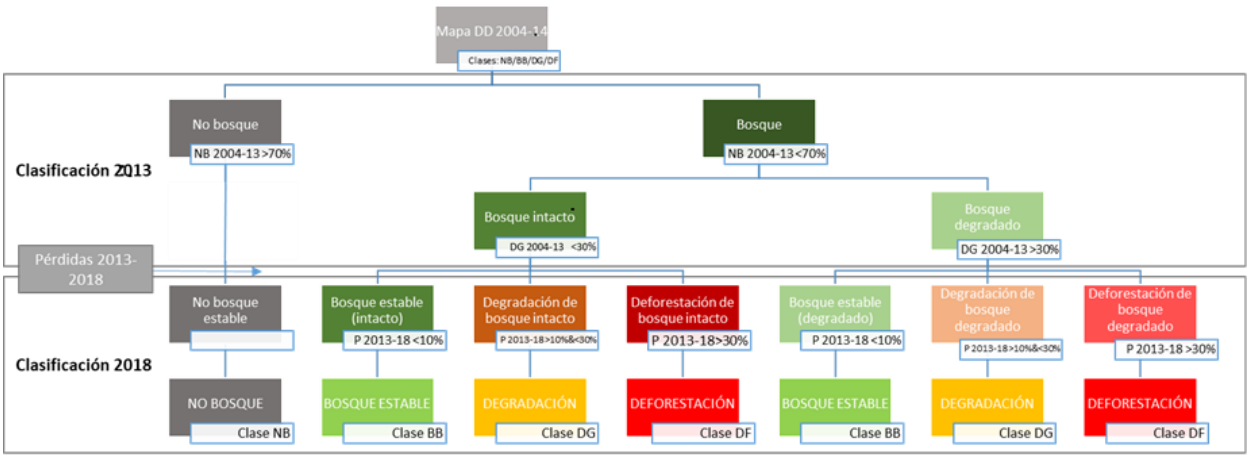


Ilustración 3. Árbol de decisión para clasificar los segmentos del mosaico satelital de 2018 de acuerdo con el mapa de deforestación y degradación (DD) forestal de 2004-14 y el mapa de pérdidas (P) forestales de 2013-2018.
NB: no bosque, BB: bosque, DG: degradación, DF: deforestación. Los rectángulos de colores representan la clase en 2013 y 2018, y los rectángulos adjuntos sin color la regla correspondiente aplicada al área de los segmentos o la clase inicial o final.

Clasificación de 2018

La clasificación de 2018 originalmente tenía en cuenta el estado inicial del bosque en relación con la degradación que había sufrido en el período anterior (2004-14). Por ello contaba con siete clases: bosque estable intacto, bosque estable degradado, degradación de bosque intacto, degradación de bosque degradado, deforestación de bosque intacto y deforestación de bosque degradado. Es decir, diferenciaba entre degradación y deforestación del bosque que en los 10 años anteriores al período de referencia no había sufrido cambio, de aquel que había sufrido degradación y por tanto tenía un contenido de carbono menor. Sin embargo, por la baja precisión del mapa y la dificultad de interpretación del muestreo, se decidió reclasificar el mapa en las cuatro clases finales de no bosque, bosque estable, bosque degradado y bosque deforestado.

Diseño de muestreo

Se creó un muestreo aleatorio estratificado en la herramienta de SEPAL '**Stratified Area Estimator Design**', para estimar las áreas de no bosque, bosque estable, bosque degradado y bosque deforestado de 2013-2018, reduciendo en la medida de lo posible la sobreestimación y la subestimación, así como las incertidumbres, de las áreas del mapa de deforestación y degradación forestal de 2013 -2018.

La herramienta combina el mapa de deforestación y degradación forestal de 2013 -2018, que se utilizó para estratificar el área de interés, con una interpretación visual del muestreo para producir estimaciones de las superficies. El concepto es derivado de los principios de evaluación de la exactitud de un mapa: la frecuencia caracterizada de errores (omisión y comisión) para cada clase del mapa puede utilizarse para calcular las estimaciones de su área total, así como para estimar las incertidumbres (intervalos de confianza) de las áreas de cada clase.

El mapa se estratificó de acuerdo con el área de cada clase y a la confianza esperada del usuario sobre su correcta identificación. Las clases estables (bosque y no bosque) ocupan la mayor parte del área del mapa y son más fáciles de identificar, mientras que las clases de cambio (deforestación y degradación forestal) ocupan una pequeña porción del área del mapa y son más difíciles de identificar. Por ello, a las clases estables se les asignó una mayor precisión, se eligió 0.9, y a las clases de cambio 0.7. Esta medida influye en el tamaño general de la muestra, por ejemplo, las clases con una certidumbre baja aumentarán el tamaño general de la muestra.

Finalmente se seleccionó el tamaño mínimo de muestras de cada clase y el error estándar de la precisión global, para que el tamaño total sea suficiente para estimar con precisión la superficie de las clases. El tamaño mínimo por estrato se eligió de 50 para Bioko y de 100 para continente, lo que resultó según Olofsson et. al 2014 en un muestreo de 930 puntos en la región de Bioko y

960 en la región continental, 1.860 muestras en total, que se distribuyeron de forma aleatoria para cada clase conforme a una repartición de muestras por clase ajustada.

La repartición de muestras por clase se ajusta con el fin de no tener un tamaño de muestreo demasiado grande para obtener la misma precisión global, ya que las clases de degradación, y sobre todo de deforestación, representan un bajo porcentaje del área total.

Interpretación visual de las muestras

Para la interpretación visual de las muestras se creó en **Open Foris Collect** (http://www.openforis.org/tools/collect.html) un proyecto ('CE_2019-09-05bioko v.2'). En él se diseñaron parcelas de forma cuadrada centradas en los puntos de muestreo, con un área de 1ha y 5x5 puntos distribuidos sistemáticamente en su interior, y una encuesta sobre el uso del suelo, el tipo de bosque y la cobertura arbórea.

Encuesta de clasificación de las muestras

La encuesta está disponible en Open Foris Collect en 'List of survey' con el nombre 'uri_ce_2019_10_08_guinea_ec'. Esta incluye las opciones de la Tabla 5, tanto para el inicio (1 enero de 2014) como para el final (31 diciembre 2018) del período de referencia. Durante el período de interpretación, algunos cambios en las clases de la encuesta fueron sugeridos por los expertos, que se tuvieron en cuenta en la clasificación final de las muestras.

