



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN BRUTA DEL PERÚ EN EL BIOMA AMAZÓNICO

Documento preliminar para revisión

Lima, Perú

Febrero 2021

Dirección General de Cambio
Climático y Desertificación
Ministerio del Ambiente

©Ministerio del Ambiente,
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales,
Dirección General de Cambio Climático y Desertificación

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
Viceministerio de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario
Servicio Nacional Forestal y de Fauna

Editado por:

© Ministerio del Ambiente,
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales,
Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar, Lima - Perú

AGRADECIMIENTOS

Programa Nacional de ONU-REDD

Programa Nacional de Bosques y Mitigación al Cambio Climático -PNCBMCC

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO

Servicio Forestal de los Estados Unidos - USDA-US Forest Service

SILVACARBON

Forestplots.net

Comisión Nacional Forestal, México – CONAFOR

Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana -IIAP

Center for International Forestry Research - CIFOR

RESUMEN EJECUTIVO

NREF propuesto	75 774 039,55 CO ₂ eq/año
Periodo de referencia	2010 a 2019
Ajuste por circunstancias nacionales	No aplica
Escala Espacial	Subnacional
Superficie del bioma amazónico peruano	78 308 801 hectáreas
Área de Bosque (2019)	68 324 569 hectáreas
Porcentaje de cobertura de bosque en el bioma amazónico peruano	87.25
Actividades REDD+ incluidas	Reducción de emisiones por deforestación bruta
Reservorios incluidos	Carbono contenido en la Biomasa Área, biomasa subterránea y madera muerta (árboles muertos en pie)
Gases Incluidos	Dióxido de carbono
Definición de bosques	Ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor de 0,5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y presentar una cobertura de copas mínima del 30 %. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa que tienen una altura de 5 metros para la Selva amazónica.
Consistencia con el último inventario GEI	No hay consistencia, pero los métodos e información para la construcción del NREF se incorporarán y serán consistentes con futuros informes de la CMNUCC
Descripción de las políticas nacionales	Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático
Descripción de los cambios con respecto al NREF previo	A lo largo del documento se explican los cambios y se presentan cuadros comparativos
Identificación de futuros avances mejoras	Incluir la actividad REDD+ de degradación y se presenta una sección sobre los avances y mejoras graduales.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES	13
2.1. Contexto Nacional	13
2.2. Preparación e implementación de REDD+ para el NREF y el Marco Medición, Reporte y Verificación para REDD+	15
2.3. Planes, Acciones y Políticas Nacionales: La Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático en su preparación e implementación de REDD+	21
3. MARCO DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN DEL PERÚ	26
3.1. Escala el NREF y área de cobertura del bioma amazónico del Perú	23
3.2. Definición de bosque	30
3.3. Categorías de bosques y usos del suelo del bioma amazónico	32
3.4. Actividades REDD+ incluidas.....	37
3.5. Deforestación y sus causas.....	38
3.6. Periodo de Referencia para deforestación	44
3.7. Reservorios y gases incluidos	46
3.8. Gases Incluidos.....	48
4. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN.....	49
4.1. Información y métodos usados para la construcción del Nivel de referencia para la actividad de deforestación bruta	49
4.1.1. Dato de Actividad para deforestación	49
4.1.1.1. Diseño del muestreo sistemático estratificado de la malla	51
4.1.1.2. Diseño del formulario “Proyecto Perú” en CEO.....	59
4.1.1.3. Interpretación visual de la deforestación, cambio de uso del suelo y validación	62
4.1.1.4. Preparación de bases de datos y análisis de la deforestación	67
4.1.1.5. Métodos de estimación de áreas e incertidumbre asociada	71
4.1.1.6. Resultados de las transiciones por deforestación y su propagación del error	74
4.1.2. Factores de emisión por deforestación	81
4.1.2.1 Fuentes de información y Preparación de bases de datos	83
4.1.2.1.1. Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre	83
4.1.2.1.2. Recopilación de información de sitios de estudios disponibles en la plataforma de ForestPlots.net	84
4.1.2.1.3 Control de calidad y preparación de base de datos.....	85
4.1.2.2. Estimación de biomasa a nivel de individuo	87
4.1.2.3. Estimación de biomasa y carbono a nivel de parcela	90

4.1.2.4. Estimación de factores de emisión y su incertidumbre por ecozona para el NREF	91
4.2. Nivel de referencia de Emisiones Forestales por deforestación 2010-2019	96
4.2.1. Enfoque y métodos para la estimación de Emisiones de CO _{2eq} y su incertidumbre	97
4.2.2. Emisiones históricas de CO _{2eq} para deforestación del periodo 2010-2019 del Perú	100
4.2.3. Diferencias con el primer NREF del Perú presentado en 2015.	101
5. INFORMACION TRANSPARENTE, COMPLETA, CONSISTENTE Y EXACTA DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES DEL PERÚ	102
5.1. Transparencia	102
5.2. Completitud.....	102
5.3. Coherencia o consistencia	104
5.4. Exactitud.....	104
6. Avances y áreas de mejora gradual	106
6.1. Datos de Actividad.....	106
6.2. Factores de Emisión	107
6.3. Degradación forestal	108
7. ANEXOS	111
7.1. Anexo 1. Deforestación, pérdida natural y deforestación total en la Amazonía peruana. ...	111
7.2. Anexo 2. Superficie Anual de Pérdida Natural por Ecozona.	112
7.3. Anexo 3. Superficie Anual de deforestación antrópica por Ecozona y total.	113
7.4. Anexo 4. Información de consulta para la reconstrucción del NREF del Perú.	115
8. LITERATURA CITADA	116

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Regiones naturales del Perú	13
Figura 2. Contribución de las Emisiones por sectores (%) en el INGEI 2014 reportadas en el Segundo BUR de Perú (sin absorciones del sector USCUS).	14
Figura 3. Marco de Medición Reporte y Verificación para REDD+ y su relación con el NREF.	19
Figura 4. Límite del bioma amazónico peruano, sus ecozonas y departamentos. Elaboración propia.....	27
Figura 5. Categorías territoriales en la Amazonía peruana. Elaboración propia.....	30
Figura 6. Emisiones de la deforestación en el sector UTCUTS (INGEI, 2014).	38
Figura 7. Causas directas de la deforestación en el periodo del NREF.	41
Figura 8. Pérdidas de bosques por causas naturales en el periodo el NREF.	42
Figura 9. Deforestación y pérdida natural de bosque.	43
Figura 10. Hoja de ruta para estimar los datos de actividad para el NREF.....	51
Figura 11. Análisis de diferentes distancias Buffer sobre la clase pérdida	55
Figura 12. Parcela interpretada visualmente al 2018 a partir de puntos de No bosque (verde claro), pérdida (lila), y Bosque (verde).....	58
Figura 13. Esquema de desarrollo del muestreo sistemático intensificado en la Amazonía peruana. a) Distribución de malla sistemática a partir de equidistancia de 5x5 km en la Amazonía y ZH, b) Reducción de errores de omisión a partir de la inclusión de área buffer sobre las áreas de Pérdida, c) Ejemplo de intensificación de la malla sistemática en imagen de alta resolución a 500 m, d) Parcela de 1 ha sobre la cual se desarrolla la interpretación visual.	59
Figura 14. Interfaz del Proyecto Perú en CEO.....	60
Figura 15. Interfaz del Geo-Dash en CEO.....	63
Figura 16. Diseño de la unidad de muestreo	64
Figura 17. Representación espacial de “áreas de bosque” (color verde) de acuerdo a la definición del NREF 2015 (≥ 0.09 ha) y NREF 2021 (≥ 0.5 ha)	65
Figura 18. Uniformización de caracteres para definir los usos de suelo	68
Figura 19. Inconsistencia con el periodo de recuperación del bosque.....	69
Figura 20. Superficie anual de Tierras Forestales que permanecen como tal en las ecozonas de la Amazonía (2010-2019).....	75
Figura 21. Transición de Tierra Forestal a Humedales en 2011 (a) y 2016 (b)	76
Figura 22. Pérdida porcentual de bosque por causas naturales en el periodo 2010-2019	76
Figura 23. Transición de Tierra Forestal a Otras Tierras en a) 2012 y b) 2014	77
Figura 24. Deforestación antrópica y pérdida natural de bosque en el periodo 2010-2019.....	77
Figura 25. Superficie anual de Deforestación en el periodo 2010-2019	78
Figura 26. Superficie anual de deforestación y tendencia de la deforestación en las ecozonas de la Amazonía peruana.....	79
Figura 27. Superficie de cambio de Tierras Forestales a clases IPCC.....	79
Figura 28. Transición de Tierra Forestal a Tierras Agrícolas en a) 2009 y b) 2019	80

Figura 29. Transición de Tierra Forestal a Praderas en a) 2011 y b) 2019.....	80
Figura 30. Transición de Tierra Forestal a Praderas en a) 2007 y b) 2013.....	81
Figura 31. Causas directas de la deforestación antrópica en el periodo 2010-2019.....	81
Figura 32. Hoja de ruta para la estimación de los factores de emisión en el bioma de la Amazonía peruana.....	82
Figura 33. Ejemplo del Diseño de la unidad muestral para las ecozonas, Selva Alta accesible, Selva Alta de Díficil Acceso y Zona Hidromórfica. Fuente: MINAGRI, MINAM y FAO (2016).....	84
Figura 34. Árbol de decisión para la estimación de biomasa a nivel de individuo por encima del suelo y la madera muerta en pie (árboles muertos y tocones).	89
Figura 35. Distribución de las unidades muestrales del INFFS y ForestPlots.net..	92
Figura 36. Reservorios de carbono por ecozona...	95
Figura 37. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales del Perú en el bioma amazónico...	100

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Mejoras metodológicas del NREF de 2021 con respecto al NREF de 2015.....	16
Tabla 2. Superficie de bosque y cobertura de área territorial por Ecozona en el bioma amazónico.....	28
Tabla 3. Superficie departamental y superficie ocupada por los departamentos que se encuentran en el bioma amazónico peruano.....	28
Tabla 4. Umbrales de la definición de bosque en el Perú para diferentes propósitos de reporte.....	31
Tabla 5. Categorías IPCC, ecosistemas y coberturas forestales en el bioma amazónico.....	32
Tabla 6. Conversión de tierras forestales por deforestación y pérdida de bosque debido a perturbaciones naturales.....	39
Tabla 7. Factores que impulsan la migración en la Amazonía desde el siglo XX.....	44
Tabla 8. Reservorios de carbono incluidos en el NREF.....	47
Tabla 9. Ecozonas presentes en la Amazonía peruana.....	51
Tabla 10. Tamaño de muestra (píxeles Landsat) y proporciones para las cuatro ecozonas en la Amazonía peruana.....	52
Tabla 11. Número de muestras con un nivel de confianza del 95% y un medio ancho del intervalo de confianza del 10 y 15%.....	53
Tabla 12. Ajustes para la intensificación de la ZH y SADA, a partir de las clases Bosque, No bosque, Buffer y Pérdida.....	57
Tabla 13. Número de muestras para intensificar.....	58
Tabla 14. Distribución de parcelas para ser interpretadas visualmente.....	59
Tabla 15. Área total y número de parcelas en las cuatro ecozonas de la Amazonía.....	67
Tabla 16. Número de parcelas y puntos interpretados en CEO.....	70
Tabla 17. Deforestación antrópica en el periodo 2010-2019.....	78
Tabla 18. Tamaño de muestra total y UM medidas en las ecozonas del bioma amazónico.....	83
Tabla 19. Reservorios de carbono incluidos y sus variables disponibles en el INFFS y parcelas ForestPlots.net para la estimación de carbono.....	85
Tabla 20. Número de UM del INFFS y parcelas recopiladas en la plataforma de ForestPlots.net.....	87
Tabla 21. Modelos alométricos utilizados para estimar los reservorios de carbono y sus componentes de árboles vivos y muertos, lianas, palmeras y tocones.....	88
Tabla 22. Resumen de densidades de carbono por ecozona y fuente de datos y sus incertidumbres.....	94
Tabla 23. Densidades de carbono, factores de emisión, varianza (S ²), desviación estándar (D.S), intervalos de confianza (L.I. 95%, LS. 95%) e incertidumbre por ecozona (U%).	95
Tabla 24. Contenidos de carbono del NREF de 2015 y el NREF 2021 de biomasa por encima del suelo.....	96
Tabla 25. Estimación de las emisiones totales por año por ecozona, incertidumbre para DA, FE y su incertidumbre combinada (U%).....	98
Tabla 26. Emisiones totales por año y su incertidumbre.....	100
Tabla 27. Principales diferencias con el NREF de 2015.....	101
Tabla 28. Completitud de Actividades REDD+, Reservorios de carbono y gases GEI incluidos en el NREF.....	103

ACRÓNIMOS

AGB	Biomasa por encima del suelo
BGB	Biomasa por debajo del suelo
Bt	Biomasa total
BUR	Informe Bienal de Actualización
CEO	Collect Earth Online (CEO)
CIFOR	Centro para la Investigación Forestal Internacional
CN	Comunicaciones Nacionales
DA	Dato de Actividad
DGCCD	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas Para el Cambio Climático
COP	Conferencia de las Partes
ENBCC	Estrategia Nacional Sobre Bosques y Cambio Climático
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
FE	Factor de Emisión
FP	ForestPlots.net
INFFS	Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
IT REDD+	Iniciativas tempranas REDD+
MI	Módulo de Inventario
Bt	Biomasa total
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MMCB	Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosques
MRV	Medición, Monitoreo y Verificación
LFFS	Ley Forestal y de Fauna Silvestre y sus reglamentos
LMCC	Ley Marco sobre Cambio Climático y sus reglamentos
MM	Madera muerta
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional
NREF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales
PNCBMCC	Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático

REDD+	Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación de los bosques; y la función de la conservación de reservas forestales de carbono, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono
RAGEI	Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero
SAA	Selva Alta Accesible
SB	Selva Baja
SADA	Selva Alta de Difícil Acceso
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SNIFFS	Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre
USCUSS	Uso de suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
ZH	Zona Hidromórfica

1. INTRODUCCIÓN

El Perú es el noveno país en el mundo con mayor superficie forestal, el segundo país con la mayor extensión de bosques amazónicos y el cuarto en bosques tropicales –solo superado por Brasil, el Congo e Indonesia. Los bosques húmedos amazónicos peruanos representan el ecosistema de mayor superficie en el país con una extensión de 68 324 569 ha en el año 2019, lo que constituye más del 50% del territorio nacional.

Por otro lado, la población censada que se autoidentificó como indígena u originaria de la Amazonía asciende a 212,8232 habitantes organizados en comunidades nativas que abarcan aproximadamente 12 millones de hectáreas de bosque amazónico, lo que explica la importancia de las comunidades nativas amazónicas en la gestión efectiva del bosque. Por lo tanto, los bosques del Perú no solo albergan una importante biodiversidad de flora y fauna, sino que también constituyen el territorio de pueblos indígenas u originarios y otras poblaciones rurales.

Sin embargo, la deforestación y la degradación forestal amenazan la conservación y el uso sostenible de los bosques, así como el desarrollo de las poblaciones que dependen de ellos. Así mismo, el sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), asociado a la deforestación, es el más relevante en términos de emisiones nacionales de GEI. En tal sentido, los esfuerzos del gobierno peruano están orientados a realizar acciones que reduzcan emisiones en este sector.

El Perú participa activa y propositivamente en la mitigación al cambio climático desde que se adhirió a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en 1992 en Río de Janeiro, el cual ratificó en mayo de 1993.¹ Del mismo modo, ha venido trabajando decididamente bajo el marco del Acuerdo de París, adoptado durante la vigésima primera Conferencia de las Partes (COP21) de la CMNUCC y ratificado por Perú en el año 2016².

El Perú presentó su primera NDC en septiembre del 2015, mostrando su compromiso en la lucha contra el cambio climático. Así mismo, el compromiso y la ambición climática del Perú han sido reiteradas y fortalecidas través de la reciente actualización de nuestra NDC, comunicada en diciembre del 2020³ y que incorpora metas más ambiciosas tanto en adaptación como en mitigación. Nuestras NDC consideran el desarrollo de acciones de mitigación en toda nuestra economía, haciendo énfasis en el desarrollo de acciones en el sector UTCUTS debido a la importancia que tiene con respecto a las emisiones de GEI en el país, lo cual se ve claramente reflejado en nuestro Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Así, el Perú ha adoptado a REDD+ como un enfoque crucial para la mitigación del cambio climático global y el cumplimiento de los objetivos de mitigación expresados en sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), y se ha venido implementando, de conformidad con la Decisión 1/CP.16 de la CMNUCC, la reducción de emisiones de GEI e incremento de remociones de GEI en Bosques como el enfoque de políticas e incentivos positivos orientados a las siguientes actividades conocidas internacionalmente como REDD+: 1) reducción de las emisiones derivadas de la

¹ Resolución Legislativa N°26185, disponible en:

https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/Resoluci%C3%B3n%20Legislativo%2026185_Aprueba_n%20Clim%C3%A1tico.pdf

² Decreto Supremo N°058-2016-RE, disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ratifican-el-acuerdo-de-paris-decreto-supremo-n-058-2016-re-1407753-12/>

³<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Peru%20First/Reporte%20de%20Actualizacio%CC%81n%20de%20las%20NDC%20del%20Peru%CC%81.pdf>



deforestación; 2) reducción de las emisiones derivadas de la degradación de los bosques; 3) conservación de las reservas forestales de carbono; 4) gestión sostenible de los bosques; y, 5) aumento de las reservas forestales de carbono(DS 013-2019-MINAM) .

Por lo anterior, el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) a través de su Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) como punto focal REDD+, en cumplimiento de las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), presenta el nivel de referencia actualizado de emisiones forestales (NREF) para ser sometido al proceso de evaluación técnica referido en el anexo de la decisión 13/CP.19 y poder así acceder a pagos basados en resultados por la reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal, la conservación de bosques, el manejo forestal sostenible y el mejoramiento de los contenidos de carbono en los países en desarrollo (REDD+) ante la CMNUCC.

La presentación de este NREF actualizado es voluntaria para medir el desempeño de la implementación de las actividades señaladas en el párrafo 70 de la Decisión 1/CP.16 y obtener pagos por las acciones de REDD+ basado en resultados bajo las directrices del Marco de Varsovia sobre REDD+, de conformidad con las decisiones 9/CP.19, 13/CP.19, 14/CP.19, y de aquellas otras allí citadas, así como del Artículo 5 del Acuerdo de París.

El NREF actualizado que se presenta, será una base para medir el impacto que tendrán las medidas de mitigación en el sector UTCUTS en la implementación de REDD+, contribuirán al cumplimiento de sus NDC a 2030, y no prejuzga ninguna Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada (NAMA) en conformidad con Plan de Acción de Bali.

En el presente NREF se siguen las directrices del anexo de la decisión 12/CP.17 en sus incisos a, b, d y e, bajo el enfoque de mejora gradual y se consideran a lo largo del documento las conclusiones de la evaluación técnica realizada por el grupo de expertos de la CMNUCC del NREF⁴, presentado en noviembre de 2015 y modificado en julio de 2016. Destacando que este segundo NREF, pasa de una proyección de tendencia lineal ascendente basado en la emisiones históricas anuales por deforestación bruta, a un nivel de referencia basado en una proyección del promedio de las emisiones históricas anuales por deforestación bruta, con métodos e información más robusta del país, que permite también conocer su exactitud conforme a la representación coherente de la tierra en correspondencia con las directrices más recientes del IPCC (decisión 4/CP.15).

⁴ <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/per.pdf>

2. ANTECEDENTES

2.1. Contexto Nacional

El Perú es el tercer país más grande de América del Sur con 1 294 590 km² y uno de los diez países con mayor superficie de bosque cubriendo su territorio (FAO, 2015). La cordillera de los Andes, se ubica longitudinalmente de sur a norte lo que divide al país en tres regiones naturales, la costa (árida) con 15 025 082,00 ha y el 12% del territorio, la sierra con 35 263 940,00 ha y el 27% del territorio (semi árida y sub húmeda) y la selva (húmeda y pluvial) con 78 308 800,74 y el 61 % del territorio (Figura 1) (MINAGRI, 2016). Tiene un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar en la costa hasta los 6 800 metros sobre el nivel del mar en los Andes. Debido a sus condiciones fisiográficas y biogeográficas, el Perú es considerado un país megadiverso con un alto valor para la conservación biológica y de gran importancia para la regulación climática global del planeta (FAO, 2016; ENBCC, 2016).

Según el mapa nacional de cobertura vegetal, los bosques naturales en el Perú constituyen el ecosistema de mayor superficie con 72 083 263 hectáreas y representan el 56.09 % del territorio nacional. Se clasifican de manera general en bosques húmedos amazónicos (68 188 726 ha – 53.06%), bosques estacionalmente secos de la costa (3 674 364 ha - 2.86%) y bosques andinos (220 173 ha – 0.17%) (MINAM, 2015b).



Figura 1. Regiones naturales del Perú

Dada su gran extensión, los bosques peruanos constituyen una reserva importante de carbono a nivel global. Sin embargo, el sector de UTCUTS en su Segundo BUR reporta que genera el 51.35% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Perú con 97 393 GgCO₂eq que provienen principalmente de la conversión de tierras forestales o de protección para uso agrícola y otras actividades de degradación que se llevan a cabo en la Amazonía peruana (Figura 2). Por ello, su gestión y conservación es importante para la mitigación del cambio climático y a su vez es estratégico

mantener la diversidad biológica de los bosques ya que contribuye a su resiliencia y capacidad de adaptación (BUR, 2019).

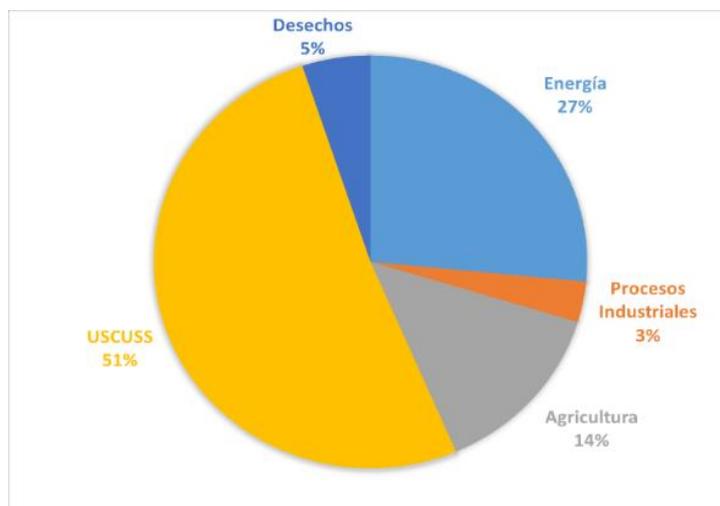


Figura 2. Contribución de las Emisiones por sectores (%) en el INGEI 2014 Reportadas en el Segundo BUR de Perú (sin absorciones del sector UTCUTS).

De acuerdo a la ENBCC, el Perú es considerado como un país de alta cobertura de bosques y baja deforestación (HF-LD, High Forest – Low Deforestation, por sus siglas en inglés). Ocupa el cuarto lugar entre los siete países amazónicos en términos de tasa de deforestación después de Brasil, Venezuela y Bolivia. Sin embargo, la deforestación es un problema creciente, con impactos severos en las zonas donde ocurre con mayor intensidad. Por ello su conservación es importante para la mitigación del cambio climático. De igual modo, es estratégico mantener la diversidad biológica de los bosques ya que contribuye a su resiliencia y capacidad de adaptación; y los servicios ecosistémicos, que contribuyen a reducir la vulnerabilidad de la sociedad frente al cambio climático (ENBCC, 2016).

Los bosques contribuyen con la calidad de vida de las personas, cumpliendo importantes funciones como la captura y almacenamiento de carbono, regulan el clima y purifican el aire, regulan el flujo y suministro de agua, conservan los suelos evitando su erosión, proporcionan productos forestales maderables y no maderables, son hábitat para las especies que contribuyen a la polinización y el control natural de plagas, proveen belleza escénica y paisajes de valor recreativo, entre otros bienes y servicios para la sociedad. Esto es particularmente importante en el caso de los pueblos indígenas y más aún en el caso de los pueblos en aislamiento voluntario y contacto inicial, los cuales sufren más dramáticamente los impactos de la degradación de los bosques y la deforestación.

Para enfrentar la dinámica de la deforestación, entre otras cosas, el Perú ha desarrollado la Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático, cuya visión propone que para el año 2030 el Perú ha reducido sus emisiones de GEI asociadas al sector “uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura” (UTCUTS) y la vulnerabilidad del paisaje forestal y de la población que depende de ellos, asegurando el pleno respeto a los derechos de los ciudadanos, especialmente de los pueblos indígenas y de las poblaciones rurales vinculadas a los bosques, con un enfoque territorial, intercultural y de género, en un contexto de adecuada gobernanza, productividad, competitividad y valoración de los ecosistemas forestales.

Por otro lado, desde el año 2008, existen proyectos en el territorio nacional que implementan actividades con el objetivo de reducir las emisiones provenientes de la deforestación y degradación forestal, a las cuales se les denomina Iniciativas Tempranas REDD+ (IT REDD+). Estas iniciativas

participan activamente en el mercado voluntario de carbono, registrando, validando y verificando las unidades de reducción de emisiones (créditos de carbono) generadas por sus acciones bajo el marco metodológico de estándares internacionales reconocidos. Las IT REDD+ están demostrando su capacidad de generar impactos positivos a nivel local, no solo ambientales sino también sociales y económicos. A partir de estas experiencias, el sector privado está incrementando su involucramiento en el financiamiento de la conservación ambiental, las poblaciones locales han mejorado su calidad de vida y se han convertido en aliados para la conservación, a través de acuerdos entre organizaciones del Estado, sociedad civil, comunidades locales y empresas.

2.2. Preparación e implementación de REDD+ para el NREF y el Marco Medición, Reporte y Verificación para REDD+

Desde la presentación del primer NREF en 2015, el Perú ha tenido avances sustantivos en la implementación por fases de REDD+ de acuerdo a sus circunstancias nacionales, en la incorporación de los elementos o pilares REDD+ establecidos en el llamado “Marco de Varsovia para REDD+”, en su normatividad nacional⁵. Los pilares REDD+ en el Perú se consideran como instrumentos indispensables que definen la estructura para la gestión e implementación de REDD+, y permiten orientar su determinación, medición, monitoreo, verificación y reporte. Estos son:

1. **Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático:** Instrumento de planificación y gestión que determina, orienta y prioriza las acciones estratégicas para la implementación de REDD+ en el territorio nacional.
2. **Módulo de Monitoreo de la Cobertura de Bosques (MMCB):** El módulo de monitoreo de la cobertura de bosques, como parte del Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS), es el instrumento que permite, entre otros, la medición, monitoreo, reporte y verificación de las emisiones forestales antropogénicas y remociones de carbono para el sector UTCUTS, o su equivalente, incluyendo las acciones REDD+. La autoridad nacional en materia de cambio climático, en coordinación con SERFOR, recopila y sistematiza la información requerida para el mencionado módulo sobre la base de los protocolos que el SERFOR brinde, como autoridad a cargo del SNIFFS, articulando dicha información con el SINIA, entre otros sistemas de información.
3. **Nivel de Referencia de Emisiones Forestales:** Instrumento que permite la evaluación del desempeño país, a través de su comparación con las emisiones anuales de GEI generadas por la implementación de acciones REDD+. Su elaboración es de forma gradual y se actualiza periódicamente. El NREF permite el alineamiento de iniciativas, proyectos y otros, para el reporte de reducción de emisiones debidas a la implementación de REDD+.
4. **Sistema de Información de Salvaguardas:** Instrumento que procesa, gestiona y provee información periódica sobre la forma en cómo se abordan y respetan las salvaguardas, en función de la implementación de acciones REDD+.

En la actualidad el Perú se encuentra realizando actividades de preparación y a su vez avanzando en la fase de implementación a nivel del bioma amazónico, principalmente, y como parte de la preparación se fortalece el pilar REDD+ del NREF con su actualización en el presente documento.

⁵Resolución Ministerial N° 187-2016-MINAM, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-187-2016-MINAM-y-anexo.pdf>

El NREF es construido por el MINAM a través de la DGCCD como punto focal REDD+, en conjunto con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), como autoridad del sector forestal y contando ambos ministerios con el apoyo técnico del programa ONU-REDD. El NREF se actualiza por primera vez, bajo el enfoque de mejora gradual, considerando el proceso referido a la decisión 13/CP. 19 de la evaluación técnica realizada para NREF de 2015, publicada en 2016 por la CMNUCC (TAR/2016/PER)⁶. Por lo tanto, se retoman los hallazgos importantes referentes la mejora de métodos de cálculo de las emisiones provenientes de la deforestación, que bajo las circunstancias nacionales fueron posibles realizar, y se describen a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Mejoras metodológicas del NREF de 2021 con respecto al NREF de 2015.

Tema metodológico	NREF 2015 ⁷	NREF 2021	Mejora 2021
Estimación de Emisiones	Proyección lineal de 2015-2020	Emisiones históricas del periodo de referencia 2010-2019	Se cumple el anexo, párrafo 2b), de la decisión 12/CP.17, sobre las guías de presentación de información del NREF y provee mayor certidumbre para el pago basado en resultados, decisión 2/CP.13.
Estimación de área y dinámica de cambio del dato de actividad (DA) por deforestación	Mapas de cambio de pared a pared (conteo de píxeles)	Muestreo sistemático estratificado (con intensificación basada en mapas)	Es posible conocer con mayor precisión el área deforestada y su dinámica de cambio (intervalos de confianza)
Representación coherente de las tierras	Bosque y no bosque	Clases IPCC (2006)	Uso de las Directrices más recientes del IPCC, decisión 4/CP15.
Dinámica de conversiones a tierras forestales por deforestación	Identifica deforestación antrópica y no antrópica	Identifica todas las conversiones de tierras forestales en función de las categorías de la tierra del IPCC	Reporte basado en las conversiones de tierras forestales de las categorías IPCC
Estimación de densidades de carbono por estrato para el Factor de Emisión (FE)	Datos dasométricos provenientes de diversos estudios e inventarios realizados en el bioma amazónico	Datos dasométricos del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) (Panel 1 y 2) y de estudios realizados en el bioma amazónico (Forestplots)	Armonización de instrumentos nacionales para la gestión nacional forestal y reportes ante la CMNUCC
Estimación del carbono contenido en la biomasa de árboles	Uso de múltiples modelos alométricos generales y específicos con diferentes niveles de fiabilidad	Uso de modelos alométricos genéricos más robustos y adecuados al bioma amazónico	Estimaciones de biomasa y carbono a nivel de árbol con mayor precisión

⁶ <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/per.pdf>

⁷ https://redd.unfccc.int/files/frel__submission_peru_modified.pdf

La construcción del NREF se encuentra fuertemente vinculado al Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS)⁸ del MIDAGRI-SERFOR, que conforme a Ley Forestal y de Fauna Silvestre y sus reglamentos (2015)⁹, es el sistema de información que brinda recursos y servicios basados en información forestal oficial para la toma de decisiones multinivel, multiactor y multisectorial, incluyendo autoridades a nivel nacional, gobiernos regionales, instituciones públicas, sector privado, organizaciones de la sociedad civil y personas vinculadas a la actividad forestal.

El SNIFFS contiene varios módulos, dos de los cuales están en desarrollo y mejora continua, y contribuyen a la preparación e implementación de REDD+ y el NREF, que son el MMCB, un importante pilar REDD+, que proporciona los datos de superficie de bosques y su dinámica de cambio (datos de actividad); y el Módulo de Inventarios (MI-SNIFFS), que provee la información del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) y mide los reservorios y sumideros de carbono en los bosques (Factores de Emisión).

Los módulos de este sistema se encuentran en diferentes fases de desarrollo, y son los que proporcionan los principales insumos para la construcción del NREF y el fortalecimiento en la preparación de los pilares REDD+, por lo cual, los métodos e insumos generados en la construcción del presente NREF, a su vez, también aportan bases esenciales al SNIFFS para su construcción, mejora e implementación, y con este vínculo asegurará consistencia en la medición y monitoreo a largo plazo para el pago por resultados.

El MMCB también se encuentra vinculado al Sistema Nacional de Información Ambiental-SINIA¹⁰ del MINAM, que es la principal herramienta de apoyo para facilitar la sistematización, acceso y distribución de información ambiental. Es por esto, que su diseño y desarrollo se coordina con el MINAM a través de la DGCCD, y el Programa Nacional de Conservación de Bosques y Mitigación para Cambio Climático (PNCBMCC)¹¹, siendo un instrumento de apoyo a la gestión forestal y de interés nacional.

El objetivo principal del MMCB es el de evaluar de manera integral la deforestación y degradación de los bosques en el Perú. Su diseño se compone de 5 submódulos: deforestación, degradación, uso y cambio de uso del suelo, alerta temprana de la deforestación y escenarios de referencia (ENBCC, 2016). De estos submódulos, solo se encuentra en funcionamiento, los de deforestación y alerta temprana, que opera con los métodos desarrollados para el dato de actividad del NREF de 2015 y sus resultados se publican periódicamente en el portal de GEOBOSQUES¹² del PNCBMCC. De tal manera que se integrarán mejoras a partir de los métodos usados en el presente NREF, como lo es la malla sistemática de muestreo para determinar la deforestación y la dinámica de cambio de uso del suelo (Tabla 1).

En el MI-SNIFFS, el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) es la principal herramienta que permite conocer el estado de los bosques en el Perú, y su proceso de diseño e implementación se llevó con la asistencia técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El INFFS es multipropósito y se encuentra en proceso de colecta desde 2013,

⁸ <https://www.serfor.gob.pe/portal/sniffs>

⁹ Ley N° 29763, disponible en: <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/620>

¹⁰ <https://sinia.minam.gob.pe/>

¹¹ Resolución Ministerial N° 324-2015-MINAM, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/11/RM-324-2015-MINAM.pdf>

¹² <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/index.php>

dentro de sus objetivos se encuentran el de cuantificar el estado y calidad de los reservorios y sumideros de carbono en los bosques, para conocer el valor de su servicio ambiental en regulación climática nacional y global y su contribución potencial a la mitigación de cambio climático (SERFOR, 2017). Actualmente se cuenta con datos parciales de las regiones Costa, Sierra y del bioma amazónico (Selva), que fueron usadas en el presente NREF para robustecer las estimaciones de los contenidos de carbono en el bioma amazónico (Tabla 1), las cuales fueron recogidas con herramientas diseñadas para dicho propósito.

Es importante destacar que la actualización del NREF, y el diseño y desarrollo que está en progreso en el SNIFFS, en su MNCB para REDD+ y el MI-INFFS, se da en el contexto de la recientemente promulgada Ley Marco sobre Cambio Climático (LMCC)¹³ y su reglamento (RLMCC)¹⁴, que integra herramientas nacionales de contabilidad de carbono, como lo es el marco normativo denominado INFOCARBONO¹⁵ que establece las disposiciones para elaborar los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto (INGEI), encargando a la DGCCD del MINAM, su implementación, administración y conducción. Así mismo, asigna responsabilidades específicas a los ministerios para la elaboración de los Reportes Anuales de Gases de Efecto Invernadero. El INFOCARBONO como herramienta de gestión de los GEI permite:

1. Cumplir con los compromisos internacionales ante la CMNUCC (CN, BUR, BTR próximamente)
2. Medir el cumplimiento de las metas de nuestras **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional**
3. Identificar las fuentes de emisiones más importantes a nivel nacional y sectorial para **formular las políticas, planes y medidas a decisiones basadas en información confiable** de emisiones de GEI y remociones
4. Construir y afianzar las capacidades técnicas de los profesionales de las entidades del gobierno con conocimientos en las metodologías de medición de emisiones/remociones de GEI.

En el marco del INFOCARBONO, el MINAM tiene como función diseñar y aprobar, en coordinación con las entidades competentes, los formatos, los lineamientos, las metodologías, las guías u otros instrumentos similares, por lo que se crearon para cada sector, las guías metodológicas para los reportes sectoriales de actualización de inventarios GEI (RAGEI)¹⁶. Estas guías proporcionan información sobre los insumos nacionales, datos de actividad, factores de emisión, supuestos y métodos aplicados conforme a las directrices del IPCC, y a su vez, aseguran la trazabilidad, replicabilidad, documentación y consolidan la información para los INGEI que se deben de realizar periódicamente para la CMNUCC (BUR 2019). Es importante destacar que con el conocimiento y experiencia adquirida por el equipo técnico de inventarios de GEI, las planillas de cálculo han sido mejoradas progresivamente en cuanto a su estructura y contenido, sobre todo por la aplicación las Directrices del IPCC de 2006 que son las metodologías más actualizadas del IPCC.

Los avances anteriormente descritos en la fase de preparación y fortalecimiento de REDD+, están conformando los elementos del Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación que establece el RLMCC, que promoverá el marco reforzado de transparencia del Acuerdo de París.

¹³ Ley N° 30754, disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/ley-marco-cambio-climatico>

¹⁴ Decreto Supremo N° 013-2019-MINAM, disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-reglamento-ley-no-30754-ley-marco-cambio>

¹⁵ Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-013-2014-minam/>

¹⁶ Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-168-2016-minam/>

Debido a la importancia del sector UTCUTS en su aporte de emisiones y remociones de GEI, se contempla al NREF como la línea base nacional para medir las emisiones y remociones de GEI en bosques y el registro nacional de medidas de mitigación.

De acuerdo al RLMCC, el Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación tiene por finalidad realizar el seguimiento y reporte del nivel de avance en la implementación de las medidas de adaptación y mitigación, así como lo referido a su financiamiento, el acceso a pagos por resultados, las transferencias de unidades de reducción de emisiones de GEI y el seguimiento de las NDC. El MINAM como autoridad nacional en materia de cambio climático es responsable de su diseño, conducción y administración.

Para la elaboración del RAGEI del sector UTCUTS se conformó el Grupo Técnico de Apoyo (GTA), donde participan la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD) y el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación al Cambio Climático (PNCBMCC) del Ministerio del Ambiente (MINAM), y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). Esto en línea con lo establecido en la Resolución Ministerial N° 168-2016-MINAM.

Los principales proveedores de información para la elaboración del RAGEI son el PNCBMCC, a través del Módulo de Monitoreo de Cobertura de Bosques (MMCB); la Dirección de Información y Registro (DIR) y la Dirección de Inventario y Valoración (DIV) del SERFOR – MIDAGRI, quienes proveen los datos de actividad y los factores de emisión. La DGCCD se encarga de recopilar la información y elaborar el RAGEI UTCUTS de manera periódica.

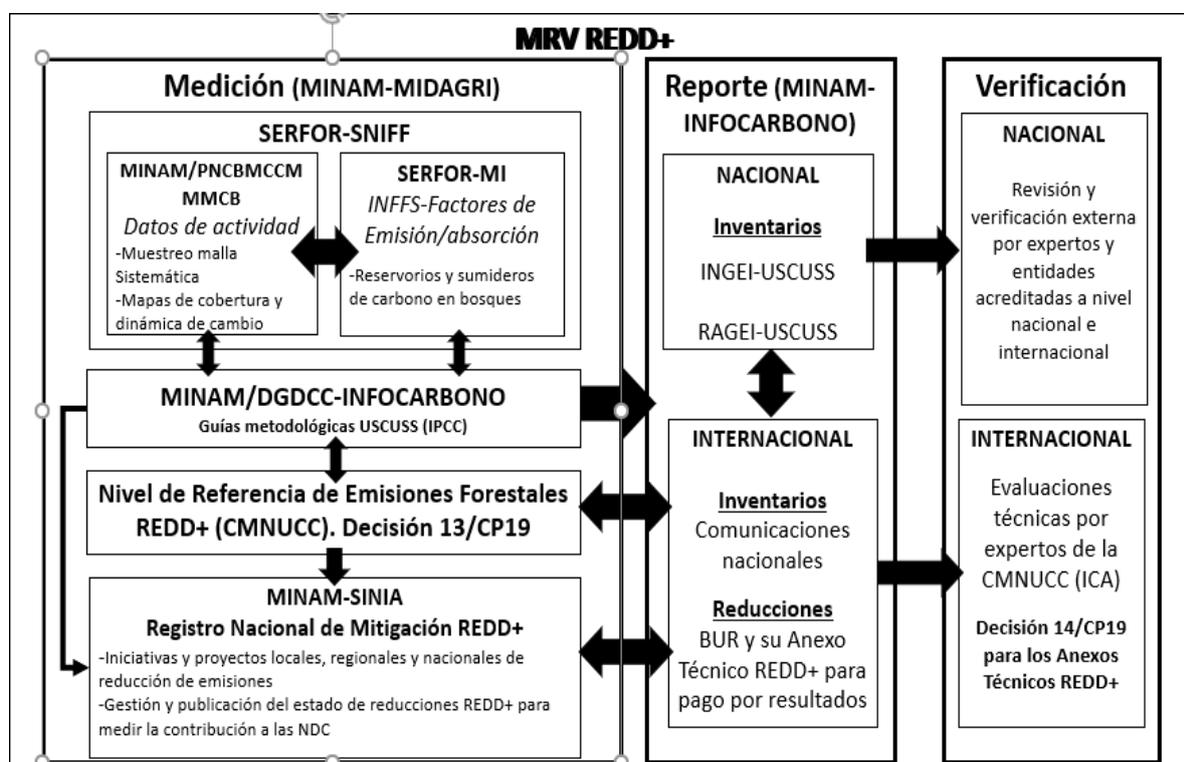


Figura 3. Marco de Medición Reporte y Verificación para REDD+ y su relación con el NREF.

