



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, Enero 2020



Contenido

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CIRCUNSTANCIAS NACIONALES	11
Geografía y vegetación.....	11
Deforestación y degradación forestal	12
Marco normativo y legal forestal.....	13
Políticas de cambio climático	14
ESCALA Y ALCANCE: ACTIVIDADES, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO	16
Escala.....	16
Actividades REDD+ (datos de actividad)	16
Reservorios de carbono (factores de emisión)	16
La omisión del reservorio suelos	16
Gases de efecto invernadero	17
La omisión de gases no CO ₂	18
DEFINICIÓN DE BOSQUE	20
Definición del FRA	20
Definición legal.....	20
Definición del análisis histórico.....	20
INFORMACION USADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NREF	22
Datos de actividad.....	22
Metodología y datos usados	22
Datos de mapas	23
Diseño de muestreo	38
Interpretación visual de las muestras	39
Diseño de Respuesta	43
Análisis y resultados de la detección de cambio de área de deforestación y degradación ..	44
Factores de emisión	47



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Factores de emisión para la deforestación	48
Factores de emisión para la degradación forestal	49
NREF PROPUESTO	50
Período histórico considerado	50
Nivel de Referencia de Emisiones Forestales.....	50
FUTURAS MEJORAS PARA EL DESARROLLO DE LA INFORMACIÓN	52
Fortalecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB)	52
Brechas técnicas de MRV-RS	52
Roles y responsabilidades institucionales.....	53
Recomendaciones para la mejora.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS	58
Anexo I.....	58
Anexo II.....	59



Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Zonas de principales incendios forestales en África. Fuente (NASA, 2019)	18
Ilustración 2. Representación del proceso de segmentación. La imagen A representa una zona de Bioko segmentada en base al mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014. Las imágenes B y C representan un área de bosque que no se pudo segmentar a partir del mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014, pero sí en base al mosaico Landsat 2014.....	32
Ilustración 3: Representación gráfica de la clasificación de polígonos en bosque/no bosque, deforestación y degradación forestal en el contexto del proyecto. Metodología adaptada de GRC Impact Tool	33
Ilustración 4. Visualización de los puntos de muestreo en Collect Earth.....	35
Ilustración 5. Serie temporal de Landsat y Sentinel para detectar deforestación y degradación.	36
Ilustración 6. Árbol de decisión para clasificar los segmentos del mosaico satelital de 2018 de acuerdo al mapa de deforestación y degradación (DD) forestal de 2004-14 y el mapa de pérdidas (P) forestales de 2014-2018.....	38
Ilustración 7. Árbol de decisión de detección de cambios de la encuesta del NREF.....	42
Ilustración 8. Protocolo de interpretación de las parcelas.....	43
Ilustración 9. Uso de la tierra post-deforestación.....	47

Índice de tablas

Tabla 1. Causas directas de deforestación y degradación en Guinea Ecuatorial en 2004-2014..	13
Tabla 2. Categorías del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014, por cobertura/uso de la tierra.....	25
Tabla 3. Clases del mapa de cobertura y uso de suelo en 2014, adaptadas a las categorías de uso de suelo definidas por el IPCC.....	30
Tabla 4. Matriz de errores de Continente (los valores son número de muestras).....	45
Tabla 5. Matriz de errores de Bioko (los valores son número de muestras).....	45
Tabla 6. Cálculos de deforestación y degradación forestal de 2014-18 del estimador de área estratificada de SEPAL y sus intervalos de confianza asociados	46
Tabla 7. Contenido promedio de C (fuente IPCC 2019) y estimaciones por expertos, distribución de uso post-deforestación este estudio	48
Tabla 8. Factores de emisión (FE) asociados a la deforestación por región.....	49
Tabla 9. Factores de emisión (FE) asociados a la degradación por región.....	49



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Tabla 10. Valores de actividad de la degradación y deforestación anuales, los factores de emisiones (FE) aplicados y sus emisiones correspondientes, con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial por región.....	51
Tabla 11. Valores de las emisiones de degradación y deforestación anuales con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial.....	51



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 CO₂ 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 2014-2018 (5 años), con el fin de evaluar los resultados obtenidos a partir de 2019. El presente NREF es 8 552 900 t CO₂/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 (tCO₂) 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 y 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** (INF), en proceso de diseño. Los NRF/NREF deberán ser coherentes con el inventario nacional forestal (INF), el sistema de monitoreo y los inventarios de GEI del país.



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

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 a cabo 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 SEPAL con 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 km² y está constituido por dos regiones, una región continental (260.00km²) y otra insular compuesta por las dos islas mayores, Bioko (2.017km²) y Annobón (17km²) e islas menores como Elobey Grande (2,27km²), Corisco (15km²), Elobey Chico (0.19 km²) 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 sobre degradación y deforestación para el periodo 2004-2014 (MAGBMA and FAO, 2018b). Éste 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 superficie anual de deforestación fue de 8.600 ha y de degradación de 23.000 ha aproximadamente, lo que corresponde con una tasa anual de deforestación del 0,34% y de degradación del 0,89%.

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

Causa directa	Sub-causas directas	Defores- tación	Degra- dación
Expansión de infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> - 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. Estudio de las causas de la deforestación y la degradación forestal en Guinea Ecuatorial 2014-2014.

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 normas suficientes 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 de 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, por lo que se espera que haya una disminución en la extracción de madera de los bosques. También se espera un aumento de la cobertura forestal debido a planes de proyectos de reforestación o regeneración natural (REF), al incremento del nivel de áreas protegidas y a la disminución de las áreas de concesión forestal. Sin embargo, la deforestación y la degradación forestal siguen siendo un problema actual, y políticas de cumplimiento 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 diagnóstico 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”.



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 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.

Se utilizan los datos del estudio de 2014-2018 generados por el SMTS.