Tabla 5. Contenido de la encuesta de clasificación de las muestras

Usos del suelo
Bosque
Bosque-agricultura (con cubierta forestal >30%)
Bosque-pradera (con cubierta forestal >30%)
Cultivo (anual)
Agrosilvicultura o cultivo perenne (ex. cacao, café, aceite de palma, abacá, plátanos)
Mosaico agroforestal (cultivos con árboles naturales)
Bosque en regeneración / barbecho
Pradera
Humedal
Asentamiento, infraestructura, cuerpo de agua, zona inundable y otras tierras
En caso de bosque o bosque-agricultura: Tipo de bosque
Pluvisilva / Bosque monzónico / Afromontano bajo / Cerros cúpula (Inselberg)
Araliáceas / Afromontano alto
Manglar
Palmeral
En caso de bosque o bosque-agricultura: Cubierta arbórea

1. **Si la cubierta arbórea es bien visible (es decir, se disponen imágenes satelitales de alta resolución)**	Se cuenta el número de puntos dentro de la parcela que caen sobre bosque. El porcentaje de cubierta arbórea se calcula automáticamente (por ej. si los 25 puntos caen en bosque, entonces la cubierta será del 100%)
2. **Si la cubierta arbórea no es bien visible (es decir, no se disponen imágenes satelitales de alta resolución)**	Se hace una estimación de las siguientes clases: - <30%, - 30-60%, - 60-90% - >90%.
En ambos casos, se selecciona el nivel confianza (alta o baja) para posibles revisiones futuras. En algunos casos puede no disponerse de imágenes de alta resolución, pero los intérpretes pueden estar muy seguros de su cobertura por conocimiento del terreno.	

Clase bosque-agricultura

La resolución de los datos satelitales usados para la estimación de las pérdidas de cobertura arbórea no permite diferenciaren muchos casos las parcelas de agricultura a pequeña escala. Esto se debe a que en Guinea Ecuatorial 1) las parcelas de agricultura tradicional tienen una superficie muy pequeña (incluso inferior a 30 x 30 m, resolución de las imágenes), y 2) las parcelas de agricultura itinerante se suelen encontrar en parches combinados con barbechos y zonas de bosques secundarios en diferentes fases de evolución, por lo que la cobertura de copa es fácilmente igual o superior al 30% en áreas de 1 ha. Según la definición de bosque, estas pequeñas parcelas de agricultura se incorporarían, en muchos casos, a la categoría de bosque. Por este motivo se creó la clase 'bosque-agricultura', que, por una parte, nos permite contabilizar los cambios de carbono estas áreas forestales, y por otro, distinguir estas áreas de la clase bosque con uso predominantemente forestal y tener una información más realista del uso del suelo del país. A su vez esto nos permitió no obtener una subestimación del stock de carbono (en caso de clasificar estas áreas en la clase agricultura) ni una percepción sobreestimada del bosque primario.

La encuesta también calcula de forma automática el cambio de cobertura arbórea entre el inicio y el final del período de referencia, la clase de cambio y una clase de cambio agregada (en base a la cual se estimaron los cambios del contenido de carbono), de acuerdo con un árbol de decisión.

Árbol de decisión para detección de cambios

El cambio del contenido carbono se estima en las clases de uso agregadas de bosque (B), mosaico bosque-agricultura (B/A) y no bosque (NB). Las clases de cambio se obtienen a partir de la ganancia (G), pérdida (P) o cobertura estable (E) entre el inicio (tiempo 1) y el final (tiempo 2) del

periodo de referencia tal como muestra la Ilustración 4. Estas clases de cambio finalmente se agregan en las siguientes clases que tienen en cuenta el cambio del contenido de carbono:

- No bosque estable (NB est)
- Bosque o bosque agricultura estable (B est)
- Degradación: bosque o bosque-agricultura con reducción de cubierta de dosel manteniendo más del 30% entre 2013 y 2018 (B deg)
- Deforestación: bosque o bosque-agricultura con reducción de cubierta de dosel de más a menos del 30% entre 2013 y 2018 (B def)
- Regeneración: bosque o bosque-agricultura con aumento de cubierta de dosel entre 2013 y 2018 (B reg)
- Reforestación: no bosque con aumento de cubierta de dosel a más del 30% entre 2013 y 2018 (NB ref).

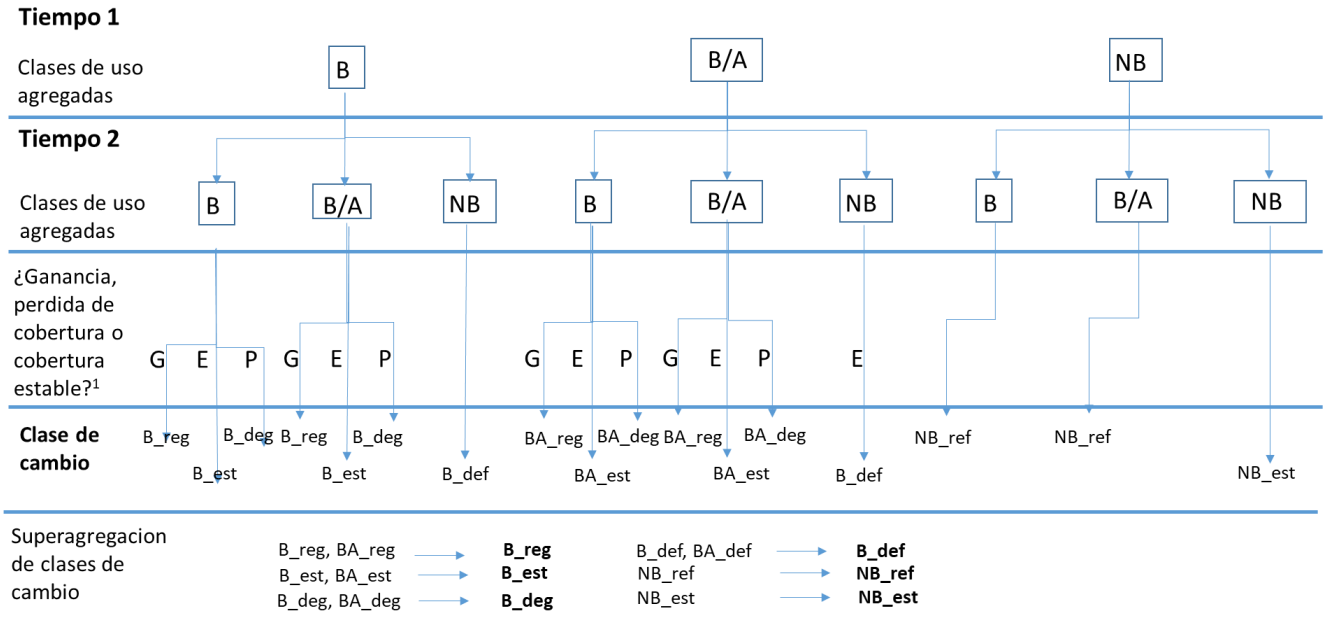


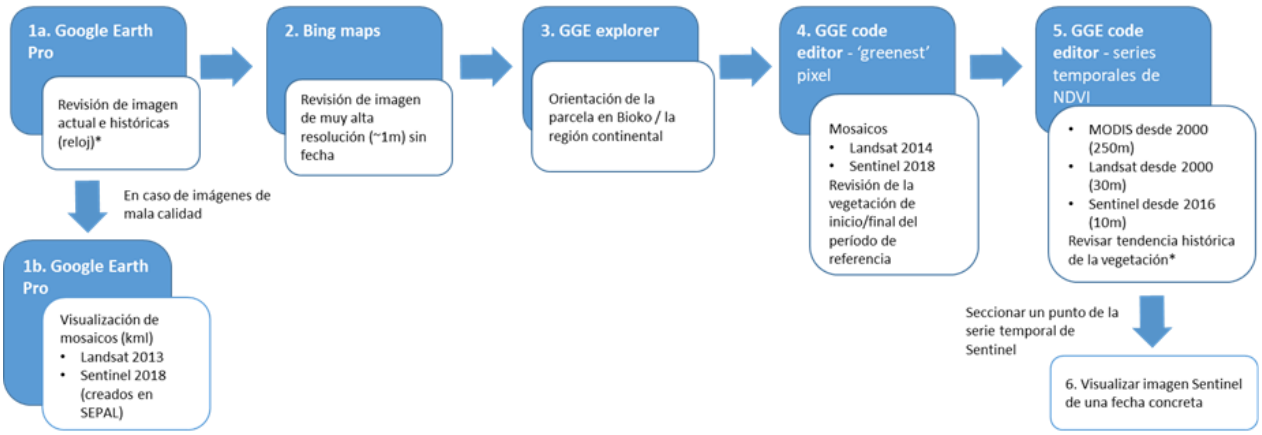
Ilustración 4. Árbol de decisión de detección de cambios de la encuesta del NREF