Para las medidas de mitigación, se ha establecido el Registro Nacional de Medidas de Mitigación (RENAMI), en el cual también se incorporarán medidas REDD+. Dicha herramienta incluye una plataforma la cual ya se encuentra disponible (link: <https://products.markit.com/br-reg/public/peru-public/#/home>), contará con un procedimiento establecido, el cual incluye la recepción, administración e inscripción de información relacionada a la reducción de emisiones de GEI por fuente y remociones por sumidero que se produce debido a la implementación de las actividades elegibles y acciones REDD+. El RENAMI permitirá asegurar reportes coherentes, consistentes y publicitarlos de forma transparente y organizada, con el reconocimiento de la reducción de emisiones a las iniciativas, proyectos, programas y similares que se encuentren inscritas (Figura 3).

En el marco del RENAMI, se está desarrollando un proceso denominado Anidación, el cual busca armonizar las Iniciativas Tempranas REDD+ (IT REDD+) (proyectos, programas, acuerdos nacionales bilaterales o multilaterales) que implementan acciones elegibles de REDD+ a nivel local, con el NREF nacional. Esta armonización se va a concretizar técnicamente mediante la asignación de cuotas del NREF, de esta manera se asegura la integridad ambiental (evita la doble contabilidad) ya que se usa una sola herramienta de medición. Por otro lado, la anidación dentro del RENAMI brinda seguridad jurídica a todos los actores, reconociendo sus aportes a la reducción de emisiones y les da la oportunidad de acceder al mercado voluntario de carbono, con unidades de reducción de emisiones avaladas por un marco técnico y legal consistente, transparente, predecible y confiable. Por tanto, el RENAMI, será la plataforma pública mediante el cual se podrá conocer también la contribución de las reducciones de emisiones por REDD+ a las NDC.

Para el reporte en el MRV de REDD+, el MINAM a través de INFOCARBONO tienen el mandato de comunicar y poner a disposición del público información sobre nuestras emisiones y remociones, a través de los RAGEI e INGEI para así comunicar el estado de las emisiones con Inventarios Nacionales e Internacionales. Los INGEI, así como los Anexo técnicos de REDD+¹⁷ conforman parte de los Informes Bienales de Actualización (BUR, por sus siglas en inglés), que se reportan a la CMNUCC.

En relación a la verificación, para el caso del ámbito subnacional, los reportes de actividades de proyectos de reducción de emisiones son verificados por fuentes externas de expertos y entidades acreditadas nacional y/o internacionalmente. En el ámbito nacional la verificación se conduce mediante los mecanismos establecidos en la CMNUCC, a través de la evaluación técnica del proceso de consulta y análisis internacional para los BUR de la CMNUCC (ICA, por sus siglas en inglés) y a las directrices de los elementos que se incluyen en los Anexos Técnicos para pago por resultados de reducción de emisiones REDD+ conforme a la Decisión 13/CP19 (Figura 3).

Este marco MRV que se construye en la fase de preparación se irá consolidando y complementará la Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático en su Implementación REDD+, donde está contenida la política y los planes de acción nacionales, y con el cual se podrá medir su avance en la implementación, reportar sus resultados de reducción y permitirán ser verificadas de manera transparente las acciones REDD+, donde el NREF es un componente principal y base para la medición de las reducciones.

¹⁷ RAGEI, INGEI, Comunicaciones Nacionales y BUR Disponibles en: <https://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/intro/>

2.3. Planes, Acciones y Políticas Nacionales: La Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático en su preparación e implementación de REDD+

El Perú el 21 de julio de 2016 obtiene un importante logro en su fase de preparación para REDD+ completando su Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático (ENBCC) que concluye con el Decreto Supremo N°007-2016-MINAM¹⁸, cumpliendo con uno de los pilares REDD+ más importantes de los acuerdos de Cancún (1/CP.16, párrafo 73) referente al “Desarrollo de estrategias nacionales, planes de acción, políticas, medidas y fortalecimiento de capacidades” para la implementación de REDD+.

La ENBCC requirió de un extenso proceso colaborativo, de consenso y consulta, liderado por el MINAM, como punto focal REDD+, y el MIDAGRI con SERFOR, con participación del Ministerio de Economía y Finanzas, el Ministerio de Cultura, Ministerio de Relaciones Exteriores, el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, los gobiernos regionales, los pueblos indígenas, la sociedad civil y el sector privado, entidades académicas y cooperación internacional.

La escala es nacional, pero se centra en el bioma de la Amazonía peruana (Selva) al igual que el presente NREF, ya que es relevante como fuente de emisión de GEI por encontrarse ahí casi la totalidad de los bosques (87.25% de los bosques del país), así como la mayor disponibilidad de información donde se puede priorizar su atención y se conocen mejor las causas de la deforestación. En la ENBCC se piensa incorporar en un futuro a mayor detalle las regiones Costa y Sierra y también incluir las causas de la degradación.

La estrategia describe el estado de los bosques, tendencias, marco institucional, política, planes y acciones en el País para la implementación de REDD+, con un enfoque general de impulsar una gestión de paisajes sostenibles e incrementar el valor del bosque, con la producción sostenible competitiva basada en el crecimiento económico verde, baja en carbono, con inclusión social y en sincronía con la conservación de bosques, la mitigación y adaptación al cambio climático. También vincula los compromisos internacionales de los cuales el Perú es signatario, como La Convención de Diversidad Biológica (CDB), Convenio de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y Convenio Núm. 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales - Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, incorporándose de manera integral de su planeación estratégica.

La visión de la ENBCC es: “Para el año 2030 el Perú ha reducido sus emisiones de GEI asociadas al sector UTCUTS y la vulnerabilidad del paisaje forestal y de la población que depende de ellos, asegurando el pleno respeto a los derechos de los ciudadanos, especialmente de los pueblos indígenas y de las poblaciones rurales vinculadas a los bosques, con un enfoque territorial, intercultural y de género, en un contexto de adecuada gobernanza, productividad, competitividad y valoración de los ecosistemas forestales”.

Los objetivos de la ENBCC contribuyen al sector UTCUTS y son parte integral de los objetivos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático¹⁹ (MINAM, 2015a) que son: 1) La población, los agentes

¹⁸ Decreto supremo N°007-2016-MINAM, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/ESTRATEGIA-NACIONAL-SOBRE-BOSQUES-Y-CAMBIO-CLIM%C3%81TICO-DECRETO-SUPREMO-007-2016-MINAM11.pdf>

¹⁹ Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/374120/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>

económicos y el Estado incrementan conciencia y capacidad adaptativa para la acción frente a los efectos adversos y oportunidades del cambio climático, y 2) la población, los agentes económicos y el Estado conservan las reservas de carbono y contribuyen a la reducción de las emisiones de GEI, además de otros instrumentos de gestión (MINAM, 2015a).

La ENBCC tiene por objetivo general reducir la pérdida y degradación de los bosques en el Perú, y por ende las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas al sector UTCUTS, y mejorar la resiliencia del paisaje forestal y de la población que depende de estos ecosistemas, con especial énfasis en los pueblos indígenas y campesinos, para reducir su vulnerabilidad frente al cambio climático. Con dos objetivos específicos centrados en mitigación y adaptación, respectivamente que son:

1. Reducir las emisiones e incrementar la remoción de los GEI del sector UTCUTS de forma económicamente competitiva, sostenible, equitativa e inclusiva
2. Disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático del paisaje forestal y la población que depende de ellos, especialmente los pueblos indígenas, campesinos y grupos vulnerables, mejorando su resiliencia y capacidad adaptativa, considerando y revalorizando sus conocimientos tradicionales.

La visión de la estrategia es a 30 años debido a que sus metas se establecen en línea con las NDC para la mitigación y adaptación del cambio climático a 2030. De tal forma, que la ENBCC es el instrumento principal para la reducción de deforestación y sus emisiones de GEI (objetivo 1), que asegura cumplir las metas de mitigación de la NDC, las cuales han sido actualizadas por el país recientemente y sometidas a la CMNUCC²⁰, con aspiraciones más ambiciosas, esperando que las emisiones no alcancen un nivel máximo de 208,8 Mt CO₂ como meta no condicionada y 179 Mt CO₂, como meta condicionada, con reducciones de emisiones del 30 y 40% respectivamente a nivel nacional, donde el sector UTCUTS se espera que aporte más del 50% en las metas de la reducción de emisiones²¹.

La ENBCC tiene 8 Acciones Estratégicas (AE), 5 son para mitigación y 3 para adaptación. El aporte de REDD+ en el Perú va mucho más allá de la mitigación del cambio climático, considerando el importante papel que cumplen los bosques para la resiliencia de los sistemas biofísicos y socioeconómicos gracias a sus múltiples funciones, las que a su vez ayudan a enfrentar el cambio climático. Así las 5 acciones AE de mitigación son:

1. Promover una agricultura y ganadería sostenible y competitiva adaptada al clima, que reduzca la presión sobre los bosques.
2. Aumentar el valor de los bosques, a través del Manejo Forestal Sostenible (MFS), incluyendo el manejo comunitario y otras actividades, haciéndolo más competitivo frente actividades que generan deforestación y degradación.
3. Reducir las actividades ilegales/informales que generan deforestación y degradación de los bosques, fortaleciendo los sistemas de monitoreo, supervisión, fiscalización, control, vigilancia y sanción.

²⁰ Disponible en:

<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Peru%20First/Reporte%20de%20Actualizacio%CC%81n%20de%20las%20NDC%20del%20Peru%CC%81.pdf>

²¹ Informe Final del Grupo de Trabajo Multisectorial de naturaleza temporal encargado de generar información técnica para orientar la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM-NDC). Disponible en: https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/01/190107_Informe-final-GTM-NDC_v17dic18.pdfPA%c3%91OL.pdf

4. Reducir los impactos negativos de las actividades económicas de desarrollo sobre los bosques.
5. Completar la zonificación y ordenamiento forestal; y, el otorgamiento de derechos sobre los recursos forestales y de fauna silvestre y sobre las tierras ubicadas en los márgenes de los bosques.

Por lo tanto, las líneas prioritarias para la implementación de REDD+ se integran principalmente en las acciones estratégicas relacionadas con la promoción de actividades agropecuarias sostenibles para detener el avance de la frontera agrícola (AE.1), el manejo forestal sostenible de bosques y la valorización de los bosques (AE.2), la retribución por pago de los servicios ambientales que proporcionan los bosques (AE.4) y al manejo integral sustentable del territorio y la conservación biológica a través de áreas naturales protegidas (AE.5). Las líneas de implementación REDD+ son:

1. Promover el acceso a mercados que valoricen y compensen adecuadamente el origen sostenible de los productos de los bosques y contribuir al desarrollo de, o la articulación con, mercados verdes para productos agrarios libres de deforestación (AE.1).
2. Promoción de sistemas agroforestales, con pequeños, medianos y grandes productores (AE.1).
3. Desarrollar paquetes tecnológicos considerando aspectos técnicos, financieros y de productividad por hectárea para cultivos comerciales libres de deforestación y baja huella de carbono (AE.1).
4. Impulsar la identificación, difusión y aplicación de técnicas de manejo forestal sostenible, incluyendo la extracción forestal de bajo impacto, en concesiones, comunidades y predios (AE.2).
5. Promover el manejo forestal comunitario, articulado con la visión de desarrollo plasmado en los planes de vida de cada comunidad (AE.2).
6. Desarrollar programas especializados que promuevan el manejo sostenible de los bosques asociado a productos maderables y no maderables, fauna silvestre, bionegocios, o ecoturismo (AE.2).
7. Implementar la iniciativa de REDD+ Indígena Amazónico (AE.2).
8. Impulsar el desarrollo de incentivos para la conservación de bosques, como las transferencias directas condicionadas²² (TdC) y otros mecanismos, en particular los asociados a la Ley de mecanismos de retribución por servicios de los ecosistémicos²³ (AE.4).
9. Promover programas específicos para fortalecer los sistemas de conservación y aprovechamiento sostenible de los bosques amazónicos, bosques estacionalmente secos y bosques andinos (AE.5).
10. Consolidar el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado y los sistemas regionales de conservación (AE.5)

La ENBCC define líneas y acciones estratégicas para lograr el objetivo de reducir las emisiones de GEI en el sector UTCUTS, así como avanzar en el cumplimiento de las NDC, en el marco de las decisiones de la CMNUCC y del Acuerdo de París. Las Contribuciones Nacionales Determinadas para mitigación, se enmarcan en políticas, programas e instrumentos y medidas sectoriales. La ENBCC propone una teoría de cambio, que se basa en abordar las causas directas e indirectas de la deforestación, y las acciones estratégicas y sus líneas de implementación, servirán como marco orientador para el desarrollo de rutas estratégicas de implementación REDD+.

²² Disponible en: <http://www.bosques.gob.pe/transferencias-directas-condicionadas>

²³ Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%c2%b0-30215.pdf>

El Perú viene consolidando los elementos primordiales de la fase de preparación para REDD+, los instrumentos legales e institucionales que fundamenta el Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático (LMCC) y la ENBCC. Por lo tanto, el Perú está en dirección de entrar en la fase de una completa implementación REDD+ subnacional en el bioma amazónico, donde a la par se vienen realizando actividades de implementación en el territorio (ENBCC, 2016).

En esta línea, el Perú en conjunto con los Gobiernos de Noruega y Alemania en el marco de la Cumbre Mundial sobre el Clima de las Naciones Unidas, realizada en Nueva York en 2014, firmaron la Declaración Conjunta de Intención²⁴ (DCI) sobre la cooperación voluntaria entre los ministerios de ambiente de cada país, con el propósito de reducir las emisiones GEI procedentes de la deforestación y degradación de los bosques (REDD+), contribuir a la meta de emisiones neta cero y reducir deforestación al 50%, promoviendo el desarrollo sostenible en la agricultura, manejo forestal y sector minero, en un esquema de pagos por resultados que no implique la compra o venta de carbono procedente de los bosques amazónicos.

En este contexto la DCI es un acuerdo que permite implementar la ENBCC y REDD+ y cumplir las NDC. Y para lograrlo, la DCI, también contribuye a las tres fases REDD+ en conformidad con los acuerdos de Cancún (decisión 1/CP.16), pero con un énfasis central en lograr la implementación y pagos por reducciones de emisiones REDD+, donde se encuentra la mayor parte del financiamiento voluntario comprometido, para ser usados en política pública que pueda asegurar la conservación de bosques y mitigación de cambio climático.

En función de los compromisos del gobierno del Perú, la DCI se estructura en tres fases. La fase de preparación, donde se desarrollan instrumentos de gestión para realizar las acciones a favor de bosques, la de transformación con acciones de campo que tendrán impacto en la reducción de la pérdida de bosques y de las emisiones GEI y la de contribución por reducción verificada y el pago por resultados.

En el Marco de la DCI, el NREF es un elemento importante tanto en la fase 1 de preparación como en la fase 3 en el pago por resultados, ya que en sus propósitos del acuerdo de la DCI, el NREF debe ser construido a partir de las “emisiones históricas y ser consistente y comparable con los métodos y datos presentados en la CMNUCC y sus decisiones importantes” que en conjunto marco MRV para REDD+ que está en construcción (Tabla 2) será esencial para la medición de la contribución por reducciones verificadas.

En la DCI, se ha avanzado de manera simultánea en las fases de preparación e implementación, esta última cuenta con apoyo económico desde el año 2016²⁵. Así, como parte de la implementación, se resalta la afiliación en tierras de comunidades nativas en el bioma amazónico de 2 046 364 hectáreas de bosque a 2018, bajo el mecanismo de Transferencia Directas Condicionadas (TDC)²⁶. Esta meta contribuye directamente en la ENBCC, a su acción estratégica 4, de reducir los impactos negativos de las actividades económicas de desarrollo sobre los bosques, en la línea prioritaria de implementación

²⁴ Disponible en: <http://www.bosques.gob.pe/archivo/6-dci-acuerdo-peru-noruega-alemania-dci.pdf>

²⁵ Preparando el camino para la plena implementación de la fase de “transformación” de la DCI. Disponible: <http://www.bosques.gob.pe/archivo/24-proyecto-pnud-dci.pdf>

²⁶ Reporte de cumplimiento de la declaración conjunta de intención sobre REDD+ suscrita entre los gobiernos de Perú, Noruega y Alemania al 2018. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/10/190709-Reporte-DCI-2018_VF.pdf

REDD+, sobre Impulsar el desarrollo de incentivos para la conservación de bosques, e instrumentos asociados a la Ley de mecanismos de retribución por servicios de los ecosistémicos.

Lo anterior es un ejemplo de cómo en el Perú, mediante el conjunto de actividades coordinadas en el terreno que se realizan en el contexto nacional y subnacional, con el apoyo financiero internacional para la preparación e implementación REDD+, en un corto y mediano plazo, podrán verse reflejadas para el pago por resultados verificados, por la reducción de emisiones por acciones REDD+, basados en su NREF y el Marco MRV para REDD+, cumpliendo de los objetivos de la ENBCC y conociendo cuantitativamente, el impacto sobre las metas de mitigación del Perú en su NDC.

Un punto de inflexión en la gestión del cambio climático en el Perú, y por tanto la implementación de REDD+ lo constituyó la promulgación de la Ley Marco sobre Cambio Climático (LMCC) en el 2018 y su reglamentación en el año 2019. Esta ley establece mandatos claros y define lineamientos específicos sobre la gestión integral frente al cambio climático a los sectores gubernamentales, gobiernos regionales, gobiernos locales y actores no estatales; incluyendo cuestiones relativas a REDD+.

El proceso de elaboración del Reglamento de la Ley Marco sobre Cambio Climático (LMCC) se llevó a cabo de manera participativa, transparente y descentralizada, y en el respeto a los derechos colectivos de los pueblos indígenas.

De este modo, en el artículo 7, del RLMCC, se establecen las funciones de la autoridad nacional en materia de cambio climático para la implementación de REDD+, las mismas que comprenden:

- 1) Realizar el monitoreo y evaluación de la implementación de la ENBCC o su equivalente elaborada según las recomendaciones de la CMNUCC y de la normativa nacional vigente relacionada a bosques y cambio climático; así como de las salvaguardas en el marco de REDD+. Este monitoreo y evaluación se realiza con la participación de las organizaciones representativas de los pueblos indígenas u originarios, de conformidad con lo establecido en los artículos 12, 13, 14, 15 y 17 del presente Reglamento.
- 2) Orientar la gestión de las salvaguardas para REDD+, considerando los aportes de la PPICC, para proveer y monitorear información periódica a las distintas fuentes y tipos de financiamiento relacionados a pagos por resultados.
- 3) Elaborar los reportes de avance de REDD+ que forman parte del reporte del nivel de avance en la implementación de las medidas de mitigación elaborado en el marco del Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación.
- 4) Establecer los criterios y procedimientos para registrar las acciones REDD+ en el Registro Nacional de Medidas de Mitigación, con especificación de RIA y RIAC según corresponda, y de conformidad con el artículo 56 del presente Reglamento.
El diseño de los criterios y procedimientos se realiza con la participación de actores estatales y no estatales, como los pueblos indígenas u originarios, de conformidad con los artículos 12, 13, 14, 15 y 17 del presente Reglamento.
- 5) Diseñar el proceso de recepción, administración y distribución de los beneficios provenientes de pagos por resultados de REDD+ con la participación de actores estatales y no estatales, priorizando la participación diferenciada de los pueblos indígenas u originarios y sus propuestas, de conformidad con lo establecido en los acuerdos y convenios internacionales vigentes, tales como el Convenio N° 169 de la OIT, así como el artículo 23.4 de la LMCC y los artículos 12, 13, 14, 15 y 17 del presente Reglamento.
- 6) Implementar y conducir el proceso de recepción, administración y distribución de los beneficios provenientes del pago por resultados de REDD+, considerando las iniciativas de los pueblos indígenas u originarios según corresponda, como RIA y RIAC, de conformidad con los lineamientos elaborados por la autoridad nacional en materia de cambio climático.

3. MARCO DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN DEL PERÚ

3.1. Escala el NREF y área de cobertura del bioma amazónico del Perú

El NREF es sub nacional e incluye la Amazonía peruana, que tiene una extensión de 78 308 800,74 ha y cubre el 60.5% del territorio del país. Los bosques amazónicos en el Perú con 68 324 569 ha en 2019, destacan por cubrir el 87.25 % de la Amazonía. La presente actualización del NREF al igual que el NREF presentado en 2015, se considera como una medida intermedia²⁷ para tener una inclusión gradual de las otras regiones naturales de Costa y Sierra, y así llegar a abarcar todo el territorio nacional.

Para conocer a detalle el estado de los bosques, el bioma amazónico se divide en cuatro regiones ecológicas o Ecozonas, que son la base para la planificación y ejecución del INFFS. Las Ecozonas se determinaron a partir de criterios fisiográficos, fisonómicos y florísticos (ecosistemas y cobertura vegetal), de almacenamiento de carbono (productividad primaria), de localización de humedales y su accesibilidad (MINAGRI, 2016) (Figura 3). Estas se definen a continuación:

Selva alta accesible: Tiene una extensión de 10 972 886,67 ha (8,5 % del país), se extiende de norte a sur del país en la parte oriental de la cordillera de los Andes, en el rango de los 500 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta el límite de la región natural de Sierra a los 3 800 msnm. Va desde el departamento de Cajamarca y Amazonas en el norte, hasta el departamento de Puno en el sur. La cubre una superficie de bosque de 6 772 205,68 ha en 2019, con vegetación de montaña con alta cobertura y árboles grandes, de fustes rectos y copas amplias de hasta 35 m en las elevaciones más bajas, y árboles bajos, de fustes irregulares de hasta 10 m en las elevaciones más altas. Esta ecozona se caracteriza por contar con una red de infraestructura vial en buenas condiciones, que la hace accesible para realizar diversas actividades económicas, lo cual la somete a mucha presión de la población, y existe un gran uso agropecuario, donde históricamente han ocurrido y ocurren importantes procesos de deforestación.

Selva Alta Difícil: Tiene una extensión de 11 132 433,90 ha (8,6 % del país) con condiciones fisonómicas y de distribución florística similar al de la selva alta accesible. Su particularidad es que posee una fisiografía accidentada, generalmente montañosa, de fuertes pendientes, lo que la hace de difícil acceso. La cubre una superficie de bosques de 10 439 319 ha en 2019, que generalmente se encuentran en un alto grado de conservación. En esta zona se han declarado varias Áreas Naturales Protegidas por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

Selva Baja: Tiene una extensión de 47 472 740,55 ha, es la ecozona más grande en el territorio (36.7 % del país) y cubre el 60.6% del bioma amazónico. Se extiende en la parte oriental del Perú en las tierras bajas de la cuenca del Amazonas, desde el departamento de Loreto en el norte, hasta el departamento de Madre de Dios al sur. Su rango altitudinal va desde los 100 msnm en la frontera de Brasil y Colombia, hasta los 500 msnm en los departamentos de San Martín, Huánuco y Cusco. Es la ecozona con mayor superficie de bosque, con 44 122 122,28 ha en 2019, y su vegetación se compone predominantemente de árboles, que pueden llegar hasta los 45 metros de altura con copas amplias y frondosas. Tiene unidades fisiográficas de complejos de orillares con llanuras meándricas, terrazas bajas, medias, altas, colinas bajas (que son las predominantes) y colinas altas, que definen los nombres de las coberturas vegetales y contiene una gran riqueza de especies arbóreas. Su accesibilidad

²⁷ Decisión 12/CP.17, párr. 11; Decisión 13/CP.19, Anexo, párr. 2 (c)

depende de su red hidrográfica y se complementa con su fisiografía donde predominan terrazas y colinas bajas.

Zona Hidromórfica: Tiene una extensión de 8 730 739,62 ha (6,75% del país) se localiza dentro del departamento de Loreto y es conocida como la formación geológica Ucayali (Ucayali-Marañón), que contiene grandes humedales catalogados como sitios RAMSAR presentes en el abanico de Pastaza entre los ríos Tigre, Pastaza y Marañón. Aquí se encuentran los humedales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria, entre los ríos Marañón, Ucayali y Huallaga y los humedales del río Tapiche. Estos humedales están sobre terrazas aluviales cóncavas con suelos de pobres drenajes que durante las crecidas de los ríos se mantienen generalmente inundadas. Los bosques cubren 6 990 922,05 ha en 2019, en donde dominan las palmeras de aguaje (*Mauritia flexuosa*) que forman un tipo de vegetación homogénea conocida como “aguajal”. También presentan vegetación asociada al renaco (*Ficus sp.*) y diversas palmeras (*Euterpe precatoria*, *Astrocaryum huicungo*, *Bactris sp.*), con algunas formaciones vegetales con cubierta herbácea arbustiva de las familias Aráceas y Poáceas. Su accesibilidad es limitada por la predominancia de las zonas pantanosas.

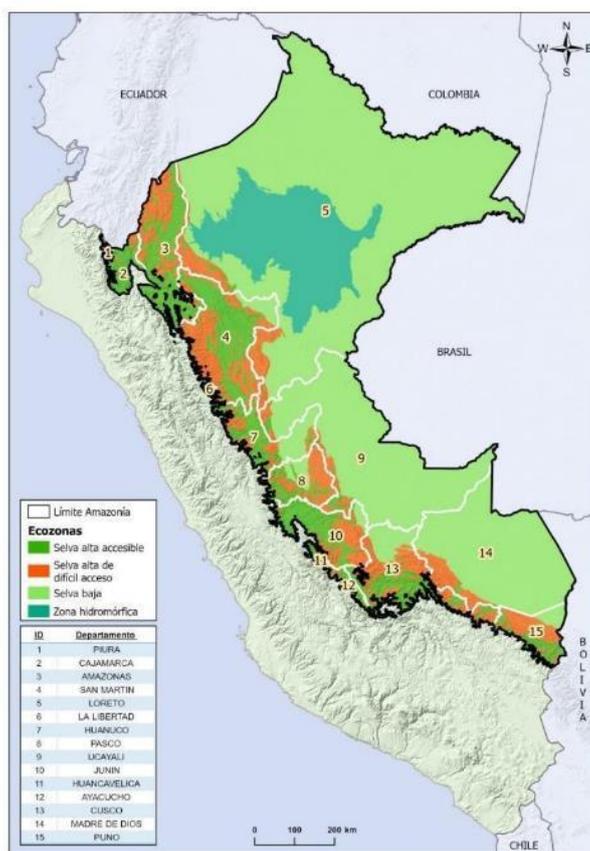


Figura 4. Límite del bioma amazónico peruano, sus ecozonas y departamentos. Elaboración propia.

Los bosques del bioma amazónico tienen una extensión de 69 259 390,91 ha en el año inicial del NREF (2010) y 68 324 569,01 ha bosques en el año final (2019) que cubren el 87%. La ecozona de la selva baja es la que tiene la mayor superficie de bosque (64,58%), seguida de la selva alta de difícil acceso (15,28%), la zona hidromórfica (10,23%) y por último la selva alta accesible (9,91%), que a pesar de contar con mayor extensión territorial que la región hidromórfica, contiene menos bosque, por tener una mayor presión por el cambio de uso del suelo (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie de bosque y cobertura de área territorial por Ecozona en el bioma amazónico.

Ecozona	Área Territorial del bioma amazónico (ha)	% Territorial Nacional	% Territorial Bioma Amazónico	Área de Bosque en ha (2019)	% Bosque Bioma Amazónico (2019)
Selva Alta Accesible	10 972 886,67	8,48	14,22	6 772 205,68	9,91
Selva Alta Difícil	11 132 433,90	8,6	14,01	10 439 319,00	15,28
Selva Baja	47 472 740,55	36,68	60,62	44 122 122,28	64,58
Zona Hidromórfica	8 730 739,62	6,75	11,75	6 990 922,05	10,23
Total	78 308 800,74	60.61	100	68 324 569,01	100

El bioma amazónico cuenta con 15 de los 24 departamentos del Perú con diferentes proporciones de su territorio departamental (Tabla 3, Figura 4). Loreto, Ucayali y Madre de Dios son los departamentos que están completamente dentro del bioma amazónico y los que más territorio cubren, con 37 511 602,82 ha, 10 534 162,40 ha y 8 498 852,18 respectivamente, que en su conjunto ocupan el 72% del territorio y se ubican principalmente sobre la ecozona de selva baja.

Los departamentos de San Martín, Amazonas, Pasco, Huánuco, Junín y Cusco, están parcialmente dentro de territorio amazónico con más del 50% y menos del 95% de su territorio departamental, estos ocupan el 24% del bioma amazónico y se encuentran principalmente sobre las ecozonas de la selva alta accesible y difícil. El resto de departamentos que son Cajamarca, Puno, Ayacucho, La Libertad, Huancavelica y Piura, tienen menos del 25% de su territorio departamental y representan sólo la ocupación del territorio del 3.79% del bioma amazónico, por encontrarse en los límites de la región sierra y, por lo tanto, también ubicados principalmente en las ecozonas de selva alta difícil y selva alta accesible.

Tabla 3. Superficie departamental y superficie ocupada por los departamentos que se encuentran en el bioma amazónico peruano.

Departamento	Superficie (ha)	Superficie en Amazonía (ha)	% Territorial del Departamento en Amazonía
LORETO	37 511 602,82	37 511 603,82	100
UCAYALI	10 534 162,40	10 534 163,40	100
MADRE DE DIOS	8 498 852,18	8 498 853,18	100
SAN MARTIN	5 096 897,55	4 863 122,91	95,41
AMAZONAS	3 930 379,02	3 625 441,65	92,24
PASCO	2 411 714,07	1 763 882,19	73,14
HUANUCO	3 720 245,04	2 357 276,58	63,36
JUNIN	4 426 742,61	2 510 375,67	56,71
CUSCO	7 213 062,78	3 672 773,46	50,92
CAJAMARCA	3 305 621,16	781 792,29	23,65
PUNO	7 321 972,86	1 609 895,16	21,99
AYACUCHO	4 357 750,77	345 154,59	7,92
LA LIBERTAD	2 529 356,40	82 948,23	3,28

HUANCAVELICA	2 206 072,62	69 129,45	3,13
PIURA	3 606 589,08	82 388,16	2,28

En el contexto de la división por ecozonas y sus departamentos, es importante agregar que en el bioma Amazónico se concentra el 13,7% de la población del Perú, que realiza una actividad antrópica con impactos significativos a lo largo y ancho del territorio, con diversas actividades agropecuarias, extractivas y forestales (BUR, 2019; MINAM, 2016). Dentro del bioma amazónico se han identificado 457,280 unidades agropecuarias, donde la mayoría de los productores son individuales (99%), y se dedican a actividades agrícolas y ganaderas especializadas. Las comunidades nativas también se dedican en gran medida a actividades agropecuarias, pero su uso en el territorio es comunitario empleando su conocimiento tradicional, con actividades más diversificadas y poseen grandes extensiones de superficies de bosques, que aprovechan para obtener recursos (Robiglio et al. 2015).

Las diferentes unidades de análisis, según los derechos asignados sobre los bosques, y los actores principales vinculados a ellas, de acuerdo al ordenamiento forestal previsto en la Ley N° 29763 incluyen: a) Bosques locales, b) Bosques protectores, c) Bosques en tierras de comunidades campesinas y nativas, d) Bosques en predios privados, e) Bosques de producción permanente y f) Bosques en reserva; y a ellos se suman las áreas naturales protegidas. Igualmente, con fines de manejar una información más precisa, corresponde incluir las concesiones forestales y otros derechos, como los de cesión en uso para sistemas agroforestales o sobre bosques residuales o remanentes.

Como categorías territoriales se tienen las áreas naturales protegidas, donde realizan actividades principalmente de conservación, con un 24.85% del territorio, y contienen áreas naturales protegidas del estado, de conservación regional y de conservación privada. En un 21.86% del territorio se encuentran las comunidades nativas, campesinas y las reservas territoriales indígenas con títulos de propiedad. En cuanto al uso para una gestión integral de los bosques, están los bosques de producción



permanente, donde se realizan actividades de aprovechamiento forestal maderable, no maderable, manejo de fauna silvestre, ecoturismo y reforestación que comprenden 23.55% del territorio. También se encuentran los predios rurales que solo ocupan un 2.51% del bioma amazónico. Y, por último, como una zona especial, están categorizados los humedales de la Amazonía (ecozona hidromórfica), con el 3% del territorio que, por su naturaleza biofísica, socioeconómica y geopolítica, requieren una estrategia especial para su uso (Figura 5).

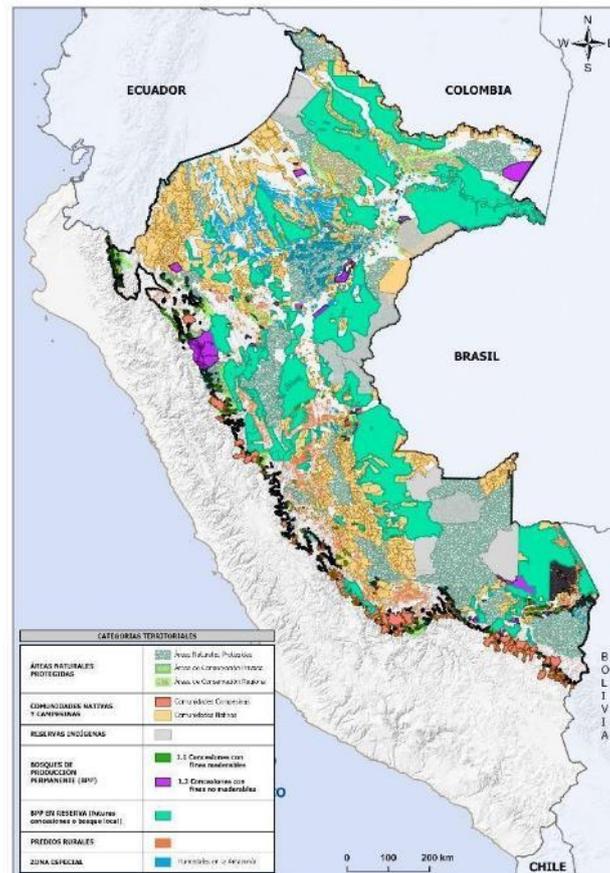


Figura 5. Categorías territoriales en la Amazonía peruana. Elaboración propia.

Aunque, las áreas de bosques sin derechos forestales asignados —y que no corresponden a ninguna categoría legal de ordenamiento del patrimonio forestal— representan sólo el 23.95%, presentan un mayor porcentaje de deforestación acumulada, la que alcanza el 45% de la pérdida total de bosque. Esto incluye las tierras de los pueblos indígenas que aún no están reconocidas y formalmente tituladas (ENBCC, 2016)

3.2. Definición de bosque

Para efectos del presente NREF el bosque se define como: “Ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor de 0,5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y presenta una cobertura de copas mínima del 30%. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa, que tienen una altura mínima de 5 metros para la selva amazónica. Incluye los bosques naturales, secundarios y las plantaciones”.

La definición de bosque del NREF se basa en la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (LFFS)²⁸ y se alinea con el marco metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS), que lo definen como:

Ley Forestal y de Fauna Silvestre

“Ecosistema en que predominan especies arbóreas en cualquier estado de desarrollo, cuya cobertura de copa supera el 10% en condiciones áridas o semiáridas o el 25% en circunstancias más favorables”.

Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

“Ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor de 0,5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y presentar una cobertura de copas mínima del 10 %. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa que tienen una altura mínima de 2 metros en su estado adulto para Costa y Sierra, y 5 metros para la Selva amazónica” (MINAGRI-MINAM-FAO, 2016).

Ambos conceptos hacen la distinción entre regiones naturales más áridas y semi áridas de Costa y Sierra y la región de la Selva amazónica, donde se tienen bosques más húmedos con condiciones “favorables” con una alta productividad primaria, y se presentan árboles de mayor altura y bosques con mayor cobertura. Por lo tanto, se determinó en la definición del NREF la altura de 5 metros y una cobertura de 30% por las condiciones bioclimáticas del bioma amazónico.

En el marco del Protocolo de Kioto se destaca la necesidad de establecer una definición de lo que es un bosque, basada en parámetros como el área mínima, la cobertura de copa y la altura de los árboles (GOFC-GOLD, 2016). Dependiendo del contexto y el objetivo de ciertas actividades, la definición de bosques puede variar. Por ejemplo, el Inventario Nacional Forestal (INF) utiliza definiciones de bosque específicas para los biomas Costa, Sierra y Amazonía, donde los parámetros considerados para la Amazonía fueron área mínima: 0.50 hectáreas, ancho: 20.00 m, altura de los árboles: 5.00 m y cobertura de copas: 30%.

La definición de bosque del NREF actualizado, también busca armonizarse para el bioma amazónico a los diferentes parámetros de las definiciones de bosque que el Perú utiliza para otros propósitos, como el reporte para la Evaluación de Recursos Forestales Mundiales (FAO), el mecanismo de desarrollo limpio (MDL)(Tabla 4).

Tabla 4. Umbrales de la definición de bosque en el Perú para diferentes propósitos de reporte.

Umbrales de bosque	FAO-FRA	LFFS	INFFS	MDL	NREF 2015 INGEI-BUR	NREF 2021
Superficie mínima (ha)	>0.5		>0.5	>0.5	0.09	>0.5
Cobertura forestal mínima (%)	10	10-25	10-30	30	30	30
Altura arbórea mínima (m)	5		2-5	5	5	5
Ancho mínimo del área total (m)			20			20

²⁸ Ley N°29763, disponible en: <http://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/620>

El NREF presentado en 2015, define “bosque” de manera similar al Inventario Nacional Forestal, adoptando como área mínima lo que las tecnologías para la medición remota permiten. Así se estableció el área mínima en 0.09 ha (área de un píxel de Landsat), que se ajusta a los métodos desarrollados por la Universidad de Maryland, usados en la cadena de procesamiento para la detección de cambios por deforestación, que consistieron en la elaboración de mapas de pared a pared y un algoritmo de clasificación para la detección de cambio por pérdida bosque (bosque y no bosque), con el uso de productos Landsat que tienen píxeles de detección de 30 X 30 m (MINAM - MINAGRI, 2014).

El ajuste del área mínima a 0.50 ha en el actual NREF con respecto al NREF de 2015, se hace bajo el enfoque de mejora gradual para homogenizar el área mínima con las definiciones de bosque del Perú empleadas para otros propósitos, y por la mejora en el cambio de métodos usados para estimar el DA, utilizando una malla de muestreo sistemático estratificado, en donde se detecta la deforestación en muestras mediante la interpretación visual y el porcentaje de cobertura es esencial como criterio de determinación de un área que se considere bosque (Ver sección 4.1.1 sobre datos de actividad), la cual no podía ser evaluada bajo el criterio establecido en el NREF de 2015. Esta definición se adoptará también por el país para futuros reportes hacia la CMNUCC, y guardará la consistencia metodológica que se requiere conforme al Anexo de la Decisión 12/CP.17 inciso (d).

3.3. Categorías de bosques y usos del suelo del bioma amazónico

En el NREF las categorías del uso de la tierra, se establecieron conforme a las directrices de IPCC (2006) como Tierras Forestales, Tierras agrícolas, Praderas, Asentamientos Humanos, Humedales y Otras Tierras. Todas estas categorías se encuentran presentes en las ecozonas de la Selva Alta Accesible, Selva Alta de difícil acceso, Selva Baja y la Zona Hidromórfica que, al tratarse de áreas extensas del territorio, contienen una gran diversidad de tipos de bosques y usos del suelo en el Perú. En la tabla 5 se describe su correspondencia en cuanto a los usos de la tierra del Perú²⁹ (Nivel 2), las categorías del mapa nacional de ecosistemas del Perú³⁰ (Nivel 3) y de su clasificación de coberturas vegetales en su mapa nacional de vegetación del Perú³¹ (Nivel 4) (MINAM 2019; MINAM, 2015).

Tabla 5. Categorías IPCC, ecosistemas y coberturas forestales en el bioma amazónico.