La **repoblación** forma parte de la estrategia 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 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 vea afectada por actividades antropogénicas. Por lo tanto, se ha hecho el cálculo de emisiones por 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): no es necesario calcular las estimaciones de tierras forestales que permanezcan como tierras forestales utilizando 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, solo se necesitan stocks de C 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 de IPCC 2019:

EQUATION 2.25
ANNUAL CHANGE IN ORGANIC CARBON STOCKS IN MINERAL SOILS

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

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

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

Para SOC_{REF} se utilizó el valor 54.4 tC/ha (Tabla 2.3, IPCC 2019; 70% LAC y 30% HAC, tropical wet). El uso de tierra post-deforestación se determinó en las 44 muestras de deforestación (ver sección “Análisis y resultados” bajo “Datos de Actividad”). Estas muestras sugieren que el 77% del uso post-deforestación son asentamientos, el 14% son barbechos, el 7% son pastizales y el 2% es agrosilvicultura. Para los valores F_{LU} , F_{MG} y F_I por defecto se utilizó la Tabla 5.5 y 5.10 (IPCC 2019). $F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$ fue establecido a un valor 0.8 para asentamientos y barbechos y al valor 1 para praderas 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 tCO₂/ha/año. Este valor corresponde a 0.27-0.35% de la emisión por hectárea deforestada en Continental y Bioko/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 CO₂** (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 gases no CO₂, 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 CO₂

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 imagen de 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 área. 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.

Nivel de Referencia de Emisiones Forestales



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 CO₂. Por lo tanto, queda fundamentada la omisión de dicho aspecto en este informe.



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/NRF de Guinea Ecuatorial se ha utilizado la definición adoptada en el análisis histórico.

Definición del FRA

Para reportar al FRA 2010 y 2015 la Guinea Ecuatorial utilizó la definición de bosque propuesta por la FAO para la FRA 2010. 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 elaboración de 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.



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Esta definición de bosque utilizada en el análisis histórico fue aprobada técnicamente por expertos nacionales, se adapta a los criterios del COMUNICACIÓN NACIONAL y 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 de 100 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.



INFORMACION USADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS NREF

Datos de actividad

Metodología y datos usados

Guinea Ecuatorial ha aplicado las guías del GFOI en su análisis de datos de actividad. La Iniciativa Mundial de Observación Forestal (GFOI por sus siglas en inglés) sugiere lo siguiente: 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 debe 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 y observaciones de referencia para 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)¹, con las nuevas pérdidas forestales de 2014-2018 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 degradación forestal de 2014 -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 características de interés (degradación y deforestación). Esta metodología se explica paso a paso en Olofsson et al 2014 (Olofsson et al., 2014), que también contiene todas las fórmulas aplicadas en el cálculo.

¹ 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.



Datos de mapas

Mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-14

Esta sección describe los pasos técnicos que se siguieron para generar el mapa de pérdidas de cobertura arbórea correspondiente al periodo histórico 2004-2014 (MAGBMA, FAO, 2018b).

A) DESCARGA DE INFORMACIÓN DE GFC DE LA ISLA DE BOKO Y LA REGIÓN CONTINENTAL DE GUINEA ECUATORIAL, Y GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA ISLA DE ANNOBÓN

Se descargaron las siguientes capas de GFC:

- *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.

B) 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 de la isla, 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 imágenes 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) (<https://console.cloud.google.com/storage/browser/earthengine-public/?pli=1>).

c) GENERACIÓN DE MOSAICOS ANUALES LANDSAT 5, 7 Y 8 – GREENEST PIXEL (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.

D) GENERACIÓN DE MOSAICOS LANDSAT CON EL MÍNIMO PORCENTAJE DE NUBES POSIBLE

Para la reducción de nubes, 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.

E) GENERACIÓN DE MOSAICOS RADAR

Para completar la información satelital óptica, se generaron mosaicos 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.

F) RECOPIACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS EXPERTOS NACIONALES Y DE OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA PARA INCORPORARLOS EN EL MAPA

Durante la realización de este 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/>).



G) DIGITALIZACIÓN DE LOS CAMBIOS DETECTADOS EN EL PERÍODO HISTÓRICO EN LA ISLA DE ANNOBON

Para generar un mapa equivalente a los datos de Bioko y 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 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>).

H) 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 2004 – 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 2: 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 2. Categorías del mapa de pérdidas de cobertura arbórea en el periodo 2004-2014, por cobertura/uso de la tierra

	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		
Pluviselva, 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 pluviselva (bosque húmedo tropical) clímax,



		pluvilsilva secundaria (p. ej. antiguas fincas cacaoteras y cafetales en regeneración), bosque monzónico y bosque afromontano bajo (UICN, 1991; Juste y Fa, 1994, Navarro <i>et al</i> , 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	<p>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.</p> <p>Los criterios, consensuados con expertos nacionales, fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>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.</p> <p>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 <i>et al</i>, 2012).</p>
Palmeral	5	<p>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%.</p> <p>Los criterios fueron consensuados con expertos nacionales y confirmados con una revisión de las imágenes radar.</p>
CATEGORÍAS DE COBERTURA/USO DE LA TIERRA QUE NO SE ENMARCAN EN LA DEFINICIÓN DE BOSQUE (ZONAS DE “NO BOSQUE”)		
Abacá	6	<p>Antigua plantación de <i>Musa textilis</i>, para uso textil y con árboles que en el caso de Bioko no suelen superar los 5 m de altura.</p> <p>Los criterios fueron consensuados con expertos nacionales y confirmados con revisión de imágenes radar.</p>
Pradera	7	<p>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.</p> <p>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 <i>et al</i>,</p>



		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 2005 – 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 2005 - 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	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



agroforestal 2005 – 2014		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 2005 – 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 2005 – 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 (o MAPA DE OCUPACIÓN del SUELO)

Para la generación del “Mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014” (o Mapa de Ocupación del Suelo²) se siguieron los siguientes pasos técnicos:

2 La ocupación del suelo estudia las características de la superficie terrestre desde dos puntos de vista distintos, aunque relacionados entre sí: (i) La cobertura del suelo (Land Cover, LC) o categorización de la superficie terrestre en distintas unidades según sus propiedades biofísicas, como por ejemplo, superficie urbana, cultivo, arbolado forestal, etc.; (ii) El uso del suelo (Land Use, LU) o caracterización del territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual, como por ejemplo uso industrial, comercial, recreativo, etc. (<http://www.ign.es>)



a) DESCARGA DE INFORMACIÓN DE BIOKO Y LA REGIÓN CONTINENTAL

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

b) DESCARGA DE INFORMACIÓN DE LA ISLA DE ANNOBÓN

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

c) RECOPIACIÓN DE INFORMACION 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.

d) 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.

e) 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.

f) 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 de GFC (los cuales tienen 4 bandas: 1. Roja; 2. NIR; 3. SWIR I; 4. SWIR II) con las combinaciones 432, 321 y 123.



g) 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 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.

h) GENERACIÓN DE UN MOSAICO RASTER CON RESOLUCION DE PÍXEL DE 30 METROS

Posteriormente, se generó un *raster* 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 3.