Protocolo de interpretación visual de las muestras

El proyecto creado en Open Foris Collect fue importado en **Collect Earth** (http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html), así como los archivos con las muestras. Estas fueron interpretadas con la ayuda de la encuesta por siete parejas de expertos nacionales, uno con conocimiento en cartografía, SIG o teledetección y otro botánico o con experiencia de

terreno, pertenecientes al MAGBMA, la UNGE, el INEGE o FAO-GE. La lista con el nombre, la institución y el cargo de estos expertos se encuentra en el Anexo I.

Collect Earth se conecta automáticamente con Google Earth Pro, además, se configuró para que se conectase con Bing Maps y Google Earth Engine (GEE), de forma que al seleccionar una parcela se abrieran en el programa las siguientes ventanas: 1) Bing Maps con imágenes de alta resolución, 2) GEE Explorer y 3) GEE con un código que automáticamente muestra mosaicos del índice de vegetación 'greenest' pixel de Landsat 2013 y Sentinel 2018, y gráficos de series temporales de los valores medios de NDVI de MODIS, Landsat y Sentinel de los pixeles contenidos en la parcela. Además, se crearon mosaicos de Landsat del inicio del período de referencia y de Sentinel del final del período de referencia en SEPAL, que se importaron en Google Earth Pro para su visualización en caso de que las imágenes disponibles en Google Earth fueran de mala calidad. En la Ilustración 5 se muestra el protocolo seguido por todos los grupos de expertos para interpretar cada parcela.



*Importante tener en cuenta el período de referencia: cuanto más cercanas las fechas de capturas de las imágenes al 31 diciembre de 2013 y al 31 diciembre de 2018 más óptimas son para detectar los cambios.

Ilustración 5. Protocolo de interpretación de las parcelas.

Diseño de Respuesta

Reglas para la interpretación de las muestras

Durante la interpretación de las muestras por los expertos se acordaron una serie de reglas de para obtener unos resultados consistentes, teniendo en cuenta la definición de bosque como 'uso predominantemente forestal' (no exclusivo, ej. bosque/agricultura). Estas fueron:

- Una muestra por la que pasa una carretera con más de 30% de bosque es 'bosque', lo mismo con los ríos.
- Una muestra con asentamiento rural con más del 30% de bosque es 'bosque', pero con menos del 30% de bosque es 'asentamiento'.
- Una muestra con asentamiento urbano con más del 30% de bosque es 'asentamiento' (uso no forestal).
- Una muestra con >30% de bosque y el resto cultivos es 'bosque-agricultura', pero con >30% de bosque y el resto otra clase con carbono (ej. praderas) es' bosque'.
- 'Otras tierras' debe usarse sólo para parcelas donde no hay absolutamente nada de vegetación (ej. rocas), no para parcelas que no son bosque.
- Una muestra en la que no hay vegetación por una actividad humana (ej. cantera, mina) es 'otras tierras'.

Control de calidad de la interpretación

Los intérpretes registraron su nivel de confianza (alto o bajo) al interpretar una muestra. Por ejemplo, en caso de disposición de imágenes de alta resolución o buen conocimiento del terreno, indicaban confianza alta, por el contrario, en caso de ausencia de imágenes de alta resolución o cobertura nubosa, confianza baja. Este ejercicio resultó en una alta confianza de las validaciones; sólo el 9,4% y el 12% de las muestras obtuvieron una baja confianza en el inicio y final del período de referencia respectivamente.

Además, cada grupo validó el 5% de las muestras interpretadas por otro grupo. De 105 muestras los grupos estuvieron de acuerdo en un 80%, por lo que hubo una alta consistencia. El desacuerdo más frecuente fue el de clasificar el bosque estable como bosque degradado (sobrestimación de las pérdidas de carbono), pero este 'error' quedó compensado por los desacuerdos que subestimaban las pérdidas.

Análisis y resultados de la detección del área de deforestación y degradación forestal

Matrices de errores

Las Tabla 6 y Tabla 7 representan las matrices de errores de las clasificaciones de las muestras de la Región Continental y de Bioko respectivamente. Estas son una tabulación cruzada de las clases asignadas por mapa y por los validadores. La diagonal de la matriz contiene el número de muestras 'correctamente' clasificadas, es decir, aquellas cuya clase asignada por los validadores coincide con la del mapa. La matriz de error proporciona la exactitud del usuario (una medida de los errores de comisión del mapa) y la exactitud del productor (una medida de los errores de omisión del mapa). Las exactitudes del usuario y del productor dan una indicación de la calidad del mapa. Sin embargo, las estimaciones finales de las áreas de deforestación y degradación forestal se basan en el muestreo y, por lo tanto, la precisión del mapa no es muy relevante para evaluar la exactitud de los datos de la actividad. La precisión de los datos de actividad se aproxima a través del ancho del intervalo de confianza.

Matriz de error de la Región Continental

2013-2018		Datos de referencia				Total	Exactitud del usuario
		No bosque estable	Bosque estable	Degradación	Deforestación		
Datos del mapa	No bosque estable	**74**	17	2	1	**94**	79%
	Bosque estable	8	**588**	37	4	**637**	92%
	Degradación	10	70	**6**	4	**90**	7%
	Deforestación	16	48	12	**16**	**92**	17%
Total		**108**	**723**	**57**	**25**	**913**	
Exactitud del productor		69%	81%	11%	64%		

Tabla 6. Matriz de errores de la Región Continental (los valores son número de muestras)

Matriz de error de Bioko

2013-2018		Datos de referencia				Total	Exactitud del usuario
		No bosque estable	Bosque estable	Degradación	Deforestación		
Datos del mapa	No bosque estable	**40**	8	0	2	**50**	80%
	Bosque estable	14	**726**	27	5	**772**	94%
	Degradación	5	33	**5**	7	**50**	10%
	Deforestación	12	20	10	**5**	**47**	11%
Total		**71**	**787**	**42**	**19**	**919**	
Exactitud del productor		56%	92%	12%	26%		

Tabla 7. Matriz de errores de Bioko (los valores son número de muestras)

Estimación de la deforestación y degradación forestal de 2013-18

Las estimaciones corregidas del área de deforestación y degradación forestal de 2013-2018 de Bioko y Continental y la evaluación de la precisión se calcularon en la herramienta '**Stratified Area Estimator Analysis'** de SEPAL, y se basan en las observaciones hechas en las unidades de muestreo, no en las áreas de las clases del mapa (Tabla 8). Para la combinación de errores se utilizó el enfoque 1, la propagación de errores.