Nivel 1 (IPCC)	Nivel 2 (Uso de la tierra)	Nivel 3 (Ecosistemas)	Nivel 4 (Cobertura Vegetal)
Tierras Forestales (Bosque NREF)	Bosque Natural	Bosque aluvial inundable	Vegetación de isla
			Bosque de terraza inundable por agua negra
			Bosque de llanura meándrica
		Bosque de terraza no inundable	Bosque de terraza baja
			Bosque de terraza baja con castaña

²⁹ Memoria descriptiva de la Clasificación de usos de la Tierra en Collect Earth Online para el NREF, Disponible en: https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1B71k_qrk_B3Xt123_Z_a9ja8IMMGyVXF

³⁰ Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

³¹ Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

		Bosque de terraza alta
		Bosque de terraza alta con castaña
		Bosque de terraza baja con paca
		Bosque de terraza alta con paca
	Pacal	Pacal
	Bosque de colina baja	Bosque de colina baja con shiringa
		Bosque de colina baja con castaña
		Bosque de colina baja
		Bosque de colina baja con paca
	Bosque de colina alta	Bosque de colina alta
		Bosque de colina alta con paca
	Bosque de colina de Sierra del Divisor	Bosque de colina alta del Divisor
	Bosque montano de yunga	Bosque de montaña
		Bosque de montaña con paca
		Bosque de palmeras de montaña montano
		Bosque de montaña montano
		Bosque semideciduo de montaña
	Bosque basimontano de yunga	Bosque de terraza baja basimontano
		Bosque inundable de palmeras basimontano
		Bosque de montaña basimontano con paca
		Bosque de terraza alta basimontano
		Bosque de montaña basimontano
	Bosque estacionalmente seco oriental	Bosque de montaña montano
Bosque altimontano (Pluvial) de yunga	Bosque de montaña altimontano	
Bosque estacionalmente seco interandino	Bosque xérico interandino	
Aguajal/Bosque Mixto	Pantano de palmeras	Bosque inundable de palmeras (aguajal)
	Sabana húmeda con palmeras	Sabana hidrofítica de palmeras
Bosque Plantado	Plantación forestal	Plantación Forestal
Con arboles	Cultivos permanentes (frutales) ¹	No aplica

Tierras agrícolas	Sin árboles	Cultivos transitorios ¹		
	Palma aceitera	Cultivos permanentes (industrial) ¹		
	Sistema agroforestal	Cultivos permanentes (forestal) ¹ y Cultivos transitorios ¹		
	Arroz	Cultivos transitorios ¹		
Praderas	Con árboles de origen antrópico	Pastos cultivados ¹ y Cultivos permanentes (forestal) ¹		
		Vegetación secundaria		
	Sin árboles de origen antrópico	Pastos cultivados ¹		
		Vegetación secundaria		
	Sin árboles vegetación natural	Matorral andino		Matorral esclerófilo de montaña montano
				Matorral arbustivo altimontano
Jalca				
	Paramo	Paramo		
Humedales	Cuerpos de agua	Río	Río	
		Lago y laguna	Lagunas, lagos y cochas	
	Cobertura inundable en no bosque	Pantano herbáceo-arbustivo	Herbazal hidrofítico (pantano herbáceo)	
		Sabana húmeda con palmeras	Sabana hidrofítica de palmeras	
		Varillal	Vegetación esclerófila de arena blanca (varillal)	
Asentamientos humanos	Áreas artificiales sin arboles	Zona urbana	No aplica	
	Áreas artificiales con arboles			
	Áreas mineras			Zona minera
Otras tierras	Otras tierras (natural)	No aplica		

Fuente: Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático (MINAM, 2016)

Las categorías IPCC se definen para el país como se describen a continuación:

Tierras Forestales (TF)

Las Tierras forestales se componen de la vegetación del Perú que cumple con la definición de bosque para el NREF. Y Son todos los bosques naturales, aguajales/bosques mixtos y bosques plantados (Nivel 2) que se encuentran en las cuatro ecozonas del bioma amazónico peruano.

Los bosques naturales están distribuidos en todo el bioma amazónico, poseen una alta diversidad biológica, con una alta riqueza de especies (diversidad alfa), un diverso número de ecosistemas (Nivel

3) y coberturas vegetales (Nivel 4) (Tabla 5). Sus ecosistemas y coberturas vegetales se presentan de manera diferenciada en función de las características de la ecozona que se presentan.

En las ecozonas de selva alta accesible y de difícil acceso, se distribuyen bosques naturales similares, por encontrarse localizadas en las mismas condiciones fisiográficas y biogeográficas, a lo largo del vertiente oriental de los Andes (de norte a sur del país) en un gradiente altitudinal montañoso que va de 500 a 3,600 msnm. Los ecosistemas que dominan en el paisaje son de montaña, con bosques basimontano de Yunga, montano de Yunga, altimontano (pluvial) de Yunga, y a una menor altura sobre el mar, se establecen ecosistemas y coberturas vegetales que dominan en la ecozona de selva baja (MINAM, 2019). Las coberturas vegetales (Nivel 4) principales son de Bosques de montaña montano, semideciduo de montaña, de palmeras de montaña montano, inundable de palmeras basimontano, de montaña basimontano y el bosque de montaña altimontano (MINAM, 2015).

La ecozona de Selva Baja es el área más extensa con bosques naturales que comprende la región oriental del Perú con menor altura sobre el nivel del mar (<500 msnm). Se tienen principalmente paisajes de tierras firmes no inundables (terrazas altas y colinas bajas) y planicies inundables al margen de los ríos amazónicos (MINAM, 2015). En la selva baja se encuentran prácticamente todos los ecosistemas y coberturas vegetales de bosques naturales, exceptuando los de tipo montano que se presentan en la Selva Alta (Tabla 5). La ecozona hidromórfica está inmersa en la selva baja, en el departamento de Loreto y comparte también sus ecosistemas y coberturas vegetales. Su principal diferencia, es que la ecozona hidromórfica se encuentra en la depresión de Ucamara, que la convierte en un paisaje dominado por planicies inundables y ríos, donde se establece principalmente el aguajal (*Mauritia flexuosa*) (Nivel 2), que son ecosistemas de pantano de palmeras y bosque aluviales (Bosques mixtos), que contienen coberturas vegetales inundables como la vegetación de isla, bosques de terraza inundable (agua negra) y bosques de llanura meándrica (MINAM 2019).

Por último, en las tierras forestales también se incluyen los bosques plantados, que son tierras que han sido reforestadas o forestadas con especies nativas (por ejemplo, *Guazuma spp.*, *Calycophyllum spruceanum*, *Cedrelinga catenaeformis*, entre otras) o exóticas (por ejemplo, *Eucalyptus spp.*, *Pinus spp.* o *Tectona grandis*, etc.). Pueden encontrarse en las zonas del departamento de Huánuco, en el límite con Ucayali (Guariguata et al., 2017).

Tierras Agrícolas (TA)

Las tierras agrícolas según sus usos de la tierra en Perú (Nivel 2), comprenden las tierras agrícolas sin árboles y tierras agrícolas con árboles. Por su naturaleza, esta categoría ocurre tras intervenciones antrópicas realizadas sobre tierras forestales en el bioma de Amazonia peruana.

Las tierras agrícolas sin árboles son tierras dedicadas principalmente a cultivos anuales o de corta rotación. Su presencia es mayor en las Ecozonas de Selva alta accesible y Selva Baja, debido en parte a mayor accesibilidad por parte de la población. Sus principales cultivos son transitorios como las hortalizas, maíz, yuca y arroz (MINAM, 2016).

Las tierras agrícolas con árboles son tierras agrícolas con la presencia de especies de porte arbóreo, que se componen de cultivos permanentes como frutales (Plátano, cítricos), plantaciones de palma aceitera, sistemas agroforestales y sistemas agrosilvopastoriles. Se ubican geográficamente en mayor proporción en la Ecozona Selva Alta accesible (San Martín, Amazonas, Junín, Huánuco) y Selva Baja (Loreto y Ucayali) (INEI, 2020; MINAM, 2016).

Praderas (P)

Las praderas comprenden las praderas sin árboles de origen antrópico, las praderas con árboles de origen antrópico y las praderas de vegetación natural. Son pastizales y tierras de pastoreo que no están contempladas dentro de las tierras agrícolas. Las praderas incluyen tierras con un uso intensivo de manejo o tierras naturales de gran extensión como sabanas y pastizales. La vegetación dominante son pastos perenes y el pastoreo suele ser la actividad más común para el uso de estas tierras (IPCC, 2006).

Las praderas sin árboles de origen antrópico son tierras dedicadas para las actividades pecuarias en la Amazonia. Se encuentran con mayor frecuencia en la Ecozona de Selva baja y Selva alta accesible. Estas pueden ser vegetación secundaria de áreas originalmente destinadas para tierras agrícolas y después abandonadas, o pastos cultivados con superficies extensas para ganado. (MINAM, 2016). (MINAM, 2018) Las praderas con árboles de origen antrópico son tierras también dedicadas a las actividades pecuarias, pero que cuentan con la presencia de especies arbóreas, sin llegar a tener una cobertura para ser considerado una tierra forestal, también se encuentran en esta categoría los sistemas silvopastoriles (FAO, 2015). Se encuentran distribuidos en mayor proporción en la Selva Baja (Vegetación secundaria) y en la Selva Alta accesible (sistemas silvopastoriles), este último en las regiones de Pasco, Ucayali y San Martín.

Las praderas sin árboles de origen natural son pastos naturales de grandes extensiones, muchas veces ubicados en zonas transicionales de la Amazonia con la región andina. Entre sus ecosistemas encontramos los Matorrales Andinos, la Jalca y el Páramo (MINAM, 2015).

Humedales (H)

Los humedales comprenden los cuerpos de agua y las coberturas inundables en no bosque. Son tierras Guari guata que están cubiertas o saturadas por agua durante todo el año y que no caen dentro de las categorías de tierras forestales, tierras agrícolas o praderas (IPCC, 2006)

Los cuerpos de agua son superficies naturales de agua, su forma es irregular y su tamaño varía, comprendidos principalmente por los ríos, quebradas de la amazonia, lagos y las playas de ríos, donde se observa que a través del tiempo hay un incremento y disminución del nivel del agua (MAG, 2013). Son clasificados como ecosistemas acuáticos de Ríos, Lago y lagunas. Su distribución geográfica está en las cuatro ecozonas con mayor presencia en la zona Hidromórfica y Selva Baja, debido a los ríos Ucayali, Marañón y Amazonas (MINAM, 2019).

También se consideran humedales a las coberturas inundables de no bosque en zonas pantanosas y de turberas en la Amazonia. Su forma suele ser extensa e irregular y están ubicados cerca de cuerpos de agua (MINAM, 2015). Su distribución geográfica es la Ecozona Hidromórfica y en la Selva Baja. Entre los ecosistemas representativos encontramos los Pantanos herbáceos-arbustivos, Sabana húmeda de palmeras y varillales; con coberturas vegetales de Herbazal hidrofítico, Sabana hidrofítica de palmeras y vegetación esclerófila de arena blanca.

Asentamientos humanos (AH)

Los asentamientos humanos son las áreas artificiales sin árboles, las áreas artificiales con árboles y las áreas mineras. Suelen ser las ciudades, poblados, incluyendo el sistema vial e infraestructura. (IPCC, 2006). Su mayor distribución geográfica es en la Selva Baja y la Selva alta accesible. En áreas artificiales sin árboles, se consideran centros poblados, áreas de infraestructura extractiva, vías de transporte asfaltadas y no asfaltadas. Las áreas artificiales con árboles incluyen los parques y jardines, cercas de

edificios o lugares recreacionales en las ciudades o centros poblados. En caso excepcionales pueden ser jardines botánicos o áreas de investigación de Universidades o Centros de investigación (FAO, 2015).

Las áreas mineras son tierras afectadas por la minería aurífera, principalmente ubicada en la región de Madre de Dios. Comprende áreas compuestas por suelo desnudo, pozas, pequeñas áreas de bosque e infraestructura. Su distribución principalmente es en la zona sur de la ecozona Selva Baja en el departamento de Madre de Dios.

Otras tierras (OT)

Esta categoría incluye tierras donde el uso de suelo no abarca tierras forestales, tierras agrícolas, praderas, humedales o asentamientos humanos, puede incluir áreas como desiertos, roca, suelo desnudo o hielo. (IPCC, 2006). En la Amazonía se identifican las otras tierras de origen natural que son de dos tipos: Los deslizamientos naturales ocurridos en zonas de alta pendiente en bosque natural, cuya distribución geográfica de este fenómeno, por presentarse fuertes pendientes en el terreno y alta humedad es la ecozona Selva alta difícil acceso. En esta categoría se incluyen también las playas de ríos que ocurren luego de una pérdida de origen natural debido al desplazamiento de los ríos en la Amazonía, principalmente en las ecozonas Selva Baja, Hidromórfica y en menor medida en la Selva alta accesible.

3.4. Actividades REDD+ incluidas

En el presente NREF se incluye únicamente la actividad de la **reducción de las emisiones debidas a la deforestación** de las 5 actividades REDD+ de acuerdo a la decisión 1/CP.16, párrafo 70.

El Segundo BUR, presentado por Perú en 2019, indica que a 2014 las emisiones del sector UTCUTS, son la mayor fuente de emisión de gases GEI de todos los sectores (51%) (sin considerar las absorciones del sector) (Figura 2). Su análisis de categorías principales en sus tendencias y aporte a todos los sectores, señala que las principales categorías son de este sector y provienen principalmente de tierras forestales que se transforman a tierras agrícolas y pastizales, donde solo estas conversiones de tierras, contribuyen al 36% de las emisiones de todos los sectores (BUR 2019). Dentro del sector UTCUTS las conversiones de tierras forestales a usos de la tierra, como tierras agrícolas, praderas y asentamientos humanos, que se vinculan a emisiones proveniente de la deforestación, contribuyen al 61% del sector con 60 989 000 tCO₂eq (INGEI 2014) (Figura 6).

El cambio de uso de tierra forestal a otros usos, principalmente a usos agrícolas, constituye una de las principales fuentes de emisión en el sector UTCUTS y a nivel nacional. Por ello los esfuerzos para la implementación de REDD+ es prioritaria; así la ENBCC la considera central en sus objetivos, líneas estratégicas y de acciones de implementación para mitigación en el bioma amazónico.



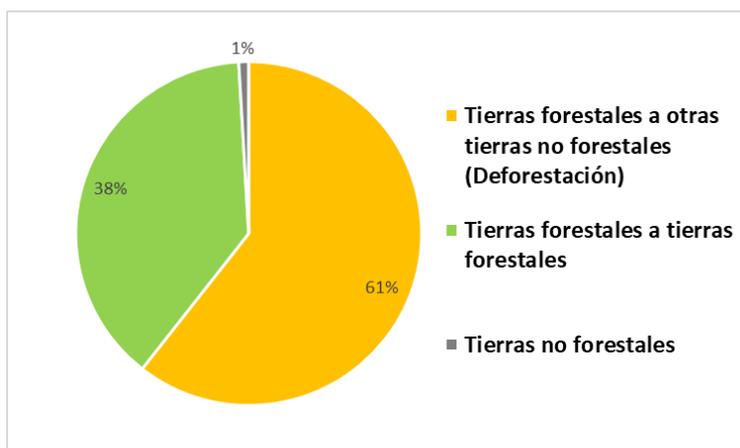


Figura 6. Emisiones de la deforestación en el sector UTCUTS (INGEI, 2014).

No obstante, en el análisis de categorías principales del BUR 2019 también se identifica otra importante contribución de emisiones en el sector UTCUTS, que son las emisiones provenientes de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales, estas contribuyen a un 17% de todos los sectores y como se muestra en la Figura 6, son el 38% de las emisiones del sector UTCUTS. Este importante aporte de emisiones provenientes de las permanencias en tierras forestales, se identifica en la evaluación técnica del NREF de 2015 en su párrafo 33 y se alienta al país a considerar su inclusión en el NREF de actividades REDD+, que pueden contribuir a la mitigación de esta categoría en el sector, como reducir emisiones de la degradación, el mejoramiento de reservas de carbono y el manejo forestal sostenible (TARL/2016/PER)³².

El Perú bajo el enfoque gradual, viene considerando incluir la actividad REDD+ de reducciones de las emisiones debidas a la degradación forestal en futuras actualizaciones del NREF, está desarrollando insumos y métodos bajo sus circunstancias nacionales con el soporte técnico de ONU-REDD³³.

Los avances y mejoras sobre los métodos y su estado de desarrollo se describen en la sección 6 del presente documento. Para la inclusión de las actividades REDD+ de Manejo Sostenible de Bosques, incremento de las reservas de carbono y la conservación de las reservas forestales de carbono, el Perú no cuenta con suficiente información aún para incluirlas y se identifica como un área de mejora que se desarrollará ya que la ENBCC promueve el manejo sostenible de bosques, la restauración y su conservación.

3.5. Deforestación y sus causas

Según la FAO (2000), la deforestación se define como la conversión de bosque a otro uso de la tierra o la reducción a largo plazo de la cobertura de copa por debajo del umbral mínimo de 10 por ciento. De manera similar, el IPCC (2006) define deforestación como la remoción permanente de cobertura forestal y el retiro de la tierra de uso forestal, ya sea de forma deliberada o circunstancial. En el contexto del NREF la deforestación que se define como: “La conversión de bosque o tierra forestal por su disminución de más del 30% de su cobertura en 0,5 ha de manera permanente, durante un periodo de tiempo observado, que se transforma a una tierra agrícola, pradera o asentamiento humano”.

³² Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/per.pdf>

³³ Enlace resultados preliminares, disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1Xj6YXep9AHP4j-R5CRpR7CgSNI1TfEA>

La literatura internacional que ha analizado los drivers de deforestación la considera como un complejo entramado de factores directos e indirectos (o subyacentes) que influyen en la decisión de los agentes de deforestar. Usualmente se consideran impulsores directos y los factores subyacentes, los cuales pueden ser diferentes para la deforestación y la degradación de los bosques (Angelsen & Kaimowitz, 1999; De Sy et al., 2019, 2019; Geist & Lambin., 2001). Los impulsores causantes directos o próximos son las actividades humanas o acciones inmediatas que afectan la pérdida de la cobertura forestal (por ejemplo, la expansión agrícola, la ampliación de infraestructura y la extracción maderera) y por lo general pueden evaluarse vinculando el cambio de las áreas de bosques con actividades humanas que afectan directamente la pérdida de bosques (De Sy et al., 2019; Sy et al., 2015). Las causas subyacentes son interacciones complejas de procesos poblacionales, económicos, políticos, culturales y tecnológicos que limitan o resaltan el efecto de los impulsores directos. En cuanto a los agentes de deforestación de fuente antrópica, se refiere a los individuos, hogares o empresas que son los causantes de los factores directos y subyacentes (De Sy et al., 2019).

En la Amazonía peruana es importante diferenciar la conversión de una tierra forestal hacia un uso de su categoría de tierra (Ver Sección 4.1.1), debido a la naturaleza de la dinámica de los ríos, cuerpos de agua, zonas inundables y la pérdida de suelo debido a los deslizamientos de tierra en las zonas montañosas. Estas perturbaciones naturales o pérdida natural de bosque, son comunes y extensas en el territorio y deben de ser excluidas de la contabilidad de la deforestación causada exclusivamente por actividades humanas (Tabla 5). Su discriminación es esencial para no afectar la exactitud de las estimaciones del FREL, como lo indica la evaluación técnica del NREF de 2015, en su párrafo 32 de las conclusiones, sobre la potencial inclusión de esta pérdida de bosques con los métodos usados para datos de actividad en el primer nivel de referencia (FCCC/TARL/2016/PER).

Tabla 6. Conversión de tierras forestales por deforestación y pérdida de bosque debido a perturbaciones naturales

Cambio de Uso de Tierra	Dinámica	Nivel 1 IPCC	Nivel 2 Uso de la Tierra
Tierras forestales que permanecen como tal	Permanencia	Tierras Forestales	Bosque Natural
			Aguajal
			Bosque Plantado
Tierras forestales que se convierten a Tierras agrícolas	Deforestación antrópica	Tierras agrícolas	Con árboles
			Sin árboles
			Palma aceitera
			Sistema agroforestal
			Arroz
Tierras forestales que se convierten a Praderas	Deforestación antrópica	Praderas	Con árboles de origen antrópico
			Sin árboles de origen antrópico
Tierras forestales que se convierten a Asentamientos	Deforestación antrópica	Asentamientos	Áreas artificiales sin árboles
			Áreas artificiales con árboles
			Áreas mineras
		Humedales	Cuerpos de agua

Tierras forestales que se convierten a Humedales	Deforestación natural		Cobertura inundable en no bosque
Tierras forestales que se convierten a Otras tierras		Otras tierras	Otras tierras

En el presente NREF es posible discriminar estos cambios con precisión por conocer las categorías de cambios de uso inicial y final (ver sección 4.1.1 de datos de actividad), al igual que conocer sus causas directas de la deforestación para el periodo de referencia de 2010 a 2019, lo cual mejora la exactitud y supuestos de estimación de emisiones.

La deforestación ocurre en tres tipos de cambio de uso de suelo: Tierras forestales a Tierras agrícolas, Tierras forestales a praderas y Tierras forestales a Asentamientos que se describen a continuación:

Tierras forestales a Tierra agrícolas (TF-TA)

Es la deforestación más frecuente y extendida y, por lo tanto, la principal causa directa de la deforestación debido a la expansión agropecuaria. La agricultura se practica de pequeña, mediana y gran escala, donde se usa principalmente la tala y quema de bosque para su apertura (ENBCC, 2016). En el periodo del presente NREF de 2010 a 2019, esta actividad es la causa del 73% de la deforestación con una tendencia sostenida en su incidencia relativa por año (Figura 7, Anexo 1).

Esta conversión ocurre principalmente cuando los pobladores de los bosques, en su mayoría migrantes y de las comunidades nativas, necesitan área para establecer cultivos de mercado y de auto subsistencia. Las comunidades nativas tienden a tener cultivos más diversificados, con cultivos de autoconsumo, mientras que los agricultores que provienen de otras regiones, tienden ser más especializados estableciendo cultivos de mercado principalmente. Debido a la poca profundidad de los suelos de la amazonia, también existe una tendencia de la práctica de la agricultura migratoria con cultivos, principalmente transitorios (tierras agrícolas sin árboles) hacia otras áreas y se combinan con la actividad de cría de ganado (Robiglio *et al*, 2015).

El cambio principalmente es de bosque natural a cualquiera de las cinco categorías sus usos de tierra del Perú para tierras agrícolas (Tabla 5). Los cultivos permanentes agroindustriales como la palma aceitera, poseen una producción más tecnificada, realizada por grandes productores con acceso a capital de inversión, por lo que suelen abrir áreas más extensas, a diferencia de los demás cultivos que no suelen tener márgenes de ganancia muy altos y por lo tanto su deforestación se lleva en pequeñas áreas (ENBCC, 2016; MINAM, 2009).

La agricultura de pequeña escala ocurre en unidades menores a 5 ha de extensión, este tipo de agricultura de pequeña escala se practica ancestralmente en la Amazonía para la producción de cultivos a través de ciclos de “crecimiento, barbecho y regeneración”. A este tipo de agricultura se le conoce también como agricultura migratoria o agricultura de quema y roza. “En lugar de conducir a la conversión permanente del suelo, la agricultura migratoria implica patrones de crecimiento, barbecho y regeneración. Tales ciclos producen mosaicos temporales y espaciales de campos de cultivo y bosques, que pueden ser relativamente estables y sostenibles” (Ravikumar *et al*. 2016).

También puede existir la pequeña y mediana agricultura permanente con fines comerciales, donde el crecimiento de cultivos permanentes en las últimas décadas sugiere que es muy probable que este se haya dado a costa de los bosques (Zegarra y Gayoso, 2015). La agricultura de este tipo está concentrada en la selva alta accesible donde se produce la mayor cantidad de café, cacao, arroz y maíz, y en la selva baja la presencia de palma aceitera y frutales y se caracteriza por tener una

prominente orientación comercial (Zegarra y Gayoso, 2015; Robiglio et al 2015). El uso del suelo de este tipo de agricultura involucra un mosaico de producción diversificada que combina monocultivos con agroforestería en un continuo de combinación hasta donde solo predominan monocultivos. (DAR 2020, documento en preparación.)

Tierras forestales a praderas (TF-P)

Esta conversión de tierra forestal también es una causa directa que compone la expansión agropecuaria. En el periodo de NREF de 2010 a 2019, es la segunda causa que contribuye a la deforestación con un 22% en promedio (Figura 7, Anexo 1).

Esta actividad la realizan pequeños y medianos ganaderos, comunidades nativas y cooperativas agrarias, y grandes ganaderos representados por empresas. Predomina el ganado vacuno en parcelas de mayor extensión que se combinan con cultivos de autoconsumo y comerciales. Para el caso de las praderas con árboles se debe también a la expansión pecuaria, pero con la presencia de algunos individuos arbóreos. Un caso particular son los sistemas silvopastoriles donde se cultivan pastos para forraje con especies forestales.

Tierras forestales a asentamientos

Este tipo de cambio de uso se relaciona con la expansión de infraestructura, centros poblacionales, comunicación y actividades extractivas ilegales e informales. En el periodo de NREF de 2010 a 2019, es la tercera causa que contribuye a la deforestación con un 5% en promedio (Figura 7, Anexo 1).

Se caracteriza por los cambios de bosque natural a infraestructura, como edificios, patios, almacenes, tanto en el casco urbano como en áreas periurbanas, suburbanas. Dentro de esta categoría están las transformaciones a vías de transporte, tanto asfaltadas como no asfaltadas. También se identifican todas las conversiones de áreas extractivas como la minería legal e ilegal, la exploración y extracción de hidrocarburos y la instalación de hidroeléctricas (ENBCC, 2016).

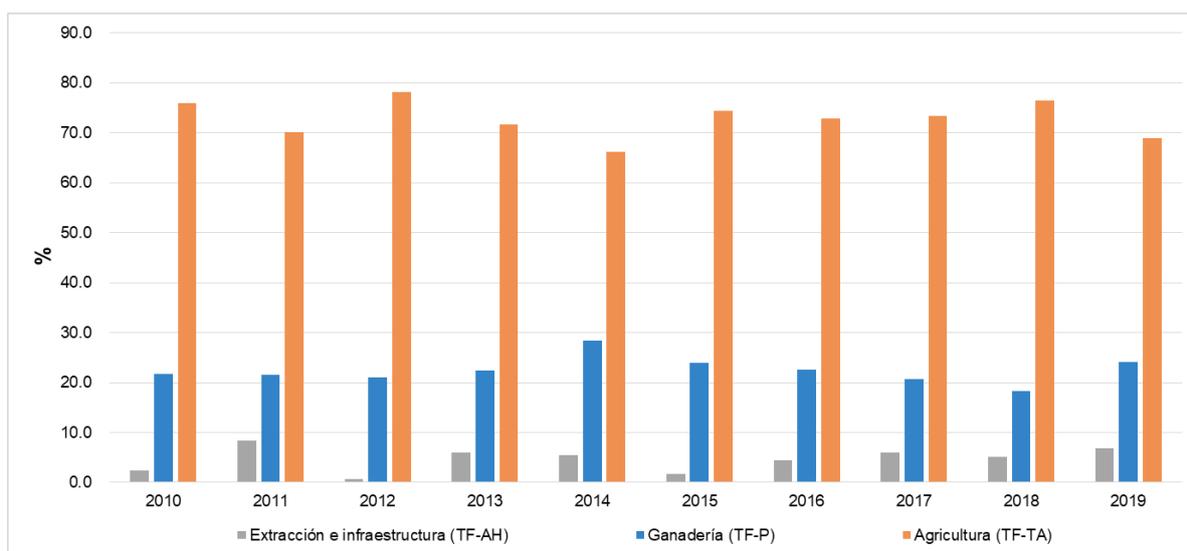


Figura 7. Causas directas de la deforestación en el periodo del NREF.

La pérdida natural de bosque es cuando el cambio de uso de suelo pasa de Tierras forestales a Humedales o de Tierras forestales a Otras tierras. Este tipo de deforestación es inherente a las

dinámicas de la amazonia, y es importante identificarla para conocer su dinámica natural de perturbaciones y también pueden ser un indicador de los eventos extremos climáticos como las inundaciones. Las conversiones por pérdida natural de bosque se describen a continuación.

Tierras forestales a Humedales

Esta conversión es responsable del 71% de pérdida promedio de bosque por causas naturales, que ocurre principalmente en la ecozona de selva baja e hidromórfica por contar con una gran cantidad de ríos y zonas inundables (Figura 9, Anexo 1). Los cuerpos de agua, principalmente los ríos por su dinámica meándrica son los que generan esta pérdida natural debido a su avance y desbordamientos de ríos en eventos de precipitaciones altas. También estas pérdidas se llegan a registrar por inundaciones de áreas con coberturas boscosas.

Tierras forestales a Otras tierras

Este es el segundo cambio de uso detectado que ocasiona pérdidas naturales y contribuye al 29% en promedio anual (Figura 8). En las ecozonas de selva baja y la zona hidromórfica estos cambios también se detectan como parte de la dinámica de los ríos cuando se pierde bosque por su paso, y dejan bancos de arena en su lugar por el arrastre de sedimentos³⁴. La otra pérdida natural atribuida a esta conversión sucede casi de manera exclusiva en zonas montañosas con pendientes fuertes de la ecozona de la Selva alta de difícil acceso, donde ocurren deslizamientos de tierra por efecto de la lluvia y la pendiente, arrastrando porciones de bosque y dejando el suelo desnudo por un efecto natural de su desplazamiento.

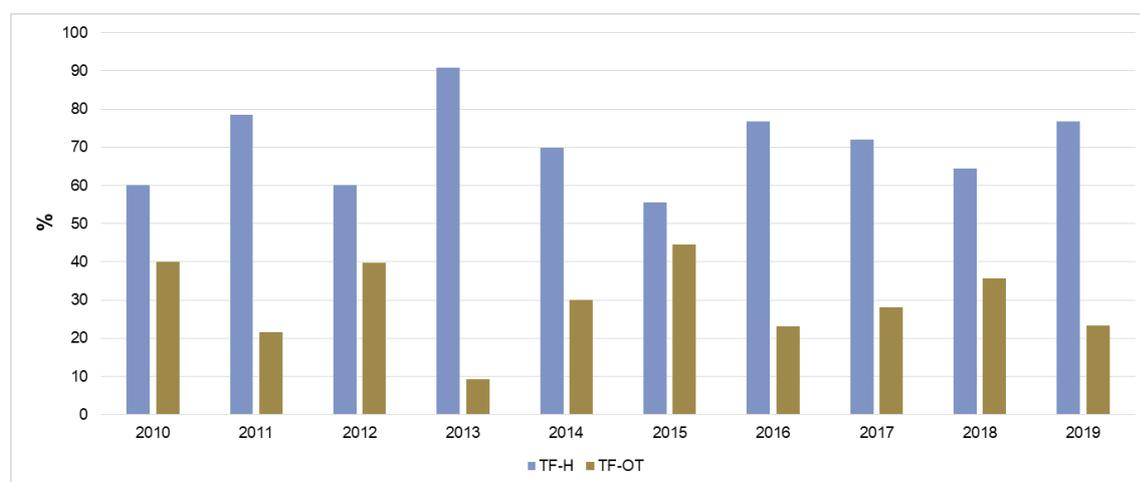


Figura 8. Pérdidas de bosques por causas naturales en el periodo el NREF.

En el periodo del NREF encontró que, por perturbaciones naturales en bosques, se pierden en un promedio anual de 14 7680 ha, que corresponde al 8 % anual de la pérdida total de bosques en el bioma amazónico. Esta pérdida es variable con los años y oscila de un mínimo de 4% (2015), hasta pérdidas muy significativas del 13% como sucedió en 2019. Estas pérdidas identificadas se encuentran excluidas de la contabilidad de emisiones por deforestación ya que puede llegar a grandes sobreestimaciones anuales.

³⁴ Memoria descriptiva de la Clasificación de usos de la Tierra en Collect Earth Online para el NREF, disponible en: https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1B71k_qrk_B3Xt123_Z_a9ja8IMMGyVXF

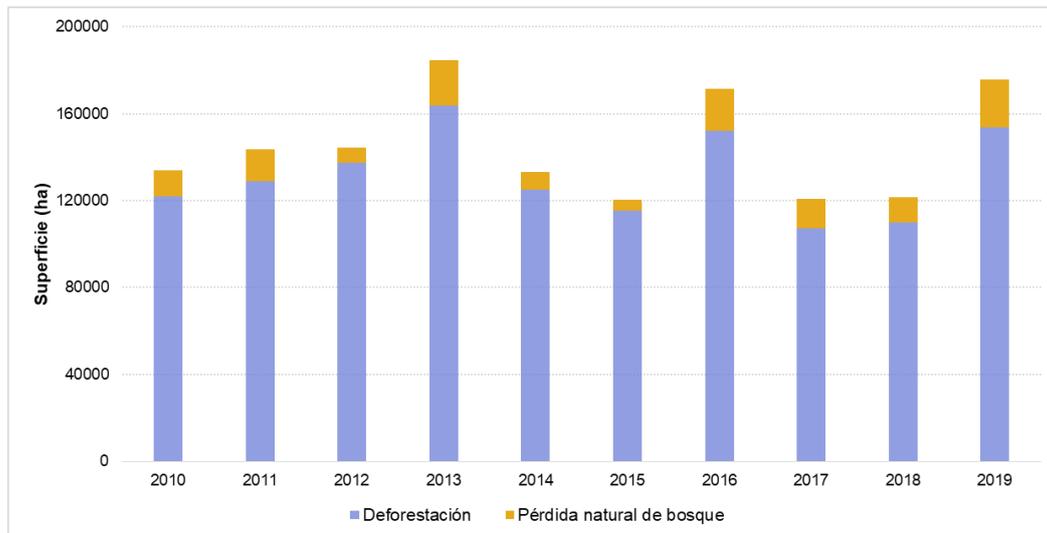


Figura 9. Deforestación y pérdida natural de bosque.

Adicionalmente, se puede comentar que existen impulsores subyacentes de la deforestación, estos son aquellos que limitan o resaltan el efecto de los impulsores directos de la deforestación y la degradación de bosques. Estos pueden ser de diversa índole y se pueden interrelacionar de manera compleja con otros impulsores directos y subyacentes, estos pueden ser demográficos, económicos, tecnológicos, institucionales y culturales (ENBCC, 2016).

Entre los demográficos, se puede contar el crecimiento poblacional, migración y urbanización. En cuanto a las dinámicas migratorias la información de los censos muestra que varias de las regiones amazónicas han sido receptoras de migrantes, los cuales provienen de otros departamentos. Es importante también destacar que San Martín y Ucayali a la vez que experimentaron el crecimiento de migrantes, también un número importante de personas dejaron estas regiones. Así se muestra que los patrones migratorios varían entre regiones y entre periodos de años (DAR 2020, documento en preparación). Particularmente el año 2020, por efectos de la pandemia ocasionada por la COVID 19, se ha visto una alta migración del campo a la ciudad, cuyos efectos todavía no se han analizado en este NREF.

De acuerdo con Menton & Cronkleton (2019), los factores que están detrás de los procesos de migración son diferentes y el gobierno contribuye a configurarlos generando ciertas condiciones. Estos autores realizaron un recuento de su análisis de los factores de “empuje (push) y jale (pull)” de la migración en la Amazonía desde mediados del siglo pasado (ver siguiente cuadro). Con ello muestran que ciertos factores en fuera y dentro de la Amazonía han influido este proceso y las decisiones de las personas de migrar, entre los más importantes destacan la disponibilidad de tierras, las posibilidades de empleo y las políticas de y proyectos promovidos por el gobierno (DAR 2020, documento en preparación).

Tabla 7: Factores que impulsan la migración en la Amazonía desde el siglo XX

Empuje desde los Andes y la Costa (push)	Jale hacia la Amazonía (pull)
<p>Escasez de tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de acceso a tierra cultivable. • Tenencia de tierra insegura. 	<p>Abundancia de tierra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de abundante tierra relativamente barata. • Iniciativas de titulación para otorgar títulos de propiedad sobre la tierra a colonos.
<p>Oportunidades económicas limitadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altos índices de pobreza. • Falta de oportunidades de empleo (mayores índices de población > empleo). 	<p>Percepción de que hay mejores oportunidades económicas disponibles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boom económico (caucho, oro, palma). • Escasez de mano de obra (bajo densidad de población).
<p>Falta de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conflicto armado (Sendero Luminoso). • Cultivos ilegales (coca). 	<p>Mayor tranquilidad (more peaceful)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relativa ausencia de conflicto armado en la Amazonía. • Presente pero solo en algunas áreas (cultivos de coca).
<p>Políticas y proyectos de colonización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selección (targeting) de familias Andinas para participar. • Falta de oportunidades de empleo (mayores índices de población > empleo). 	<p>Políticas y proyectos de colonización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proyectos especiales de colonización dirigida. • Acceso a crédito/reducción de impuestos. • Expansión de carreteras/infraestructura.

Fuente: DAR 2020, documento en preparación

3.6. Periodo de Referencia para Deforestación

Para el NREF del Perú se ha establecido como periodo de referencia del año 2010 a 2019 de acuerdo al párrafo 2 (b) y (c) del anexo de la decisión 13/CP.19.

Este ha sido el periodo que en el Perú ha construido el camino de establecer su política ambiental, forestal y de cambio climático, así como su marco institucional para la preparación e implementación de REDD+ en el contexto de pago por resultados, y ha optado por este mecanismo de la CMNUCC, en su Estrategia Nacional de Bosques sobre Cambio climático como central, para la mitigación mediante la reducción de emisiones por deforestación en el sector UTCUTS y cumplir las metas de mitigación a 2030 establecidas para sus NDC recientemente actualizadas.

En el periodo histórico del NREF hay que considerar que el MINAM es creado en 2008³⁵ como un hito en la institucionalidad ambiental en el país para conducir la formulación de política nacional en conforme a La ley general del ambiente³⁶ que se aprueba en 2009, para llevar a cabo la gestión ambiental en cumplimiento obligatorio para los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local).

De otro lado, como ya se ha mencionado, desde el año 2008, se vienen implementando Iniciativas Tempranas REDD+ (IT REDD+), que participan activamente en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y por ende en el mercado voluntario de carbono, registrando, validando y verificando las unidades de reducción de emisiones (créditos de carbono) generadas por sus acciones bajo el marco metodológico de estándares internacionales reconocidos.

Como un marco orientador para la planificación de la política ambiental a largo plazo, se establece el Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA)³⁷ en 2011, con metas prioritarias a 10 años (2021), donde identifica mediante un diagnóstico los principales problemas ambientales y de gestión de recursos para sus temas prioritarios. Es aquí donde los Bosques y Cambio Climático se establecen como un tema prioritario, y dentro de su principal problemática está la deforestación que ocurre en bosques de Amazonía Peruana y su gran fuente de emisión de GEI que genera para el país, estableciéndose metas relacionadas con la reducción a tasa cero de la deforestación y su reducción de emisiones GEI provenientes de esta actividad del sector forestal en un 50%.

En este contexto en 2010 se crea El Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático³⁸, con el objetivo de conservar los bosques amazónicos y secos, para reducir las emisiones originadas por deforestación. Por lo que más tarde en 2014, se articula un instrumento jurídico de implementación, con la promulgación de La ley de Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos³⁹, que reconoce que, a través de acciones de conservación, recuperación y uso sostenible, se asegure la conservación de los ecosistemas forestales y sus funciones para beneficio de la sociedad.

De manera paralela en sector forestal en 2011 se decreta la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (LFFS) y en 2014, el Servicio Forestal Nacional (SERFOR) entra en actividades para impulsar y ejecutar la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. En el 2015 se aprueban los reglamentos de LFFS, que fortalecen y dan pautas claras a la gobernanza del sector forestal, dando una mayor seguridad jurídica en los derechos sobre el bosque, el ordenamiento y zonificación forestal, la regulación sobre los derechos de los servicios ecosistémicos y la gobernanza forestal en general.

Con las principales autoridades ambientales y forestales, desde 2014 el MINAM y el MIDAGRI con SERFOR lideran la preparación e implementación de REDD+. Mismo año en el que se suscribe con Noruega y Alemania la Declaración Conjunta de Intención sobre la cooperación REDD+, para promover

³⁵ Decreto Legislativo N° 1013, Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Creaci%3b3n-MINAM-D.Legislativo.1013.pdf>

³⁶ Ley No. 28611, disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%2b0-28611.pdf>

³⁷ Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-accion-ambiental-planaa-peru-2011-2021>

³⁸ Decreto Supremo N° 008-2010-MINAM, disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/rd_008-2010-minam.pdf

³⁹ Ley No. 30215, disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-la-ley-n-30215-ley-de-mecanismos-de-decreto-supremo-n-009-2016-minam-1407244-4/>

desarrollo sostenible en el Perú, donde el Perú según sus circunstancias nacionales, se compromete a fortalecerse en su preparación a REDD+ y comenzar a transformar y fortalecer la operatividad de sus instituciones, para realizar acciones de implementación y lograr el pago por resultados verificados.

Es así que, en 2015 en el contexto de la Actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, suceden avances relevantes para REDD+, se presenta el primer NREF en 2015, en 2016 se concluye la Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio Climático, y en el 2020 se envía el primer Resumen de Informe de Salvaguardas, cumpliendo gran parte de los pilares o elementos REDD+ conforme al “Marco de Varsovia”. Como un evento importante en el año 2015 en la COP de París, se presentan las contribuciones Nacionalmente Determinadas donde el sector UTCUTS se le considera clave en los compromisos de reducción de emisiones del país.

Como se ha mencionado, la DCI viene implementando en paralelo las fases de preparación y transformación, contribuyendo con los objetivos y metas relacionadas con crear las condiciones institucionales operativas para la implementación de acciones REDD+ en el terreno, en conformidad con las estrategias y líneas de implementación de la ENBCC. Por ello las metas de la DCI incluyen la afiliación de 2 046 364 hectáreas de bosque en tierras de comunidades nativas bajo el mecanismo de transferencias directas condicionadas (TDC), el inicio de la regularización de títulos de propiedad de comunidades indígenas y un aumento en territorio con áreas naturales protegidas en la Amazonía peruano⁴⁰.

En el mismo año 2018 se logra también robustecer el marco político institucional con la aprobación de la Ley Marco sobre Cambio Climático (LMCC). Esta ley establece principios y enfoques para el fortalecimiento de la institucionalidad pública y las instancias de coordinación respecto a los temas de cambio climático y REDD+. Como el establecimiento del Marco MRV y su relación con el NREF mencionado en la sección 2.2 de este documento para garantizar la medición y reporte de las reducciones a partir del NREF actualizado en el presente documento.