Tabla 3. 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 ³	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 autoconstrucción 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

³ Las nombres de las clases se ajustan a las categorías definidas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)



		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	Esta clase de cobertura/uso del suelo 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/ <i>no data</i>	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 LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL EN EL PERIODO 2004 - 2014

El proceso de generación de los *rasters* con la información de deforestación y degradación (región continental, Bioko y Annobón) 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/gng_ws_20170726/.

El mapa de la deforestación y degradación forestal en el periodo 2004-2014 se generó combinando la información de los dos mapas anteriores (secciones 4.1 y 4.2).

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

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

La segmentación a partir del citado mapa no es suficiente ya que algunos polígonos, principalmente los correspondientes a zonas de bosques y zonas de no bosque, pueden llegar a tener una superficie excesivamente grande. Por esta razón, se realizó a una segunda segmentación en base al mosaico Landsat 2014 disponible en GFC (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

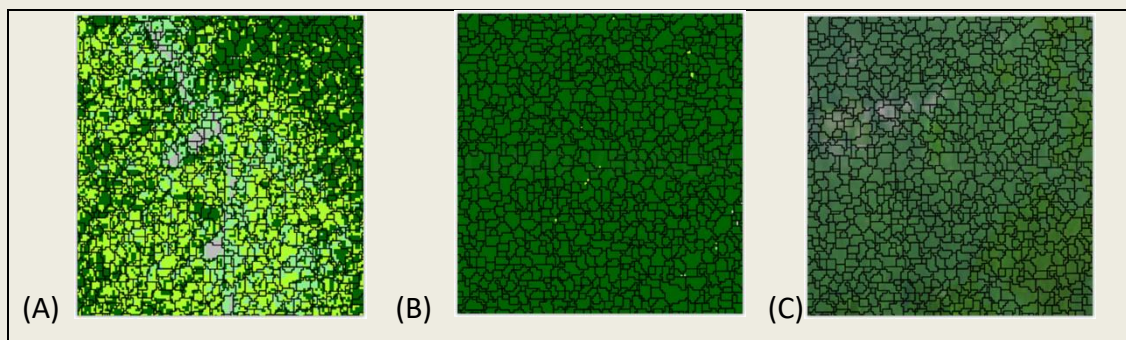


Ilustración 2. Representación del proceso de segmentación. La imagen A representa una zona de Bioko segmentada en base al mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014. Las imágenes B y C representan un área de bosque que no se pudo segmentar a partir del mapa de cobertura y uso de la tierra en 2014, pero sí en base al mosaico Landsat 2014.

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

Cabe señalar que 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. Asimismo, los píxeles donde se identificaron pérdidas o ganancias de bosque, o ganancias netas de bosque, se clasificaron como "bosque". La Ilustración 3 describe gráficamente la clasificación de los polígonos.

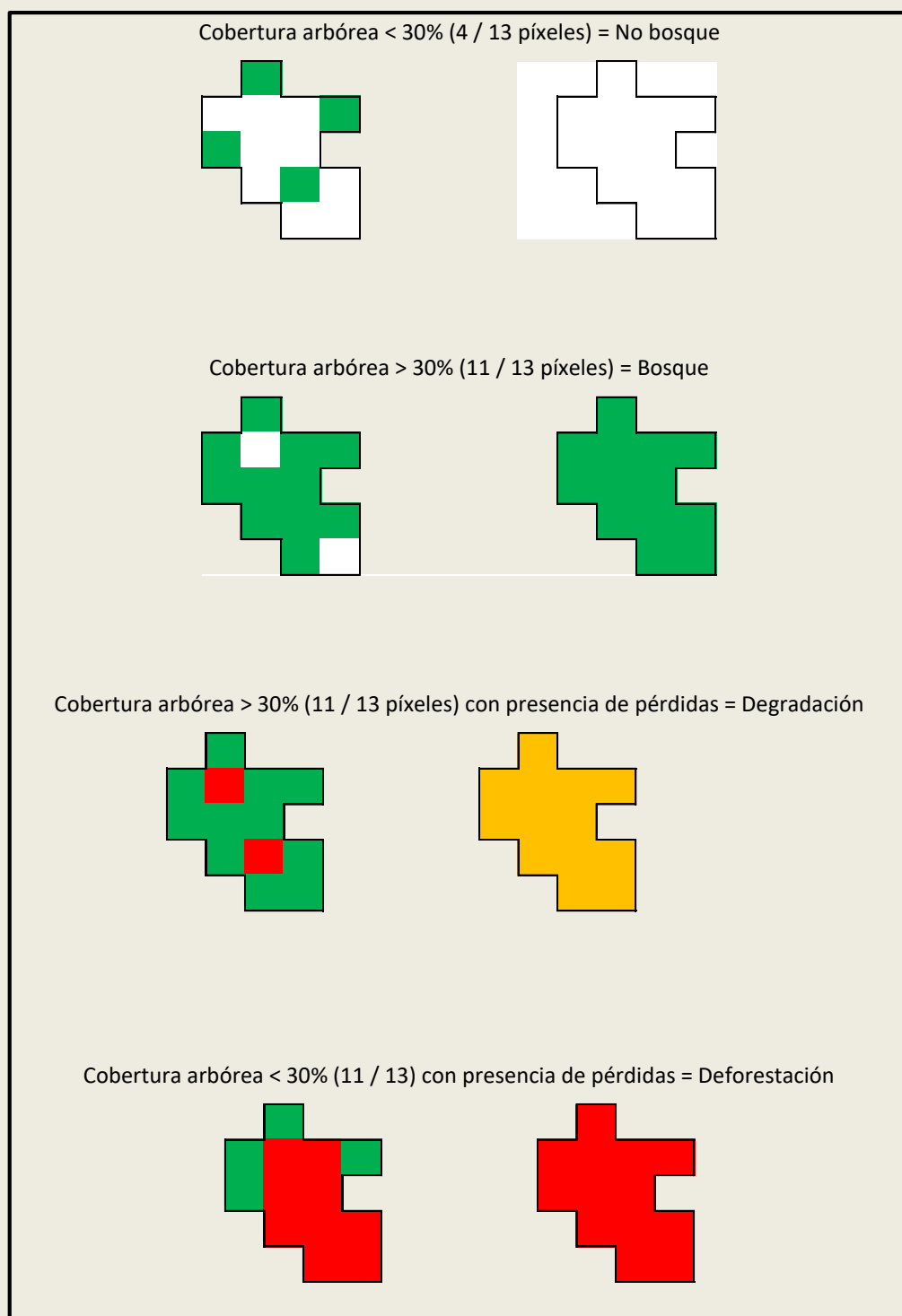


Ilustración 3: Representación gráfica de la clasificación de polígonos en bosque/no bosque, deforestación y degradación forestal en el contexto del proyecto. Metodología adaptada de GRC Impact Tool