Para la estimación del área de deforestación y degradación forestal de 2013-2018 de Annobón, se hizo una extrapolación del mapa de pérdidas de cobertura arbórea correspondiente al periodo histórico 2004-2014 (MAGBMA, FAO, 2018b), asumiendo que la pérdida anual no ha cambiado.

Tabla 8. Resultados de la deforestación y degradación forestal de 2013-18 del estimador de área estratificada de SEPAL y sus intervalos de confianza asociados para Guinea Ecuatorial, la Región Continental y Bioko, y de la extrapolación del estudio histórico para Annobón.

	ISLA DE ANNOBÓN	ISLA DE BIOKO		REGIÓN CONTINENTAL		GUINEA ECUATORIAL	
	Superficie (ha)	Superficie (ha)	IC	Superficie (ha)	IC	Superficie (ha)	IC
Bosque sin pérdida de cobertura arbórea en el periodo 2013-2018	1 437	174 578	3 184	2 251 757	49 392	2 427 772	49 494

No bosque	390	9 191	1 916	69 614	22 184	79 195	22 266
Degradación forestal en el periodo 2013-2018	117	6 948	2 390	145 830	42 583	152 894	42 650
Deforestación en el periodo 2013-2018	56	2 282	1 224	23 490	15 470	25 828	15 518

En los datos de la Región Continental se incluyen la deforestación y degradación forestal de las islas de Corisco, Elobey Grande y Elobey Chico, ya que por su proximidad se les aplicará el mismo factor de emisión. En Corisco, con una superficie de 15km^2 y 150 habitantes, se registró deforestación y degradación forestal. En Elobey Grande, con 2,27km^2 y casi deshabitada, se registró un poco de degradación forestal. Elobey Chico tiene 0,19km^2 y está deshabitada, no se detectó actividad humana. Mbañe, por su pequeño tamaño (30 hectáreas) en relación a la resolución de las imágenes, no se aprecia en el mapa, pero esta deshabitada y no tiene actividad humana.

Datos adicionales recopilados a través de las muestras

En la interpretación de las muestras los expertos recopilaron información adicional al de las áreas deforestadas y degradadas, que se utilizó en el cálculo de NREF.

Cambio de cobertura forestal

En el caso de muestras sujetas a deforestación, los intérpretes recogieron la cobertura arbórea antes del evento. La media de la pérdida de la cobertura arbórea fue del 81%.

En el caso de muestras sujetas a degradación, los intérpretes recogieron la cobertura arbórea antes y después del evento. La media de la pérdida de cobertura arbórea fue del 25,5%.

La información del aumento de la cobertura arbórea no se tuvo en cuenta porque los mapas de 2004-14 y 2013-18 no incluyen las clases de regeneración y reforestación; el GFM sólo tiene la información de las ganancias de bosque hasta el año 2012.

Tipos de bosque

Los expertos también interpretaron el tipo de bosque sujeto a deforestación y degradación forestal. El 97,7% del bosque deforestado y el 100% del bosque degradado pertenecen a la clase Pluvisilva.

Uso de la tierra después de la deforestación

Para incluir las capturas de carbono derivadas del uso final del suelo, se ha estimado que el uso posterior a la deforestación de las muestras deforestadas: 77% asentamiento, 14% bosque en regeneración o barbecho, 7% pastizal y 2% agrosilvicultura (Ilustración 6).

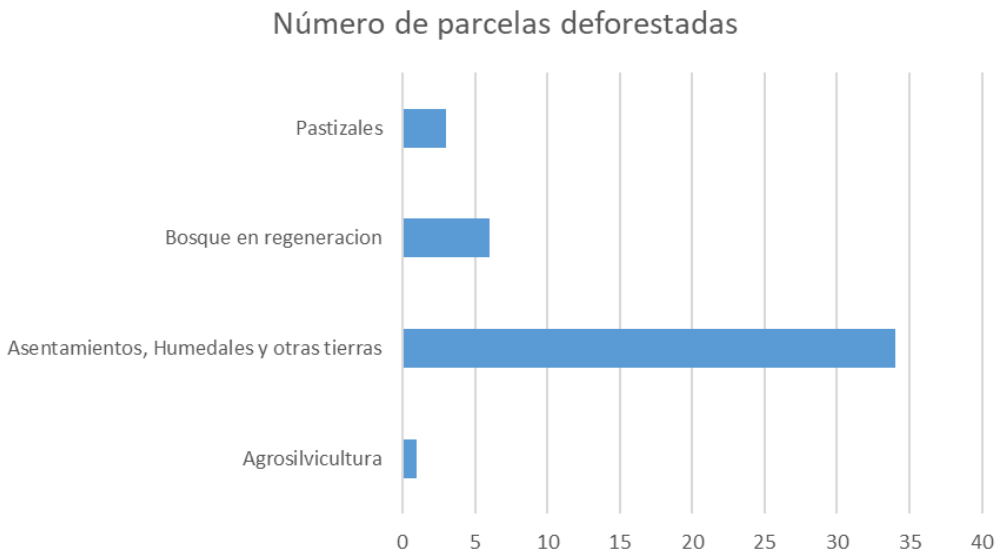


Ilustración 6. Uso de la tierra después de la deforestación.

Factores de emisión

Actualmente no hay datos disponibles del contenido de carbono de los bosques de Guinea Ecuatorial. En espera de datos más precisos coleccionados por el Inventario Nacional Forestal (INF), y para mantener coherencia con el INGEI, se utilizaron los valores de la Primera Comunicación Nacional (PCN) (MAGBA 2019b) basados en el IPCC 2006 para la biomasa por encima del suelo (bosques mixtos en Cuadro 3.18 de la PCN). Estos valores han sido validados por expertos y comparados con los valores de Saatchi et al. (2011) para Guinea Ecuatorial y con los valores del inventario forestal nacional de un país vecino con un bosque similar. Además de la biomasa aérea, se tuvo en cuenta la biomasa subterránea y la contenida en la hojarasca y la madera muerta. Los valores utilizados fueron los siguientes:

- **Biomasa por encima del suelo**: 262.2 toneladas de materia seca/ha para el bosque deforestado en Continente y 199.2 toneladas de materia seca/ha para el bosque en Bioko y Annobón.
- **Biomasa por debajo del suelo**: se utilizó el factor de relación entre raíces y biomasa aérea *(root-shoot ratio)* aplicado a la biomasa aérea sugerido por el IPCC 2006 (Volumen 4, capitulo 4, Tabla 4.4) de 0.37 para selva tropical (Fittkau & Klinge, 1973).

- **Hojarasca**: valores por defecto del IPCC, que sugiere que la hojarasca de bosques tropicales y de hoja ancha (*broadleaved*) contiene 2.5 tC/ha (IPCC 2019, volumen 4, capítulo 2, Tabla 2.2).
- **Madera muerta**: valores por defecto del IPCC, que sugiere que la madera muerta en bosques tropicales y de hoja ancha contiene 17.7 tC/ha (IPCC 2019, volumen 4, capitulo 2, Tabla 2.2).