El Perú a lo largo de estos años de preparación para REDD+ desde 2010, con la ENBCC ya establecida desde 2016, y con sus estrategias de acción y sus líneas de implementación dirigidas a acciones específicas implementándose desde 2016, espera ver sus resultados basados en acciones de reducción por actividades REDD+ con respecto al NREF a partir de 2019.

3.7. Reservorios y Gases Incluidos

Descripción del contenido: Se definen los gases y reservorios tomados en cuenta para la estimación de las emisiones por deforestación y degradación. En el caso de los reservorios y gases no incluidos se explica el motivo de su exclusión y se analiza su contribución para conocer la magnitud de lo no contabilizado. En este apartado es importante dejar clara la importancia del reservorio del contenido de carbono en el suelo con énfasis en la zona de turberas, ya que contienen almacenes de carbono muy significativos, donde se debe de conocer si están ocurriendo procesos de deforestación y degradación que sean significativos.

Para el presente NREF se incluyen los reservorios de carbono: i) biomasa por encima del suelo (AGB, por sus siglas en inglés); ii) biomasa subterránea (BGB, por sus siglas en inglés); y iii) madera muerta en pie contenida en árboles muertos y tocones. Por su alto contenido de carbono, estos reservorios

⁴⁰Reporte de cumplimiento de la declaración conjunta de intención sobre REDD+ suscrita entre los gobiernos de Perú, Noruega y Alemania al 2018 Disponible en: https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2019/10/190709-Reporte-DCI-2018_VF.pdf

se consideran las principales fuentes de emisiones por deforestación. Los reservorios considerados en el actual nivel de referencia incluyen, además de los considerados en el NREF presentado en 2015, el componente de madera muerta en pie.

Tabla 8. Reservorios de carbono incluidos en el NREF

Reservorios de carbono	Incluido	Justificación
Biomasa por encima del suelo	Sí	Depósito principal afectado por la deforestación
Biomasa por debajo del suelo	Sí	Depósito principal afectado por la deforestación
Madera muerta en pie (árboles muertos y tocones)	Sí	Depósito principal afectado por la deforestación
Madera muerta sobre el suelo	No	Actualmente, el país no cuenta con datos nacionales o estos son insuficientes.
Hojarasca	No	Actualmente, el país no cuenta con datos nacionales o estos son insuficientes.
Materia orgánica del suelo	No	Actualmente, el país no cuenta con datos nacionales o estos son insuficientes.

Un reservorio de carbono que no ha sido incluido en el NREF, y que en el Perú es de gran relevancia, es el de suelos orgánicos en zonas de bosques. El Perú contiene las turberas tropicales más grandes de la cuenca amazónica, con una extensión entre 50 000 y 74 644 km² (Ruokolainen *et al.*, 2001; Gumbricht *et al.*, 2017), considerando al aguajal el ecosistema de turberas más extenso (55 528 km²; MINAM, 2019), seguido del pantano herbáceo-arbustivo (7 956 km²; MINAM, 2019) y el varillal hidromórfico (3 686 km²; Draper *et al.*, 2014). Estos ecosistemas, por estar asociadas a ríos y pantanos, están ubicados principalmente en la ecozona hidromórfica y en la ecozona de la selva baja, y presentan significativos reservorios de carbono a nivel nacional, que almacenan 4.41 Gt de carbono en la turba (Page *et al.* 2011), y pueden contener el 64 % del carbono almacenado arriba del suelo en los bosques de todo el país (6.9 Gt C; Asner *et al.*, 2014), lo que las hace contener un gran potencial de emisión si ocurre la deforestación en estas zonas.

Para el presente NREF con el fin de conocer su contribución, CIFOR realizó un estudio independiente para efectos de informar en la actualización del NREF el potencial de carbono almacenado y su contribución cuando suceden fenómenos de deforestación. El estudio se realizó para el periodo de 2001 al 2016 enfocado a las emisiones de CO₂ debido a la descomposición. Se usaron los datos de deforestación (dato de actividad) del PNCBMCC en su plataforma de Geobosques⁴¹, el mapa de distribución de las turberas tropicales⁴² (Gumbricht *et al.*, 2017) y los factores de emisión para suelos orgánicos drenados fueron tomados de las Directrices del IPCC 2006.

⁴¹Disponible en: <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>

⁴² Disponible en: <https://www2.cifor.org/global-wetlands/>



Los valores de carbono contenido en el suelo oscilaron desde 7,5 toneladas C ha⁻¹/año hasta 14 t C ha⁻¹/año. Se concluyó que las emisiones anuales derivadas de la deforestación en el periodo oscilan de 1 100 731 a 3 407 842 t CO₂ anuales durante el periodo 2001–2016 (CIFOR 2021, en preparación), que representa del 1,61 al 5,00 % de las emisiones anuales de CO₂ debido a la deforestación bruta de los bosques amazónicos (biomasa arriba y debajo del suelo) según el último NREF de Perú (MINAM, 2016). A pesar de no presentar emisiones anuales muy significativas en promedio es un complejo de ecosistemas que se debe de considerar en su cuantificación como un enfoque de mejora gradual para evaluar si están existiendo procesos de degradación y deforestación que aumentan su contribución relativa como fuente de emisión nacional y reforzar las medidas de su conservación por el gran valor biológico inherente para el país y el mundo.

3.8. Gases Incluidos

En el NREF se incluye solo la emisión de dióxido de carbono (CO₂) proveniente de la deforestación bruta en el periodo de 2010 a 2019.

4. NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES POR DEFORESTACIÓN

4.1. Información y métodos usados para la construcción del Nivel de referencia para la actividad de deforestación bruta

La construcción del segundo NREF es el resultado de un trabajo institucional de colaboración entre entidades de gobierno e instituciones de investigación científica nacionales e internacionales. El NREF en el Perú se ha realizado con insumos, métodos e información generada por el MINAM a través de la DGCCD para los datos de actividad, con un enfoque de estimación basado en un muestreo sistemático mediante el uso de la plataforma Collect Earth Online (CEO ⁴³). Así también se utilizó información de MIDAGRI a través del SERFOR para construir los factores de emisión, a partir de datos nacionales de densidades de carbono del INFFS y complementado dicha información a través de la colaboración de diversas instituciones académicas que realizan estudios científicos en la Amazonía peruana, tales como la plataforma de ForestPlots.net⁴⁴ (Lopez-González et al., 2011) . Los métodos empleados están en correspondencia con las directrices del IPCC más recientes para obtener los datos de actividad, factores de emisión y la estimación de las variaciones históricas de emisiones y su incertidumbre asociada para deforestación, conforme al anexo de la decisión 12/CP17 directrices más recientes del IPCC y bajo un enfoque escalonado de mejora según lo permitan las circunstancias nacionales. Sus métodos, insumos, procedimientos y resultados se describen en las siguientes secciones.

4.1.1. Dato de Actividad para deforestación

Las directrices IPCC (2006) describen tres métodos que pueden utilizarse para representar superficies de uso de la tierra utilizando las seis categorías generales de uso de la tierra del IPCC como base de la estimación de emisiones y absorciones de GEI derivadas del uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra.

El primer método solo identifica el cambio total de superficie por cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información sobre la naturaleza y la superficie de las conversiones entre los usos de la tierra. Este método sólo detecta cambios en la biomasa debidos a la conversión neta. El segundo método incluye información sobre las conversiones entre las categorías de uso de la tierra, la cual no es espacialmente explícito. El tercer método permite que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas sobre una base explícita en el espacio.

A partir de este enfoque, los datos pueden obtenerse mediante muestreos, técnicas de mapeo detallado o una combinación de los dos métodos, permitiendo así mejoras en la estimación de las emisiones al alinear mejor las categorías de uso de la tierra (y las conversiones) con los estratos mapeados para la clasificación de las existencias de carbono y los factores de emisión por tipo de suelo y tipo de vegetación.

Dentro de este marco, los datos de actividad del presente NREF, se recopilaron sobre la base de un diseño de muestreo sistemático siguiendo el método 3 de las directrices del IPCC, utilizando observaciones espacialmente explícitas sobre muestras en categorías de uso de la tierra y sus cambios de uso de la tierra a lo largo de la serie histórica (2010-2019), derivadas del muestreo de puntos ubicados geográficamente.

⁴³ <https://collect.earth/>

⁴⁴ Disponible en: <https://www.forestplots.net/>

Los métodos basados en muestras también son apoyados por iniciativas que reconoce la CMNUCC como la iniciativa Global de Observación Forestal (GFOI por sus siglas en inglés), ya que los métodos basados en mapas, no corrigen el error sistemático y tampoco permiten el cálculo de intervalos de confianza alrededor del área estimada. Especialmente cuando los mapas de cambio son creados mediante la comparación de dos clasificaciones separadas o independientes (referidos como post clasificación o resta de mapas), donde sus errores sistemáticos pueden ser considerables y no es posible ser cuantificados.

El muestreo sistemático es un enfoque costo-efectivo, paralelo y complementario al enfoque pared a pared, para generar información geoespacial sobre la dinámica de la cobertura de bosques, capaz de resolver necesidades concretas para el país en términos de medición, monitoreo y reporte, ya que mejora la precisión de las estimaciones de la superficie, sobre diversas clases de uso de la tierra en grandes áreas, permitiendo post-estratificar el área de contabilidad, para mejorar las estimaciones reduciendo el error de muestreo.

Este enfoque ha tomado gran importancia en el contexto de REDD+, dado que el conteo de píxeles acarrea varios errores que pueden afectar el reporte de los países que optan por pagos por resultados (GFOI, 2020; IPCC, 2006).

En esta perspectiva, el país ve la necesidad de tener un sistema de reporte eficiente, que permita articular los diferentes esfuerzos de las instituciones generadoras de información y que alimentan los reportes que emite el país, y oriente sus esfuerzos en tener una base de monitoreo sea multipropósito y permita tener control y validación de los datos, que sea de implementación costo efectiva, con solidez estadística, replicable, y de resultados en el corto, mediano y seguimiento a largo plazo.

Esto también garantiza al país cumplir los principios de la CMNUCC sujetos a evaluación técnica, principalmente los relacionados con la transparencia (al ser una metodología que puede ser analizada y accesada en cualquier momento, facilitando su replicabilidad) y la consistencia al usar la misma metodología y datos en toda la serie temporal.

Es de aclarar que el Perú sometió ante la CMNUCC el primer NREF en 2015, y los datos de actividad fueron generados a través de mapas, proceso que ha seguido en marcha en el país, a través del esfuerzo del PNCBMCC que actualmente es la entidad encargada del MMCB que reporta los datos de deforestación en el país.

En el diagrama de la figura 10 se explica de manera sintética la hoja de ruta para estimar los datos de actividad para el NREF que se describirán en las siguientes secciones hasta llegar a sus resultados por deforestación bruta.



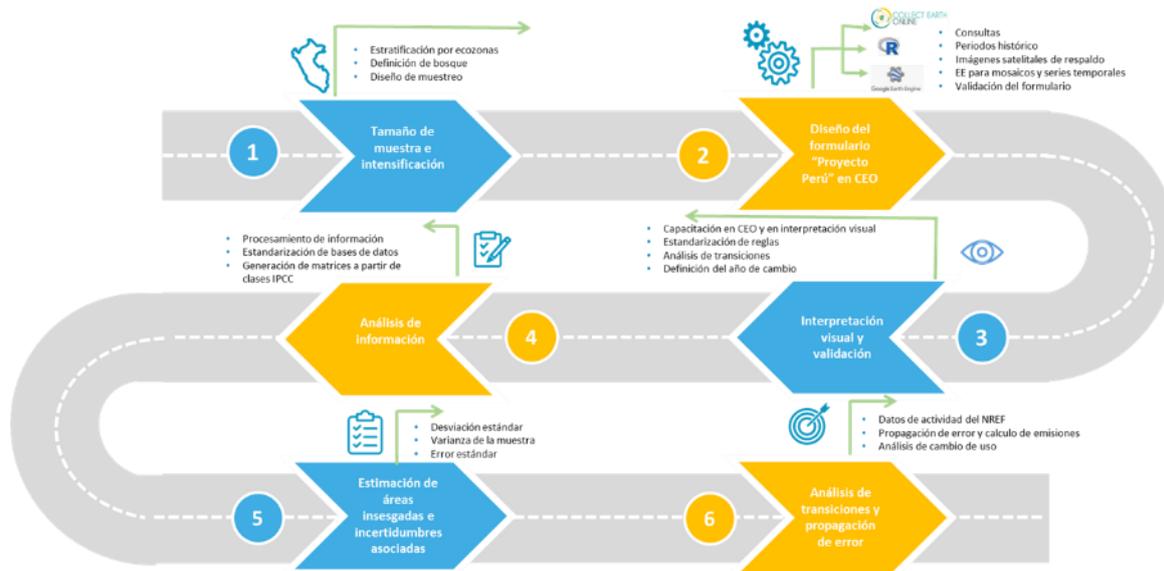


Figura 10. Hoja de ruta para estimar los datos de actividad para el NREF

4.1.1.1. Diseño del muestreo sistemático estratificado de la malla

Para el diseño del muestreo el área de contabilidad se subdividió en estratos, considerando criterios fisiográficos, florísticos, fisionómicos, de almacenamiento de carbono y de accesibilidad a partir del mapa de ecozonas, el cual también ha sido utilizado para definir el tamaño y distribución de la muestra para el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) actualmente en curso. Cabe resaltar que el detalle de los criterios, así como los insumos fuente para la generación de este mapa, se encuentran descritos en la Memoria descriptiva del mapa de ecozonas del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre INFFS-Perú⁴⁵ (FAO y SERFOR, 2016).

En ese sentido, se estratificó la Amazonía en cuatro ecozonas (Tabla 9), por ser de interés para el reporte en los resultados por vincularlo con el INFFS del cual se obtienen los sus factores de emisión y permitiendo mejorar la eficacia de las estimaciones de precisión y de área (GFOI, 2020; IPCC, 2006).

Tabla 9. Ecozonas presentes en la Amazonía peruana.

Ecozona	Área (ha)
Selva Baja (SB)	47 472 740,55
Selva Alta Difícil Acceso (SADA)	11 132 433,90
Selva Alta Accesible (SAA)	10 972 886,67
Zona Hidromórfica (ZH)	8 730 739,62

Para definir el tamaño de la muestra en las ecozonas, se siguieron las directrices del IPCC (2006) donde se sugiere que las inexactitudes, pueden ser reducidas a través de la estratificación de los datos; por lo tanto, para tener una mejor representación de la deforestación se concentró el esfuerzo en áreas de interés (Pérdida de bosque), por lo que fue necesario también estratificar las ecozonas a partir del

⁴⁵ Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/memoria-descriptiva-mapa-ecozonas-inventario-nacional-forestal-fauna>

mapa de deforestación desarrollado por el PNCBMCC, y puesto a disposición del público en su plataforma de monitoreo Geobosques⁴⁶. Las clases de interés para definir el tamaño de muestra fueron Bosque, No bosque y pérdida acumulada (2001-2018) (Tabla 10).

Tabla 10. Tamaño de muestra (píxeles Landsat) y proporciones para las cuatro ecozonas en la Amazonía peruana

Ecozona	Bosque 2018		No Bosque 2018		Pérdida acumulada 2018		TOTAL	
	N° píxeles	%	N° píxeles	%	N° píxeles	%	N° píxeles	Area (ha)
ZH	87 182 278	89.9	8 975 188	9.3	850 752	0.9	97 008 218	8 730 739.62
SAA	71 934 141	59.0	41 231 918	33.8	8 754 904	7.2	121 920 963	10972886.67
SADA	117 557 933	95.0	4 229 480	3.4	1 906 297	1.5	123 693 710	11 132 433.90
SB	483 604 672	91.7	29 993 601	5.7	13 876 622	2.6	527 474 895	47 472 740.55
Total	760 279 024		84 430 187		25 388 575		870 097 786	78 308 800.74

La estratificación es la principal forma de mejorar la exactitud en la estimación de emisiones, ayuda en el manejo de las incertidumbres, permite una mayor flexibilidad al informar sobre los datos monitoreados (por ejemplo, efectividad de las políticas adaptadas a estratos específicos (tipos de bosque, tipos de usos de la tierra) y posibilita la recolección de datos en diferentes estratos (p.ej., estimación de deforestación en bosques montanos vs aguajales).

Una vez estimada el área de cada clase por ecozona, se calculó la proporción de las clases, y su correspondiente desviación estándar y el coeficiente de variación.

$$P_i = \frac{\text{Área}_i}{\text{Área total}}$$

$$SD_p = \sqrt{\text{Proporción} \times (1 - \text{Proporción})}$$

$$CV_p = \frac{SD_p}{\text{Proporción}}$$

Donde:

- P_i es la proporción de la i-ésima clase
- Área_i es el área en hectáreas de la i-ésima clase

A partir del coeficiente de variación se estimó el tamaño de muestra óptimo a un nivel de confianza definido (95%) y un medio ancho del intervalo de confianza deseado. Para la toma de decisiones, se probó utilizando dos valores para el medio ancho del nivel de confianza (10% y 15%). Para la estimación del tamaño muestral se utilizó la siguiente ecuación para cada una de las clases por ecozona.

⁴⁶ <http://geobosques.minam.gob.pe/>

$$n = \left(\frac{t_{\alpha} CV_{ij}}{IC} \right)^2$$

Donde:

- n es el tamaño de muestra necesario
- t es el valor de t a un nivel de confianza definido
- CV es el coeficiente de variación para la i -ésima clase en el j -ésimo estrato
- IC es el medio ancho de intervalo de confianza deseado

Una vez calculado el tamaño de la muestra para cada clase por estrato se estimó el número total de parcelas necesarias por estrato para tener una representación adecuada de las clases Bosque, No Bosque y Pérdida (Tabla 11) (Cochran, 1977).

Tabla 11. Número de muestras con un nivel de confianza del 95% y un medio ancho del intervalo de confianza del 10 y 15%

Zona Hidromórfica			Selva Alta Accesible		
Medio ancho del IC			Medio ancho del IC		
Clase	10%	15%	Clase	10%	15%
Bosque	47	21	Bosque	279	124
No bosque	3 953	1 757	No bosque	812	361
Pérdida	31615	14051	Pérdida	5 143	2 286

Selva Alta de Difícil Acceso			Selva Baja		
Medio ancho del IC			Medio ancho del IC		
Clase	10%	15%	Clase	10%	15%
Bosque	24	11	Bosque	35	15
No bosque	5 574	5 574	No bosque	6 023	2 677
Pérdida	8 406	8 406	Pérdida	12 542	5 574

Con el propósito de que el muestreo sistemático esté alineado con las orientaciones de la CMNUCC, con un papel multipropósito de monitoreo de bosques, apoyando y fortaleciendo diferentes procesos en marcha de interés nacional, se plantea la necesidad de tener una línea base de muestreo, basado en una equidistancia común para el territorio nacional.

Ya obtenido el tamaño de muestra, se generaron grillas con equidistancias de 10 x 10 km, 5 x 5 km y 2.5 X 2.5 km, para conocer cuál de estas lograba contener el tamaño de muestra óptimo. Para ello se utilizó la ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{a}{n}}$$

Donde:

- d es la equidistancia
- a es el área total del estrato
- n es el número de muestras requeridas

La grilla idónea que contiene la suficiente cantidad de muestras para cada ecozona y la Amazonía, fue la equidistancia de 5 x 5 km; sin embargo, se encontró que, para la ZH y SADA, esta grilla no cumplía con el tamaño de muestra mínimo para representar la clase Pérdida para la ecozona ZH y la clase pérdida y No bosque para la ecozona SADA. Por lo que fue necesario realizar una intensificación en estas dos ecozonas.

Para la estimación del tamaño de muestra a intensificar en las ecozonas ZH y SADA, se utilizaron los resultados preliminares de la interpretación visual de las parcelas de la grilla de 5 X 5 km. A partir de la clasificación de las parcelas interpretadas (valor real), se estimó la proporción de Pérdida y No bosque en cada una de las clases (Bosque, No bosque y Pérdida) definidas por el mapa de Geobosques para la ecozona SADA. Para la ecozona ZH, la intensificación se realizó únicamente para la estimación de la Pérdida por no cumplir con el requisito mínimo del tamaño de muestra.

Un aspecto clave al seleccionar un diseño de muestreo es que el tamaño de la muestra de cada actividad debe ser lo suficientemente grande; sin embargo, los tamaños de las muestras de las clases que representan pequeñas proporciones de la superficie total pueden ser muy pequeños para satisfacer el criterio de precisión. En el contexto de la Amazonía peruana, la clase de Pérdida es un área muy pequeña en comparación con el área de Bosque. Estas diferencias en las áreas se presentan en la estimación de las proporciones, las cuáles son usadas como ponderadores al momento de estimar un tamaño muestral a nivel ecozona (Cochran, 1977). En general, la clase bosque representa más del 85% del área en las cuatro ecozonas evaluadas.

La estimación de la media para cada ecozona está dada por la siguiente ecuación.

$$\mu = \sum_{h=1}^3 W_h \frac{n_{hi}}{n_h}$$

Donde:

- W_h es el peso de la h-ésima clase
- μ es la media para la ecozona
- W_h es el peso de la h-ésima clase
- n_{hi} es el número de parcelas para la i-ésima ecozona de la h-ésima clase
- n_h es el número total de parcela del h-ésima clase

Una vez realizados los cálculos de la proporción de pérdida y No bosque, se obtuvo que la proporción de pérdida en las clases Bosque y No bosques definidos por el mapa presentaban alta variabilidad. Lo que nos indicaba la presencia de errores de omisión en estas clases. Los impactos de los errores de omisión pueden ser un problema al momento de comunicar los resultados, por lo que se plantean dos soluciones para mitigar el impacto de estos errores (Olofsson et al., 2020):

1. Aumentar el tamaño de la muestra en el estrato de Bosque, pero puede conllevar a costos adicionales (tiempo, capacidades técnicas, logística, entre otros).
2. Bajar el peso ponderado del estrato en el cual los errores de omisión ocurren (Bosque).

La decisión se concentró en la solución dos, generando un área Buffer alrededor de la clase de interés (Pérdida) (Arevalo et al., 2019; Olofsson et al., 2020; Potapov et al., 2017; Tyukavina et al., 2013).

La contribución del error de omisión a la varianza, proviene principalmente de dos variables: el peso ponderado y el tamaño de muestra de la clase en donde se produce el error de omisión (Bosque), siendo estas las razones por las cuales, el error de omisión tiene un impacto tan grande.

Estimador de la varianza (Cochran 1977).

$$V(\mu_{STR}) = \sum_{h=1}^3 \frac{W_h p_{h,3} - p_{h,3}^2}{n_h - 1}$$

- V es la varianza de la media de la proporción de área estimada de la clase de interés
- W_h es la proporción de área de la h-ésima clase definida por el mapa
- P_h es la media de la proporción de área estimada de la h-ésima clase
- n_h es el número de unidades de muestreo o parcelas de la h-ésima clase

Contribución de los errores de omisión a la varianza

$$\frac{W_1 \times omission - omission^2}{n_1 - 1}$$

- W_1 es la proporción de área de la clase bosque definida por el mapa
- *Omission* es la media de la proporción de área estimada de errores de omisión
- n_1 es el número de unidades de muestreo o parcelas de la clase bosque

Bajo el supuesto de tener mayor probabilidad de encontrar errores de omisión cerca de las áreas de Pérdida definidas por el mapa, se propuso generar un área Buffer alrededor de las áreas de Pérdida, capturando los posibles errores de clasificación (omisión) dentro de las áreas definidas como Bosque y No bosque. Logrando así, que los coeficientes de variación más altos estén capturados en las clases más pequeñas (menos representativas), reduciendo la variación en los estratos importantes y por ende la varianza total.

Se realizaron pruebas para identificar el área Buffer más conveniente para la captura de los errores de omisión. Como resultado, se definió que un área de Buffer de 100 m sobre la clase Pérdida tenía los mejores resultados en cuanto a la captura de los errores de omisión y reducción de la varianza total (Figura 11).

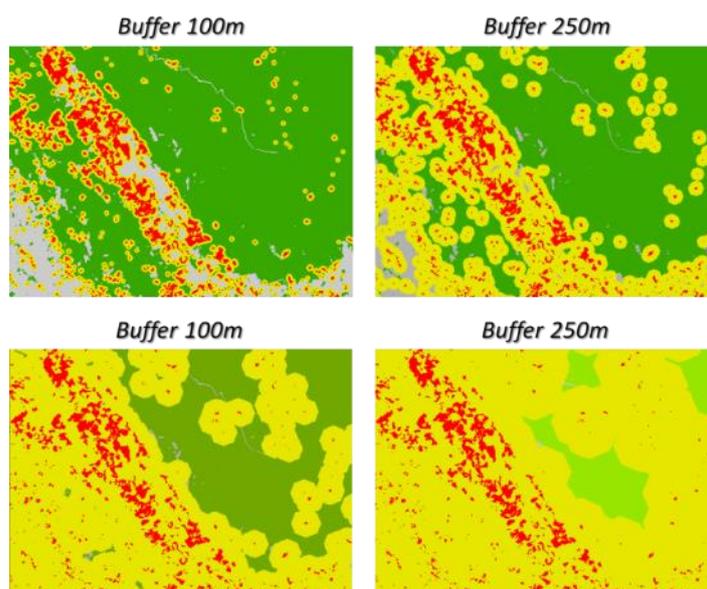


Figura 11. Análisis de diferentes distancias Buffer sobre la clase pérdida

Una vez definida el área de Buffer a utilizar, se creó una nueva capa del mapa que contenía las tres clases iniciales más la clase Buffer. Sobre la capa recategorizada en cuatro clases (Bosque, No bosque, Buffer y Pérdida), se extrajo la información de la clase a la que pertenecía cada una de las parcelas

(cada una de estas compuesta por 25 puntos) interpretadas visualmente a partir del valor del punto central, por ejemplo, si el punto central de la parcela compuesta por 25 puntos tenía como valor la clase No bosque, la parcela era clasificada como No bosque según la información del mapa.

Al realizar los cálculos correspondientes para estimar el tamaño muestral para la intensificación, se obtuvo que la varianza total seguía siendo muy alta en las clases más importantes o con mayor proporción de área (Bosque y No bosque), por lo que se probaron diversos métodos para la clasificación de las parcelas a partir de la información del mapa.

Después de varias pruebas sobre el método más conveniente para clasificar las parcelas y calcular el tamaño de muestra para la intensificación en las ecozonas ZH y SADA, se seleccionó el método que reducía al máximo el peso de las clases más grandes y presentaba un menor valor de la varianza total estimada. Las reglas implementadas para la clasificación de las parcelas utilizando la información del mapa fueron:

1. Si al menos un punto de los 25 que componen la parcela, es definido como pérdida en el 2018, la parcela completa se clasifica como pérdida.
2. Enmascaradas las parcelas y renombradas como pérdida, si al menos un punto de los 25 es definido como clase Buffer en 2018, la parcela completa se clasifica como Buffer.
3. Enmascaradas las parcelas renombradas como pérdida y Buffer, si al menos un punto de los 25 es definido como clase No bosque en 2018, la parcela completa se clasifica como No bosque.
4. Las parcelas restantes se consideran como Bosque (Tabla 12).

El método propuesto se basa en el supuesto de que en una parcela que tiene un punto de pérdida (según el mapa) la probabilidad de encontrar más pérdida cercana a ese punto es alta, caso contrario, la probabilidad es baja. Bajo estas reglas, se capturan todos los puntos de pérdida resultado de la interpretación visual en la clase pérdida definida por el mapa. Los errores de omisión, son capturados en su mayoría por la clase Buffer; dado que esta clase está en el segundo nivel de prioridad en las reglas definidas por la metodología propuesta.

Tabla 12. Ajustes para la intensificación de la ZH y SADA, a partir de las clases Bosque, No bosque, Buffer y Pérdida

Zona Hidromórfica				Selva Alta Dificil Acceso	
Clase	Cod	No. Pixeles	Área (ha)	No. Pixeles	Área (ha)
Perdida	1	2 358 104	212 229,36	4 735 565	426 200,85
Buffer	2	4 035 367	363 183,03	8 217 494	739 574,46
No Bosque	3	7 082 077	637 386,93	3 382 190	304 397,10
Bosque	4	83 532 670	7 517 940,30	107 358 461	9 662 261,49
TOTAL			8 730 739.62		11 132 433.90

Una vez definido un valor de clase a cada parcela, se combinó esta información con el resultado de la interpretación visual y se estimó la proporción de pérdida dentro de cada clase para las ecozonas ZH y SADA y sus respectivos coeficientes de variación.

Para la estimación de la proporción de pérdida en cada clase, se utilizó la información del valor de cada uno de los 25 puntos que conformaba una parcela. Se estimó la proporción de pérdida dentro de cada parcela, es decir el número de puntos clasificados como pérdida dividida sobre el total de puntos que conformaba la parcela evaluada (en general se usó 25 como denominador). Una vez estimada la proporción de pérdida dentro de cada parcela, se estimó la media y el coeficiente de variación de la media para la pérdida dentro de cada una de las cuatro clases presentes en una ecozona. La proporción de pérdida por parcela está dada por:

$$P_p = n_p/n$$

Donde:

- P_p es la proporción de pérdida
- n_p es el número de puntos definidos como pérdida a partir de la interpretación visual
- n es el número de puntos totales que componen la parcela evaluada

Para la estimación del tamaño muestral para la intensificación se utilizó:

$$n_t = \left(\frac{t_\alpha \times \sum W_h S_h}{E.E.} \right)^2$$

Donde:

- n_t es tamaño de muestra requerido
- t es el valor de t a un nivel de confianza definido
- W_h es el peso de la h -ésima clase
- S_h es la desviación estándar de la proporción de pérdida de la h -ésima clase
- E.E. es el error estándar admisible

Una vez estimado el tamaño de muestra total necesario para la intensificación para cada ecozona, se utilizó la asignación de Neyman (1934) para definir el tamaño de muestra necesario dentro de cada clase (Tabla 13).

$$n_h = n_t \times \frac{W_h \times S_h}{\sum_{h=1}^4 (W_h \times S_h)}$$

Donde:

- n_h es el tamaño de muestra para la h -ésima clase
- n_t es tamaño de muestra total requerido
- W_h es el peso de la h -ésima clase
- S_h es la desviación estándar de la proporción de pérdida de la h -ésima clase

Para construir intervalos de confianza, se requieren datos de referencia que deben ser de al menos la misma calidad, o incluso mejor que los datos cartográficos basados en la teledetección, en términos de resolución y exactitud (McRoberts et al., 2018). Para ello, los datos de referencia se colectaron a partir de la interpretación visual en CEO, a partir de la grilla de 5 X 5 km para las ecozonas ZH y SADA.

El rol de los datos de referencia (interpretación visual) es fundamental para evaluar la exactitud, ya que dan la garantía de ajuste de los errores sistemáticos de clasificación estimados y permiten estimar la incertidumbre; información que es necesaria para construir los intervalos de confianza.

Olofsson et al., (2014) y Stehman et al., (2008) recomiendan utilizar los datos de referencia los cuales se recopilaron utilizando el diseño de muestreo probabilístico sistemático (MS), obteniendo tamaños de muestra para cada clase, proporcionales a su ocurrencia.

A partir de la interpretación visual de las muestras en las dos ecozonas, se definió tres clases para el 2018: Bosque, No Bosque y Pérdida (Figura 12).

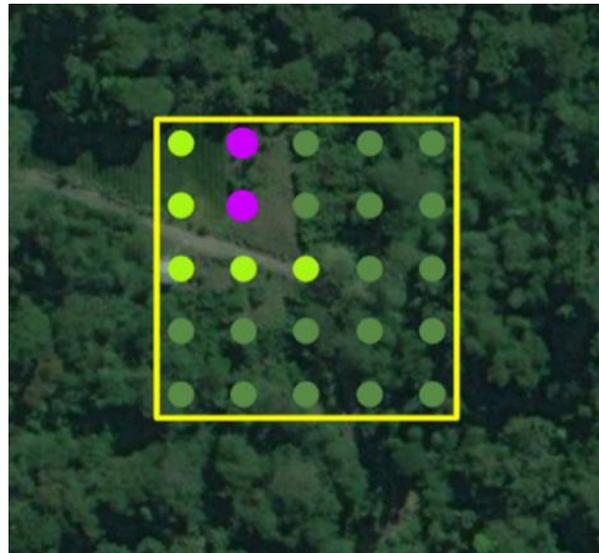


Figura 12. Parcela interpretada visualmente al 2018 a partir de puntos de No bosque (verde claro), pérdida (lila), y Bosque (verde)

Basados en estos resultados, se encontró que la equidistancia que contenía la cantidad de muestras necesarias para la intensificación de la ZH y SADA, fue de 500m (Tabla 13). A partir de esta malla y con un código de Python⁴⁷, se seleccionaron de manera aleatoria los puntos requeridos para cada clase de interés.

Tabla 13. Número de muestras para intensificar

Clase	Muestras requeridas ZH	Marco de 500 m ZH	Muestras requeridas SADA	Marco de 500 m SADA
No Bosque			100	13 738
Pérdida	2 422	8 083	2 133	7 783
Buffer	712	13 860	768	25 784
TOTAL	3 134	348 400	3 000	445 700

Finalmente, el total de parcelas interpretadas visualmente por cada ecozona, a partir de la equidistancia de 5 km x 5 km, la intensificación del muestreo y las parcelas del INFFS, fue de 38 538 parcelas (Figura 13), sobre las cuales se diseñó un proyecto en CEO, donde a través de un formulario se consignó información de las superficies anuales de los usos y cobertura de la tierra, que posteriormente se asocian al análisis del periodo histórico de 10 años (2010-2019) (Tabla 14).

⁴⁷ Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/19Znlikb5zERDmRcnjXox4Ac-7uZBr09G/view?usp=sharing>

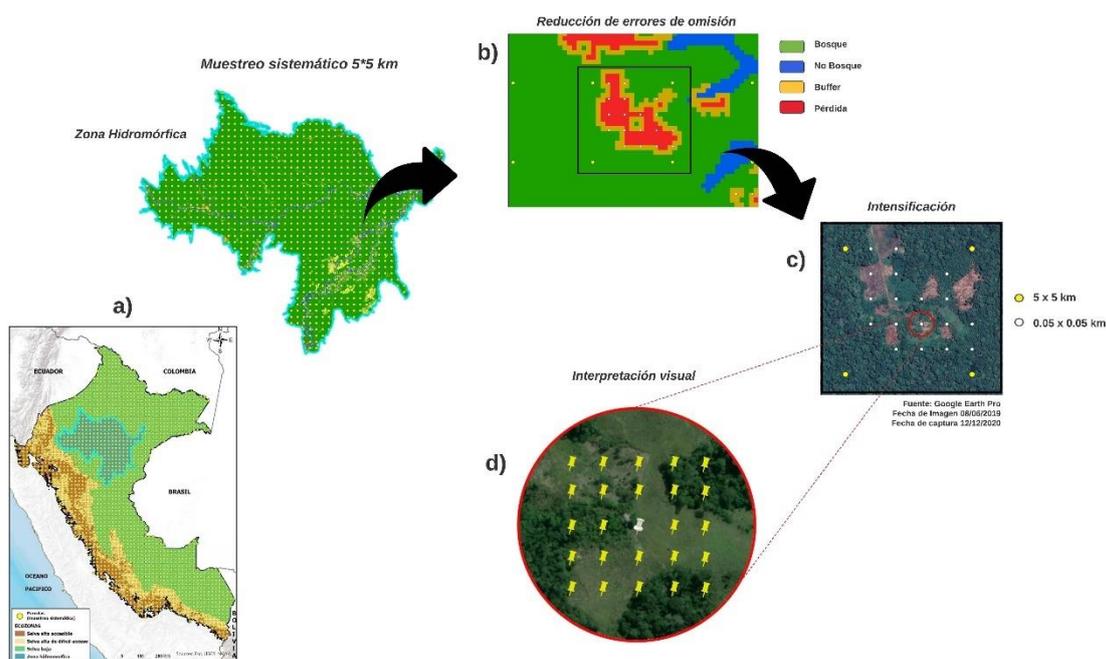


Figura 13. Esquema de desarrollo del muestreo sistemático intensificado en la Amazonía peruana. a) Distribución de malla sistemática a partir de equidistancia de 5x5 km en la Amazonía y ZH, b) Reducción de errores de omisión a partir de la inclusión de área buffer sobre las áreas de Pérdida, c) Ejemplo de intensificación de la malla sistemática en imagen de alta resolución a 500 m, d) Parcela de 1 ha sobre la cual se desarrolla la interpretación visual.

Tabla 14. Distribución de parcelas para ser interpretadas visualmente

Ecozonas	Muestreo 5*5	Intensificación 500m	INFFS	Total
SAA	4 372		244	4 616
SADA	4 457	3 000	97	7 554
SBN	11 110		690	19 662
SBS	7 862			
ZH	3 484	3 134	88	6 706
Total	31 285	6 134	1 119⁴⁸	38 538

4.1.1.2. Diseño del formulario “Proyecto Perú” en CEO

Una vez determinado el tamaño de la muestra fue necesario evaluar la forma en que se levantaría la información en cada punto de muestreo. Para ello, se empleó la plataforma CEO, el cual es un sistema de interpretación de imágenes satelitales de código abierto y personalizado desarrollado por la red SERVIR, NASA, FAO y USAID, en asociación con organizaciones técnicas regionales de todo el mundo, como herramienta para uso en proyectos que requieren información de uso y cobertura de la tierra. A partir de la plataforma CEO, varios usuarios pueden recopilar información simultáneamente, sin recurrir a la instalación de programas y gestión de datos, ya que todo funciona en línea y de manera gratuita.

⁴⁸ La parcela 417 (-77.07721 -8.282759462) se eliminó del análisis, porque el centroide no cae en la Amazonía.

El análisis en CEO permite un enfoque basado en muestras, a partir de una interpretación visual de la cobertura, usos y cambios de uso de la tierra en imágenes satelitales disponibles a través de Earth Engine (EE)⁴⁹ y Google Earth⁵⁰ de forma gratuita y categorizadas en imágenes de mediana Resolución (Landsat 5/7/8 ~ 30m), alta resolución (Planet ~ 30m) y muy alta resolución como BingMaps, MapBox junto a imágenes disponibles en Google Earth (WorldView – 1/2/3 de Digital Globe, GeoEye-1 y Pleiades de Airbus ~ 0.3 y 0.5m).

Para una buena discriminación de las clases de uso y cobertura de la tierra, en el Proyecto Perú se incorporó además de las imágenes de alta resolución, los mosaicos anuales Landsat (2007-2019), Sentinel (2016-2019), Planet (2018-2019), RapidEye (2011-2012), la serie de tiempo del NDFI (2007-2019), además, es posible acceder a los mosaicos generados en CEO por defecto, y tener información histórica de las 3 misiones de Landsat: Landsat 5 (1984-2000), Landsat 7 (2000-2019) y Landsat 8 (2013-2019), así como datos Sentinel 2 (2017-2019). Por otro lado, CEO también nos proporciona por defecto información de series de tiempo de Landsat, Sentinel y MODIS, las cuales pueden apoyar la interpretación y análisis históricos⁵¹.

Toda esta información satelital se puso a disposición del NREF a través de la creación del “Proyecto Perú” en CEO (Figura 14), donde a través de códigos en JavaScript y Python se realiza peticiones a los servidores de EE, para realizar procesamientos geospaciales orientados principalmente a acceder información disponible en la nube, pero principalmente para generar mosaicos anuales libres de nubes y sombras para toda la Amazonía peruana en el periodo histórico 2010-2019.

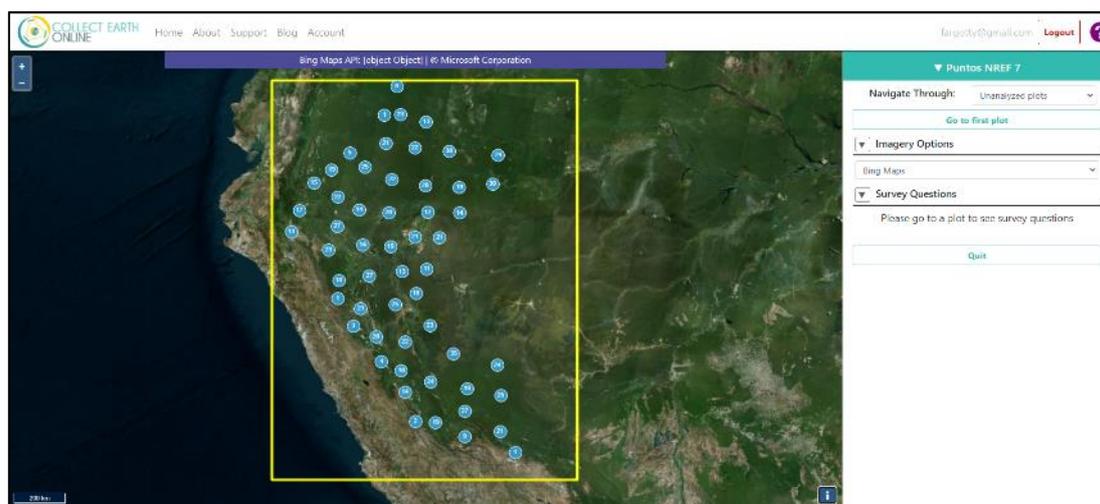


Figura 14. Interfaz del Proyecto Perú en CEO

Dentro de todo el repositorio de imágenes satelitales que actualmente existen, la misión Landsat representa un hito en el uso de imágenes satelitales multiespectrales para el estudio de la Tierra, ya que representa el registro histórico de imágenes más antiguo (desde 1972 hasta la actualidad), convirtiéndose por estas características, en la misión satelital de observación de la tierra más utilizada. El poder contar con toda la colección de datos Landsat y acceder a él a través de CEO, fue posible gracias a EE, lo cual permitió acortar enormemente el tiempo de procesamiento debido a su enorme capacidad de cómputo, y también poder hacer consultas sobre los metadatos de las imágenes para el desarrollo de los mosaicos.