c) 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 en el periodo 2004-2014⁴
- Bosque degradado en el periodo 2004-2014
- Deforestación en el periodo 2004 - 2014
- No bosque (p. ej. abacá, pradera, piedras, zonas urbanas, infraestructuras y zonas agrícolas)
- Cuerpos de agua

d) 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 a partir del mapa preliminar de deforestación y degradación forestal en el periodo 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 había producido deforestación o degradación forestal interpretando las imágenes satelitales. Para ello se utilizó la herramienta Collect Earth y series temporales con mosaicos Landsat del periodo histórico y Sentinel 2 del año 2016.

Este proceso estadístico de muestro, descrito por Olofsson (2013), permitió finalizar el mapa, así como estimar la superficie deforestada y degradada durante el periodo 2004-2014 con los intervalos de confianza asociados que definen la precisión del mapa que generado. Además, permitió determinar la tasa anual de deforestación y degradación del periodo 2004-2014 y la superficie de cobertura forestal del país en 2014, incluyendo la superficie de bosques

⁴ Esta categoría incluye las pocas ganancias de bosque identificadas.

degradados. Asimismo, permitió identificar *hotspots* en los mapas: aquellas zonas que sufren mayores cambios en el bosque (deforestación o degradación).

El muestreo se diseñó con la herramienta “*Stratified Area Estimator Design*” de SEPAL, que permite su descarga tanto en formato vectorial (*shape*), de utilidad para el software SIG, como en formato csv (compatible con Excel) y como proyecto Collect Earth.

Open Foris-Collect Earth (<http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>) 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 (Ilustración 4).

Para determinar los posibles cambios que se han producido en los puntos de muestreo, no sólo se cuenta con la información satelital disponible en Google Earth sino que ésta se complementa con la información histórica de las series temporales.

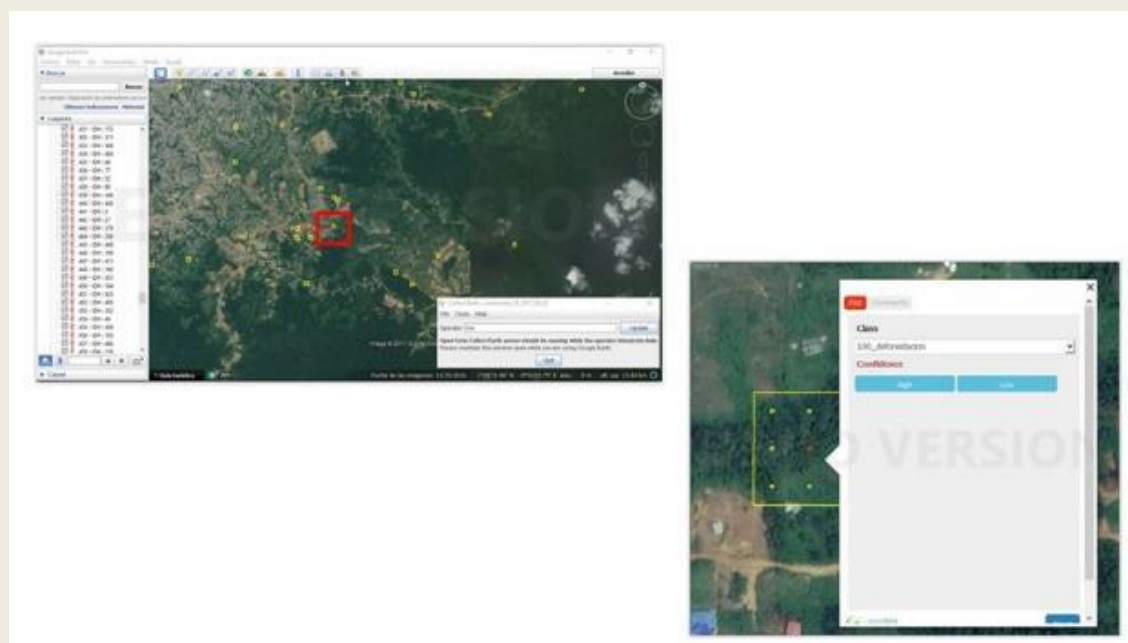


Ilustración 4. Visualización de los puntos de muestreo en Collect Earth.

Las series temporales se generan 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 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 (Ilustración 5).