Estos valores corresponden a una biomasa total (aérea y subterránea) de 168.82 tC/ha para Continente y 128.26 tC/ha para Bioko y Annobón, valores intermedios del bosque primario y secundario[6], ya que la principal limitación de este estudio es la distinción entre pluvisilva primaria y secundaria.

La Primera Comunicación Nacional proporciona información sobre diferentes tipos de bosques. Sin embargo, en la interpretación visual de las muestras resultó que el 97.7% del bosque deforestado y el 100% del bosque degradado pertenecían al mismo tipo de bosque (ver apartado ‘ Análisis y resultados de la detección del área de deforestación y degradación forestal’.

Actualmente el diseño del (Segundo) *Inventario Nacional Forestal de Guinea Ecuatorial* ha sido terminado y se prevé que el levantamiento de datos tenga lugar en 2020. El inventario incluye la medición y estimación de biomasa aérea. Una vez terminado el levantamiento y análisis de datos, la información podrá ser incluida en una futura actualización del NREF. En ésta se prevé que la biomasa aérea se estime directamente a partir de los datos que serán levantados en campo y la biomasa subterránea como una fracción de la biomasa aérea. El INF también incluirá la medición y estimación de otros depósitos de carbono, como materia orgánica muerta y suelo (MAGBMA and FAO, Por publicar). Los datos del primer INF de 1992 no se han tenido en cuenta para los factores de emisiones debido a la falta de datos sobre biomasa.

Con los valores de biomasa elegidos se calcularon los factores de emisión para la deforestación y la degradación forestal. Los cálculos paso a paso se muestran en el Anexo II.

Factores de emisión para la deforestación

Para el factor de emisión de la deforestación de consideró el contenido de carbono promedio en el uso de tierra post-deforestación. De las 1832 muestras evaluadas, 44 muestras sufrieron deforestación en el periodo 2013-2018. La distribución del uso del suelo posterior a la deforestación se determinó en base a la interpretación visual por parte de los expertos de las

[6] IPCC 2019 sugiere una biomasa de 291 tC/ha para bosques primarios en la selva tropical en África, 153 tC/ha para bosque secundario > 20 años y 45 tC/ha para bosque secundario <20 años. Saatchi proporciona estimaciones específicas para los bosques Guinea Ecuatorial, sugiere un promedio de 160 tC/ha.

imágenes disponibles después de los eventos de deforestación vistos en las estas muestras y para el contenido promedio de carbono de los diferentes usos se utilizaron los valores proporcionados por el IPCC 2019 (Tabla 9). El Anexo III proporciona con más detalle la proveniencia de estos valores del contenido promedio de carbono de los usos post-deforestación.

Tabla 9. Contenido promedio de C (fuente IPCC 2019) y estimaciones de la distribución del uso de la tierra post-deforestación.

	Contenido promedio de C (tC/ha)	Distribución de uso post-deforestación
Asentamientos	0	77.3%
Bosque en regeneración/barbecho	36.7	13.6%
Pastizales	7.6	6.8%
Agrosilvicultura	65.9	2.3%

El resultado de este análisis estima que el contenido promedio del uso de tierra posterior a la deforestación es de 7.02 tC/ha[7] (25.7 tCO_2/ha). Por lo tanto, los factores de emisión asociadas con la deforestación se calcularon en base a la diferencia de contenido de carbono en el bosque deforestado (valores distintos para la región Continental y para Bioko-Annobón) y el contenido de carbono en el uso de tierra post-deforestación (mismo valor para todo el país), y teniendo en cuenta además el carbono perdido de la hojarasca y de la madera muerta (Tabla 10).

Tabla 10. Factores de emisión (FE) asociados a la deforestación por región.

	FE (tCO_2/ha)
Deforestación en Continente	667.4
Deforestación en Bioko	518.6
Deforestación en Annobón	518.6

Factores de emisión para la degradación forestal

Para aproximar el factor de emisión de la degradación forestal, se analizó el cambio de cobertura forestal en los bosques degradados. De las 1832 muestras evaluadas, 98 fueron sujeto a

[7] [(77.3x0) +(13,6x36,7) +(6,8x7,6) +(2,3x65,9)]/100 = 7.02tC/ha.

degradación forestal en el periodo 2013-2018. En promedio la reducción absoluta de la cobertura forestal fue del 25.5%. La cobertura inicial promedio fue 92.4%, por lo que la reducción relativa de cobertura forestal fue de 27.6%. Para aproximar los factores de emisión asociados con la degradación se hicieron dos suposiciones. La primera, que la disminución de la cubierta del dosel está perfectamente correlacionada con la disminución del contenido de carbono (mejor aproximación disponible en ausencia de datos de un inventario de suelos), por lo que se consideró que el promedio del contenido de carbono que disminuye con la degradación forestal fue de 27.6% en todo el país. La segunda, que la degradación afecta tanto a la biomasa aérea como subterránea (a falta de datos del inventario de suelos), ya que el estudio de causas sugiere que al menos el 90% de la degradación se debe a causas que afectan a las (agricultura itinerante, expansión de infraestructuras o aprovechamiento maderero).

Por tanto, los factores de emisión se calcularon aplicando la disminución relativa de la cobertura forestal a los valores del contenido de carbono de la biomasa total de los bosques de la región Continental y de Bioko y Annobón (Tabla 11).

Tabla 11. Factores de emisión (FE) asociados a la degradación por región.

	FE (tCO_2/ha)
Degradación en Continente	171.1[8]
Degradación en Bioko	130.0[9]
Degradación en Annobón	130.0

[8] 168.8 tC/ha x 0.27645 x 3.66667 (CO_2/C) = 171.1 tCO_2/ha

[9] 128.26 tC/ha x 0.27645 x 3.66667 (CO_2/C) = 1.1 tCO_2/ha

NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES PROPUESTO

Las emisiones por región se calcularon multiplicando los datos de actividad () con los factores de emisión (Tabla 10 y Tabla 11) tanto para la deforestación como para la degradación forestal (Tabla 12). El intervalo de confianza en torno a los datos de actividad se calculó siguiendo las ecuaciones establecidas en Olofsson et. al (2014) y se describió en la sección de 'Datos de actividad'. Para los factores de emisión se utilizaron los intervalos de confianza predeterminados según lo dispuesto en el IPCC 2006 (para valores *Tier* 1), que sugiere estimaciones de incertidumbre respecto a factores de carbono forestal para existencias en crecimiento para países no industrializados del 30%.). Los pasos del cálculo de estas emisiones se puede encontrar con más de detalle en el Anexo II.