⁴⁹ <https://earthengine.google.com/>

⁵⁰ <https://www.google.com/intl/es/earth/>

⁵¹ https://collect.earth/downloads/CEO_Manual_DataCollector_20201115.pdf

Con esta información, fue posible rastrear los cambios de la cobertura forestal a lo largo de un período de 10 años (2010-2019) y producir datos de referencia precisos y completos. Debe señalarse, además, que los mosaicos Landsat se construyen con un código único, utilizando imágenes de reflectancia de la superficie, a partir del valor del mediodía del mejor píxel anual (1 de enero a 31 de diciembre), modificando únicamente el año de análisis. Así mismo, en EE se cargó 1557 tiles de imágenes RapidEye (2011-2012), para apoyar la interpretación visual del 2011, con mejor resolución espacial y cuyo peso aproximado es de 255.3 GB, con cobertura total de la Amazonía.

Insumos adicionales como el mapa de ecozonas, mapa de ecosistemas y el mapa de división político-administrativa; fueron agregados al Proyecto Perú en la plataforma CEO, con el propósito de dar claridad al interprete sobre la ubicación de la parcela y el ecosistema analizado; en caso de encontrar dificultades en la interpretación, se hace la consulta en la memoria descriptiva del mapa nacional de ecosistemas (MINAM, 2018), donde se encuentran las definiciones de cada uno de estos.

Por las razones anteriores, el MINAM vio como una oportunidad valiosa y útil en la actualización del NREF, la integración de imágenes de alta resolución con CEO y su interpretación visual, para analizar también el cambio de uso y la cobertura de la tierra de manera anualizada, permitiendo un monitoreo más exacto y consistente a través del tiempo.

Debe señalarse además, que la generación periódica de esta información es fundamental para el país, con el limitante que su desarrollo ha sido dependiente de financiamiento externo, razón por la cual uno de los principales retos en el país ha sido consolidar los enfoques metodológicos para su monitoreo, acceder a mejores insumos y fortalecer capacidades institucionales del país, lo cual permitirá contar con un sistema que permita mejorar los reportes, evidenciando el cumplimiento de compromisos en el marco de la legislación nacional, los instrumentos programáticos de los países, compromisos internacionales como las NDC y, en general, los compromisos del gobierno con sus ciudadanos.

Este proceso toma en consideración las clases de los mapas de uso de suelo generadas por el PNCBMCC, las cuales pueden ser interpretadas visualmente. Así mismo y a partir de intereses compartidos con especialistas de SERFOR, se vincula en el formulario algunas clases importantes para el país y también se discriminan los árboles fuera del bosque, por su papel en pro de opciones de desarrollo sostenible, como un recurso potencial que puede ser clave en esfuerzos de mitigación en espacios de uso humano intensivo.

Por otro lado, el reporte del NREF considera las categorías IPCC, las cuales están pensadas para que puedan ser identificadas mediante el uso de métodos para representar el uso y cobertura de la tierra, siendo sólidas, como base para la estimación de las emisiones y absorciones, aplicables, y completas, en el sentido en que todas las superficies de tierra de un país pueden clasificarse en estas categorías sin que exista duplicidad de la información. Además, se convierte en una información muy valiosa para los reportes a la CMNUCC, donde el país mediante el monitoreo puede actualizar los INGEI, RAGEI y el tercer BUR con sus Anexos técnicos REDD+ para pago por resultados.

Es de aclarar que la información reportada en el NREF, llega a nivel 1 (categorías IPCC), mientras que la información de interpretación visual con clases más detalladas de uso de la tierra (nivel 2), será usada por el país para cumplir diferentes propósitos de planificación, establecer estrategias de manejo



y gestión de las políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático desde el sector forestal.

4.1.1.3. Interpretación visual de la deforestación, cambio de uso del suelo y validación

Cada parcela del muestreo sistemático fue interpretada visualmente por especialistas en teledetección, analizando los usos y cobertura de la tierra en 2019, 2011 y 2007 y los cambios y permanencias ocurridos en el período histórico 2007- 2019 en el “Proyecto Perú”. Los años seleccionados tienen relación con la disponibilidad de imágenes de alta resolución, lo cual a futuro puede adaptarse en análisis más detallados (degradación forestal).

La interpretación visual en CEO, empieza por el año más reciente (2019), dada una mayor posibilidad de acceder a imágenes de alta resolución y con ello discriminar mejor las clases. Una vez identificada la clase con la alta resolución, se asocia a la gama de colores de Landsat en ese año y se relaciona el comportamiento histórico de esa parcela a través de los mosaicos anuales y la serie de tiempo, dispuestos en la interfaz de Geo-Dash (Figura 15).

Inicialmente se analiza el 2019 y 2011, con alta resolución, dado que se dispone de imágenes BingMaps, Mapbox, Planet y RapidEye para ese propósito. Esta interpretación se vincula visualmente con los mosaicos anuales Landsat y la serie de tiempo para poder identificar los cambios. Posteriormente se analiza 2011 con 2007 en mediana resolución, siguiendo la misma lógica de interpretación visual que el periodo 2019-2011. Se recalca que el análisis se realizó en un periodo mayor al periodo histórico (2007-2019), dada la necesidad del MINAM de tener datos continuos para apoyar el diseño y evaluación de las políticas públicas en el sector forestal.

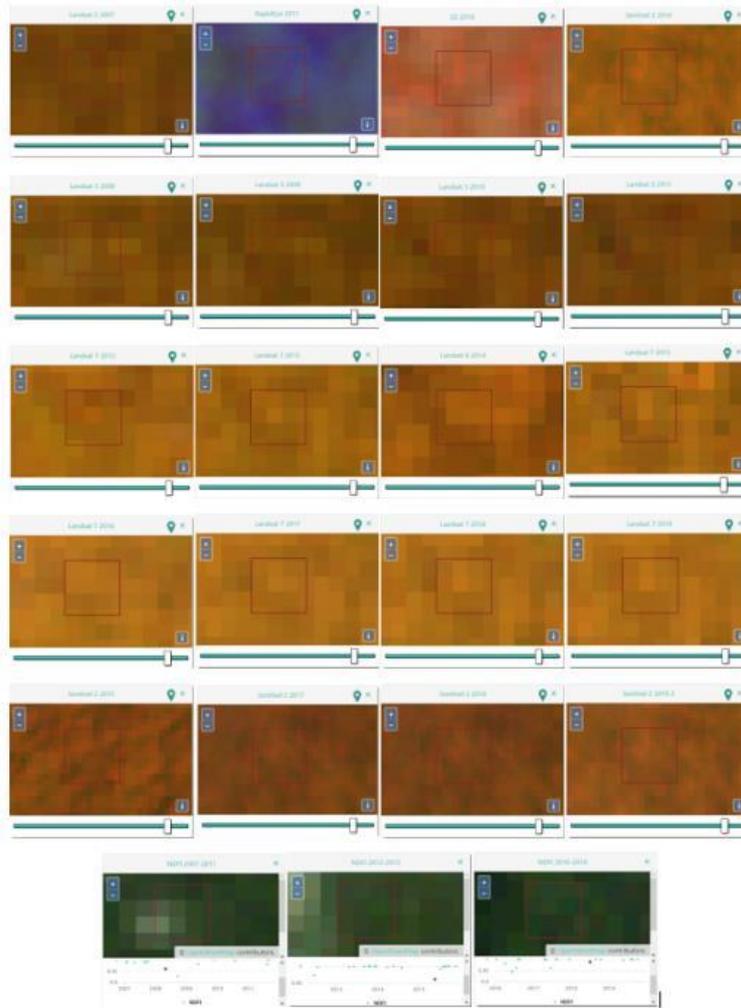


Figura 15. Interfaz del Geo-Dash en CEO

Los detalles del formulario “Proyecto Perú”, así como el proceso de interpretación, se encuentran en el documento: Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra en Collect Earth Online para el NREF del Perú⁵². El “Proyecto Perú” toma en consideración a nivel de parcela su diseño, tamaño y número de puntos por parcela. A nivel de formulario detalla la definición y caracterización de Bosque, No bosque, periodo de referencia, imágenes satelitales disponibles a usar, criterios para caracterizar los cambios y control de calidad.

La unidad de muestreo de cada punto se definió como una parcela de 100 x 100 m (1 ha), con una cuadrícula interna de 25 puntos separados con una distancia de 20 m entre puntos (Figura 16). El Perú evita perder información de los usos y cambios de la tierra mediante análisis basado en los 25 puntos dentro de la parcela de 1 ha. Cada punto de la cuadrícula interna tiene un peso de 4% de la parcela (0.04 ha).

⁵² Disponible en: https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1B71k_qrk_B3Xt123_Z_a9ja8IMMGyVXF



Figura 16. Diseño de la unidad de muestreo

Debe señalarse que, para estimar las áreas de las clases, el número de puntos afecta poco el error total, ya que hay un efecto mínimo en la varianza dentro de las parcelas, siendo recomendable desde el punto de vista estadístico, entre 9 y 25 puntos.

Respecto a los usos y cobertura de la tierra, el Proyecto Perú permite mezclar cobertura y uso para satisfacer los requerimientos y necesidades de información del país, siempre teniendo en consideración la definición de Bosque.

Interpretación a partir del contexto

Uno de los puntos clave en el proceso de interpretación visual, fue tener claridad sobre la definición operativa de las tierras forestales (Bosque). De acuerdo con el contexto institucional y propósito para el cual estas definiciones han sido formuladas, la definición de bosque para la Amazonía adoptada en el NREF, guarda consistencia con la definición oficial de bosque de la ley forestal y su reglamento para la gestión forestal en su artículo 5, y la definición del INFFS, donde lo detalla como: "Ecosistema predominantemente arbóreo que debe tener una superficie mayor de 0,5 ha, con un ancho mínimo de 20 metros y presenta una cobertura de copas mínima del 30%. La vegetación predominante está representada por árboles de consistencia leñosa, que tienen una altura mínima de 5 metros e incluye los bosques naturales, secundarios y las plantaciones.

En ese sentido es importante aclarar que la definición de bosque del NREF 2015 difiere en el umbral de área mínima, la cual fue reportada a nivel de pixel Landsat (30m) (Figura 17) (Potapov et al., 2014). Esta definición se da por las especificaciones técnicas de la cadena de procesamiento de los datos de actividad y captura los patrones espaciales y temporales de los eventos de deforestación de pequeña escala. Sin embargo y dado el enfoque metodológico empleado, esta definición se modifica a 0.5 ha por varias razones:

- La definición de Bosque del NREF 2015 no es operativa técnicamente con la interpretación visual de Bosque, adoptada en el NREF 2021.
- La metodología de interpretación visual sobre un paisaje forestal, permite definir el Bosque a partir del contexto (parches de bosque más grandes que 0.5 ha y no a partir de un pixel Landsat (0.09 ha).
- Un análisis de deforestación y degradación forestal sobre píxeles aislados aumenta la incertidumbre, generando limitaciones metodológicas al analizar fragmentos de bosque.

- El análisis de interpretación visual sobre imágenes Landsat, se centra en grupos de al menos 6 píxeles Landsat (0.54 ha), lo cual representa áreas con mayor certidumbre de ser clasificadas como bosque.
- Los resultados del análisis de series de tiempo sobre “grupos de píxeles” son más consistentes.
- El monitoreo de las áreas de pérdida actual (a través de mapas), permite contabilizar solamente las áreas deforestadas en un periodo determinado que se encuentran dentro de un área clasificada como “Bosque” al principio del período de medición y no toma en cuenta el área forestada/reforestada o regenerada naturalmente en el mismo período y tampoco las pérdidas de las áreas forestadas/reforestadas o regeneradas en el mismo período, lo cual a nivel de píxeles aislados se convierte en un desafío metodológico importante.
- Acciones de gestión y manejo de los bosques, requiere cuantificar los hábitats de manera precisa, por esta razón, es más consistente desarrollar estas acciones sobre grupos de píxeles que representan bosques que hacer análisis sobre píxeles dispersos.



Figura 17. Representación espacial de “áreas de bosque” (color verde) de acuerdo a la definición del NREF 2015 (≥ 0.09 ha) y NREF 2021 (≥ 0.5 ha)

Este criterio permite identificar áreas que tienen presencia de árboles, pero no cumplen el criterio de ser categorizadas como Bosque, así como áreas boscosas que, a pesar de ocupar pequeñas áreas dentro de la parcela, son consideradas como Bosque, dado el contexto de clasificación empleado. De este modo, la distribución de las parcelas en la Amazonía no tiene influencia sobre la cobertura existente y, al contrario, permite reflejar mejor las categorías de uso y cobertura de la tierra en el paisaje. Así mismo, el tamaño de la parcela (1 ha) tampoco tiene influencia sobre la definición de Bosque utilizada (0.5 ha), dado que es el contexto del paisaje el que define si una tierra puede ser categorizada como Bosque o No Bosque.

Control de calidad

El método de estimación de superficies por medio de proporciones bajo el enfoque de muestreo sistemático, es sensible a errores de interpretación en las parcelas, lo cual está sujeto a sub estimaciones o sobre estimaciones, por lo que fue necesario realizar controles de calidad a diferentes niveles y donde se destacan:

Control de calidad en la interpretación

El análisis de las clases y cambios de clases (empleando el formulario “Proyecto Perú” desarrollado por el equipo técnico del NREF en la herramienta CEO) fue implementado por 22 intérpretes pertenecientes a diferentes instituciones en el país (SERFOR, IIAP, OSINFOR, MINAM). Los especialistas fueron capacitados en la homologación de criterios de interpretación y en el uso del formulario, recibiendo un acompañamiento continuo en todo el proceso.

Así mismo, y dada la dinámica de la Amazonía, se consideró como una buena práctica, generar insumos adicionales (videos demostrativos, imágenes con las clases analizadas, protocolo de interpretación visual, etc.), asegurando la calidad, permitiendo al interprete tener mejor claridad sobre los usos analizados, sus cambios, y respaldando el principio de transparencia al documentar claramente el proceso de interpretación visual, lo cual facilita su replicabilidad.

Adicionalmente, hubo un proceso permanente de revisión y discusión de parcelas con diferentes interpretaciones para calibrar las apreciaciones de los intérpretes y tener consenso general, concentrado principalmente en parcelas de difícil interpretación y mejor toma de decisiones, acorde con la información disponible.

Uno de los componentes más importantes en el control de calidad y con el objetivo de reporte, fue el análisis de 50 parcelas al azar, las cuales fueron interpretadas por todos los especialistas, evaluados y a partir de los resultados, se seleccionó el grupo de intérpretes que tuvieron mayor discrepancia con respecto a la interpretación real de la parcela. Se llevaron a cabo reuniones donde se explicó en detalle las principales diferencias encontradas y se llegó a consensos, que se fueron revisando de manera periódica por el equipo técnico del NREF, quien hizo un acompañamiento permanente.

Posteriormente, la compilación, integración y control de calidad del proceso de interpretación visual fue coordinado por los especialistas del equipo técnico del NREF, quienes llevaron el control de avance y resolución de dudas en la interpretación y desarrollo del formulario de manera semanal, revisando parcelas aleatorias de los intérpretes a su cargo (entre tres y cuatro), para garantizar que todo el proceso anterior había logrado tener consenso en la interpretación final. En esta etapa se revisaron 1410 parcelas de cambio y de no existir consenso entre los tres intérpretes, el especialista del equipo técnico NREF hacía una validación cruzada a partir de su interpretación, garantizando mayor consistencia en los resultados. El trabajo de interpretación del muestreo sistemático, inició en agosto 2020 y concluyó en noviembre de 2020.

Control de calidad de los cambios

Todas las parcelas que presentaron algún cambio durante el periodo 2010-2019, fueron rectificadas y validadas por el equipo técnico del NREF, con el objetivo de detectar falsos cambios y la fecha de cambio correcta. Este proceso permitió encontrar que los mosaicos Landsat anuales pueden presentar cambios en un año, pero en la serie histórica, el proceso de deforestación se pudo haber dado anteriormente, lo cual implicó que cualquier cambio detectado, se revise en la serie de tiempo para definir la fecha de la alteración, dado que es la herramienta que contiene todas las escenas disponibles y sus fechas de emisión durante el periodo histórico.

Todas las parcelas con vacíos de información e inconsistencias, fueron validadas, reinterpretadas y actualizadas en la base de datos para su análisis correspondiente. Toda la información relacionada con el formulario “Proyecto Perú”, está almacenada en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1W0uGABF49gdoJcN6S4PuwtrCtWDYtMB>

4.1.1.4. Preparación de bases de datos y análisis de la deforestación

El área de contabilidad del NREF tiene una escala subnacional, e incluye toda la Amazonía peruana, La Amazonía se ha subdividido en 4 ecozonas las cuales consideran criterios fisiográficos, florísticos, fisionómicos, de almacenamiento de carbono y de accesibilidad. La malla de referencia cubre 38 538 parcelas de muestreo, que se distribuyen en todas las clases de cobertura de la tierra del país (Tabla 15). Si bien, el NREF se enfoca en el análisis de la deforestación, los resultados de la interpretación visual de la malla de referencia son más amplios, y captan otras transiciones de interés para MINAM, puesto que se considera al muestreo sistemático, como un eje articulador y multipropósito para diferentes propósitos en el país.

Tabla 15. Área total y número de parcelas en las cuatro ecozonas de la Amazonía

<i>Ecozona</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Numero de parcelas</i>
Selva Baja	47 472 740,55	19 662
Selva Alta Difícil Acceso	11 132 433,90	7 554
Selva Alta Accesible	10 972 886,67	4 616
Zona Hidromórfica	8 730 739,62	6 706
Total	78 308 800,74	38 538

La estratificación en ecozonas permite, como parte de un enfoque escalonado, mejorar la eficacia de las estimaciones de precisión y de área, desde el punto de vista estadístico y espacial (GFOI, 2020; IPCC, 2006). La estimación de la deforestación y los cambios, se realizó siguiendo el enfoque de superficies por medio de proporciones indicado en las Directrices del IPCC (2006), a partir del cual se requiere conocer la superficie total del área de contabilidad, incluidas las superficies de las diferentes categorías de uso de la tierra, que serán utilizadas como estratos, basándose en las evaluaciones de las proporciones de superficie a partir de puntos de muestra.

Se generó una matriz que integra la información de las áreas de las clases IPCC de las 38 538 parcelas que representan 963 450 puntos con información de las superficies anuales de los usos y cobertura de la tierra anual, que posteriormente se asocian al análisis del periodo histórico de 10 años (2010-2019).

Una vez terminada la interpretación visual y el control de calidad sobre las parcelas, se procede a descargar los formularios desde CEO. Cabe mencionar que se generaron 11 proyectos, con el propósito de organizar la información y los resultados:

- Proyecto Selva Baja Norte
- Proyecto Selva Baja Sur
- Proyecto Selva Alta Accesible
- Proyecto Selva Alta de Difícil Acceso
- Proyecto Selva Alta de Difícil Acceso - intensificación
- Proyecto Zona Hidromórfica
- Proyecto Zona Hidromórfica-intensificación
- Proyecto Inventario Nacional Forestal, Selva Baja Norte
- Proyecto Inventario Nacional Forestal, Selva Baja Sur
- Proyecto Inventario Nacional Forestal, Selva Alta Accesible

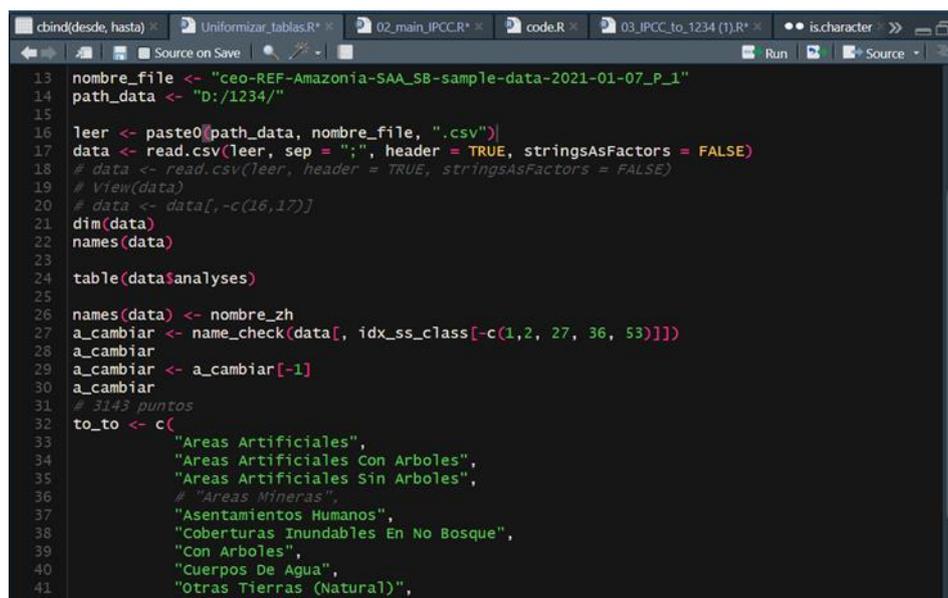
- Proyecto Inventario Nacional Forestal, Selva Alta de Difícil Acceso

La plataforma CEO genera dos tipos de reporte: a nivel de parcela y a nivel de puntos dentro de la parcela (25 puntos por parcela). Como se detalló en el capítulo, para evaluar las superficies a partir de proporciones, el registro se realizó en la parcela a nivel de punto, por lo que se descargó el archivo .csv con información multitemporal a ese nivel.

El detalle de los usos y cobertura de las tierras interpretadas, los años estudiados y el análisis de los cambios, se encuentra detallado en el documento: Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra en CEO para el NREF del Perú⁵³.

En el diseño del formulario y sus consultas, se obtuvo información resumida en 79 columnas las cuales se analizaron a partir de tres códigos en R, para obtener las clases de uso y cobertura anualizadas, pero principalmente, generados para obtener las clases IPCC para el reporte del NREF. El número de columnas depende de la cantidad de consultas que hace el usuario en el formulario y pone a disposición en la plataforma CEO para su interpretación visual.

El primer procesamiento de la información, utilizó un código que lee el archivo .csv y uniformiza los caracteres que no son reconocidos (tildes, signos de interrogación, ñ, entre otros), y que generan confusión en la ejecución del siguiente código (Figura 18).



```

13 nombre_file <- "ceo-REF-Amazonia-SAA_SB-sample-data-2021-01-07_P_1"
14 path_data <- "D:/1234/"
15
16 leer <- paste0(path_data, nombre_file, ".csv")
17 data <- read.csv(leer, sep = ";", header = TRUE, stringsAsFactors = FALSE)
18 # data <- read.csv(leer, header = TRUE, stringsAsFactors = FALSE)
19 # View(data)
20 # data <- data[, -c(16,17)]
21 dim(data)
22 names(data)
23
24 table(data$analyses)
25
26 names(data) <- nombre_zh
27 a_cambiar <- name_check(data[, idx_ss_class[-c(1,2, 27, 36, 53)]])
28 a_cambiar
29 a_cambiar <- a_cambiar[-1]
30 a_cambiar
31 # 3143 puntos
32 to_to <- c(
33   "Areas Artificiales",
34   "Areas Artificiales Con Arboles",
35   "Areas Artificiales Sin Arboles",
36   # "Areas Mineras",
37   "Asentamientos Humanos",
38   "Coberturas Inundables En No Bosque",
39   "Con Arboles",
40   "Cuerpos De Agua",
41   "Otras Tierras (Natural)",
42   "Otras Tierras"

```

Figura 18. Uniformización de caracteres para definir los usos de suelo

Un segundo código permite rellenar la información de toda la base de datos, complementando con los usos y cobertura de la tierra interpretadas. Es importante señalar que, dada la disponibilidad de imágenes de alta resolución en años recientes, las preguntas del formulario inician con la interrogante de clasificación del 2019 y detección de cambios en el 2011 y 2007, siendo una de las principales funcionalidades del código generar la categorización en orden lógico de 2007 al 2019 para poder comprender mejor los cambios.

⁵³ Disponible en: https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1B71k_qrk_B3Xt123_Z_a9ja8IMMGyVXF

Para buscar consistencia con la interpretación visual, se hizo un control de calidad respecto a los usos que presentaron algún cambio en la serie histórica y que visualmente puede conllevar a generar procesos de mala clasificación y/o falsas recuperaciones y conversión de usos. En este proceso se toma en consideración los 5 años que se han establecido en la interpretación visual, para poder discriminar si una parcela se encuentra en proceso de recuperación o el cambio de uso es permanente.

Esta recuperación o “empurme”, se da sobre la base de tierras abandonadas o tierras que fueron utilizadas en actividades agrícolas y que se encuentran en descanso para la recuperación de los suelos (IIAP 2001) y se utilizó los 5 años como un criterio que apoya la interpretación del uso y cobertura de la tierra, que permite guardar consistencia con la serie temporal y que justifica entender mejor la vegetación presente en la Amazonía y en ese sentido, se asegura que en el periodo observado los cambios son permanentes.

Este criterio permite detectar el año de cambio, identificar si hay un proceso de recuperación y evitar inconsistencias con la interpretación visual al confirmar que realmente el área se está recuperando. Además, se evitan inconsistencias relacionados con errores en la interpretación, al considerar condiciones imposibles de presentarse (por ejemplo, pasar de Tierras Agrícolas (TA) a Tierras Forestales (TF) de un año a otro).

La recuperación de bosque se presenta en parcelas que en el periodo inicial (2007 o 2011) se identificó una cobertura/uso de suelo como Otras Tierras No Forestales (OTNF) parcial o total y para el siguiente periodo (2011 o 2019) se determinó como TF. Así mismo es posible encontrar TF que en el periodo inicial (2007 o 2011), tuvieron una pérdida y que posteriormente se recuperaron.

Para consolidar la base de datos para el análisis, fue necesario evaluar todas las parcelas de cambio y revisar que no existía inconsistencia en el periodo establecido de los 5 años (Figura 19). Las parcelas con inconsistencias se revisaron nuevamente en CEO y se resolvían las dudas con el intérprete responsable de la parcela en cuestión.

pl_plotid	year_2007	year_2008	year_2009	year_2010	year_2011	year_2012	year_2013	year_2014
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Bosque Natural	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas	Praderas	Bosque Natural
469	Bosque Natural	Bosque Natural	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas	Praderas	Bosque Natural
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Bosque Natural	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas	Praderas	Bosque Natural
469	Bosque Natural	Bosque Natural	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas	Praderas	Bosque Natural
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Bosque Natural	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas	Praderas	Bosque Natural
469	Bosque Natural	Bosque Natural	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas	Praderas	Bosque Natural
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				
469	Bosque Natural	Praderas	Praderas	Praderas				

Figura 19. Inconsistencia con el periodo de recuperación del bosque

Una vez consolidada la base de datos, se ejecuta el tercer código en R, el cual permite categorizar los usos y coberturas en clases IPCC de manera anual y en toda la serie histórica para el reporte. Para la estimación de superficies por medio de proporciones, se cuenta con 11 bases de datos con la información de las clases IPCC interpretadas en las ecozonas (5 bases de datos), su intensificación (2 bases de datos) y las parcelas del INFFS distribuidas en las ecozonas (4 bases de datos) (Tabla 16).

Tabla 16. Número de parcelas y puntos interpretados en CEO.

Ecozonas	Muestreo 5x5*	Filas**	Intensificación 500m*	Filas**	INFFS*	Filas**	Total Parcelas
SAA	4 372	109 300			244	6 100	4 616
SAD	4 457	111 425	3 000	75000	97	2 425	7 554
SBN	11 110	474 300			690	17 250	19 662
SBS	7 862						
ZH	3 484	87100	3 134	78350	88	2 200	6 706
Total	31 285	782 125	6 134	153 350	1 119⁵⁴	27 975	38 538

*Número de parcelas

**Número de puntos interpretados en la base de datos

Cada base de datos cuenta con 19 columnas y 963 450 registros (filas), distribuidos en las 11 bases de datos y que corresponden a cada uno de los puntos muestreados (25 filas por parcela). Las columnas de la base de datos contienen la identificación de la parcela, coordenadas y clase IPCC interpretada:

- **Columna 1:** Plot_id, contiene la numeración cada parcela asignada por CEO.
- **Columna 2:** Sample_id, indica la numeración de cada uno de los 25 puntos de la parcela.
- **Columna 3:** lat, indica la coordenada latitud de cada punto del sample_id .
- **Columna 4:** lon, indica la coordenada longitud de cada punto del sample_id .
- **Columna 5:** pl_plot, contiene la numeración asignada por el operador al momento ingresar el formulario al CEO (numeración por parcela, es único).
- **Columna 6 - 18:** contiene la clase IPCC de la serie histórica 2007 – 2019.
- **Columna 19:** contiene la información de los cuatro estratos utilizados para la intensificación del muestreo.

Con esta base de datos, fue posible identificar parcelas con uso IPCC que permanecieron, parcelas que cambiaron de uso y parcelas que se recuperaron. El objetivo del NREF es reportar las emisiones asociadas a la deforestación bruta, por lo que todas las recuperaciones no se incluyeron, principalmente porque el supuesto de los 5 años, debe ser analizado con mayor detalle técnico y su implementación en el cálculo podría conllevar a problemas relacionados con la contabilidad, dado que: (i) técnicamente es complejo identificar correctamente el año específico de recuperación y a que (ii) el tiempo promedio de recuperación puede oscilar entre 3 a 10 años, dado que el proceso de sucesión puede verse afectado por el tipo, intensidad y grado del disturbio, el grado de fragmentación, así como la vegetación remanente.

Las 11 bases de datos que suman 963 450 registros, categorizados y traducidos a clases IPCC en el periodo 2007 al 2019, ayuda a simplificar el proceso de estimación, Con esta información histórica, fue posible identificar las parcelas que permanecieron con el mismo uso, las que presentaron cambio y su respectiva dirección de cambio. Las parcelas con el mismo uso IPCC entre el año 2007 y el 2019 fueron consideradas como “permanencias”, mientras que aquellas que presentaron diferente clase IPCC entre el año 2007 y el 2019 se consideraron como “cambios”.

Las fechas de los diferentes eventos de cambio, consideradas por los intérpretes a partir de la información satelital anual en CEO y ajustadas a los requerimientos de análisis de superficies en una

⁵⁴ La parcela 417 (-77.07721 -8.282759462) se eliminó del análisis, porque el centroide no cae en la Amazonía.

base de datos, son la base para registrar la evolución de los cambios en toda la serie histórica 2007-2019. En ese sentido las 11 bases de datos se mantienen independientes y se fusionan a través de un código en R para las estimaciones de superficies por ecozona y finalmente se agregan para el estimado de la Amazonía.

4.1.1.5. Métodos de estimación de áreas e incertidumbre asociada

Mediante el enfoque de estimación de superficies a partir del muestreo sistemático de parcelas por medio de proporciones, detallado en el Capítulo 3 del Volumen 4 de las Directrices del IPCC (2006), se cubrió el área de cada ecozona con un determinado número de parcelas de muestreo (ver capítulo 4.1.1.1) conformada por 25 puntos de evaluación. En cada uno de estos puntos se determinó el uso de la tierra (categorizado finalmente a clases IPCC).

En la Tabla 16, se reporta la cantidad de parcelas muestreo evaluadas en cada ecozona, así como la información de la intensificación de la muestra. Para el cálculo de las áreas de cada clase IPCC en cada ecozona, se generaron dos códigos en R (R Core Team, 2020) y las rutinas se ejecutan en dos etapas:

El primer código, toma la información de la base de datos resultado del análisis de interpretación visual depurada para cada una de las ecozonas, y determina las transiciones ocurridas para cada punto entre dos años consecutivos. Es decir, se relaciona la información de la clase IPCC para un mismo punto en dos años consecutivos y se define la transición ocurrida. Las transiciones se refieren a los niveles que existen de la combinación de las clases IPCC de dos años consecutivos, no necesariamente indica un cambio de clase entre los años. Una vez definida las transiciones para todos los puntos en el horizonte temporal 2007-2019, se procedió a realizar los cálculos para estimar el área total por transición por ecozona.

El primer paso fue calcular la proporción de cada una de las transiciones dentro de una parcela por estrato por ecozona. Es importante recordar que, para el caso del Perú, cada una de las ecozonas fue estratificada en cuatro estratos (Pérdida, Bosque, No Bosque y Buffer) definidos por el mapa de Geobosques (ver capítulo 4.1.1.1).

La proporción de cada transición por parcela, fue estimada como el número de puntos presentes dentro de una parcela de una transición determinada sobre el total de puntos que componen la parcela. Una vez calculada la proporción de cada una de las transiciones dentro de una parcela por estrato por ecozona, se calculó la media de la proporción de las transiciones por estrato por ecozona y su varianza. Para esto se utilizó la siguiente ecuación.

$$\bar{X}_{gd} = \frac{\sum_i^n x_{igd}}{n_g}$$

Donde:

- \bar{X}_{gd} = media de la proporción de la d-ésima transición y el g-ésimo estrato (bosque, no bosque, pérdida y Buffer)
- x_{igd} = proporción de la d-ésima transición en la i-ésima parcela del g-ésimo estrato
- n_g = número de parcelas dentro del g-ésimo estrato

La varianza de la media de la transición por estrato es estimada como:

$$v(\bar{X}_{gd}) = \frac{\sum_i^n x_{igd}^2 - n\bar{X}_{gd}^2}{n_g(n_g - 1)}$$

- $v(\bar{X}_{gd})$ = varianza de la d-ésima transición del g-ésimo estrato
- \bar{X}_{gd} = media de la proporción de la d-ésima transición y el g-ésimo estrato
- x_{igd} = proporción de la d-ésima transición en la i-ésima parcela del g-ésimo estrato
- n_g = número de parcelas dentro del g-ésimo estrato

Una vez calculada la media de la proporción por transición y estrato y su varianza, se agregó el área de cada estrato para poder calcular el área total por transición y estrato, así como su varianza.

$$\hat{X}_{gd} = A_g \bar{X}_{gd}$$

- \hat{X}_{gd} = Área total de la d-ésima transición en el g-ésimo estrato
- A_g = Área del g-ésimo estrato
- \bar{X}_{gd} = media de la proporción de la d-ésima transición y el g-ésimo estrato

$$v(\hat{X}_{gd}) = A_g^2 v(\bar{X}_{gd})$$

- $v(\hat{X}_{gd})$ = varianza del área total de la d-ésima transición g-ésimo estrato
- A_g = área del g-ésimo estrato
- $v(\bar{X}_{gd})$ = varianza de la media de la proporción de la d-ésima transición g-ésimo estrato

Con la información estimada, y para llegar a nivel de ecozona y transición, se suman las áreas que pertenecen a cada transición y se obtiene su varianza.

$$\hat{X}_d = \sum_g^G A_g \bar{X}_{gd}$$

- \hat{X}_d = Área total de la d-ésima transición
- A_g = Área del g-ésimo estrato
- \bar{X}_{gd} = media de la proporción de la d-ésima transición y el g-ésimo estrato

$$v(\hat{X}_d) = \sum_g^G v(\hat{X}_{gd}) = \sum_g^G A_g^2 v(\bar{X}_{gd})$$

- A_g = área del g-ésimo estrato
- $v(\bar{X}_{gd})$ = varianza de la media de la proporción de la d-ésima transición g-ésimo estrato

Con esta información se tiene estimada el área total de cada transición por ecozona. La siguiente etapa consiste en determinar clases de interés para el cálculo de Deforestación. Para ello, se consideraron tres clases:

- Deforestación total: todas las transiciones: “Tierra Forestal a Praderas”, “Tierra Forestal a Tierras Agrícolas”, “Tierra Forestal a Asentamiento Humano”, “Tierra Forestal a Cuerpo de Agua” y “Tierra Forestal a Otras Tierras”.
- Deforestación antrópica: Se consideró tres transiciones: “Tierra Forestal a Praderas”, “Tierra Forestal a Tierras Agrícolas”, “Tierra Forestal a Asentamiento Humano”,
- Pérdida natural: Las transiciones de “Tierra Forestal a Cuerpo de Agua” y “Tierra Forestal a Otras Tierras (natural)”. En esta transición, el cambio a cuerpos de agua es un fenómeno frecuente en la Amazonía peruana, debido a la dinámica de los ríos ya que, debido a sus dimensiones, topografía y distribución irregular de las lluvias estacionales, distintas partes del sistema fluvial se inundan en momentos diferentes y conforme el agua se desborda de los ríos, se crean nuevas masas de agua (estanques y lagunas de meandro), en áreas que antes era bosque; por otro lado, el cambio a Otras Tierras identifica áreas con deslizamientos naturales ocurridos en zonas de alta pendiente en bosque natural como en el departamento del Amazonas, y se incluyen también las playas de ríos que ocurren luego de una pérdida de origen natural debido al mismo desplazamiento de los ríos en la Amazonía.

Seguidamente, se suman las áreas de cada transición perteneciente a las clases de interés (deforestación total, antrópica y pérdida natural) por ecozona y se calculan sus varianzas. Cada resultado de las clases de interés es independiente y correspondiente a las transiciones mencionadas en el párrafo anterior.

$$\hat{\chi}_{ih} = \sum \hat{\chi}_{dh}$$

Donde:

- $\hat{\chi}_{ih}$ = Área total de la i-ésima clase de interés en la h-ésima ecozona
- $\hat{\chi}_{dh}$ = Área total de la d-ésima transición que compone la clase de interés de la h-ésima ecozona

$$v(\hat{\chi}_{ih}) = \sum v(\hat{\chi}_{dh})$$

Una vez hechas las estimaciones a nivel de clases de interés, se procede a hacer el cálculo de las incertidumbres para cada una de las clases de interés por ecozona. Para ello, a partir de la varianza se estimó la desviación estándar, se calculó el límite inferior y superior y finalmente se obtuvo la incertidumbre para todas las 3 clases de interés.

$$SD = \sqrt{v(\hat{\chi}_{ih})}$$

$$Li = \hat{\chi}_{ih} - (z_{\alpha/2} \cdot SD)$$

$$Ls = \hat{\chi}_{ih} + (z_{\alpha/2} \cdot SD)$$

$$U_{ih} = \frac{(\hat{\chi}_{ih} - Li)}{\hat{\chi}_{ih}} \cdot 100$$

Donde:

- SD = Desviación estándar de las clases de interés dentro de la ecozona
- Li = Límite inferior
- Ls = Límite superior
- $z_{\alpha/2}$ = Percentil 95% del modelo de distribución empírico que ajusta los datos (1.96)
- U_{ih} = Incertidumbre de la Deforestación Total de la i-ésima clase de interés h-ésimo estrato

4.1.1.6. Resultados de las transiciones por deforestación y su propagación del error

La actualización del NREF, considera las emisiones por deforestación bruta para el periodo 2010-2019. Los datos de actividad utilizados en el cálculo del NREF se estimaron a partir de los datos de referencia, obtenidos mediante la interpretación visual del uso y cobertura de la tierra en imágenes de alta resolución, sobre una malla sistemática de 5 x 5 km (38 538 parcelas de 100 x 100 m (1 ha), garantizando una distribución homogénea de la muestra de puntos en toda la Amazonía y una precisión adecuada, esperando un nivel de confianza del 95% y un error del 10%.

El tamaño de muestra de la clase Pérdida y No Bosque en comparación con el área del Bosque fue muy pequeña para satisfacer el criterio de precisión en la ecozona ZH y SADA, por lo que se aumentó el muestreo en 6 134 parcelas adicionales (153 350 puntos), a partir de una malla intensificada de 500*500 m y distribuidas en 3 000 parcelas para SADA y 3 134 para la ZH, esperando en ambos casos (ZH y SADA), un nivel de confianza del 90% y un error del 20%.

Adicionalmente se incluyó 1 119 parcelas (27 975 puntos) que representan la ubicación de las parcelas del INFFS, lo cual permitió aumentar el tamaño de muestra, reduciendo la incertidumbre en cada ecozona.

El aumentar el tamaño de la muestra a partir de la intensificación de la muestra en áreas donde los errores de omisión están ocurriendo, para bajar su peso ponderado, ha sido la solución técnica más apropiada para reducir su impacto, ya que pueden introducir una incertidumbre considerable y ser potencialmente problemáticos en la estimación de parámetros obtenidos de los datos de muestra y como consecuencia, impedir la adquisición de evidencia estadísticamente válida de reducción de la deforestación.

El registro de información y su análisis se hizo a partir de cada punto muestreado (963 450 puntos), correspondientes a las 38 538 parcelas de 1 ha, evitando perder información de los usos y cambios de la tierra, en todo el periodo histórico.