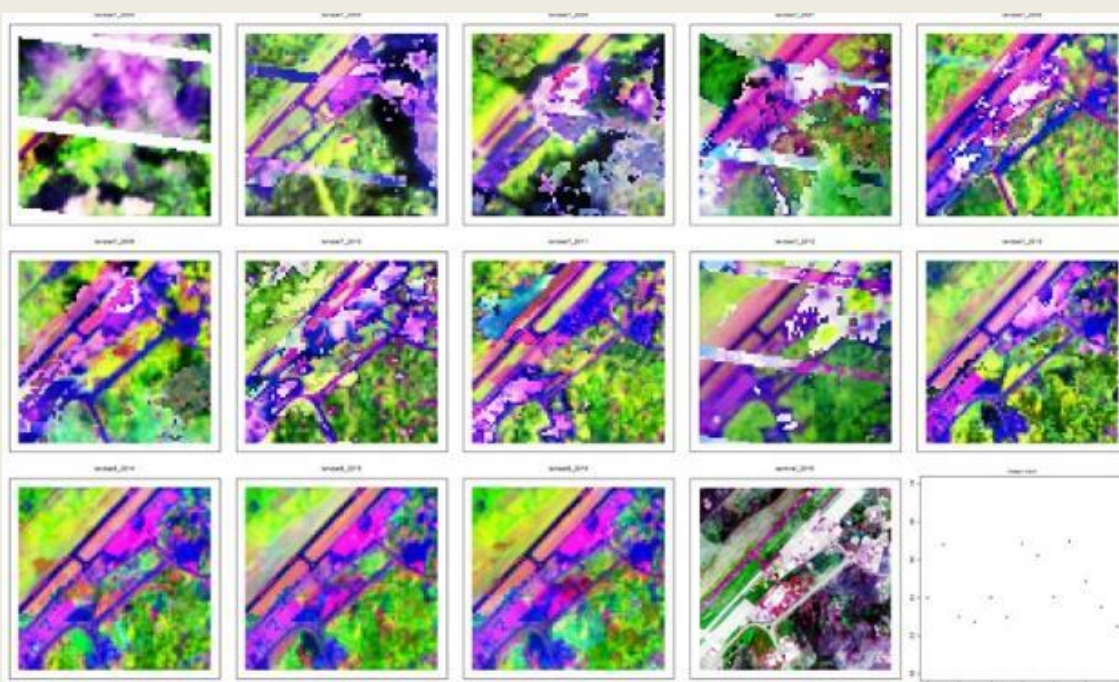


Ilustración 5. Serie temporal de Landsat y Sentinel para detectar deforestación y degradación.

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 base y 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 (FAO, 2017), 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 2014 -2018

Mapa de bosque intacto y degradado de 2014

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 2014. 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 2014-2018

Se creó un mapa de pérdidas forestales de 2014-2018 a partir del GFM (<http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>). Con un código de R se descargó la información del GFC de la pérdida 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 período 2014-2018. Para Annobón no hay datos del GFM por lo que se hizo una extrapolación del mapa de deforestación y degradación forestal de 2014 -2018.

Procesamiento de imágenes satelitales de 2018

Se creó un mosaico a partir de imágenes de Landsat 7 y 8, tomando como fecha prioritaria la mitad de la estación seca (31/12/2018 para Bioko y la región continental) y rellenando los píxeles con cobertura nubosa con datos de los tres años anteriores. Este se segmentó en unidades de paisaje de una unidad mínima de mapeo de 1ha 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

Los segmentos se sobrelaparon con el mapa de bosque intacto y degradado de 2014 y con el mapa de pérdidas forestales de 2014-2018, y se clasificaron de acuerdo a un árbol de decisión en R representado en la Ilustración 6, que tiene en cuenta el umbral del 30% de la definición forestal. Además se decidió que 1) para clasificar un bosque en 2014 en intacto o degradado, este debería haber sufrido una degradación de menos o más del 30% respectivamente entre 2004 y 2014, 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 2014 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.

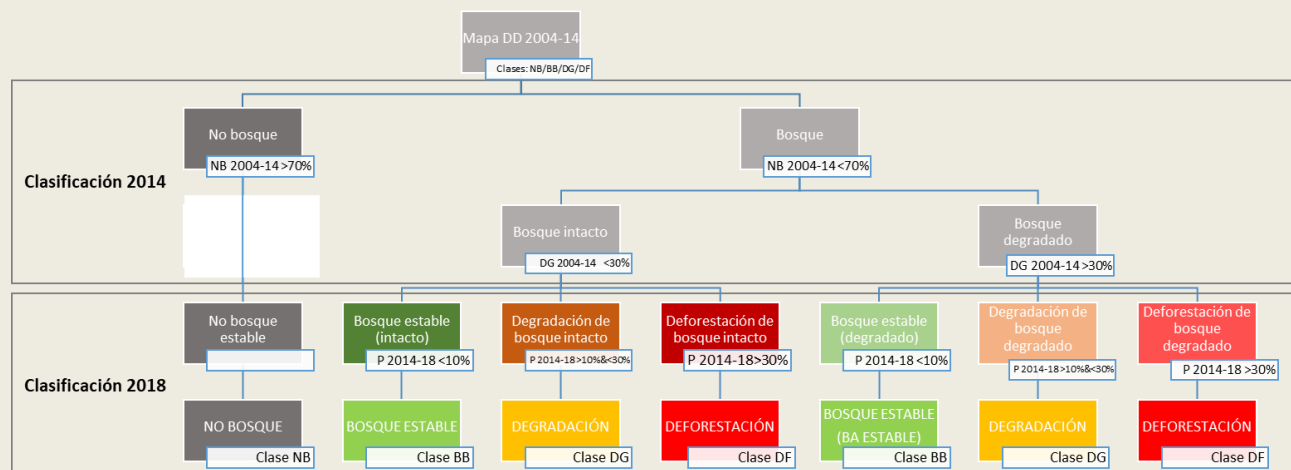


Ilustración 6. Árbol de decisión para clasificar los segmentos del mosaico satelital de 2018 de acuerdo al mapa de deforestación y degradación (DD) forestal de 2004-14 y el mapa de pérdidas (P) forestales de 2014-2018.

NB: no bosque, BB: bosque, DG: degradación, DF: deforestación. Los rectángulos de colores representan la clase en 2014 y 2018, y los rectángulos adjuntos sin color la regla correspondiente aplicada al área de los segmentos o la clase inicial o final.

En el repositorio https://github.com/frel-guinea-ecuatorial/GNQ_DD_14_18, se pueden encontrar los códigos para crear el mapa de pérdidas forestales de 2014-2018 y obtener la clasificación de 2018 (Config.R y map_dd_20191002.R), una carpeta con los datos de entrada (los mosaicos y la segmentación de Bioko y de la región continental, y el mapa de deforestación y degradación forestal de 2004-14), y un documento README.md que describe cómo usar y la utilidad de todo el material del repositorio.

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 2014-2018, reduciendo en la medida de lo posible la sobreestimación y la subestimación, así como las incertidumbres, de las áreas del mapa anterior de deforestación y degradación forestal de 2014 -2018.

La herramienta combina el mapa de deforestación y degradación forestal de 2014 -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 al 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 en un muestreo de 930 puntos en la región de Bioko y 930 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.

El proyecto fue importado en Collect Earth (<http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>), así como los archivos con el grupo de muestras. Estas fueron interpretadas con la ayuda de la encuesta por siete parejas de expertos nacionales, uno con conocimiento de 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.