Tabla 12. Valores de actividad de la degradación y deforestación anuales, factores de emisiones (FE) aplicados y sus emisiones correspondientes, con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial por región

		Actividad (ha/año)	IC	FE (tCO_2/ha)	IC	Emisiones (tCO_2)	IC	IC (%)
Continente	Degradación anual	29 166	8 517	171.1	51.3	4 991 354	2 089 630	42%
	Deforestación anual	4 698	3 094	667.4	200.2	3 135 344	2 268 986	72%
Bioko	Degradación anual	1 390	478	130.0	39.0	180 683	82 457	46%
	Deforestación anual	456	245	518.6	155.6	236 682	145 507	61%
Annobón	Degradación anual	23		130.0	39.0	3 029	909	30%
	Deforestación anual	11		518.6	155.6	5 809	1 743	30%

Los valores fueron agregados a nivel nacional para establecer el NREF de Guinea Ecuatorial que consiste en 8 552 900 tCO_2/año ± 36% (Tabla 13).

Tabla 13. Valores de las emisiones de degradación y deforestación anuales con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial.

	Emisiones (tCO_2/año)	IC	IC (%)
Degradación anual	5 175 066	2 091 256	40%
Deforestación anual	3 377 834	2 273 648	67%
NREF	**8 552 900**	**3 089 146**	**36%**

Las tablas Excel con los cálculos de los datos de actividad y de los factores de emisión pueden encontrarse en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1_5CBAL5GH9lHhMDfs64GAaJwvLz6xdlm?usp=sharing

FUTURAS MEJORAS PARA EL DESARROLLO DE LA INFORMACIÓN

Fortalecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB)

En la actualidad Guinea Ecuatorial no dispone de un Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques continuo. CN-REDD+, DGM, INDEFOR-AP, UNGE e INCOMA están trabajando para paliar este problema con iniciativas de mejoras para realizar un seguimiento cambios de los bosques nacionales. En la actualidad se están realizando esfuerzos en la utilización de metodologías de monitoreo satelital y en la generación de nueva información de campo fiable.

Brechas técnicas de MRV-RS

1. Automatización del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques

Para deshacerse de las estimaciones de los cambios surgidos en los bosques con metodologías arcaicas, en el pasado reciente se realizó un estudio sobre el Análisis Histórico de la Deforestación y Degradación Forestal en Guinea Ecuatorial del periodo 2004-2014. En él se realizaron trabajos específicos, como la generación del mapa de pérdidas de cobertura arbórea de 2004-2014, el mapa de cobertura y uso de la tierra de 2014 y el mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-2014; utilizando herramientas modernas como SEPAL, base de datos del GFC, generaciones de mosaicos anuales de Landsat 5,7 y 8, así como Sentinel 2 (2016) y radar.

Sin embargo, aunque la información para la actualización de estos mapas está disponible públicamente, no hay todavía capacidad nacional suficiente para su implementación de forma independiente.

2. Mejora del monitoreo de bosques

El mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-2014 no diferencia bosques por tipos de degradación / carbono. En la actualidad, todavía sigue siendo difícil actualizar la clasificación de bosques del mapa de deforestación y degradación forestal por los tipos establecidos en el estudio sobre el análisis histórico de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial en el periodo 2004 – 2014, así como por niveles de degradación (bosques primarios / secundarios).

3. Falta de datos de un Inventario Nacional de Bosques

El último INF se realizó en 1991. Por ello no se cuenta con 1) información suficientemente robusta para incluir las actividades de regeneración y degradación del bosque dentro del FREL y 2) datos propios y actualizados de biomasa área, subterránea y materia orgánica muerta poder incorporarlos a los factores de emisión del FREL.

4. Falta de capacidades técnicas y de recursos humanos en teledetección y SIG

En abril de 2019 se realizó una visita al departamento de Cartografía de INDEFOR, para conocer las capacidades técnicas y de recursos humanos en teledetección y SIG para posibles colaboraciones en el desarrollo e implementación del Sistema Nacional Satelital de Monitoreo de Bosques. Durante la visita se puso de manifiesto la falta de capacidad técnica de su equipo de cartografía y teledetección, especialmente en el uso de programas de procesamiento de imágenes satelitales abiertos y gratuitos, así como de equipos informáticos y acceso a internet.

5. Mejora de la metodología de detección y monitoreo de deforestación y degradación forestal

Las zonas tropicales presentan un alto porcentaje de nubosidad en las imágenes satelitales, como el caso de Guinea Ecuatorial. La falta de datos por la alta cobertura nubosa en el país y la disposición de líneas de datos en las imágenes satelitales impiden la detección de la degradación forestal y la deforestación a pequeña escala. Actualmente existen nuevas técnicas que podrían mejorar esto, como el uso de series temporales y la combinación de datos satelitales ópticos y de radar.

Identificación de actividades concretas

Reforzar las capacidades de SNMB/MRV del país, particularmente las de MAGBMA, INDEFOR, INCOMA y UNGE

- Institucionalización del SNMB de Guinea Ecuatorial.
- Construcción de capacidad nacional para la MRV de emisiones
- Equipamiento de los laboratorios de SIG y Teledetección de la Universidad Nacional de Guinea Ecuatorial (UNGE) y de INDEFOR.
- Reforzamiento de la Comisión Técnica Nacional de Fronteras
- Creación y mantenimiento de un archivo nacional cartográfico y de documentación
- Capacitación nacional para la generación y archivos cartográficos
- Disminución de la nubosidad actual y disposición de líneas de datos en las imágenes satelitales
- Reforzar la participación de INCOMA en el consorcio SEFAC
- Implementación del Segundo Inventario Nacional de Bosques

Roles y responsabilidades institucionales

INDEFOR podría ser el responsable de la actualización del Sistema Nacional Satelital de Monitoreo de Bosques, para ello necesitaría talleres de capacitación técnica a su equipo de cartografía, tanto en conocimientos básicos de teledetección como en el uso de programas de procesamiento de imágenes satelitales abiertos (como SEPAL) y cartográficos (QGIS). En este sentido el departamento ha solicitado ciclos de formación. INDEFOR si tiene experiencia en trabajo de campo, por lo que podrían realizar la calibración y validación de los mapas. El departamento cuenta con dos especialistas en SIG y dos en trabajo de campo (manejo de GPS).

Por su parte la **UNGE** estaría formando personal cualificado en materia de SIG y teledetección, siempre y cuando que se refuerce su plantilla y se capacite su personal docente afectado en la materia.

En la misma línea de roles, **INCOMA** se encargaría de reportar los trabajos por el consorcio SEFAC a los usuarios nacionales, con el fin se hacer seguimiento de diferentes cambios producidos en los bosques nacionales.

Recomendaciones para la mejora

En vista a la realidad de Guinea Ecuatorial sobre el tema de monitoreo de los bosques, en la que se registran muchas deficiencias, se podrían mejorar en caso de implementar las siguientes recomendaciones:

1. **Formaciones continuas al personal de INDEFOR, UNGE e INCOMA en materia de SIG y Teledetección**. En estas instituciones nacionales trabajan los mejores cartógrafos del país. Dicha formación continua del personal debería ir acompañada de una mejora de equipos informáticos y técnicos utilizados, que requeriría una financiación externa debido a las limitaciones de recursos económicos de dichas instituciones.
2. La **creación de un archivo cartográfico** es sumamente necesaria, para evitar la dispersión de los archivos vectoriales y ráster existentes del país. Además, muchos de estos archivos que se utilizan actualmente están distorsionados, mal georreferenciados o incompletos. Se debería actualizar periódicamente dichos archivos que incluirían información básica como los límites administrativos, los núcleos de los poblados, la estructura vial (por tipología), los ríos (con sus nombres), las principales construcciones públicas (hospitales, escuelas, iglesias, ministerios, etc.) y los puentes. En la misma línea de la producción de archivos cartográficos, debería haber mapas actualizados de uso de tierras, fincas y cultivos agrícolas, tipos de vegetación, propiedades de terrenos, topografías, así como una copia de seguridad de imágenes satelitales gratuitas de todo el país. Las imágenes y mapas antiguos disponibles en papel y otros documentos con datos cartográficos actuales e históricos deberían ser escaneados e incluso vectorizados.