En el proceso de interpretación visual, se analizó los cambios que podrían asociarse a causas naturales (cambio en el cauce de los ríos y derrumbes) y causas antrópicas, dando como resultado, estimados de áreas de deforestación y pérdida natural. Los resultados de datos de actividad por deforestación total y por ecozonas se describen anualmente en el Anexo 1.

La superficie de Tierras Forestales que permanecen como tal en la Amazonía, ha tenido una disminución desde 69 254 723 ha en el año 2010, hasta 68 285 281 ha en el año 2019. Lo anterior implica una pérdida de 969 441 ha en 10 años (Figura 20). La ecozona con mayor área de bosques es la SB (64,5%), seguida por la SADA con 15,3 %, mientras que la SAA es la ecozona con menos superficie de bosques en toda la Amazonía, con 10%. Cabe resaltar que la SB perdió aproximadamente 500 000 ha en 10 años, mientras que la SAA lo hizo a un ritmo de 279 819 en el mismo periodo, siendo una ecozona mucho más pequeña, lo cual es un hecho relevante a tomar en consideración, dado que el avance de la deforestación y las amenazas de pérdida de hábitat en esta área, impone nuevos retos para la conservación de los bosques de características ecológicas únicas.

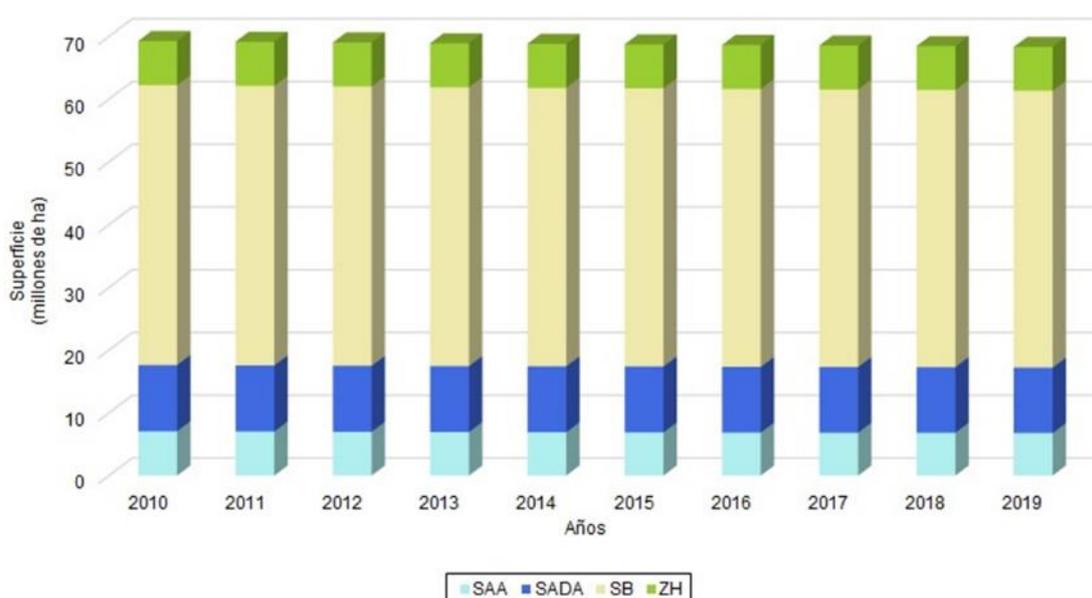


Figura 20. Superficie anual de Tierras Forestales que permanecen como tal en las ecozonas de la Amazonía (2010-2019)

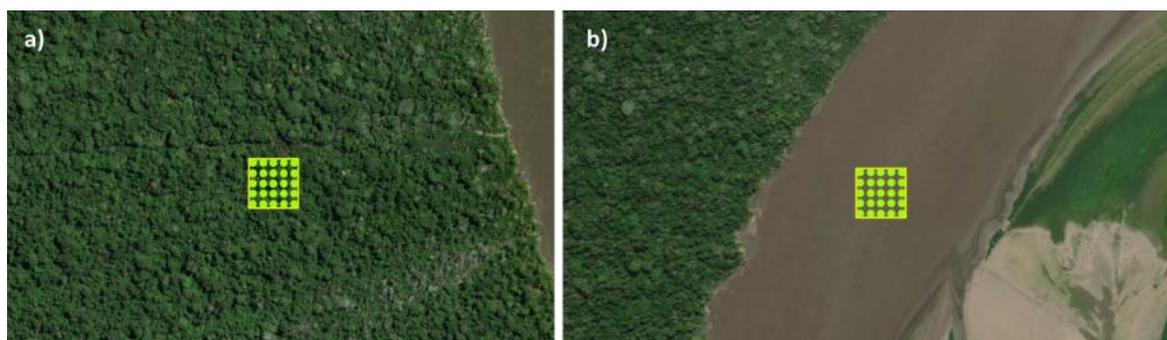
Un resultado importante para el Perú es la coincidencia en el orden de magnitud de la superficie de Tierras Forestales en el año 2019 (68 324 569 ha) y de la cifra de bosques reportada en el Geobosques (68 274 160 ha). Esta coincidencia adquiere mayor relevancia si se toma en cuenta que ambos datos provienen de metodologías diferentes, están empleando una definición operativa de bosque diferente en términos de área mínima y que se espera en 2021 lograr una complementariedad entre los dos enfoques, que permita alcanzar un sistema de monitoreo eficiente en términos de reporte y gestión de los bosques del Perú.

La pérdida natural es importante identificarla para conocer su dinámica de perturbación, lo cual puede estar asociado a eventos extremos climáticos como las inundaciones o deslizamientos y derrumbes y cuyo impacto podría resultar en pérdidas de áreas de bosque significativas, lo cual, de no tomarse en consideración, podría afectar los esfuerzos del Perú para reducir la deforestación y en general, el desempeño de las acciones de REDD+.

En el periodo del NREF se encontró que, por perturbaciones naturales en bosques, se pierde un promedio anual de 13 428 ha, que corresponde al 9 % anual de la pérdida total de bosques en el bioma amazónico. Esta pérdida es variable con los años y oscila de un mínimo de 4% (2015), hasta pérdidas muy significativas superiores al 10% como sucedió en 2013, 2016, 2017 y 2019 (Anexo 1).

Tierras forestales a Humedales

Esta conversión es responsable del 70,5% de pérdida promedio de bosque por causas naturales, la cual ocurre principalmente en la ecozona de selva baja (41%) e hidromórfica (22%) dadas sus características fisiográficas, además de contar con una gran cantidad de ríos y zonas inundables (Figura 21, Anexo 2). Los cuerpos de agua, principalmente los ríos por su dinámica meándrica son los que generan esta pérdida natural debido a su avance y desbordamientos en eventos de precipitaciones altas (Figura 21).



Fuente: Imágenes de Digital Globe de Selva Baja, Ucayali
Figura 21. Transición de Tierra Forestal a Humedales en 2011 (a) y 2016 (b)

Tierras forestales a Otras tierras

Este es el segundo cambio de uso detectado que ocasiona pérdidas naturales y contribuye a al 29.5% en promedio anual (Figura 22). Como parte de la dinámica de los ríos, cuando se pierde bosque y por arrastre de sedimentos, quedan bancos de arena en su lugar. Estos cambios fue posible detectarlos a partir de la interpretación visual en las ecozonas de selva baja y la zona hidromórfica, aunque con menor peso respecto a la deforestación natural (4 y 0,5% respectivamente).

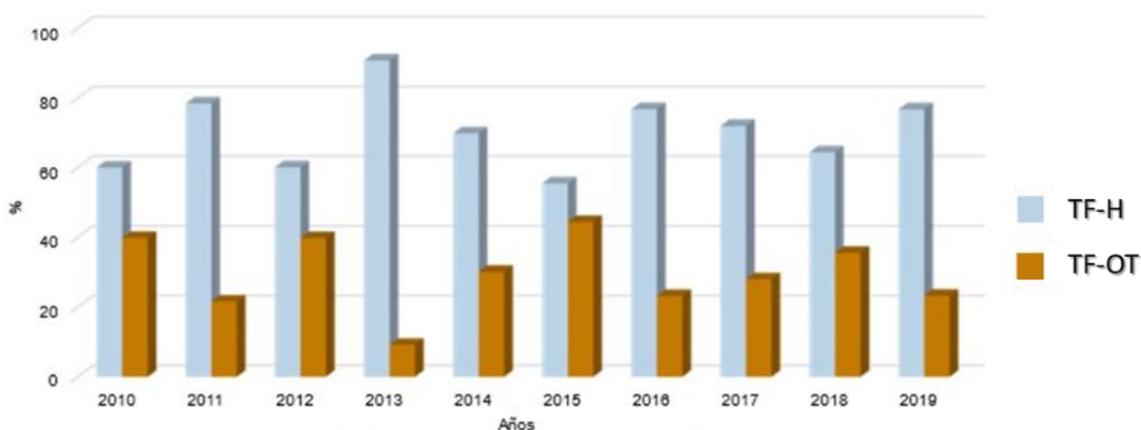


Figura 22. Pérdida porcentual de bosque por causas naturales en el periodo 2010-2019

Otra pérdida natural es la atribuida a deslizamientos, que sucede casi de manera exclusiva en zonas escarpadas e inestables y frecuentemente en la ecozona de la selva alta de difícil acceso, la cual tuvo un aporte del 23%. En esta ecozona, el efecto de los deslizamientos sobre la pérdida natural, fue mayor en 2015 y 2018, representando el 43,8 y 35,4% respectivamente (Anexo 2)

Los frecuentes deslizamientos de tierra, flujo de lodo y derrumbes se aceleran durante la ocurrencia de lluvias intensas, lo cual se ve favorecido por efecto de la pendiente, arrastrando porciones de bosque y dejando el suelo desnudo (Figura.23).



Fuente: Imágenes de Digital Globe de Selva Alta de Difícil Acceso, Madre de Dios
Figura 23. Transición de Tierra Forestal a Otras Tierras en a) 2012 y b) 2014

Considerando que las acciones de mitigación deben abordar solamente la deforestación antrópica, se excluyó las pérdidas naturales de la contabilidad de emisiones, ya que puede llegar a grandes sobreestimaciones anuales (Figura 24).

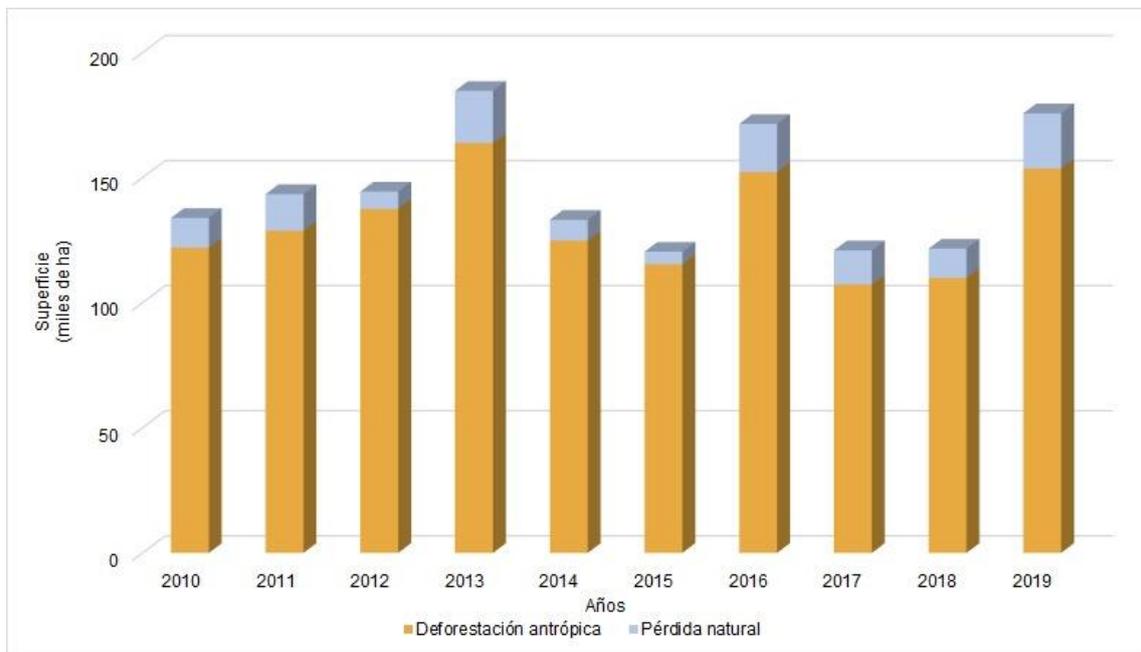


Figura 24. Deforestación antrópica y pérdida natural de bosque en el periodo 2010-2019

La deforestación antrópica en la Amazonía, representa entre el 87 y 96% de la pérdida total de bosque, con un promedio histórico de 131 520,79 ha y dependiendo del año analizado, incertidumbres que fluctúan entre 18,2 y 21,9%. (Tabla 17, Figura 25)

Tabla 17. Deforestación antrópica en el periodo 2010-2019.

AÑO	Amazonía	U(%)
2010	121 973,0	21,2
2011	128743,0	20,4
2012	137.456,8	19,8
2013	163 866,1	18,8
2014	124 839,4	21,4
2015	115 417,6	21,8
2016	152 182,4	18,9
2017	107 240,1	21,9
2018	109 889,6	20,1
2019	153 600,0	18,2

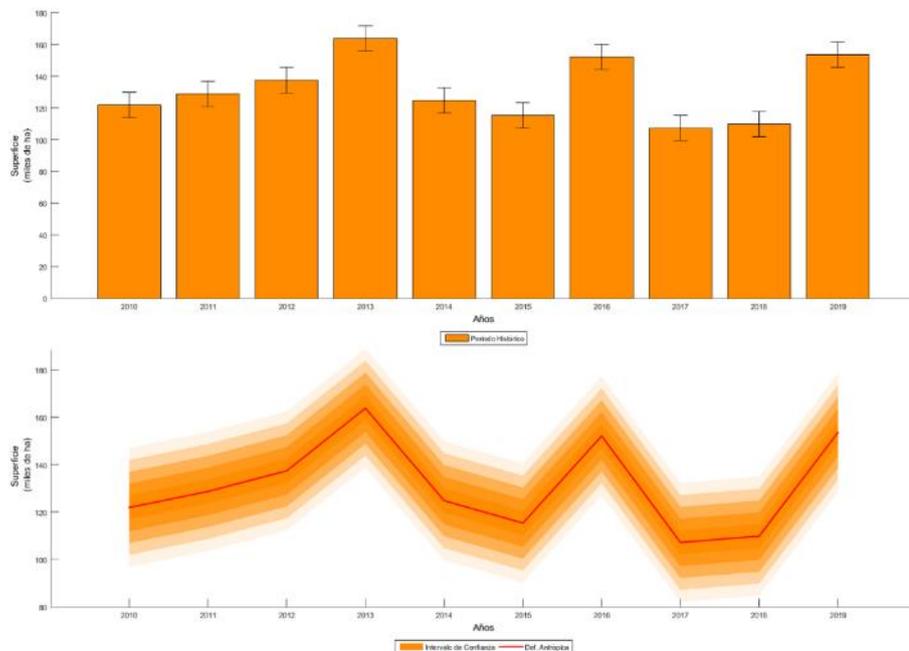


Figura 25. Superficie anual de Deforestación en el periodo 2010-2019

La ecozona donde se presenta mayor deforestación es la SB seguida de la SAA, representando más del 86% de la pérdida en su conjunto, seguidas por la SADA y la ZH con 10.6 y 3.1 % de pérdida respectivamente (Anexo 3). La dinámica de la deforestación en la Amazonía se evidencia con la tendencia de la SB, estando estrechamente relacionadas, adicionalmente, la SAA también guarda la tendencia con la deforestación, pero en menor escala (Figura 26).

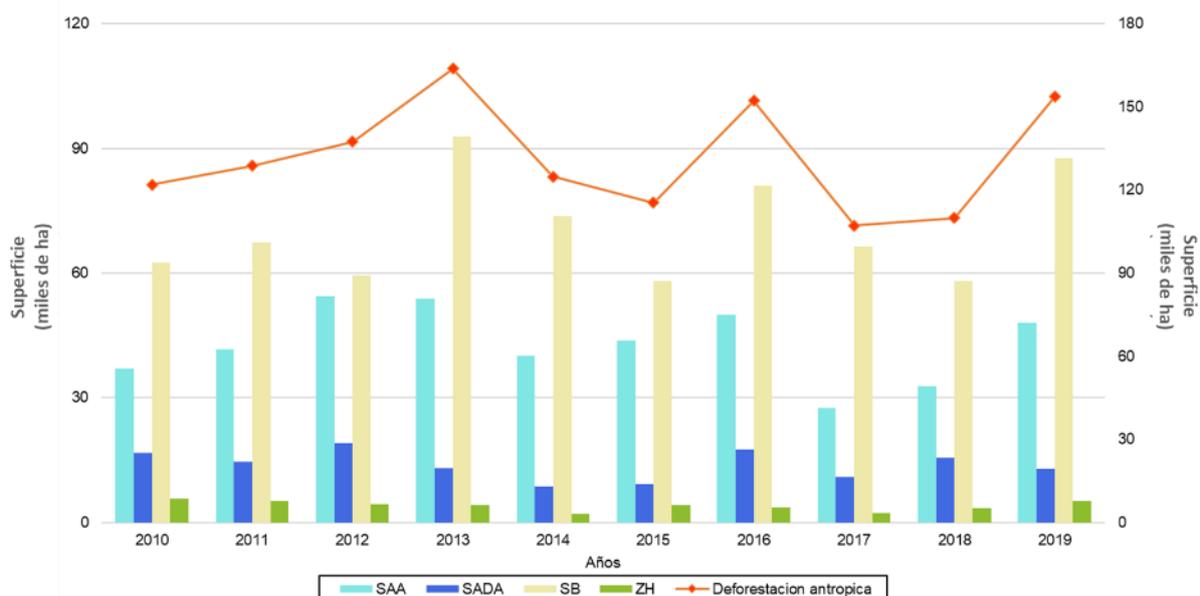


Figura 26. Superficie anual de deforestación y tendencia de la deforestación en las ecozonas de la Amazonía peruana

Con un nivel de confianza al 95%, SADA tiene una incertidumbre promedio más baja que las demás ecozonas, seguida por SB y SAA, lo cual evidencia una relación inversa entre un tamaño muestral mayor y una incertidumbre más baja, proporcional al área de la ecozona. Así mismo, la incertidumbre es afectada por el tamaño de muestra y la varianza dentro del estrato, siendo la dinámica de los ríos una de las razones posibles, para que en la ZH se presente una incertidumbre más alta (47,7%) (Anexo 3).

La deforestación antrópica ocurre en tres tipos de cambio de uso de la tierra: Tierras Forestales a Tierras Agrícolas, Tierras Forestales a Praderas y Tierras Forestales a Asentamientos Humanos. En la (Figura 27), se observa la dinámica de las Tierras Forestales a clases IPCC, para el periodo 2010-2019, evidenciando la importancia de las transiciones hacia Tierras Agrícolas y Praderas principalmente.

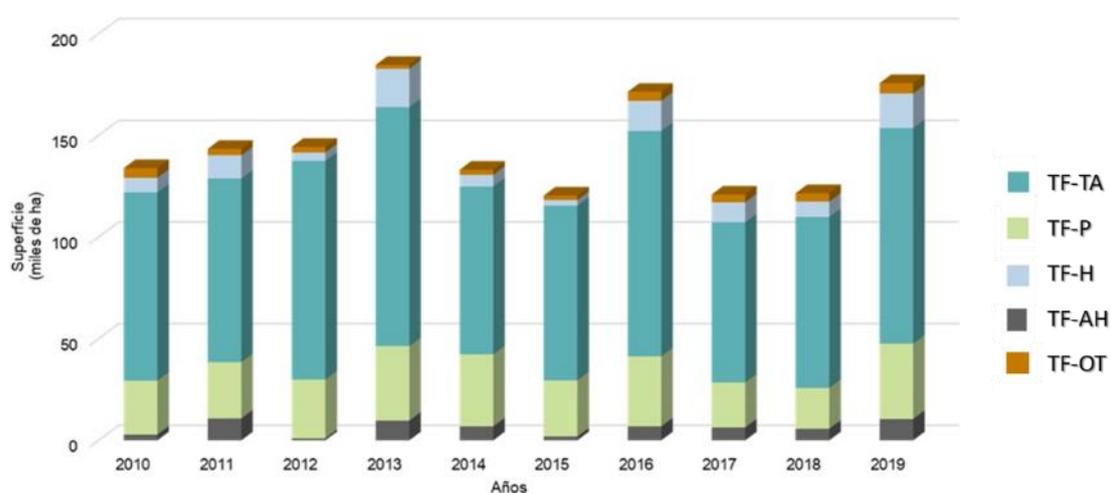


Figura 27. Superficie de cambio de Tierras Forestales a clases IPCC

Tierras Forestales a Tierras Agrícolas (TF-TA)

La tendencia decreciente de las Tierras Forestales, contrasta con el incremento de Tierras Agrícolas para el mismo periodo. En la Figura 27 se observa que las Tierras Agrícolas también están incrementando su superficie, aunque en menor magnitud. Este comportamiento indica que el incremento de Tierras Agrícola junto con Praderas, está correlacionado con la pérdida de Tierras Forestales, lo que es consistente con las causas de deforestación en ENBCC (2016).

El cambio a Tierras Agrícolas, es la actividad más frecuente y extendida en la Amazonía, siendo la principal causa directa de la deforestación. En el periodo de referencia 2010 a 2019, esta actividad es la causa del 73% de la deforestación con una tendencia sostenida en su incidencia relativa por año, (Figura 28, Anexo 3).



Fuente: Imágenes de Digital Globe de Selva Alta de Difícil Acceso, Junin
Figura 28. Transición de Tierra Forestal a Tierras Agrícolas en a) 2009 y b) 2019

Tierras Forestales a Praderas (TF-P)

Esta conversión de Tierra Forestal, también es una causa directa de expansión agropecuaria. En el periodo de NREF de 2010 a 2019, es la segunda causa que contribuye a la deforestación antrópica con un 22.4% en promedio (Figura 29, Anexo 3).



Fuente: Imágenes de Digital Globe de Selva Baja, Ucayali
Figura 29. Transición de Tierra Forestal a Praderas en a) 2011 y b) 2019

Tierras Forestales a Asentamientos Humanos

Este tipo de cambio de uso se relaciona con la expansión de infraestructura, centros poblacionales, comunicación y actividades extractivas ilegales e informales (Figura 30). En el periodo de NREF de 2010 a 2019, es la tercera causa que contribuye a la deforestación antrópica con un 4,7 % en promedio.



Fuente: Imágenes de Digital Globe de Selva Baja, Pasco
Figura 30. Transición de Tierra Forestal a Praderas en a) 2007 y b) 2013

De manera general, la deforestación antrópica en el periodo del NREF, se ve explicada en un 95,3% por la conversión de Tierras Forestales a Tierras Agrícolas y Praderas (Figura 31, Anexo 3).

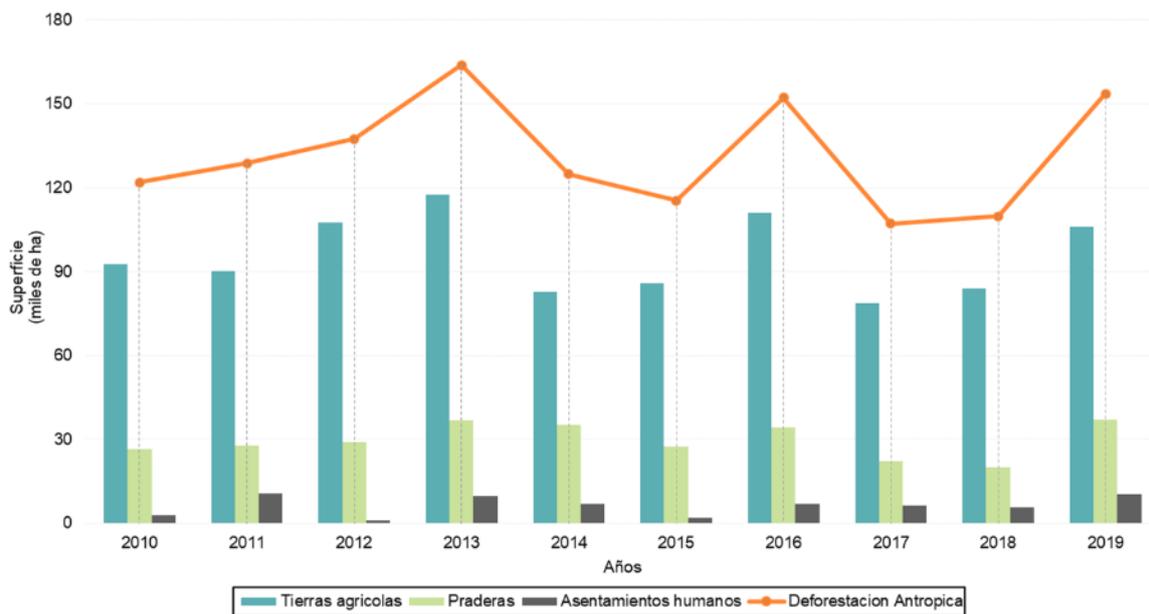


Figura 31. Causas directas de la deforestación antrópica en el periodo 2010-2019

4.1.2. Factores de emisión por deforestación

En la estimación de los Factores de Emisión para la Amazonía peruana se utilizaron datos de país sobre el estado de la estructura y composición de su vegetación, para los diversos bosques que se encuentran en las tierras forestales del bioma amazónico, en función de los estratos para cada una de sus ecozonas que usa el INFFS (descritas en la Sección 3.1), de selva alta accesible (SAA), selva alta de difícil acceso (SADA), selva baja (SB) y la zona hidromórfica (ZH).

Las fuentes de información base del para el proceso de estimación de las densidades de carbono y sus factores de emisión, fueron proporcionadas por SERFOR en su INFFS y de la colaboración de diversas instituciones académicas, nacionales e internacionales, que realizan investigación científica en el bioma amazónico y comparten su información a través de la plataforma de “ForestPlots.net”⁵⁵. Las instituciones colaboradoras y académicos fueron actores esenciales que dieron mayor solidez a los datos de FE del presente NREF (Ver del Protocolo para la estimación de los factores de emisión en la Amazonía peruana para la actualización del NREF-Perú⁵⁶).

De manera general para la estimación de los FE, se ha realizado la sistematización e integración de las bases de datos del INFFS y la recopilación de estudios en ForestPlots.net, sometiénolas a un control de calidad de depuración y estandarización de las variables de interés para la estimación y de sus unidades de muestreo, para así preparar una base de datos general para las subsecuentes estimaciones. Con las bases integradas y preparadas, a nivel de individuos se estimaron los reservorios de biomasa por encima (árboles, palmeras y lianas), debajo del suelo (árboles y palmeras) y de la madera muerta en pie (árboles muertos en pie y tocones), en función de las mejores variables disponibles (datos dasométricos) y modelos alométricos actuales más adecuados para el país. Para después, a nivel de parcela, en función de sus características por provenir de diversos diseños, se utilizan sus estimadores específicos para determinar su biomasa y carbono, y finalmente se combinan para estimar en cada tierra forestal por ecozona su densidad de carbono, factor de emisión y su incertidumbre asociada.

El proceso de estimación general se describe en el diagrama de la Figura 32 y se detalla en las siguientes secciones.

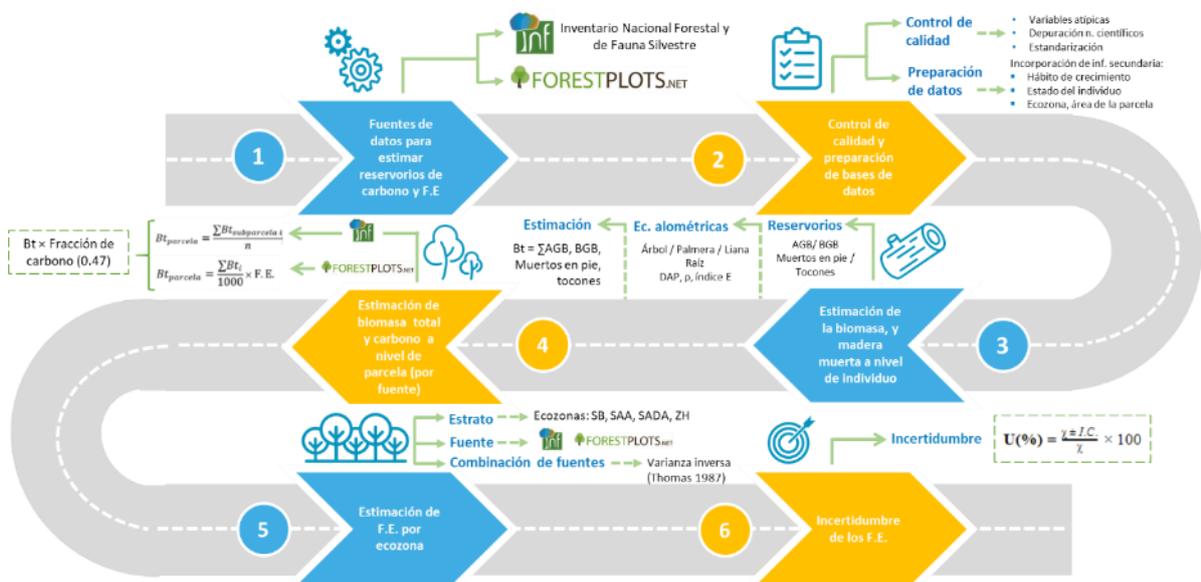


Figura 32. Hoja de ruta para la estimación de los factores de emisión en el bioma de la Amazonía peruana.

⁵⁵ Disponible en: <https://www.forestplots.net/es>

⁵⁶ Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zI>

4.1.2.1. Fuentes de información y Preparación de bases de datos

4.1.2.1.1. Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

El Inventario Nacional y de Fauna Silvestre (INFFS) es el principal instrumento nacional y fuente de información para proporcionar datos sobre el estado del bosque en el Perú. El Servicio Forestal Nacional del MIDAGRI es el responsable de su diseño, operación, implementación, actualización y seguimiento; es apoyado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Servicio Forestal de los Estados Unidos. El inventario es multipropósito y uno de sus objetivos es valorar las múltiples funciones de sus bosques, que incluye la mitigación ante el cambio climático. Genera información de alcance nacional y subnacional con propósitos de inventario y monitoreo a largo plazo. La información que recopila el INFFS responde a necesidades del país, e incluye en un área temática sobre la información de las absorciones y emisiones de carbono forestal (MINAGRI, MINAM y FAO 2016).

Su diseño de muestreo consiste en una malla sistemática no alineada y estratificada en 6 ecozonas que cubren todo el país. Las Unidades de Muestreo son grupos de 5 paneles y cada panel representa el 20% las UM, el INFFS todavía se encuentra en proceso de levantamiento de datos y se han completado a nivel nacional 2 de sus paneles. Para las ecozonas del bioma amazónico de Selva Alta Accesible (SAA), Selva Alta de Difícil Acceso (SADA), Selva Baja (SB) y la Zona Hidromórfica (ZH), en el total de sus paneles se tienen una muestra de 1 288 UM con 313 UM evaluadas de 2013 a 2019, que son las usadas para la estimación de densidades de carbono para el presente NREF (Tabla 18).

Tabla 18. Tamaño de muestra total y UM medidas en las ecozonas del bioma amazónico.

Ecozona	Total UM	UM Panel 1	UM Panel 2	UM Evaluadas (2013-2019)	UM % Evaluadas
Selva baja	808	127	94	221	27
Zona Hidromórfica	91	17	15	32	35
Selva alta accesible	288	28	21	49	17
Selva alta de difícil acceso	101	4	7	11	11

El diseño de la UM es un conglomerado de 10 sub parcelas circulares de dispuestas en “L”, con un tamaño total de 0.5 ha de para todas las ecozonas (Figura 33), exceptuando la selva baja con 7 sub parcelas de tipo rectangulares con un tamaño total de 0.7 ha. Cada parcela mide diversos datos dasométricos en sus diferentes categorías de tamaño y altura del arbolado vivo y muerto en pie, sus lianas y su regeneración. Se miden variables para la cuantificación de reservorios de carbono de sus diámetros a la altura del pecho (DAP), alturas del arbolado y los diámetros de las lianas. Información relacionada con la cuantificación de reservorios de carbono como como madera muerta sobre el suelo y hojarasca se ha agregado recientemente a su levantamiento de datos. Los protocolos utilizados en el diseño metodológico y el muestreo de campo del INFFS del Perú se describen con mayor detalle en el Marco Metodológico del INFFS (MINAGRI, MINAM y FAO 2016) y el Manual de Campo del INFFS del Perú (SERFOR 2019).

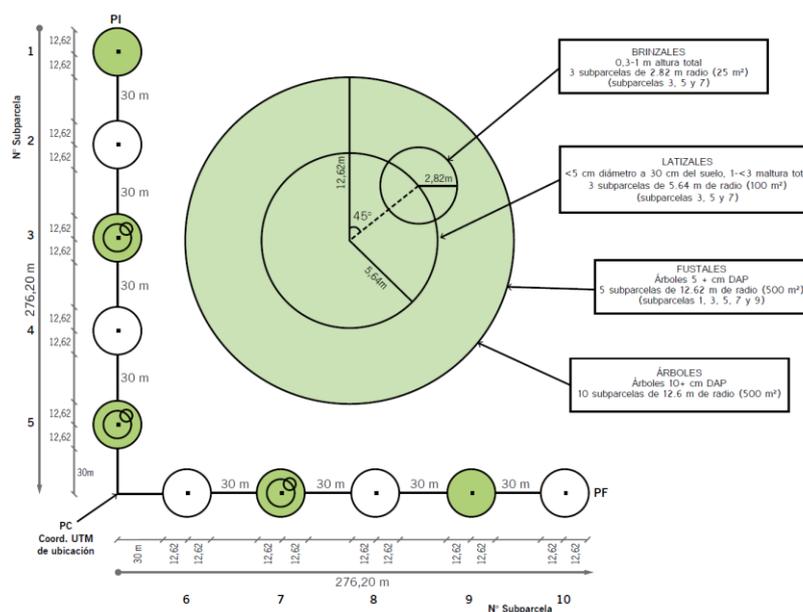


Figura 33. Ejemplo del Diseño de la unidad muestral para las ecozonas, Selva Alta accesible, Selva Alta de Difícil Acceso y Zona Hidromórfica. Fuente: MINAGRI, MINAM y FAO (2016)

4.1.2.1.2. Recopilación de información de sitios de estudios disponibles en la plataforma de ForestPlots.net

La segunda fuente de datos complementaria al INFFS utilizada para estimar los factores de emisión, fue la recopilación e integración de información de diversas instituciones que realizan investigación y comparten sus datos de parcelas que usan para diferentes objetivos de estudio en la Amazonía peruana. Los datos se proporcionaron directamente por las instituciones y grupos de investigación a través de la plataforma de compartición de datos de ForestPlots.net⁵⁷ que agrupa más de 4000 parcelas a nivel mundial para bosques tropicales que tienen el propósito de medir, monitorear y estudiar los bosques tropicales del mundo (Lopez-Gonzalez et al. 2009, 2011).

Esta plataforma alberga una gran base de datos con datos de parcelas de medición y monitoreo localizadas a lo largo de la Amazonía peruana, lo que ofrece al país datos sobre la cuantificación de los cambios a largo plazo en la biomasa de los bosques y su dinámica hasta el presente (Baker et al. 2020). En el contexto del NREF, permite al país tener estimaciones más robustas de las densidades de carbono en la Amazonía al complementarse con el INFFS que aún se encuentra en proceso de levantamiento de dato y evaluación de sus UM.

Se tuvo una disponibilidad de datos de un total de 573 parcelas para ser analizadas con una distribución diferenciada para cada ecozona. La selva baja al ser la más extensa tuvo la mayor cantidad de parcelas disponibles con 319 parcelas, seguida de la zona hidromórfica por ser un lugar con gran interés para la investigación científica por su gran extensión de humedales, con 109 parcelas y en menor número de parcelas, están las ecozonas de selva alta accesible y de difícil acceso, con 83 y 22 parcelas respectivamente.

⁵⁷ Disponible en: <https://www.forestplots.net/es/about-forest-plots>

La mayoría de las parcelas utilizadas en este trabajo siguen los protocolos de instalación propuestos por RAINFOR⁵⁸, que busca estandarizar la metodología y protocolos de los inventarios forestales (Phillips et al. 2018). Sin embargo, no todas las parcelas cumplen este diseño y se conforman de una variedad en tamaños y diseños que van de 0,28 ha a 2,25 ha y han sido medidas con diferentes temporalidades; por esta razón, es necesaria un control de calidad y ponderación estadística para la posterior combinación de las estas parcelas con el INFFS en las estimaciones de biomasa. La información sobre las características de la información de las parcelas usadas y sus fuentes específicas puede consultarse en el Protocolo para la Estimación de los Factores de Emisión en la Amazonía peruana⁵⁹.

4.1.2.1.3. Control de calidad y preparación de base de datos

Control de Calidad

Las fuentes de datos del INFFS y las parcelas recopiladas de la plataforma de ForestPlots.net, cuentan con variables potenciales para la medición de reservorios de carbono, con base en ellas y su disponibilidad para ambas fuentes, se determinó qué reservorios de carbono y componentes son posibles de incluir para la estimación de carbono (Tabla 19).

Tabla 19. Reservorios de carbono incluidos y sus variables disponibles en el INFFS y parcelas ForestPlots.net para la estimación de carbono.

Reservorio de carbono	Componente	Variables disponibles en INFFS y ForestPlots.net	Incluido en la estimación
Biomasa por encima del suelo	Árboles vivos	Nombres de las especies, forma de crecimiento, diámetro a la altura del pecho (DAP) y alturas	Si
	Palmeras	Nombres de las especies, forma de crecimiento, diámetro a la altura del pecho (DAP) y alturas	Si
	Lianas	Nombres de las especies, forma de crecimiento y diámetros	Si
Biomasa por debajo del suelo	Raíces de árboles vivos	Nombres de las especies, forma de crecimiento, DAP y alturas	Si
Madera Muerta en pie	Árboles muertos	DAP y estado de descomposición	Si
	Tocones	Diámetro, altura y estado de descomposición	Si
Madera muerta sobre el suelo	Material leñoso sobre el suelo	No disponibles	No
Materia orgánica del suelo	Carbono orgánico del suelo	No disponibles	No

⁵⁸ Disponible en: <http://www.rainfor.org/en/manuals/in-the-field>

⁵⁹ Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zJ>

Con la identificación de estas variables y los reservorios de carbono posibles a incluir en la estimación, se realizó en las bases de datos una labor de control de calidad con el fin de identificar errores, inconsistencias o valores atípicos que pueden afectar los resultados de las estimaciones de biomasa y sus incertidumbres. El control de calidad en las bases de datos fue aplicado a nivel de individuos y a nivel de Unidades de Muestreo para el INFFS y parcela para la recopilación de estudios.

A nivel de registro o individuos en las bases de datos, para las variables categóricas, se realizó una depuración de nombres científicos, identificando sinonimias y errores tipográficos, y se homogenizó asignando un nombre científico con un mismo sistema de clasificación taxonómico. A su vez, se estandarizaron variables importantes para la identificación del reservorio de carbono tales como el estado de los individuos (vivo o muerto), hábito de crecimiento (Árbol, palmera y liana), estado (vivo o muerto) y grado de descomposición de la madera muerta. De esta revisión se estandarizaron 78 nombres en las bases de datos del INFFS y 366 para las parcelas de ForestPlots.net principalmente por sinonimias.

Para las variables cuantitativas como los DAP y alturas se identificaron valores inconsistentes de acuerdo a sus metodologías en el diseño de sus parcelas. También se identificaron datos atípicos que se encontraban entre -4 y 4 desvíos estándar (Z) de variables estandarizadas previamente en sus DAP, diámetros (lianas) y alturas, con la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} N(0;1)$$

Donde:

- Z es el valor en una distribución normal estándar
- x es el valor de la variable respuesta
- μ es la media general de la variable en una especie/estudio dada
- σ es la desviación estándar de la variable en una especie/estudio dada

De la misma manera se identificaron inconsistencias de relaciones lógicas. Todos estos valores cuantitativos atípicos se revisaron y se eliminaron los valores que no se lograron corregir de ambas fuentes. Como resultado para el INFFS, de 65 878 individuos analizados se depuraron el 9,6% de las observaciones que presentaban inconsistencias y para las parcelas de ForestPlots.net de 210 387 individuos se depuraron el 4,5%. Este mismo procedimiento se realizó a nivel de parcela con su valor máximo de DAP, altura y área basal para identificar datos atípicos y ser revisadas de las cuales solo se excluyeron las de ForestPlots.net.

Preparación de las bases del INFFS y de la recopilación de estudios

Teniendo el control de calidad de las bases de datos se identificaron las variables prioritarias para su uso en la estimación de los reservorios de carbono de la biomasa por encima del suelo (AGB, por sus siglas en inglés), biomasa por debajo del suelo (BGB, por sus siglas en inglés) y la madera muerta en pie (árboles muertos y tocones). Estas variables fueron el nombre científico, el DAP, altura, estado del individuo, hábito de crecimiento y nivel de descomposición (en el caso de tocones y árboles muertos en pie).