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 tanto para el inicio del período de referencia (1 enero de 2014), como para el final (31 diciembre 2018):

1. Usos del suelo:
 - Bosque
 - Cultivos (anuales)
 - Pastizales
 - Asentamientos
 - Agrosilvicultura o cultivos perennes (ex. cacao, café, aceite de palma, abacá, plátanos)
 - Bosque-agricultura (con cubierta forestal >30%)
 - Barbecho
2. Tipo de bosque (en caso de bosque o bosque-agricultura):
 - Pluvialva / Bosque monzónico / Afromontano bajo / Cerros cúpula (Inselberg)
 - Araliáceas / Afromontano alto
 - Manglar
 - Palmeral
3. Cubierta arbórea
 - Si la cubierta arbórea es bien visible, es decir, si 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%.
 - Si la cubierta arbórea no es bien visible, es decir, si no se disponen imágenes satelitales de alta resolución, se hace una estimación de las siguientes clases: <30%, 30-60%, 60-90% y >90%.
 - En ambos casos también 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 la zona en la que se encuentra la parcela.

La correspondencia de estas clases de usos del suelo y de cubierta forestal con las categorías definidas por el IPCC se encuentra en el



Anexo II.

La resolución de los datos satelitales usados para la estimación de las pérdidas de cobertura arbórea, no permite diferenciar en 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 diferente fase de evolución, por lo que la cobertura de copa es fácilmente igual o superior al 30% en áreas de 1ha. 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 de 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 a un árbol de decisión.

Árbol de decisión de detección de cambios

El cambio del contenido carbono se estima en las clases de uso bosque (B), mosaico bosque-agricultura (B/A) y no bosque (NB). Las clases de cambio agregadas estimadas 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 son:

- No bosque estable (NB est)
 - Bosque o bosque degradado estable (B est)
 - Degradación (bosque con reducción de cubierta >30% entre 2014-2018, B deg)
 - Deforestación (bosque con reducción de cubierta <30% entre 2014-2018, B def)
- (Ilustración 7).



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Tiempo 1

Clases de uso
agregadas

Tiempo 2

Clases de uso
agregadas

¿Ganancia,
perdida de
cobertura o
cobertura
estable?¹

**Clase de
cambio**

Superagregacion
de clases de
cambio

B_reg, BA_reg	→	B_reg	B_def, BA_def	→	B_def
B_est, BA_est	→	B_est	NB_ref	→	NB_ref
B_deg, BA_deg	→	B_deg	NB_est	→	NB_est

Ilustración 7. Árbol de decisión de detección de cambios de la encuesta del NREF

Protocolo de interpretación visual de las muestras

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 abran las siguientes ventanas: 1) Bing maps con imágenes de alta resolución, 2) GEE Explorer y 3) GEE con un código que muestra mosaicos del índice de vegetación 'greenest' pixel de Landsat 2014 y Sentinel 2018, y gráficos de series temporales de los valores medios de NDVI de los pixeles contenidos en la parcela de MODIS, Landsat y Sentinel. Además, se crearon mosaicos de Landsat 2014 y de Sentinel 2018 en SEPAL, que se importaron en Google Earth Pro, para su visualización en el caso de que las imágenes disponibles en Google Earth fueran de mala calidad. En la Ilustración 8 se muestra el protocolo seguido por todos los grupos de expertos para interpretar cada parcela.



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

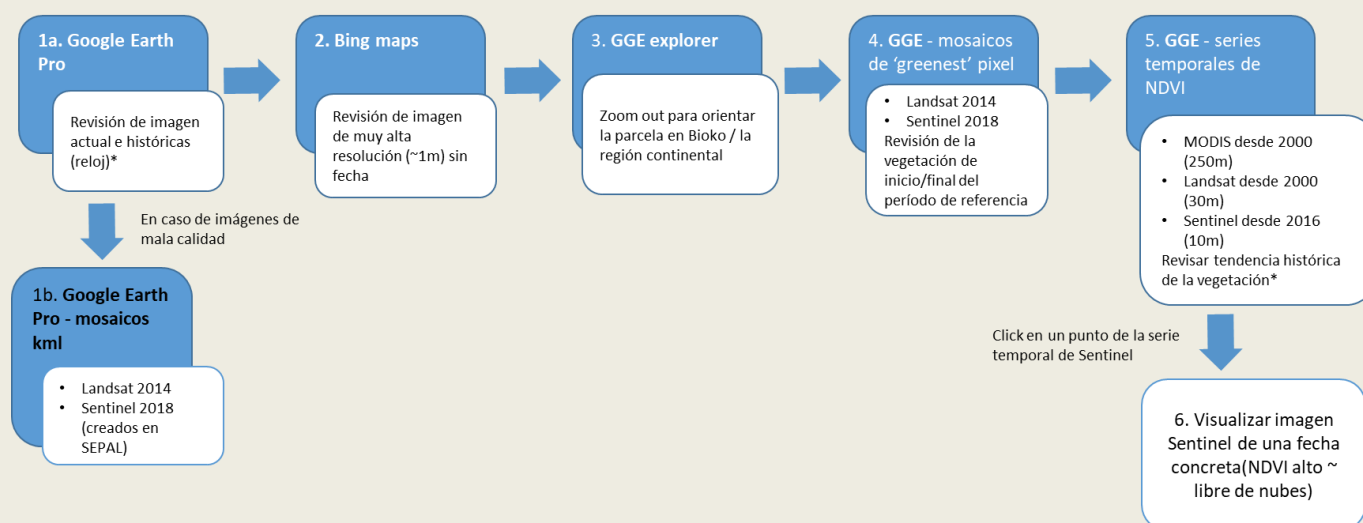


Ilustración 8. Protocolo de interpretación de las parcelas.

* Importante tener en cuenta el período de referencia: 1 enero 2014 – 30 diciembre 2018; imágenes cercanas a estas fechas, por ej. de diciembre 2013 / enero 2014 y diciembre 2018 / enero 2019 son óptimas para detectar cambios.

Diseño de Respuesta

Reglas en la interpretación de las muestras

Durante la interpretación de las muestras por los expertos se acordaron una serie de reglas de interpretación 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 en la que pasa una carretera con más de 30% de bosque = bosque, lo mismo con los ríos.
- Una muestra con asentamiento rural con más del 30% de bosque = bosque, con <30% de bosque = asentamiento
- Una muestra con asentamiento urbano con más del 30% de bosque = asentamiento (uso no forestal)
- Una muestra con bosque >30% y el resto cultivos = bosque-agricultura, pero bosque >30% con otra clase con carbono (ej. praderas) = bosque
- Otra tierra 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) = asentamiento



Control de calidad

Cada grupo validó el 5% del otro grupo (15 muestras por 7 grupos).