3. La creación de un **centro nacional de cartografía y documentación**, que sea accesible y esté actualizado, lo que facilitaría significativamente futuros trabajos cartográficos y un uso eficiente de las imágenes y los productos históricos y futuros.
4. Existe la necesidad de **mejorar la estimación de la deforestación y de la degradación forestal** mediante la apertura de la cubierta de dosel observable mediante teledetección, complementándola con un inventario de campo. La falta de datos por la alta cobertura nubosa, así como la dificultad de detectar aperturas de cubierta de dosel por el alto dinamismo de los bosques en Guinea Ecuatorial, se podría solucionar mediante la aplicación de nuevas técnicas. Estas incluyen el estudio de series temporales y la incorporación de imágenes radar.
5. Se recomienda generar datos sobre la degradación y deforestación forestal a nivel provinciales y/o distritales, ya que los datos nacionales globales no satisfacen las necesidades a nivel administrativos más bajos ni facilitan la toma de decisiones sobre el uso de la tierra en esas localidades.
6. Considerar y evaluar los distintos enfoques sobre la clasificación de la agricultura tradicional itinerante como cobertura/uso de tierra, y las consecuencias en lo que respecta a la cobertura forestal nacional, las tasas de pérdida de bosque y las opciones de mitigación.
7. El Segundo **Inventario Nacional de Bosques** debería incluir una metodología para cuantificar los **procesos de regeneración y degradación** del bosque, así como los **depósitos de carbono**: biomasa área, subterránea y materia orgánica muerta.

BIBLIOGRAFÍA

CUREF. 1999. Mapa de ocupación de las tierras y vegetación de la región continental 1:200 000. Ministerio de Bosques, Pesca y Medio Ambiente y Fondo Europeo de Desarrollo. Proyecto nº 6-ACP-EG 020.

FAO, 1991 y 1992, Inventario Nacional Forestal.

FAO, 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000 – Informe principal. Estudio FAO: Montes No 140. Roma.

FAO, 2010. Evaluación de los Recursos Mundiales Forestales. Informe Nacional, República de Guinea Ecuatorial. Roma, Italia, 45p. Disponible: < http://www.fao.org/3/al498S/al498S.pdf>, [Consultado: enero 14, 2015].

INEGE (2017): Anuario Estadístico de Guinea Ecuatorial 2017. Instituto Nacional de Estadísticas de Guinea Ecuatorial.

INEGE (2019): Guinea Ecuatorial en Cifras 2019. Instituto Nacional de Estadísticas de Guinea Ecuatorial.

IPCC 2006, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

IPCC 2019, Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de 2006 (Perfeccionamiento de 2019).

Ley No 1/1997: Ley sobre el Uso y Manejo de los Bosques (Revisada 2005). Boletín Oficial del Estado. Junio 2005; República de Guinea Ecuatorial.

MAGBMA, 2019a. Estrategia Nacional de REDD+ de Guinea Ecuatorial.

MAGBMA, 2019b. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.https://unfccc.int/documents/201018

MAGBMA, FAO, 2018b. Análisis Histórico de la Deforestación y Degradación Forestal en Guinea Ecuatorial 2004-14.

MAGBMA, FAO, 2018a. Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2004-2014.

MAGBMA, FAO, Por publicar. Diseño del Inventario Nacional Forestal de Guinea Ecuatorial.

MPMA, 2015. Contribuciones Previstas y Determinadas a nivel Nacional (Contribuciones Nacionales) (CPDN).

Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., Wulder, M.A., 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sens. Environ. 148, 42–57. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015

Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendía, L., Miwa, K., Nagara, T., Tanabe, K., Eagner, F. 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Sassan S. Saatchi, Nancy L. Harris, Sandra Brown, Michael Lefsky, Edward T. A. Mitchard, William Salas, Brian R. Zutta, et al. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. PNAS June 14, 2011 108 (24) 9899-9904; https://doi.org/10.1073/pnas.1019576108

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 1991. Conservación de los ecosistemas forestales de Guinea Ecuatorial. Basado en el trabajo de John E. Fa. Gland (Suiza) y Cambridge (Reino Unido), xii +221 pp., ilustrado.

Verhegghen, A., Mayaux, P., De Wasseige, C., Defourny, P. 2012. Mapping Congo Basin vegetation types from 300 m and 1 km multi-sensor time series for carbon stocks and forest areas estimation. Biogeosciences 9: 5061-5079

Software usado

SEPAL: https://sepal.io

Collect Earth: http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html

Google Earth Pro: https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html

Google Earth Engine: https://earthengine.google.com

Google Chrome: https://www.google.com/intl/es/chrome/

Firefox Mozilla: https://www.mozilla.org/es-ES/firefox/new/

QGIS: https://qgis.org/es/site/forusers/download.html

R: https://cran.r-project.org/

ANEXOS

Anexo I. Lista de participantes en la interpretación del muestreo

PARTICIPANTES	INSTITUCION	Cargo
Escolástica NSA AKIEME AFOGO	INEGE	Jefa de Servicio de Planificación y Coordinación
Ismael BILA SOCOLICHE	UNGE	Profesor SIG
José ONDO NGUEMA	UNGE	Jefe de Departamento Forestal
Miriam Minerva ONDO MBANG	UNGE	Monitora de Investigación Facultad de Medio Ambiente
Andrés ABAGA OBIANG	UNGE	Jefe de Departamento de Educación y Divulgación Ambiental
Faustino ANDA ESONO ASANGONO	UNGE	Profesor Ordenación y Planificación Territorial
Fernando EVUNA MBORO	INDEFOR-AP	Coordinador WRI A.F.I.
Pablo ESONO ESONO	INDEFOR-AP	Jefe Departamento Herbario Nacional
Roberto NKOGO MOTOGO	INDEFOR-AP	Jefe de Departamento Cartografía
Juan ABESO	INDEFOR-AP	Técnico
Josefina MBULITO IYANGA	FAO-GE	Consultora
Florentina ANGUESOMO EDJAN EKI	FAO-GE	Consultora
Norberto Simón NGUEMA	FAO-GE	Consultor
Severo MEÑE NSUE MIKUE	FAO-GE	Consultor

Anexo II. Cálculo del factor de emisión para deforestación y degradación

Cálculo del factor de emisión para deforestación

A. Región continental

1. Calcular la biomasa subterránea:

Biomasa aérea (tonelada de materia seca/ha) x Factor de biomasa de raíces = Biomasa subterránea (t.m.s/ha)