En función de ello se realizó un análisis de las ecuaciones alométricas disponibles, sus parámetros requeridos y un análisis de completitud de las variables de las diferentes fuentes de datos ⁶⁰. Y se

⁶⁰ Protocolo para la estimación de los factores de emisión en la Amazonía peruana para la actualización del NREF-Perú. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zJ>

encontró que para el caso del INFFS se contaba con la información de DAP y altura para la mayor parte de los registros de árboles y palmeras; pero para el caso de la información proveniente de ForestPlots.net, el 62% de sus registros no contaban con esa variable. Este fue uno de los determinantes para utilizar modelos alométricos que no requieren el parámetro altura.

Par la preparación de bases de datos también se revisó a nivel de parcela la completitud de ambas fuentes analizando si sus elementos eran correspondientes a la ecozona en que se encontraban. Se usó como referencia la base de INFFS y el control se realizó únicamente en los estudios recopilados de ForestPlots.net. Se evaluaron que fueran compatibles en cuanto a todos los componentes de los reservorios de carbono y sus variables cuantitativas y cualitativas. Una vez finalizado el proceso de preparación de las bases de datos, se pasó de un grupo total en ambas fuentes de datos (INFFS y ForestPlots.net) de 267 065 registros a 225 318. La principal razón por la que se excluyó información fue la aplicación del filtro de individuos con $DAP \geq 10$ cm. En total se analizaron 845 parcelas, de las cuales, 533 provienen de ForestPlots.net y 312 del INFFS (Tabla 20). Y por último para la preparación de las bases de datos se rectificaron las coordenadas geográficas de las parcelas seleccionadas para la estimación, proyectadas en el mapa de ecozonas para identificar coordenadas erróneas y corregirlas. La ecozona con mayor muestra y que es la más extensa es la SB y la menos representada es la SADA. La ZH a pesar de ser la de menor extensión es la segunda mejor representada debido a su interés en estudios científicos.

Tabla 20. Número de UM del INFFS y parcelas recopiladas en la plataforma de ForestPlots.net.

Ecozona	ForestPlots.net	INFFS	Total
Selva Alta Accesible	83	48	131
Selva Alta de Difícil Acceso	22	11	33
Selva Baja	319	221	540
Zona Hidromórfica	109	32	141
Total			845

4.1.2.2. Estimación de biomasa a nivel de individuo

Para la selección de los modelos alométricos y su aplicabilidad en bosques del bioma amazónico peruano, se realizaron análisis previos por SERFOR⁶¹ y el MINAM⁶², para modelos de árboles tropicales y para palmas, que permitió identificar los modelos más apropiados en función de las características de las especies y los ecosistemas del Perú. La selección de los modelos alométricos se basó en los siguientes criterios: el modelo que utilice la máxima información de ambas bases de datos, la comparación de la biomasa estimada y la menor incertidumbre en las estimaciones.

La biomasa por encima del suelo (AGB) de los individuos en cada parcela fue estimada utilizando modelos alométricos genéricos desarrollados en bosques pantropicales para especies arbóreas (Chave et al. 2014), palmeras (Goodman et al. 2013) y lianas (Schnitzer et al. 2006).

⁶¹ Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zJ>

⁶² Protocolo para la estimación de los factores de emisión en la Amazonía peruana para la actualización del NREF-Perú. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zJ>

En el reservorio de carbono de la biomasa por debajo del suelo (BGB) se utilizaron modelos vástago/raíz que son una función de la AGB para la estimación de biomasa de las raíces de árboles (Mokany et al. 2006) y de palmeras (Goodman et al. 2013). En la estimación de necromasa de la madera muerta en los tocones se utilizó el volumen de un cilindro con su densidad de la madera.

Los modelos alométricos utilizados para estimar la biomasa y madera muerta en pie se resumen en la Tabla 21.

Tabla 21. Modelos alométricos utilizados para estimar los reservorios de carbono y sus componentes de árboles vivos y muertos, lianas, palmeras y tocones.

Reservorio	Componente	Modelo	Referencia
Biomasa por encima del suelo y madera muerta en pie	Árbol (vivo y muerto)	$AGB_{est} = \exp(-2.024 - 0.896 \times E + 0.920 \times \log(\rho) + 2.795 \times \log(DAP) - 0.0461 \times [\log(DAP)^2])$	Chave <i>et al.</i> (2014) modificada por Réjou <i>et al.</i> (2017)
	Palmera (viva y muerta)	$\ln(AGB) = -3.3488 + 2.7483 \times \ln(DAP)$	Goodman <i>et al.</i> (2013)
	Liana	$AGB = \exp[-1.484 + 2.657 \ln(DAP)]$	Schnitzer <i>et al.</i> (2006)
Madera muerta en pie	Tocones	$B_{Tocon} = (\text{Área} \times \text{Altura}) \times (\rho)$	
Biomasa viva por debajo del suelo (raíces)	Árbol	$BGB = 0.489 \times AGB^{0.89}$	Mokany <i>et al.</i> (2006)
	Palmera	$BGB = AGB \times 0.24$	Cairns <i>et al.</i> (1997)

El parámetro predictor principal usado por todos los modelos es el DAP. Solo para el modelo alométrico de Chave et al. (2014) (Tabla 21), incorpora la densidad de la madera (ρ) y el índice de estrés ambiental (E) que permite tener mejores estimaciones de biomasa cuando la altura no está disponible, basándose indirectamente en la potencial productividad primaria donde se encuentran los individuos para ponderar su potencial de tallas en altura en función de sus DAP.

Para la densidad de madera (ρ) de los árboles vivos, se utiliza la base de datos de Zanne et al. (2009) que contiene información de 8 412 especies tropicales de diferentes regiones del mundo. Para su asignación se tomaron criterios de la región (Sudamérica tropical, extra tropical, América Central y México) y su identidad taxonómica a nivel de especie, género y familia. En caso de ser árboles muertos se asignaron valores de densidad de madera en diferentes estados de descomposición según los criterios definidos por el marco metodológico del INFFS (MINAGRI, MINAM y FAO 2016).

Para obtener el parámetro del índice de estrés ambiental (E), se calculó, mediante la estacionalidad de la temperatura, precipitaciones y el déficit hídrico climático. A partir de estos datos se construyó un mapa del E para el bioma amazónico, que permite su correcta asignación del índice en función de

su posición geográfica para cada individuo en una parcela determinada. Para mayor detalle en el procedimiento de construcción del índice y su mapa, se puede consultar el “Protocolo para la estimación de los factores de emisión en la Amazonía peruana para la actualización del NREF-Perú” y el mapa generado ⁶³.

En la estimación de biomasa por encima del suelo (AGB) se generó un árbol de decisión con una rutina en el paquete estadístico R⁶⁴, para la estimar la biomasa a nivel de individuo con una asignación diferenciada de los modelos alométricos y sus parámetros, en función de su hábito de crecimiento del individuo (árbol, liana o palmera) y el estado del individuo (vivo, muerto o tocón) para asignar el modelo alométrico adecuado y su densidad de la madera específica para los árboles vivo en función de su identidad taxonómica o para muertos (incluyendo tocones) por su densidad según su grado de pudrición (Figura 34).

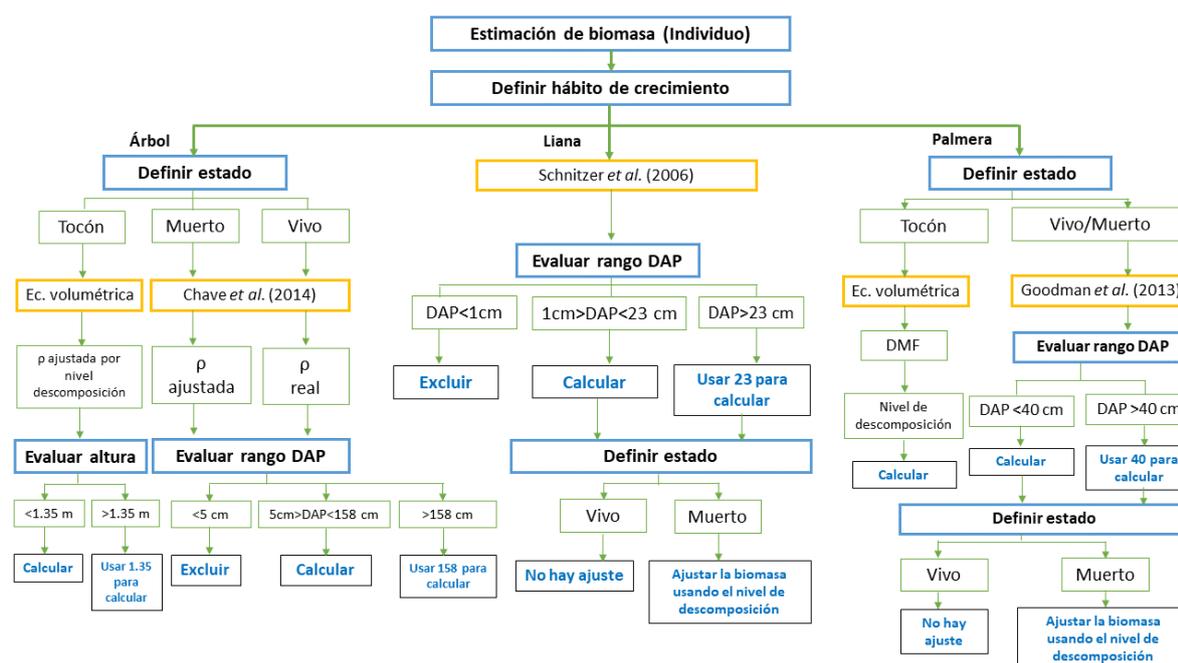


Figura 34. Árbol de decisión para la estimación de biomasa a nivel de individuo por encima del suelo y la madera muerta en pie (árboles muertos y tocones).

Ya estimada la AGB por individuo se estimó la biomasa por debajo del suelo (BGB) dependiendo de su hábito de crecimiento de árbol o palmera asignando sus respectivos modelos de relación AGB/raíz o vástago/raíz. Para la estimación de raíces de árboles (vivos y muertos) se utilizó el modelo propuesto por Mokany et al. (2006) que utilizan como parámetro de la biomasa aérea estimada, elevada a la 0.89 y multiplicada por 0.489 y en el caso de palmeras (vivas y muertas) el modelo propuesto por Cairns et al. (1997) con una relación de 0.24 de su fracción proporcional para bosques tropicales.

Para más detalle en el procedimiento de estimación de biomasa a nivel de individuo ver el “Protocolo para la estimación de los Factores de emisión en la Amazonía peruana para la Actualización del NREF-Perú”.

⁶³ Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zJ>

⁶⁴ Disponible en: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1FE_WjGn2OSSWgTEtBjPV2AQpftHMaLHn

4.1.2.3. Estimación de biomasa y carbono a nivel de parcela

Una vez calculados los reservorios de carbono para cada individuo con la AGB, BGB y su madera muerta en pie, estas se adicionaron para contabilizar su Biomasa total (Bt) por individuo en todos los registros de las bases de datos del INFFS y de los estudios recopilados por ForestPlots.net.

Debido a la diferencia de las fuentes para estimación de la biomasa a nivel de Unidades Muestrales (UM) para el INFFS y parcelas para los estudios de ForestPlots.net, fue necesario utilizar dos métodos de estimación en función del diseño.

Para el INFFS se calcula la Bt por parcela, sumando los valores de Bt de todos los individuos presentes en una subparcela ($Bt_{subparcela}$), y con la Bt de la subparcela se extrapola a una hectárea en función de su tamaño y conforme al diseño diferenciado según la Ecozona en la que se encuentra cada UM.

$$Bt_{subparcela} = \frac{\sum Bt_i}{1000} \times F.E.$$

Donde:

- Bt_i = Biomasa total de cada individuo en la subparcela expresada en toneladas de materia seca (t m.s.) y estimada a partir de ecuaciones alométricas y volumen (biomasa por encima, debajo del suelo para individuos vivos y madera muerta), densidades de la madera y nivel de descomposición (madera muerta en pie).
- F.E. = factor de expansión a hectárea determinado por el área efectiva de muestreo de la subparcela en función de su diseño por ecozona.

A partir de cada subparcela estimada con su biomasa total expandida a una ha, se estimó una media de la biomasa total de todas las subparcelas que conformaban una UM ($Bt_{parcela}$). Se utiliza este método debido que las UM tienen diferente número de subparcelas por las condiciones de acceso a ser medidas, o contener usos de la tierra diferentes a tierras forestales, que no se evaluaron.

También se ajustó en el cálculo de manera diferencial, por el número de subparcelas, ya que las UM del INFFS tienen un número de subparcelas diferentes según la ecozona, en SB se componen de 7 subparcelas y en las ecozonas de SAA, SADA y ZH de 10 subparcelas. Se usó la siguiente ecuación:

$$Bt_{parcela} = \frac{\sum Bt_{subparcela\ i}}{n}$$

Donde:

- $Bt_{subparcela\ i}$ = biomasa total de la i-ésima subparcela
- n_i = Número de subparcelas que componen la UM evaluada. SB=7 subparcelas y SAA, SADA y ZH=10

Para el caso de la información proveniente de los estudios recopilados en ForestPlots.net, con parcelas individuales, la estimación se realizó del nivel de individuos por cada parcela. Para estimar la Bt, se sumó la biomasa de todos los individuos presentes en una parcela con la siguiente ecuación y se aplicó un factor de expansión a la hectárea.

$$Bt_{parcela} = \frac{\sum Bt_i}{1000} \times F. E.$$

Donde:

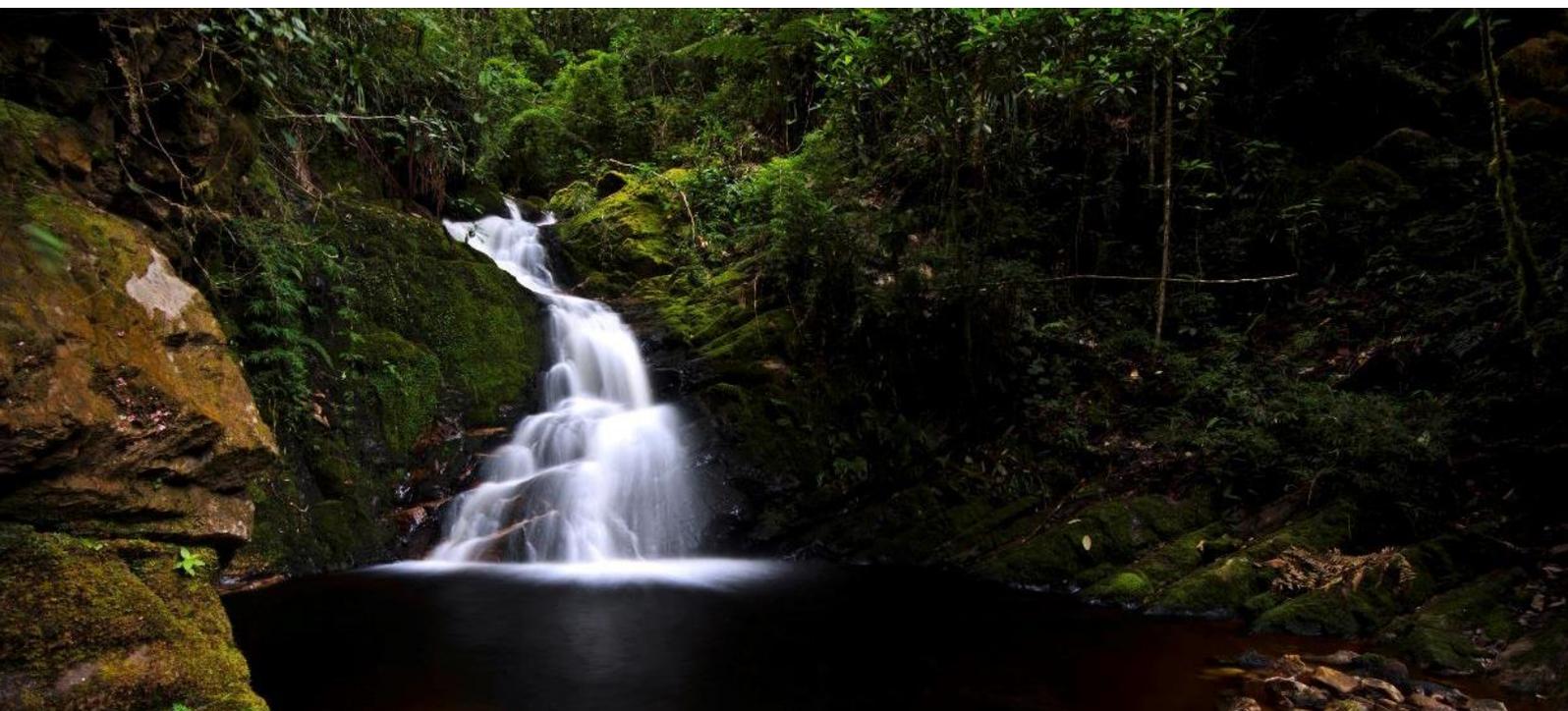
- Bt_i = biomasa de cada individuo en la subparcela expresada en toneladas de materia seca (t m.s.) y estimada a partir de ecuaciones alométricas (biomasa viva por encima y debajo del suelo) y ecuaciones volumétricas (necromasa en árboles muertos en pie y tocones).
- F.E. = factor de expansión a hectárea determinado por el área efectiva de muestreo de la subparcela.

Una vez estimada la biomasa total a nivel de parcela para cada una de las fuentes (INFFS y ForestPlots.net) de información, se estimó su contenido total de carbono multiplicando la estimación de la Bt por el factor 0.47 (IPCC, 2006).

4.1.2.4. Estimación de factores de emisión y su incertidumbre por ecozona para el NREF

Para el bioma amazónico el objetivo fue el de conocer los contenidos de carbono de manera diferenciada para cada ecozona, debido a que cada una cuenta con características particulares con respecto a la diversidad de ecosistemas y coberturas vegetales en sus tierras forestales que contiene cada una (ver Sección 3.3) y que se encuentran en correspondencia el diseño del INFFS, instrumento nacional y sub nacional que proporciona como una de su información prioritaria las existencias de carbono por ecozona o sus factores de emisión de las sus tierras forestales.

Obtenido del carbono total por parcela para cada UM el INFFS para cada una de ecozonas, se procedió también a vincular geográficamente los contenidos de carbono de las parcelas de la recopilación de estudios de ForestPlots.net a su ecozona correspondiente. Esto se realizó en función de las coordenadas geográficas de las parcelas y su ubicación en el Mapa de las Ecozonas del INFFS del Perú (FAO y SERFOR, 2016), asignándole un domino a cada una de sus parcelas (Figura 35).



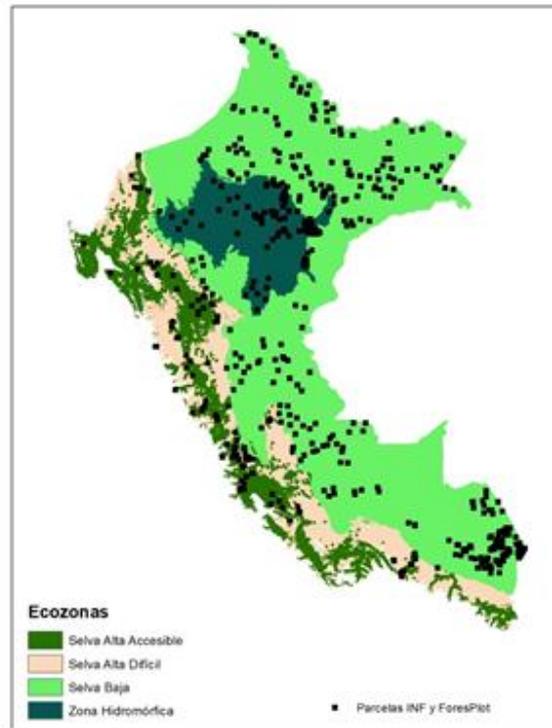


Figura 35. Distribución de las unidades muestrales del INFFS y ForestPlots.net.

Para la estimación del carbono a nivel de ecozona, se estimó la media del carbono y el error estándar por ecozona (SB, SAA, SADA e ZH) utilizando la siguiente ecuación para el cálculo de los estimadores de la media:

$$\bar{C}_{hi} = \frac{1}{n_{hi}} \sum_{j=1}^n C_{hij}$$

Donde:

- C_{hi} es la media del carbono de la h-ésima fuente i-ésima ecozona
- n_{hi} es el número de parcelas de la h-ésima fuente i-ésima ecozona
- C_{hij} es la estimación del carbono de la h-ésima fuente i-ésima ecozona j-ésima parcela

$$S.E. = \sqrt{S^2/n}$$

Donde:

- S^2 = varianza de la estimación
- n = número de parcelas

Debido a las diferencias de diseños de muestreo entre el INFFS y de la recopilación de datos de ForestPlots.net para evitar sesgos relacionados a sus diferentes diseños de muestreo y propósitos, una vez obtenida la estimación de la media y el error estándar a nivel de ecozona y fuente de datos, se estimó una media general del carbono por ecozona utilizando la metodología de Thomas (1987),

donde se propone ponderar la media de cada fuente (INFFS y ForestPlots.net) por el inverso de la varianza. Es decir, la fuente que tenga menor varianza tendrá un peso mayor en la estimación del carbono por ecozona.

Para implementar la metodología propuesta por Thomas (1987), el primer paso fue estimar la varianza para cada ecozona y fuente de datos. Una vez obtenidas la media y la varianza de la muestra se implementó la siguiente ecuación para combinar ambas fuentes de datos.

$$\bar{C} = \frac{\left(\frac{1}{S_{FP}^2} * C_{FP}\right) + \left(\frac{1}{S_{INFFS}^2} * C_{INFFS}\right)}{\frac{1}{S_{FP}^2} + \frac{1}{S_{INFFS}^2}}$$

Donde:

- \bar{C} = media de carbono
- S^2 = varianza de cada fuente de datos (INFFS y FP=ForestPlots.net)
- C = estimación de carbono por cada fuente de datos (INFFS y FP=ForestPlots.net)

Para la estimación de la varianza, combinando las dos fuentes de datos, se utilizó la siguiente ecuación propuesta por Thomas (1987):

$$S^2 = \frac{1}{\omega} \left[1 + \frac{4}{\omega^2} + \sum \frac{1}{n_i} (\omega_i \{ \omega - \omega_i \}) \right]$$

Donde:

ω_i = varianza inversa de la i -ésima fuente de datos.

ω = suma (ω_i)

n_i = número de unidades muestrales menos uno de la i -ésima fuente de datos

La estimación de las existencias de carbono o densidades de carbono AGB, BGB, madera muerta en Pie y densidades de carbono total, resultante para cada ecozona por fuente de información, difieren en sus contenidos de carbono, presentando existencias de carbono más altas por ecozona para los sitios recopilados por ForestPlots.net (FP) que, en el INFFS, como efecto de la diferencia del tamaño de muestra, los múltiples diseños y propósitos. Sus existencias de carbono por reservorio y totales se resumen en la Tabla 22.

Tabla 22. Resumen de densidades de carbono por ecozona y fuente de datos y sus incertidumbres.

Ecozona	Fuente	n	AGB (t C ha ⁻¹)		BGB (t C ha ⁻¹)		Madera Muerta (t C ha ⁻¹)		Bt (t C ha ⁻¹)		
			$\bar{\chi}$	S.E	$\bar{\chi}$	S.E.	$\bar{\chi}$	S.E.	$\bar{\chi}$	S.E	1/S ²
SAA	INFFS	48	58.74	5.46	27.32	2.35	6.04	0.84	92.10	8.05	0.015
SADA	INFFS	11	63.93	7.96	29.84	3.57	5.77	1.68	99.54	12.87	0.006
SB	INFFS	221	107.69	2.47	49.22	1.07	7.26	0.46	164.16	3.70	0.073
ZH	INFFS	32	78.26	4.76	34.24	2.12	4.98	0.72	117.47	7.11	0.020
SAA	FP	83	109.65	5.02	54.23	2.20	2.70	0.57	166.58	7.27	0.019
SADA	FP	22	114.56	8.13	55.92	3.74	16.01	2.97	186.49	12.71	0.006
SB	FP	319	140.21	4.06	62.20	1.58	3.93	0.87	206.34	5.69	0.031
ZH	FP	109	78.87	2.91	34.53	1.51	2.18	0.56	115.57	4.53	0.049

Para ponderar el sesgo de las dos fuentes, se realizó la combinación de las dos estimaciones con el inverso de la varianza y se calculó la densidad de carbono final y su incertidumbre. Para el cálculo del factor de emisión, asumiendo que se pierde la totalidad de carbono por oxidación, se convirtió a dióxido de carbono por la fracción de 44/12 que es la proporción molecular entre el carbono y el CO₂.

Para la estimación de la incertidumbre de los FE por ecozona, se utilizaron los resultados de la ecuación para la estimación de la varianza a partir de distintas fuentes de datos. Una vez estimada la varianza por ecozona (S²), se estima la desviación estándar (D.S.), los intervalos de confianza (I.C.) y la incertidumbre para cada ecozona (U%). Siguiendo el procedimiento en las siguientes ecuaciones:

$$D.S. = \sqrt{S^2}$$

Donde:

- S² = varianza del estrato

$$I.C. = \bar{\chi} \pm (Z^{\alpha} * D.S.)$$

Donde:

- I.C. = intervalo de confianza al 95%
- $\bar{\chi}$ = media
- Z^α = valor de Z un nivel de confianza esperado, para este trabajo se utilizó un nivel de confianza del 95%
- D.S. = desviación estándar

$$U (\%) = I.C.100$$

Donde:

- U(%) = incertidumbre expresada en porcentaje
- \bar{x} = media de la ecozona
- I.C. = valor del límite inferior o superior del intervalo de confianza

Como resultado final de la combinación y su cálculo de incertidumbre combinada de las dos fuentes de datos, se estimaron las densidades de carbono, factores de emisión y su incertidumbre para cada ecozona que se resume en la Tabla 23. En el análisis de incertidumbre se observa que los estratos con menor muestra son los que obtienen los valores más altos. La SADA solo cuenta con 11 UM del INFFS y 22 parcelas de los estudios recopilados en FP.

Tabla 23. Densidades de carbono, factores de emisión, varianza (S^2), desviación estándar (D.S), intervalos de confianza (L.I. 95%, L.S. 95%) e incertidumbre por ecozona (U%).

Ecozona	C (t ha ⁻¹)	CO _{2eq} (t ha ⁻¹)	S ²	D.S.	L.I (95%)	L.S. (95%)	U(%)
SAA	133,12	488	30,07	5,48	122,37	143,87	8,07
SADA	143,56	526	93,85	9,69	124,57	162,55	13,23
SB	176,70	648	9,68	3,11	170,60	182,80	3,45
ZH	116,12	426	15,09	3,89	108,51	123,74	6,56

Por reservorio de carbono, su carbono contenido es mayor en la AGB y en menor proporción esta la madera muerta en pie, en la SADA llega a aportar hasta un 6% de carbono total (Figura 36).

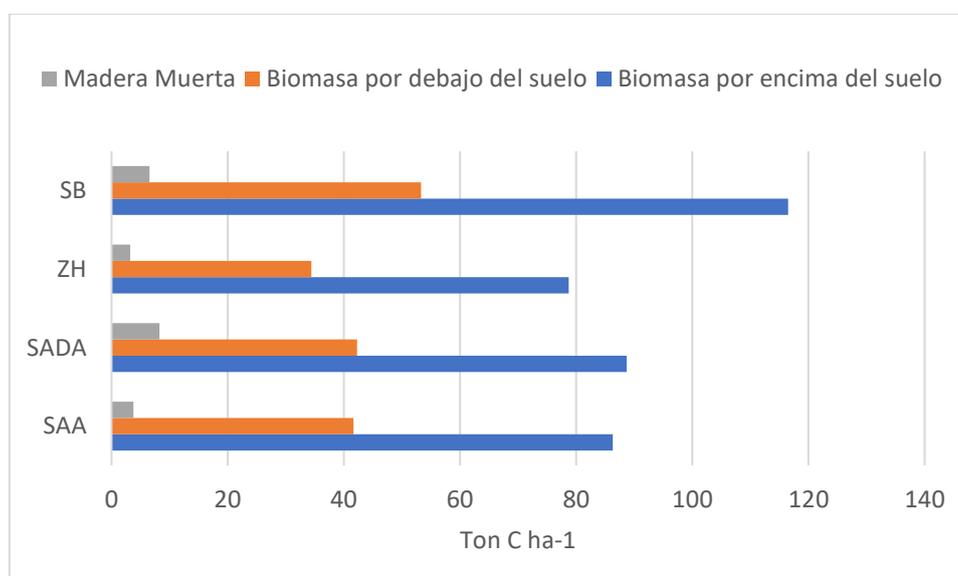


Figura. 36. Reservorios de carbono por ecozona.

Haciendo una comparación en la densidad de carbono contenida en la biomasa por encima del suelo (AGB), el presente NREF no difiere en una gran magnitud con respecto del NREF de 2015 a pesar que para la estimación de los árboles vivos, sus fuentes de información y modelos alométricos para la

obtención de contenidos de carbono fueron distintos. El presente NREF se incluye un reservorio más que es el de la madera muerta, por lo cual el de contenido de carbono total de los factores de emisión no es comparable con el anterior NREF. El primer nivel de referencia tiene una muestra mayor de parcelas disponibles, sin embargo, su incertidumbre no es significativamente más baja; ambas se encuentran en el mismo rango entre sus ecozonas. Esto es debido a la disponibilidad diferencial de muestra para cada ecozona en ambos NREF. Este efecto será compensado en medida que el INFFS se implemente a su totalidad y logrará mejores niveles de incertidumbre cada ecozona.

En la tabla 24 se describen sus diferencias en orden de magnitud y con respecto a sus densidades de carbono e incertidumbre asociada del carbono por encima del suelo de los árboles vivos.

Tabla 24. Contenidos de carbono del NREF de 2015 y el NREF 2021 de biomasa por encima del suelo.

Ecozona	NREF 2015			NREF 2021		
	N	C (t ha ⁻¹)	U (%)	N	C (t ha ⁻¹)	U (%)
SAA	132	84,54	6,74	131	86,32	8,07
SADA	193	98,06	6,48	33	88,71	13,23
SB	827	116,74	2,64	540	116,47	3,45
ZH	13	70,26	17,53	141	78,70	6,56

En el presente NREF se utilizan por primera vez datos de campo del INFFS que fueron diseñados para el propósito de estimación de reservorios y complementados con estudios científicos robustos de la amazonia peruana. En el cual se aplicó un control de calidad de sus bases de datos para ser incorporado a los cálculos futuros del INFFS a medida que avancen los levantamientos de campo y se complete al 100% las UM realizadas. Conforme el INFFS sea completado la incertidumbre de las estimaciones disminuirá y el uso de su información a nivel nacional y subnacional será más precisa.

4.2. Nivel de referencia de Emisiones Forestales por deforestación 2010-2019

El NREF para el Perú está basado en su promedio histórico de emisiones de CO₂eq que provienen de la deforestación bruta en el periodo de 2010 a 2019. En este periodo histórico el país se ha preparado construyendo un marco legal e institucional para realizar acciones de mitigación de Cambio Climático en el bioma amazónico, orientando sus planes y políticas nacionales a través de su Estrategia Nacional Sobre Bosques y Cambio Climático en sus objetivos, estrategias y líneas de implementación de REDD+ para acceder al pago por resultados. Los esfuerzos que se han realizado se verán reflejados posteriormente a este periodo y el NREF permitirá al país cuantificar el cumplimiento sus metas y compromisos de mitigación para cambio climático en la CMNUCC, así como el aporte en la mitigación a cambio climático a sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas como parte de las reducciones de sector USCUS.

Con los datos de actividad generados y los factores de emisión descritos en las secciones anteriores en sus hojas de ruta, procedimientos y sus resultados, se utilizaron como los insumos principales para la estimación de emisiones para realizar el cálculo de emisiones históricas y su incertidumbre se describe a continuación.

4.2.1. Enfoque y métodos para la estimación de Emisiones de CO_{2eq} y su incertidumbre

El enfoque para calcular las emisiones anuales históricas de CO_{2eq} sigue la perspectiva general de las directrices del IPCC (2006) en un nivel 2 de la combinación de Datos de Actividad con Factores de Emisión, que consiste en determinar áreas deforestadas anualmente y su incertidumbre asociada para cada ecozona del bioma amazónico, que sucede por las conversiones de Tierras Forestales a Tierras agrícolas, praderas y asentamientos humanos, estimados como datos de actividad. Para relacionarlas con los contenidos de carbono en la biomasa total, de los reservorios de carbono de la AGB, BGB y madera muerta y su incertidumbre asociada, de las tierras forestales en las ecozonas, asumiendo su contenido de carbono como un coeficiente o factor de emisión al convertirse a CO_{2eq}. La estimación de emisiones en el presente NREF se realiza bajo el supuesto, que todo proceso de deforestación sobre las tierras forestales y sus reservorios cuantificados, se oxida y produce una liberación completa de su CO_{2eq} en los años evaluados del periodo de referencia en el bioma amazónico.

Como un primer paso se estimaron las emisiones de CO₂ totales por año en cada ecozona, multiplicando los factores de emisión encontrados para SAA, SADA, SB y ZH por el área total deforestada en un año en particular del periodo que va de 2010 a 2019, localizada geográficamente en la misma ecozona.

$$E_{ij} = A_{ij} \cdot FE_j$$

Donde:

- E_{ij} : Emisiones totales estimada en el i-ésimo año j-ésima ecozona
- A_{ij} : Área total deforestada en el i-ésimo año j-ésima ecozona
- FE_j : Factor de emisión (tCO₂ ha⁻¹) de la j-ésima ecozona

Para las variaciones de dióxido de carbono anuales se calcula su incertidumbre, combinando el dato de actividad y el factor de emisión con el Enfoque 1 para la estimación del error y la propagación del error del IPCC (2006), mediante el uso de la ecuación por adición:

$$U_{jj} = \sqrt{U_{1ij}^2 + U_{2j}^2}$$

Donde:

- U_{jj} : Incertidumbre total expresada en porcentaje para el i-ésimo año j-ésima ecozona
- U_{1ij} : porcentaje de incertidumbre de los datos de actividad del i-ésimo año j-ésima ecozona
- U_{2j} : porcentaje de incertidumbre de los factores de emisión de la j-ésima ecozona

Con este cálculo primero se obtiene en el periodo de referencia las emisiones por ecozona y su incertidumbre como se describe en la Tabla 23. La ecozona de SB es la que emite el 60% de las emisiones en la Amazonía peruana, seguida de la SAA con el 28%, la SADA con el 10% y por último la ZH con solo el 2%.

Tabla 25. Estimación de las emisiones totales por año por ecozona, incertidumbre para DA, FE y su incertidumbre combinada (U%).

Ecozona	Año	Área	U% DA	FE t CO ₂ eq/año	U% FE	CO ₂ eq	U % Emisiones
Selva Alta Accesible	2010	36987,94	41,64	488.11	8.07	18054195,63	42,42
	2011	41616,38	37,59			20313385,01	38,45
	2012	54512,15	33,85			26607943,56	34,80
	2013	53752,34	34,1			26237072,45	35,04
	2014	40150,35	38,78			19597800,62	39,61
	2015	43810,61	35,17			21384411,34	36,08
	2016	50011,75	33,66			24411251,83	34,61
	2017	27622,58	44,66			13482866,66	45,38
	2018	32887,86	39,00			16052904,22	39,83
	2019	48024,8	32,26			23441401,01	33,26
Promedio histórico						20 958 323,23	
Selva alta de Difícil Acceso	2010	16691,3	25,23	526.38	13.23	8786044,69	28,49
	2011	14676	23,45			7725221,64	26,92
	2012	19119,57	19,43			10064248,83	23,50
	2013	13083,12	18,39			6886754,00	22,65
	2014	8747,06	22,55			4604318,42	26,14
	2015	9188,54	33,04			4836706,73	35,59
	2016	17583,33	20,19			9255595,62	24,14
	2017	11007,85	30,39			5794363,66	33,14
	2018	15563,71	23,05			8192498,59	26,58
	2019	12857,59	38,28			6768038,46	40,50
Promedio histórico						7 291 379,07	
Selva Baja	2010	62566,81	31,89	647,89	3,45	40536402,76	32,08
	2011	67312,96	30,69			43611385,29	30,88
	2012	59479,33	32,91			38536055,72	33,09
	2013	92800,42	26,47			60124452,58	26,69
	2014	73789,28	29,28			47807327,45	29,48
	2015	58164,49	33,21			37684184,20	33,39
	2016	81015,35	28,42			52489025,04	28,63
	2017	66354,73	29,76			42990557,77	29,96
	2018	58007,82	30,23			37582679,29	30,43
	2019	87603,02	25,55			56757109,74	25,78
Promedio histórico						45 811 917,98	
Zona Hidromórfica	2010	5726,9	66,57	425,78	6,56	2438373,75	66,89
	2011	5137,64	42,51			2187481,27	43,01
	2012	4345,78	28,59			1850326,68	29,33
	2013	4230,21	30,14			1801119,80	30,85
	2014	2152,69	39,01			916562,67	39,56
	2015	4253,95	90,6			1811227,71	90,84

	2016	3571,95	32,5			1520848,82	33,15
	2017	2254,9	32,64			960081,19	33,29
	2018	3430,23	37,02			1460507,91	37,60
	2019	5114,58	75,91			2177662,89	76,19
						1 712 419,27	

Una vez calculadas las emisiones por ecozona por año y su incertidumbre combinada, se estimaron las emisiones totales sumando las emisiones de CO₂ para la Amazonía peruana para cada año en particular como lo muestra la siguiente ecuación,

$$E_i = \sum_i^n E_{ij}$$

Donde:

- E_i : emisiones totales del i-ésimo año
- E_{ij} : Emisiones totales estimada en el i-ésimo año j-ésima ecozona

Y por último se realizó su propagación del error por año, con la fórmula del enfoque 1 propuesto por el IPCC (2006), con la combinación por multiplicación,

$$U_i = \frac{\sqrt{\sum_i^n (U_{ij} \times E_{ij})^2}}{\sum_i^n E_{ij}}$$

Donde:

- U_i : Incertidumbre total expresada en porcentaje del i-ésimo año
- U_{jj} : Incertidumbre total expresada en porcentaje para el i-ésimo año j-ésima ecozona
- E_{ij} : Emisiones totales estimada en el i-ésimo año j-ésima ecozona

Estimadas las emisiones por año para la Amazonía peruana, se calculan las emisiones promedio por año y su incertidumbre, con la siguiente ecuación

$$\bar{E} = \frac{\sum E_i}{n}$$

Donde:

- \bar{E} : Emisiones promedio por año para la Amazonía
- E_i : emisiones totales del i-ésimo año
- n_i : número de años del periodo evaluado

$$U_{total} = \frac{\sqrt{\sum_i^n (U_i \times E_i)^2}}{\sum_i^n E_i}$$

- U_{total} : Incertidumbre total
- U_i : Incertidumbre total expresada en porcentaje del i-ésimo año
- E_i : emisiones totales del i-ésimo año

4.2.2. Emisiones históricas de CO₂eq para deforestación del periodo 2010-2019 del Perú

El Nivel de Referencia de Emisiones de CO₂eq por deforestación bruta en el bioma amazónico peruano de 2010 a 2019 (10 años) tiene un promedio histórico de 75 774 039.55 t CO₂eq por año con una incertidumbre del 6.65%. (Tabla 26, Figura 37). Este promedio tendrá efecto para la medición de reducción de emisiones en 2021-2025, debidas a las acciones REDD+.

Tabla 26. Emisiones totales por año y su incertidumbre

Periodo	Emisiones (t CO ₂ eq)	U (%)
2010	69 815 016,82	22,03
2011	73 837 473,20	21,31
2012	77 058 574,80	20,69
2013	95 049 398,84	19,54
2014	72 926 009,16	22,13
2015	65 716 529,98	22,75
2016	87 676 721,32	19,84
2017	63 227 869,28	22,76
2018	63 288 590,01	21,00
2019	89 144 212,10	18,94
Promedio	75 774 039,55	6.65

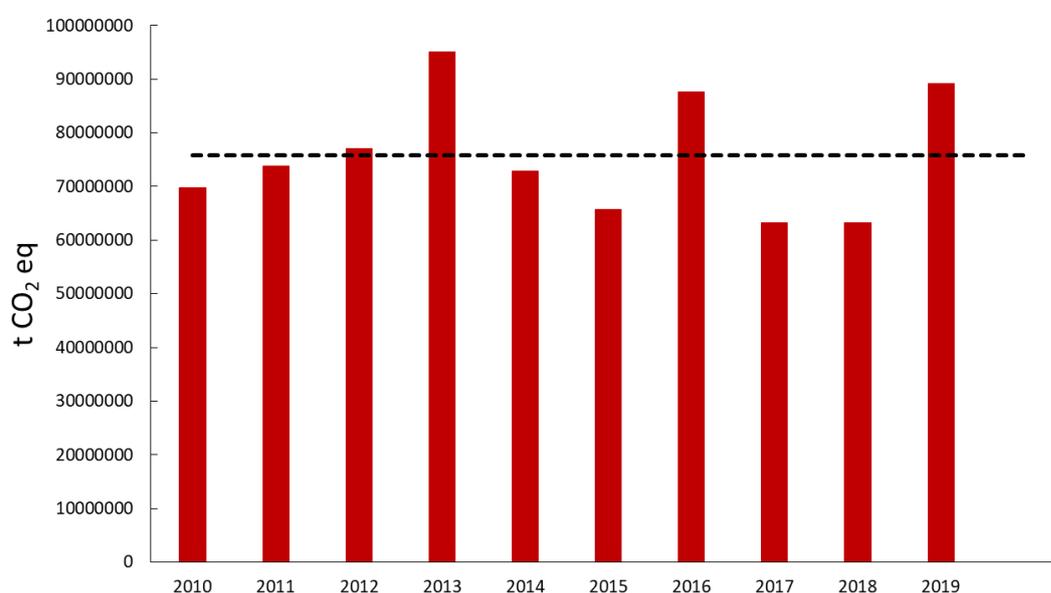


Figura 37. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales del Perú en el bioma amazónico.