De 105 muestras los grupos estuvieron de acuerdo en un 80%, por lo que hubo una alta consistencia. El desacuerdo más frecuente es el bosque estable clasificado como bosque degradado (sobrestimación de las pérdidas de carbono), pero este ‘error’ quedó compensado por desacuerdos en que subestiman las pérdidas.

Además de la verificación cruzada que se realizó a través de la interpretación ciega de un subconjunto de las mismas muestras por parte de diferentes intérpretes, los intérpretes también registraron su confianza al interpretar una muestra. Por ejemplo, cuando el intérprete solo tiene imágenes disponibles de baja calidad o cubiertas de nubes para un punto de muestra, el interprete indicará una baja confianza en su interpretación. Este ejercicio resultó en una alta confianza de las validaciones; sólo 9,4% en T1 (2014) y 12% en T2 (2018) de las muestras tienen baja confianza.

Análisis y resultados de la detección de cambio de área de deforestación y degradación

Matrices de errores

La matriz de error es una tabulación cruzada de las etiquetas de clase asignadas por mapa y datos de referencia. La diagonal de la matriz contiene los elementos correctamente clasificados. 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). La exactitud del usuario y del productor da una indicación de que tan bueno es el mapa para capturar ciertas características. Sin embargo, las estimaciones finales se basan en puntos de muestra 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.

Continente

2014-2018		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 4. Matriz de errores de Continente (los valores son número de muestras)

Bioko

2014-2018		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 5. Matriz de errores de Bioko (los valores son número de muestras)

Estimación de la deforestación y degradación forestal de 2014-18

Las estimaciones corregidas del área de deforestación y degradación forestal de 2014-2018 de Bioko y Continental y evaluación de la precisión se calcularon en la herramienta Stratified Area Estimator Analysis de SEPAL.

Para la estimación del área de deforestación y degradación forestal de 2014-2018 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 queda constante.

ISLA DE ANNOBÓN		ISLA DE BIOKO	REGIÓN CONTINENTAL		GUINEA ECUATORIAL		
Superficie (ha)		Superficie (ha)	IC	Superficie (ha)	IC	Superficie (ha)	IC



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

Bosque sin pérdida de cobertura arbórea en el periodo 2014-2018	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 2014-2018	117	6,948	2,390	145,830	42,583	152,894	42,650
Deforestación en el periodo 2014-2018	56	2,282	1,224	2,282	15,470	25,828	15,518

Tabla 6. Cálculos de deforestación y degradación forestal de 2014-18 del estimador de área estratificada de SEPAL y sus intervalos de confianza asociados

Datos adicionales recopilados a través de las muestras

Cuando los intérpretes realizaron la interpretación de las muestras, correspondiente a la información del mapa (es decir: bosque estable, no bosque estable, deforestación y degradación) también recopilaron información adicional que se utilizó en el cálculo de NREF.

Pérdida de cobertura forestal

En el caso de muestras sujetas a deforestación o degradación forestal los intérpretes recogieron la cobertura arbórea antes y después del evento. La media de la pérdida de cobertura en el caso de la deforestación es de 81% y en el de la degradación de 26%.

Tipos de bosque

Los intérpretes 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 Pluvsilva.

Uso de la tierra post-deforestación

Para incluir las capturas derivadas del uso final del suelo, se ha estimado que el 77% del uso post-deforestación son asentamientos, el 14% son barbechos, el 7% son pastizales y el 2% es agrosilvicultura (Ilustración 9).

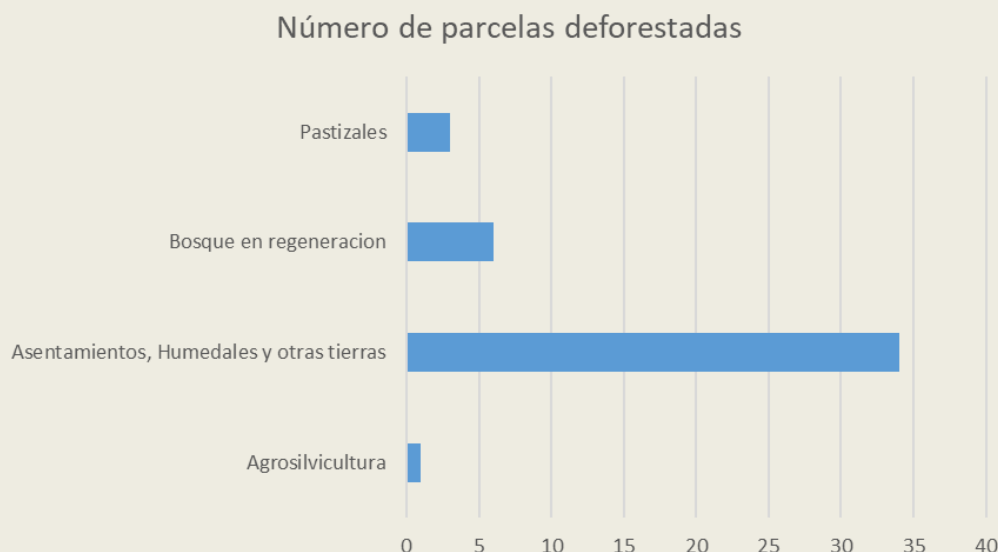


Ilustración 9. Uso de la tierra post-deforestación.

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 IPCC 2006 para la biomasa por encima del suelo (bosques mixtos en Cuadro 3.18 de la PCN). Estos valores han sido validados mediante el juicio de expertos y al compararlos con los valores de Saatchi et al (2011) para Guinea Ecuatorial y los valores de un inventario forestal nacional de un país vecino con un bosque similar.

- **Biomasa por encima del suelo:** se utilizará 262.2 toneladas de materia seca para el bosque deforestado en Continente y 199.2 toneladas de materia seca para el bosque en Bioko y Annobón.
- **Biomasa por debajo del suelo:** se utilizará un factor de relación entre raíces y biomasa aérea (*root-shoot*) aplicado a la biomasa aérea. IPCC 2006 (Volumen 4, capítulo 4, Tabla 4.4) sugiere el factor 0.37 (Fittkau & Klinge, 1973) para selva tropical.
- **Hojarasca:** IPCC valores por defecto sugieren que hojarasca de bosques tropicales y de hoja ancha (*broadleaved*) contienen 2.5 tC/ha (IPCC 2019, volumen 4, capítulo 2, Tabla 2.2).
- **Madera muerta:** IPCC valores por defecto sugieren que madera muerta en bosques tropicales y de hoja ancha contienen 17.7 tC/ha (IPCC 2019, volumen 4, capítulo 2, Tabla 2.2).