262.2 x 0.37 = 97 t.m.s/ha

2. Calcular la biomasa total:

Biomasa aérea (t.m.s/ha) + Biomasa subterránea (t.m.s/ha) = Biomasa total (t.m.s/ha)

262.2 + 97= 359.2 t.m.s./ha

3. Calcular el C total en biomasa:

Biomasa total (t.m.s/ha) x Fracción de C = Carbono total (tC/ha)

359.2 (t.m.s/ha) x 0.47 = 168.82 tC/ha

4. Calcular la pérdida de C en biomasa:

Biomasa total en bosque – Biomas total en uso de tierra después de la deforestación

168.8 tC/ha - 7.02 tC/ha = 161.81 tC/ha (7.02 tC/ha es el promedio ponderado de todos los usos de la tierra post-deforestación)

5. Calcular las emisiones de deforestación:

161.81 tC/ha x 3.6667 CO_2/C = 593.31 tCO_2/ha

6. Factor de emisión de deforestación:

Emisiones de biomasa + Emisiones de hojarasca + Emisiones de madera muerta = Factor de emisión

593.31 tCO_2/ha + 9.2 tCO_2/ha + 64.9 tCO_2/ha = 667.4 tCO_2/ha

B. Bioko y Annobón

El mismo cálculo cambiando la biomasa aérea (262.2 t..m.s/ha) por 199.2 t.m.s/ha, lo que resulta en un factor de emisión de 518.6 tCO_2/ha.

Valores de los resultados de los pasos intermedios:

1. 73.70 t.m.s/ha

2. 272.9 t.m.s/ha

3. 128.26 tC/ha

4. 121.24 tC/ha

5. 444.57 tCO_2/ha

6. 518.66 tCO_2/ha

Cálculo del factor de emisión para degradación

El factor de emisión se aproximó aplicando una reducción del 27.6% de la biomasa forestal, que es el valor promedio de la disminución relativa de cobertura forestal estimada visualmente en las 98 muestras en las que se observó degradación. Por tanto, para calcular la pérdida de C en la biomasa total se han seguido los pasos del 1 al 3 del cálculo del factor de emisión para deforestación y luego:

Pasos 4 y 5. Factor de emisión de degradación:

A. Continente

168.82 tC/ha x 0.276 x 3.66667 (CO_2/C) = 171.1 tCO2/ha

B. Bioko y Annobón

128.26 tC/ha x 0.276 x 3.66667 (CO_2/C) = 130.0 tCO2/ha

Anexo III. Valores del contenido promediode carbono de los usos post-deforestación

La información sobre el contenido promedio de carbono de los direntes usos de la tierra después de un evento de desforestación fue derivada del IPCC en la siguiente manera:

Para **asentamientos,** el Capítulo 8 del IPCC 2019 que sugiere: "The general approach for calculating the immediate change in live biomass accruing from the conversion to Settlements is represented by Equations 2.15 and 2.16 in Chapter 2. The mean annual biomass increment resulting from the transition is represented by the difference between the biomass in the settlement land-use category immediately after the transition (B_After) and the biomass in the previous category (B_Before). For Tier 1, in the initial year following conversion to the settlement land use, the most conservative approach is to set $B_{_After}$ to zero, meaning that the process of development of settlements causes carbon stocks to be entirely depleted". Por esta razón, se utilizó el valor cero para asentamientos.

Para **pastizales,** el capítulo 6, vol. 4 IPCC 2006 (ya que 2019 no proporciona nueva información al respecto). Se ha utilizado la Biomasa no leñosa total (aérea y subterránea) (ton d.m. há-1) para la zona climática Tropical – Húmedo y muy húmedo, que sugiere una biomasa de 16.1 tdm/ha (16.1 x 0.47 = 7.6 tC/ha). Los valores de la biomasa total aérea y subterránea están basados en los valores máximos de la biomasa aérea, y los de la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (Cuadro 6.1).

Para **agrosilvicultura** se utilizó el capítulo 5, vol. 4, IPCC 2019, Cuadro 5.1, valor medio de pérdida de carbono en bioma de Silvoarable Tropical de 36.1 tC/ha/yr, y la relación biomasas subterránea / biomasa aérea (r) de 0.825 , así que la biomasa total es 36.1 + 36.1 x 0.825 = 65.9 tC/ha. Este valor corresponde con la cantidad de carbono esperada en agrosilvicultura después de 10 años (20 años correspondiendo a la cantidad de carbono en madurez). El valor 0.825 se tomó de la tabla 4.4 del IPCC 2019 y corresponde al valor biomasa-raíces para selva tropical africana con biomasa < 125 t.m.s./ha.

Se han usado valores fijos para la biomasa después de la deforestación, en vez de valores de crecimiento anual, para no complicar el seguimiento, ya que los valores cambiarán anualmente por un periodo de tiempo.

Para **barbechos** no se encontró un valor por defecto en el IPCC. Por lo tanto, este valor fue aproximado tomando el valor promedio entre pastizales y agrosilvicultura.

En Guinea Ecuatorial la agricultura es itinerante de subsistencia. Las fincas se trabajan durante un periodode entre 1 y 5 años, hasta que se abandonan (barbecho) como consecuencia de la

degradación del suelo y la disminución de la productividad. Para que la agricultura itinerante pueda ser sostenible a largo plazo, el periodo de cultivo debería ser de aproximadamente 1-2 años y el de barbecho de más de 20 años para permitir la regeneración forestal. En Guinea Ecuatorial el tiempo de barbecho se han reducido a causa del aumento de la presión sobre los bosques, la demanda de alimentos y el envejecimiento de los agricultores tradicionales, que se limitan a trabajar las áreas conocidas y/o las cercanías de los poblados. Por ello en principio el valor de pastizal sería el más adecuado. Sin embargo, los tamaños de las finca son reducidos y en su mayor parte no todos los árboles son cortados, por lo que se optó por tomar un valor del contenido de carbono entre medio del de los pastizales y los sistemas de agroforestería, hasta que hayan nuevos datos de campo del inventario nacional forestal.

Anexo IV. Archivos usados en el cálculo de datos de actividad, factores de emisión y emisiones del nivel de referencia

https://drive.google.com/drive/folders/1_5CBAL5GH9lHhMDfs64GAaJwvLz6xdlm?usp=sharing

En este enlace se puede encontrar los siguientes archivos:

1. Mapas Deforestación y Degradación 2004-14
2. Mosaicos
3. Segmentaciones
4. Mapas de bosque intacto y degradado de 2014
5. Mapas de bosque intacto y degradado de 2013
6. Mapas de pérdidas forestales 2013-2018
7. Mapas de Deforestación y Degradación 2013-18 (y tabla con las áreas de las clases)
8. Interpretación de muestras:
    - Proyecto de Collect Earth
    - Ejemplo de interpretación de una muestra
9. Datos de actividad y factores de emisión
    - Cálculo y mapa de la composición de suelos (HAC, LAC)
    - Documento de apoyo en el cálculos de los factores de emisión (ej. tablas con valores de carbono por defectdo del IPCC)
    - Resultados de las encuestas de las parcelas, estimación del uso de la tierra post-deforestación y estimación de las emisiones del reservorio suelos
    - Cálculo del los datos de actividad, factores de emission y emisiones del nivel de referencia