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 del inventario, esta información podrá ser incluida en una futura actualización del NREF. En ésta se prevé que la biomasa aérea se estimará directamente a partir de los datos que serán levantados en campo y la biomasa subterránea como una fracción de la biomasa aérea. El IFN también incluirá la medición y estimación otros depósitos de carbono, como materia orgánica muerta y carbono en suelos (MAGBMA and FAO, Por publicar). No se tienen en cuenta los datos del primer IFN de 1992 para el factor de emisiones debido a la falta de datos de biomasa.

La Primera Comunicación Nacional proporciona información sobre diferentes tipos de bosques. Sin embargo, al recopilar información sobre los tipos de bosques destinados a la deforestación en la muestras (ver 'Análisis y resultados de la detección de cambio de área de deforestación y degradación'), resultó que el 97.7% del bosque deforestado y el 100% del bosque degradado eran de la misma clase. Se determinaron factores de emisión para la deforestación y la degradación forestal.

Factores de emisión para la deforestación

Para el factor de emisión de deforestación se consideró el contenido de carbono promedio en el uso de tierra post-deforestación. La distribución del uso del suelo posterior a la deforestación se determinó en base a la interpretación visual de las imágenes disponibles después de eventos de deforestación vistos en 44 muestras (en el total de 1832 muestras) (Tabla 7).

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

Tabla 7. Contenido promedio de C (fuente IPCC 2019) y estimaciones por expertos, distribución de uso post-deforestación este estudio

El resultado de este análisis sugiere que el contenido promedio en los usos de tierra posterior a la deforestación es de 7.02 tC/ha (25.7 tCO₂/ha). Por lo tanto, los factores de emisión asociadas con la deforestación son:

	FE (tCO ₂ /ha)
Deforestación en Continente	667.4
Deforestación en Bioko	518.6
Deforestación en Annobón	518.6



Tabla 8. Factores de emisión (FE) asociados a la deforestación por región.

Factores de emisión para la degradación forestal

Para aproximar el factor de emisión de degradación forestal, se analizaron el cambio de cobertura forestal en cada muestra que estuvo sujeta a degradación forestal. De las 1832 muestras evaluadas, 98 muestras fueron sujeto a degradación forestal en el periodo 2014-2018. En promedio la reducción de cobertura forestal era de 25.5% en estas 98 muestras. Para aproximar el factor de emisión asociado con la degradación se supone que la disminución del contenido de carbono está perfectamente correlacionada con la disminución de la cubierta del dosel, por lo tanto, se calculó que el contenido de carbono en el bosque sujeto a la degradación disminuye con un 25.5%.

	FE (tCO ₂ /ha)
Degradación en Continente	171.1
Degradación en Bioko	130.0
Degradación en Annobón	130.0

Tabla 9. Factores de emisión (FE) asociados a la degradación por región.



NREF PROPUESTO

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 FVC para el programa piloto para pagos basados en resultados, 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 CO₂ relacionadas con los bosques. Como tal, se podría considerar que este NREF incluye una alta ambición. Después de haber evaluado las opciones y considerando las orientaciones proporcionados por el Fondo Verde del Clima en el marcador (*scorecard*) para el programa piloto de pagos por resultados REDD+, el consejo del grupo de trabajo fue utilizar un promedio histórico de 5 años (2014-2018, ambos incluidos) 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.

Nivel de Referencia de Emisiones Forestales

El NREF se calculó multiplicando los datos de actividad con los factores de emisión tanto para la deforestación como para la degradación forestal. El intervalo de confianza en torno a los datos de actividad se calculó siguiendo las ecuaciones establecidas en Olofsson et al (2011) y se describió en la sección anterior Datos de actividad. Para los factores de emisión, los valores predeterminados se utilizaron para los factores de emisión con intervalos de confianza predeterminados según lo dispuesto en el IPCC 2006 (Tabla 10).



		Actividad (ha/año)	IC	FE (tCO ₂ /ha)	IC	Emisiones (tCO ₂)	IC	IC (%)
Continen te	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%

Tabla 10. Valores de actividad de la degradación y deforestación anuales, los factores de emisiones (FE) aplicados y sus emisiones correspondientes, con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial por región.

Los valores fueron agregados a nivel nacional para establecer el NREF de Guinea Ecuatorial que consiste de 8 552 900 tCO₂/año ± 36% (Tabla 11).

	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%

Tabla 11. Valores de las emisiones de degradación y deforestación anuales con los intervalos de confianza (IC) del NREF de Guinea Ecuatorial.



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 generación de nueva información de campo fiable para los usuarios de la misma.

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 INB 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. Available: < <http://www.fao.org/3/al498S/al498S.pdf>>, [Consulted: Enero 14, 2015].

INEGE (2017): Anuario Estadístico de Guinea Ecuatorial 2017. 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

Programas usados:

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

Clases de usos del suelo y cobertura forestal de la encuesta NFREL de Guinea Ecuatorial 2014-2019 incluidas en las categorías de usos del suelo definidas por el IPCC.

Categorías de usos del suelo definidas por IPCC	Clases de cobertura forestal y usos del suelo de la encuesta NFREL de	
1. Bosque	Pluvilsilva / Bosque húmedo tropical (vegetación clímax)	Bosque /primario
		Bosque secundario
	Bosque monzónico	
	Afromontano bajo	
	Cerros Cúpula (Inselberg)	
	Araliáceas (Bioko)	
	Manglar	
	Palmeral	
	Mosaico agroforestal: CA>30%	
	Humedales	
2. Tierras agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos (anuales o perennes) • Sistema agrosilvicultural (ex. cacao, café, aceite de palma, abacá, plátanos) 	
3. Praderas–vegetación arbustiva/herbácea	<ul style="list-style-type: none"> • Praderas de gramíneas de Annobón (praderas o vegetación costera rala) • Praderas de áreas costeras • Praderas altas de Bioko (incluida vegetación helicoides) • Abacá • Bosque en regeneración 	
4. Zonas inundables		
5. Infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas urbanas e Infraestructuras 	
6. Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpos de aguas (masas continentales: ríos y lagos) 	