4.2.3. Diferencias con el primer NREF del Perú presentado en 2015

Las principales diferencias a considerar entre el NREF que se presenta ante la CMNUCC en esta actualización con respecto al NREF presentado en el 2015 se describen en la Tabla 27.

Tabla 27. Principales diferencias con el NREF de 2015

Característica principal	NREF 2015	NREF 2021														
NREF (t CO ₂ eq)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>t CO₂eq</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015</td> <td>77,570,486</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>80,797,169</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>84,023,853</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>87,250,536</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>90,477,220</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>93,703,903</td> </tr> </tbody> </table>	Año	t CO ₂ eq	2015	77,570,486	2016	80,797,169	2017	84,023,853	2018	87,250,536	2019	90,477,220	2020	93,703,903	75 774 039,55
	Año	t CO ₂ eq														
	2015	77,570,486														
	2016	80,797,169														
	2017	84,023,853														
	2018	87,250,536														
	2019	90,477,220														
2020	93,703,903															
Tipo y periodo de referencia del NREF	Proyección de 2015 a 2020 con un NREF de emisiones anuales basado en regresión lineal de 2001-2014. Ecuación de la regresión lineal empleada: $y = 3E+06x - 6E+09$ $R^2 = 0.7018$	Promedio histórico 2010-2019 (10 años)														
Escala espacial	Subnacional	Subnacional														
Enfoque metodológico	DA x FE=Emisiones	DA x FE=Emisiones														
Dato de actividad	Mapa de deforestación bruta (DA); datos de inventarios forestales de varias instituciones (FE)	Muestreo sistemático estratificado en CEO (DA); INFFS (100% Panel 1 y 50% Panel 2), recopilación de parcelas de estudios científicos (FE)														
Actividades REDD+ incluidas	Reducción de emisiones por deforestación (contabilidad de GEI: deforestación bruta)	Reducción de emisiones por deforestación (contabilidad de GEI: deforestación bruta)														
Reservorios de carbono incluidos	Biomasa por encima del suelo, biomasa por debajo del suelo	Biomasa por encima del suelo, biomasa por debajo del suelo y madera muerta en pie (árboles y tocones)														
Gases incluidos	Dióxido de carbono	Dióxido de carbono														
Definición de bosque	Basado en la definición de "bosque" del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, con un área mínima de 0.09 ha, una altura mínima de los árboles a madurez in situ de 5 m y una cobertura del 30%.	Basado en la definición de "bosque" del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, con un área de 0.5 ha, ancho de 20 m y una cobertura de 30%.														
Análisis de incertidumbre	Enfoque 2 IPCC (2006), simulación Monte Carlo	Enfoque 1 IPCC (2006), propagación de error														

5. INFORMACION TRANSPARENTE, COMPLETA, CONSISTENTE Y EXACTA DEL NIVEL DE REFERENCIA DE EMISIONES FORESTALES DEL PERÚ

La información proporcionada por el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales del Perú presentada cumple con el Anexo de la decisión 12/CP17, es guiada por las modalidades del NREF para la CMNUCC y por las directrices más reciente del IPCC (2006). De acuerdo con el párrafo 2(c) del Anexo de la Decisión 13/CP.19, la información que se muestra para el NREF es transparente, completa, consistente y exacta.

5.1. Transparencia

El principio se refiere a que sus diferentes fuentes de datos, los supuestos que se plantean para las estimaciones, sus métodos y los procedimientos están explicados claramente en el desarrollo del NREF. Por este motivo, la sección 4.1 sobre la información necesaria para la construcción del NREF está estructurada según la secuencia de procedimientos para la generación de insumos y los métodos usados para llegar a los resultados de la estimación de final del NREF por emisiones históricas y su incertidumbre asociada.

La información usada para el NREF está disponible, de modo accesible y permite la trazabilidad para poder replicar sus métodos de construcción, de acuerdo con la decisión 12/CP.17. Los procedimientos realizados para obtener los datos de actividad y sus resultados de la deforestación bruta, a partir de las conversiones de tierras forestales, están registrados en la plataforma digital de código abierto de CEO, así como sus bases de datos, e institucionalmente el MINAM pone disponibles los procedimientos y bases para el cálculo de las estimaciones del área derivados del muestreo sistemático estratificado. De la misma manera, para los FE se encuentran organizadas las bases de datos del INFFS y de la recopilación de estudios de ForestPlots.net. Los procedimientos de control de calidad y sus estimaciones, están documentados en un protocolo y las rutinas de estimación, se encuentran disponibles en códigos en el paquete estadístico R. La documentación e información necesaria para el dato de actividad, factor de emisión y estimación de emisiones de CO₂ anuales para la reconstrucción del NREF se proporciona la información necesaria el Anexo 4, junto a enlaces para su consulta.

5.2. Completitud

En el NREF se utilizó la máxima información disponible para tener estimaciones completas al momento de incluir todos los reservorios posibles, gases GEI y actividades y tener de manera completa la estimación para las emisiones por deforestación bruta. Se presenta a continuación una breve descripción de la disponibilidad de datos en el país para incluir actividades REDD+, reservorios de carbono y gases No CO₂ (Tabla 28).

Tabla 28. Completitud de Actividades REDD+, Reservorios de carbono y gases GEI incluidos en el NREF.

Actividad REDD+	Reservorio de carbono y gases no CO ₂	Incluido	Justificación
Deforestación	Biomasa por Encima del suelo	Sí	Información disponible en el INFFS.
	Biomasa por debajo del Suelo	Sí	Información disponible en el INFFS.
	Madera Muerta (Árboles muertos)	Sí	Información disponible en el INFFS.
	Madera muerta sobre el suelo y hojarasca	No	Actualmente, el país se encuentra en proceso de colecta de la información sobre este depósito en su INFFS.
	Carbono en suelos	No	Aún no se incluye la colecta de este depósito en el INFFS, su información no está disponible. Existen pocos datos sobre el carbono orgánico del suelo y de suelos orgánicos, los datos provienen de estudios científicos puntuales que no pueden ser usados extensivamente en el bioma amazónico, como el desarrollado recientemente por CIFOR.
Degradación	No CO ₂ por quema de biomasa	No	Se están desarrollando métodos para detección de quemas agropecuarias, quemas para deforestación e incendios en la Amazonía. Por encontrarse en fases tempranas de desarrollo no pudieron ser incluidos en el análisis de deforestación de la malla sistemática (Ver sección 6).
		No	Se están generando insumos y desarrollando métodos de país para su cuantificación en el bioma amazónico (Ver sección 6). Es una actividad prioritaria por incluirse.
Manejo sostenible de bosque		No	Se trabaja en la actualidad en la gobernanza, seguridad jurídica de la propiedad y la valorización de los bosques. No se tiene una sistematización de datos sobre el aprovechamiento forestal ni la trazabilidad de los productos forestales maderables y no maderables. Su cuantificación requiere de esfuerzos de sistematización de la información.

Actividad REDD+	Reservorio de carbono y gases no CO ₂	Incluido	Justificación
Conservación de reservas de carbono		No	Actividad prioritaria pero no evaluada, no se han desarrollado métodos para el país ni se cuenta con información.
Incremento de reservas de carbono		No	Con la malla del muestreo sistemática se ha obtenido el dato de actividad sobre las tierras que se convierten en tierras forestales, pero no se cuentan con información de incremento anual de biomasa de los bosques, dado que el INFFS no se ha completado y no cuenta con más de un periodo de medición para evaluarlo.

5.3. Coherencia o consistencia

Los métodos y resultados para construir el NREF guardan coherencia y consistencia en toda la serie de tiempo evaluada para estimar las emisiones de CO₂eq en el periodo de referencia. Los datos de actividad se evaluaron con los mismos criterios de interpretación visual, insumos de sensores remotos, realizándose un control de calidad sobre los cambios detectados y procesándose de manera robusta en una rutina de estimación documentada (ver Anexo 4). Los FE se procesaron para cada ecozona con los mismos procedimientos de estimación para sus características particulares en función de sus datos de campo disponibles, en el INFFS y de la recopilación de estudios de la plataforma de ForestPlots.net. De esta manera las emisiones históricas son consistentes en su totalidad de periodo (2010-2019) con los métodos descritos para este NREF.

Los métodos empleados en el NREF se realizaron bajo un enfoque de mejora gradual y es la primera ocasión que el país los aplica para una estimación de emisiones en el sector forestal de emisiones por deforestación bruta. Por lo tanto, no son consistentes con el Reporte Bienal de Actualización presentado por el Perú en 2019 ni sus INGEI y RAGEI. Los insumos y métodos que se han usado para los reportes nacionales hacia la CMNUCC, se han realizado en los últimos años con la información del MINAM-PNCBCC y MIDAGRI-SERFOR que se basan en métodos de conteo de píxeles para los datos de actividad y factores de emisión para cada ecozona elaborados con diferentes modelos y procedimiento de estimación de contenidos de carbono aplicados (SERFOR, 2019).

La intención del Perú a través el MINAM y el MIDAGRI-SERFOR es incorporar los insumos y métodos de contabilidad de carbono del presente NREF para los reportes de país, en sus futuros reportes de la CMNUCC, principalmente para los BUR y su anexo Técnico REDD+ para el pago por resultados, para asegurar la consistencia en la medición de sus metas nacionales como se indica en la sección de 2.2 referente al NREF y su marco MRV.

5.4. Exactitud

En la actualización del NREF se aseguró la identificación de las fuentes de error con su medición de incertidumbre de sus principales insumos para la estimación de emisiones, en sus datos de actividad



y factores de emisión, así como en la propagación de su error aplicando el método 1 del IPCC (2006) donde se ha obtenido una incertidumbre total del 6,65% de la estimación total de emisiones anuales en el periodo del NREF. También se usaron supuestos que están en conformidad con los datos que se tuvieron disponibles del país para su uso.

En esta estimación del NREF con el método de muestreo de la malla sistemática para determinar el área, fue posible medir la exactitud relacionada al área deforestada con sus intervalos de confianza y con esto, conocer de manera directa la sub estimación o sobre estimación obtenida de la deforestación en cada ecozona y total, para permitir al país determinar qué nivel de exactitud es deseable alcanzar resultados por deforestación para el pago por resultados de acciones REDD+.

También fue posible identificar el avance del INFFS y la efectividad de procedimientos para estimar contenidos de carbono mediante la comparación de la incertidumbre de las diferentes fuentes de datos y métodos, que se han usado para obtener factores de emisión. Las estimaciones de FE están adquiriendo buenos niveles de exactitud para la Amazonía peruana a nivel de ecozona. Lo que indica que se ha avanzado en generar información de campo y estas exactitudes en la estimación de FE, se mejorarán a la par del avance planeado del INFFS al completarse al 100% los paneles y sus subsecuentes mediciones.

Los dos principales insumos para la estimación de emisiones (DA y FE) requieren un aumento de resolución para incluir otras actividades REDD+, nuevos reservorios de carbono y los gases no CO₂, ya sea para tener una mayor especificidad en la representación de las categorías de uso de la tierra o en sus factores de emisión para ecosistemas y coberturas vegetales específicos para cuantificar mejor los cambios de las tierras forestales debida a una actividad REDD+. Por lo cual este análisis de exactitud

seguirá siendo una guía una buena práctica para conocer el nivel al cual representamos las actividades REDD+ y los resultados que obtenemos de su implementación.

6. AVANCES Y ÁREAS DE MEJORA GRADUAL

Con el NREF que se presenta por segunda vez, es importante destacar el progreso que ha tenido el Perú en el fortalecimiento de la capacidad instalada en el MINAM con su DGCCD y el MIDAGRI con SERFOR, como instituciones encargadas de liderar la preparación e implementación de REDD+. Para lograrlo ha sido esencial el trabajo constante del Programa de las Naciones Unidas de ONU-REDD+ a través de su apoyo técnico de FAO. Lo cual ha sido clave en los avances técnicos y metodológicos que se realizaron para el presente NREF y avances que están en marcha para incluir otras actividades REDD+ relacionadas con los procesos de desarrollos metodológicos para la actividad de degradación. Estos avances y sus áreas de mejora general se mencionan a continuación:

6.1. Datos de Actividad

Como parte del apoyo mencionado, un avance importante en el presente NREF, fue trabajar a partir del muestreo sistemático para la generación de datos de actividad por deforestación, tomando como soporte la plataforma CEO. Este enfoque está alineado con las orientaciones de la CMNUCC y apoya a diferentes procesos en marcha en el Perú (p.ej., anidación, descripción de la dinámica de cambio de uso de suelo, monitoreo del INFFS, entre otros). Se espera que el muestreo sistemático se complemente con la información espacial (conteo de píxeles) generada por el PNCBMCC, buscando su completa articulación en términos de reporte y gestión del territorio.

Es importante mencionar que la información reportada en el NREF, se encuentra a nivel 1 (categorías IPCC), sin embargo, se determinaron clases o categorías de cobertura/uso de la tierra a mayor detalle (nivel 2), para el análisis en CEO, las cuales tienen como objetivo ser utilizadas por el país en el cumplimiento del manejo y gestión de las políticas públicas en el sector forestal.

Áreas de mejora

- Implementar su uso en el país para los reportes a la CMNUCC en sus Comunicaciones Nacionales, INGEI, BUR y los anexos técnicos REDD+ para pago por resultados, como para la gestión de los bosques.
- El proyecto Perú en la plataforma CEO, incorpora toda la fuente de información satelital libre y actualizada disponible a nivel global, y se espera incorporar imágenes PERUSAT-1, Pleiades HR y TerraSAR-X, para asegurar un sistema de monitoreo eficiente que satisfaga la demanda de diferentes usuarios.
- Mejorar la gestión de la información capturada a través de la interpretación visual de imágenes satelitales, desde el CEO.
- Impulsar la divulgación de resultados obtenidos y fortalecer capacidades en colaboración con representantes de la academia.
- Incluir en el análisis las actividades REDD+ de degradación, manejo forestal sostenible, mejoras en las reservas de carbono y conservación de las reservas de carbono.
- Integrar los insumos, métodos y resultados usados en datos de actividad a los reportes para la CMNUCC y así asegurar consistencia futura para la implementación REDD+.
- Incluir en la malla de muestro sistemático estratificado en CEO las regiones y ecozonas de Costa y Sierra para un adecuado reporte y monitoreo de sus bosques.

6.2. Factores de Emisión

Para estimar los factores de emisiones fueron necesarios los datos del INFFS (actualmente en progreso) y de parcelas permanentes agrupadas en la plataforma ForestPlots.net. La información de ambas fuentes fue integrada en una base de datos y sometida a un proceso de control de calidad. En particular, la depuración de las bases de datos del INFFS incluyó las seis ecozonas y tuvo como objetivo analizar la incertidumbre asociada a la toma de datos que permitan mejorar el análisis y por ende los reportes nacionales del INFFS.

A partir de una serie de rutinas en R, se calculó los contenidos de carbono a nivel de individuo empleando modelos alométricos (con menos sesgo y actualizados con respecto al NREF 2015) y ajustando el cálculo a sus parámetros. Estos procesos están documentados y son aplicables para todas las ecozonas de alcance del INFFS, lo que permitirá el análisis de datos periódicos con los métodos empleados en el presente NREF, sea nacional, a partir de las bases de datos del INFFS.

A pesar de no contar con la muestra completa del INFFS al ser complementado con otras fuentes de datos (ForestPlots.net), los factores de emisión no reportan incertidumbres muy altas. Esto nos indica que conforme avance la colecta del INFFS su estimación de contenidos de carbono será más robustas a nivel de ecozona y se podrá llegar a un mejor nivel de detalle en cuanto a categorías de bosques más específicas y usos de la tierra; esto permitirá que se estimen los contenidos de carbono antes y después de los procesos de cambio en sus tierras forestales.

Como parte de avances en el INFFS se está incorporando información de colecta de reservorios del contenido de carbono en la madera muerta en su material leñoso caído y de la hojarasca, que mejoren las estimaciones. Así mismo, el Perú también ha tenido una colaboración oficial con la FAO e instituciones de investigación científica como la Universidad de Leeds, Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana, CIFOR y la Universidad de Saint Andrew en la cuantificación de las reservas de carbono en los suelos orgánicos de sus turberas y sus emisiones por procesos de degradación y deforestación.

Áreas de mejora

- Evaluación de parcelas en campo del INFFS para incrementar el tamaño muestral en los biomas de interés.
- Recopilación de datos de inventarios forestales complementarios para estimar los factores de emisión en Costa y Sierra.
- Desarrollo de los estimadores de razón del INFFS para los biomas Costa y Sierra.
- Modelamiento espacial de las densidades de carbono a nivel nacional que permitan discriminar los factores de emisión por deforestación y degradación forestal.
- Incluir las tasas de incremento de los bosques.
- Contabilizar y propagar otras fuentes de incertidumbres como los provenientes de los errores de medición y modelos.
- Aumentar la automatización y sistematización de la compilación de emisiones, controles de calidad y elaboración de productos intermedios.
- Vincular los factores de emisión por defecto del IPCC (2006) para turberas amazónicas con los datos de actividad generados para el NREF 2021 en la malla sistemática.
- Estimar los contenidos de carbono y factores de emisión en turberas en la Amazonía, andinas y costeras del Perú a partir de datos colectados en el INFFS.

- A partir de un mapa de carbono, conocer las emisiones por degradación y deforestación en turberas amazónicas, andinas y costeras.
- Evaluar el uso de mapas globales de turberas, a partir de información de campo representativa del territorio peruano.
- Evaluar el uso de datos de profundidad de turba, para la estimación de factores de emisión por descomposición de turba, debidas a la degradación y deforestación.

6.3. Degradación forestal

Como parte de los esfuerzos del país bajo el enfoque gradual de mejora continua, se viene evaluando diferentes métodos para cuantificar las emisiones por degradación forestal, identificada como una actividad que puede contribuir de manera significativa a las emisiones totales del sector forestal, de modo tal que se pueda diseñar y focalizar políticas públicas conducentes a minimizar los procesos de degradación en la Amazonía Peruana. Así mismo, en la evaluación técnica del NREF 2015 (FCCC/TARL/2016/PER) se menciona la importancia de su inclusión en los procesos de monitoreo del país.

En el Perú se desarrolla el “Enfoque mixto” para la cuantificación de la degradación, el cual consiste inicialmente en detectar áreas de bosque con “probabilidad de estar degradadas” (**método indirecto**), para después analizar estas áreas, a partir de un análisis más riguroso y detallado con series de tiempo (**método directo**). Para conocer el impacto de la degradación sobre los bosques amazónicos, se plantea identificar las actividades que conllevan a la degradación y cuantificarlas, tomando en consideración su inclusión cuando estas sean significativas (al menos el 3% de las emisiones anuales totales del sector forestal en la Amazonía).

El desarrollo de esta metodología se realizó mediante el apoyo del programa ONU REDD+ mediante la FAO y se pueden consultar sus resultados preliminares a detalle en el siguiente vínculo: <https://drive.google.com/drive/folders/1Xj6YXep9AHP4j-R5CRpR7CgSNI1TfEA?usp=sharing>

Método Indirecto: El enfoque indirecto ha determinado cambios en la biomasa por encima del suelo en diferentes categorías de bosque mediante un análisis de fragmentación de los bosques (Análisis Morfológico de Patrones Espaciales) en la plataforma de código abierto SEPAL, lo que permite primer diagnóstico del estado los bosques. Se obtuvo como resultado principal que los bosques intactos entre el año 2000 y 2005 tuvieron una transición de 1 696 447 ha hacia clases degradadas en 767 911 ha en la Amazonía.

Método directo: Se ha evaluado diferentes metodologías que permitían identificar las perturbaciones en los bosques a partir de sensores remotos, haciendo diferentes pruebas en áreas piloto (Loreto, Ucayali, San Martín y Madre de Dios). Pruebas preliminares con diferentes algoritmos especializados en análisis de series de tiempo, sugieren que el algoritmo de Detección Continua de Degradación (CODED por sus siglas en inglés) se ajusta mejor a las dinámicas de los bosques en las diferentes regiones. Se viene trabajando en análisis de resultados preliminares en las demás regiones de la Amazonía. Con los resultados de CODED, se plantea desarrollar un enfoque metodológico que permita integrar las actividades analizadas de degradación forestal y evitar la doble contabilidad. De esta manera, será posible identificar si la degradación es una fuente de emisión significativa en el sector forestal, qué actividades de degradación están generando emisiones de GEI significativas y qué sistemas de medición son apropiados para su monitoreo y control.

Áreas de mejora

- Realizar trabajo de campo para la obtención de firmas espectrales que permitan incorporarlas en índices de vegetación con demostrada capacidad para detectar perturbación en la vegetación.
- Fortalecer las capacidades en el equipo técnico y mejorar la eficiencia a partir de automatizar la generación de información espacial, bases de datos, integración de subprocesos y aplicación del control de calidad.

Aprovechamiento forestal (Tala): Esta actividad se encuentra en fases tempranas de desarrollo y en un primer momento se ha trabajado en la detección de caminos forestales, cuyos resultados deben integrarse con la metodología del enfoque directo para determinar áreas que han sido intervenidas por aprovechamiento forestal. Se exploraron métodos basados en la teledetección, bajo el supuesto de que se puede constituir una red de caminos para movilización de volúmenes de madera. La actividad directa del aprovechamiento forestal en la tala de bosque no ha podido ser evaluada y se encuentra en fase de diseño.

Áreas de mejora

- Sistematizar la información geográfica y tabular relacionada con la actividad directa de la gestión de los bosques de métodos de ordenación forestal y el flujo de los volúmenes de madera en toda la cadena de producción hasta el consumidor final.
- Concluir el diseño para abordar la cuantificación de la degradación proveniente de la tala de bosques.

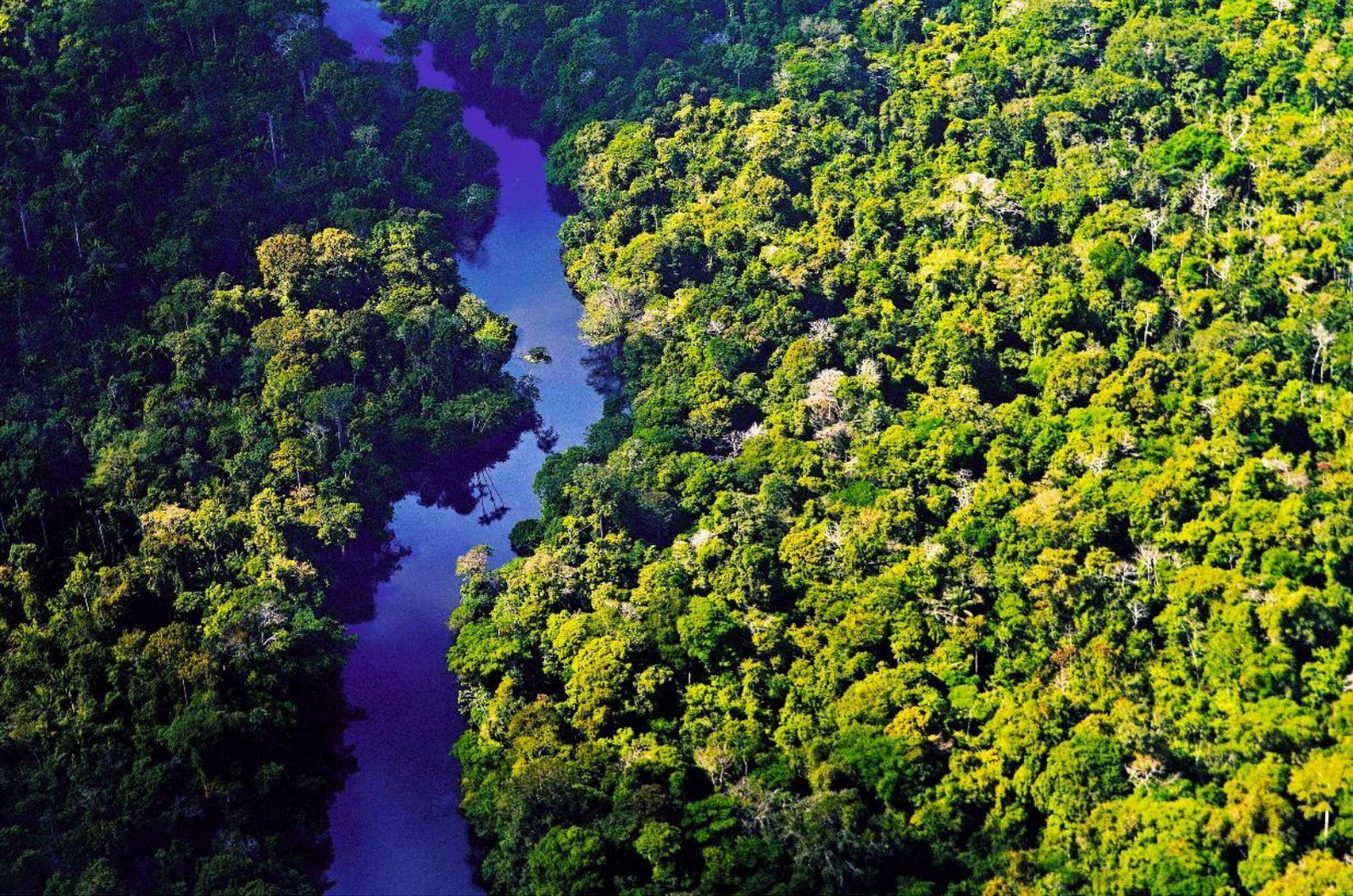
Consumo de leña y carbón vegetal: Para comprender mejor la relación entre la degradación forestal y el consumo de leña y carbón vegetal se ha planteó la metodología de Modelado de Escenarios de Ahorro de Combustible de Madera (MoFuSS), un modelo dinámico de paisaje, para evaluar si la demanda actual de leña supera la oferta de biomasa que ofrecen los bosques en cantidad y tasas de regeneración de biomasa, simulando cambios en la cobertura del suelo que se producirían si la demanda actual continúa sin disminuir (Ghilardi et al. 2016).

Se logró identificar los departamentos con mayor consumo de leña y carbón vegetal al 2017 y se calcularon emisiones por consumo de leña y carbón vegetal en todos los departamentos que conforman el bioma amazónico, los cuales son bajos y no significativos a nivel del bioma amazónico, pero con importancia regional como es el caso del departamento de Loreto.

Áreas de mejora

- Se plantea realizar el modelamiento MoFuSS para las regiones Costa y Sierra a fin de cuantificar las emisiones por consumo de leña y carbón vegetal a nivel nacional.
- Levantar información de campo que permita actualizar la información en las regiones y validar la salida del modelado de consumo.

Quema de biomasa e incendios: Se identificó y cuantificó las cicatrices de fuego que representan áreas quemadas en la Amazonía peruana, basado en la generación de mosaicos compuestos semestrales y anuales, junto a la aplicación del algoritmo dNBR, basado en el análisis del pre fuego y post fuego, en el periodo 2001 al 2018.



Se encontró un total de 2 177 909,28 ha de áreas quemadas acumuladas en el periodo de referencia para todo el bioma amazónico. Estas áreas emitieron un total de 1 051 356,69 Gg de CO₂eq (siguiendo los métodos de INGEI) donde no es posible aún discriminar de manera confiable si su origen son quemas agropecuarias o fenómenos vinculados a una deforestación o degradación. También se identificaron las áreas quemadas con supuesta degradación forestal por quemas de agricultura migratoria o incendios, cuando las cicatrices con fuego se presentaban en zonas con permanencias de tierras forestales (TF-TF) en el periodo de tiempo analizado. En ese contexto, se identificaron alrededor de 212 939,08 Gg de CO₂eq, las cuales representan a un total de 451 023,93 ha de áreas quemadas para el periodo histórico.

Áreas de mejora

- Analizar las áreas quemadas en función a la dinámica del uso de la tierra usando la malla de muestreo sistemática estratificada, con el objetivo de comprender el proceso vinculado a las áreas quemadas y atribuir su origen.
- Estimar las emisiones no CO₂ u otros gases como N₂O y CH₄ asociados a las áreas quemadas bajo el enfoque del NREF para deforestación y degradación, con la finalidad de evidenciar el aporte a las medidas de mitigación GEI, así como contribuir a las medidas de mitigación de las NDCs en agricultura.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1. Deforestación, pérdida natural y deforestación total en la Amazonía peruana

Deforestación (ha) por ecozona										
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SAA	36 987,9	41 616,4	54 512,2	53 752,3	40 150,3	43 810,6	50 011,7	27 622,6	32887,9	48 024,8
SADA	16 691,3	14 676,0	19 119,6	13 083,1	8 747,1	91 88,5	17 583,3	11 007,8	15563,7	12 857,6
SB	62 566,8	67 313,0	59 479,3	92 800,4	73 789,3	58 164,5	81 015,4	66 354,7	58007,8	87 603,0
ZH	57 26,9	5 137,6	4 345,8	4 230,2	2152,7	4 253,9	3 571,9	2 254,9	3430,2	5 114,6
Total	121 973,0	12 8743,0	137 456,8	163 866,1	124 839,4	115 417,6	152 182,4	107 240,1	109 889,6	153 600,0
Tot. Acum	121 973,0	250 715,9	388 172,8	552 038,9	676 878,2	792 295,8	944 478,2	1 051718,3	1161607,9	1 315 207,9
%	91,1	89,8	95,2	88,7	93,8	95,9	88,8	88,7	90,4	87,4

Pérdida natural de bosque (ha) por ecozona										
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SAA	1251,1	3559,2	1047,4	866,1				666,5	285,7	1237,5
SADA	2537,7	2175,7	1981,7	2423,8	3315,4	2764,2	4665,0	2566,5	4173,4	4042,4
SB	6378,5	4150,1	2609,6	14703,9	769,3	1737,6	11738,8	8773,9	5521,0	9021,1
ZH	1741,2	4769,1	1301,0	2813,9	4179,6	462,0	2853,5	1666,3	1718,0	7809,5
Total	11908,4	14654,1	6939,7	20807,7	8264,2	4963,8	19257,2	13673,3	11698,0	22110,5
Tot. Acum	11908,4	26562,5	33502,2	54309,9	62574,2	67538,0	86795,3	100468,5	112166,6	134277,0
%	8,9	10,2	4,8	11,3	6,2	4,1	11,2	11,3	9,6	12,6

Deforestación total (ha) por ecozona										
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SAA	38 239,0	45 175,6	55 559,6	54 618,5	40 150,3	43 810,6	50 011,7	28 289,1	33 173,5	49 262,3
SADA	19 229,0	16 851,7	21 101,3	15 506,9	12 062,4	11 952,7	22 248,3	13 574,4	19 737,2	16 900,0
SB	68 945,3	71 463,0	62 088,9	107 504,3	74 558,6	59 902,1	92 754,1	75 128,6	63 528,8	96 624,1
ZH	7 468,1	9 906,8	5 646,8	7 044,1	6 332,3	4 716,0	6 425,5	3 921,2	5 148,2	12 924,1
Total	133 881,4	143 397,1	144 396,6	184 673,8	133 103,6	120 381,4	171 439,6	120 913,3	1 21 587,6	175 710,5
Tot. Acum	133 881,4	277 278,4	42 1675,0	606 348,8	739 452,4	859 833,9	1 031 273,5	1 152 186,8	1 273774,4	1 449 484,9

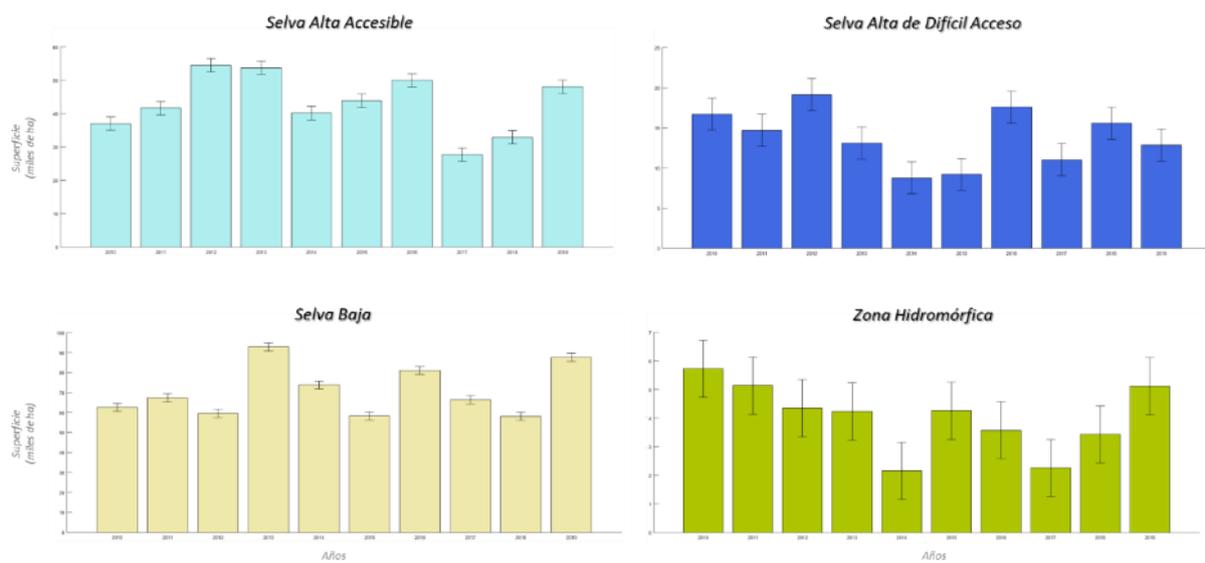
7.2. Anexo 2. Superficie Anual de Pérdida Natural por Ecozona

Superficie de transición (ha) Tierras Forestales a Húmedales (2010-2019)										
Ecozona	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SAA		3 559,2	1 047,4	866,1					285,7	372,4
SADA	32,5	6,5	354,6	712,2	825,3	588,5	426,6	468,3	32,5	476,4
SB	5 418,2	3 185,3	1 553,3	14 703,9	769,3	1 737,6	11 738,8	7 713,8	5 521,0	84 44,2
ZH	1 707,2	4 741,9	1 219,7	2 604,4	4 179,6	431,4	2 627,4	1 662,9	1 697,6	7 674,1
Total	7 157,9	11 492,9	4 175,1	18 886,6	5 774,2	2 757,6	14 792,8	9 845,0	7 536,7	16 967,1
% de PN	60,1	78,4	60,2	90,8	69,9	55,6	76,8	72,0	64,4	76,7

Superficie de transición (ha) Tierras Forestales a Otras Tierras (2010-2019)										
Ecozona	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SAA	1251,1							666,5		865,1
SADA	2 505,1	2 169,2	1 627,1	1 711,6	2 490,1	2 175,7	4 238,3	2 098,2	4 140,9	3 566,0
SB	960,3	964,8	1 056,3					1 060,1		576,9
ZH	34,0	27,2	81,3	209,5		30,6	226,2	3,4	20,4	135,4
Total	4 750,5	3 161,2	2 764,6	1 921,1	2 490,1	2 206,3	4 464,5	3 828,3	4 161,3	5 143,4
% de PN	39,9	21,6	39,8	9,2	30,1	44,4	23,2	28,0	35,6	23,3

2010	36 987,94	41,64	16 691,30	25,23	62 566,81	31,89	5 726,90	66,57
2011	41 616,38	37,59	14 676,00	23,45	67 312,96	30,69	5 137,64	42,51
2012	54 512,15	33,85	19 119,57	19,43	59 479,33	32,91	4 345,78	28,59
2013	53 752,34	34,10	13 083,12	18,39	92 800,42	26,47	4 230,21	30,14
2014	40 150,35	38,78	8 747,06	22,55	73 789,28	29,28	2 152,69	39,01
2015	43 810,61	35,17	9 188,54	33,04	58 164,49	33,21	4 253,95	90,60
2016	50 011,75	33,66	17 583,33	20,19	81 015,35	28,42	3 571,95	32,50
2017	27 622,58	44,66	11 007,85	30,39	66 354,73	29,76	2 254,90	32,64
2018	32 887,86	39,00	15 563,71	23,05	58 007,82	30,23	3 430,23	37,02
2019	48 024,80	32,26	12 857,59	38,28	87 603,02	25,55	5 114,58	75,91

U(%)= Incertidumbre en porcentaje



7.4. Anexo 4. Información de consulta para la reconstrucción del NREF del Perú

Insumo	Tipo de información asociada	Disponibilidad (enlace de acceso a la información)
I. Dato de Actividad	<p>Protocolo de Clasificación de Usos de la Tierra en Collect Earth on Line para el NREF del Perú.</p> <p>A. BASE_DATOS -Mapas de Ecozonas, Ecosistemas y Limites políticos. -FORMULARIO_CEO_CODIGOS -FORMULARIO_CEO_SALIDAS</p> <p>B. INFORMACION_COMPLEMENTARIA Contiene artículos varios, como las memorias descriptivas, tanto del mapa de ecozonas, ecosistemas y otros utilizados en la construcción del Proyecto Perú.</p>	https://drive.google.com/drive/folders/1B71k_qrk_B3Xt123_Z_a9ja8IMMGyVXF?usp=sharing
II. Factores de Emisión	<p>A. Protocolo para la estimación de los factores de emisión en la Amazonía peruana para la actualización del NREF-Perú (pdf)</p> <p>B. Bases de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de factores de emisión a nivel de individuo, parcela y ecozona_NREF 2021 (excel) • INFFS_Cálculo de carbono e incertidumbre (pdf) • INFFS_Depuración de base de datos (pdf) • Carpeta Factor E: Contiene los insumos para estimar el índice de estrés ambiental • Carpeta Mapa de distribución de parcelas: Contiene los insumos para elaborar el mapa de distribución de parcelas de acuerdo al mapa de ecozonas <p>C. Información complementaria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contiene artículos de las ecuaciones alométricas y protocolos utilizados en la estimación de los FE (manuales de SERFOR y ForestPlots.net) (pdf) 	https://drive.google.com/drive/folders/1TZuUzfUS5RzSrcgpsYcm-3ynFWx3u6zJ?usp=sharing
III. Emisiones Históricas	Cálculo de las emisiones históricas para el periodo 2010-2019 (excel)	https://drive.google.com/drive/folders/1TaqWAIrQeYGNyoVOrBuG141BRYp7ofHP?usp=sharing

8. LITERATURA CITADA

- Arevalo, P., Woodcock, C., & Olofsson, P. 2019. Spatial representation of the likelihood of errors in maps of land change. *Remote Sensing of Environment* in review.
- Asner, G.P.; Knapp, D.E.; Martin, R.E.; Tupayachi, R.; Anderson, C.B.; Mascaro, J.; Sinca, F.; Chadwick, K.D.; Sousan, S.; Higgins, M.; Farfan, W.; Silman, M.R.; Lactayo León, W.A. & Neyra Palomino, A.F. 2014. *La Geografía del Carbono en Alta Resolución del Perú*. Observatorio Aéreo Carnegie y el Ministerio del Ambiente del Perú. 64 p.
- Baker, T., Vicuña, E., Banda, K., del Castillo, D., Farfan, W., Lawson, I., Loja, E., Pallqui, N., Silman, M., Roucoux, K., Phillips, O., Honorio, E., Monteagudo, A., Rojas, R. 2020. From plots to policy: how to ensure long-term forest plot data supports environmental management in intact tropical forest landscapes. *Plants, People, Planet*. 00: 1-9. DOI: 10.1002/ppp3.10154
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H., Baumgardner, G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1-11.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Péllissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G., Vieilledent, G., and M. Réjou-Méchain. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Glob. Chang. Biol.* n/a-n/a. doi:10.1111/gcb.12629



- CIFOR. 2021. Análisis y resultados de las emisiones de CO₂ debido a la deforestación y degradación de turberas en la Amazonía peruana. En preparación.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling Techniques* (3th Edition) William G. Cochran. http://archive.org/details/Cochran1977SamplingTechniques_201703
- DAR. 2020. Metaestudio basado en la literatura existente que describe impulsores de deforestación y degradación en la Amazonía peruana. En preparación.
- Draper. F.C., Roucoux. K.H., Lawson. I.T., Mitchard. E.T., Coronado. E.N.H., Lähteenoja. O., Montenegro. L.T., Sandoval. E.V., Zaráte. R. & Baker. T.R. 2014. The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters*. 9. 124017.
- FAO y SERFOR. 2017. Nuestros bosques en números. Primer reporte del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima.
- FAO. 2015. Evaluación de los Recursos Forestales (FRA) Términos y definiciones. Documento de Trabajo de la Evaluación de los recursos forestales N°180. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 2012.
- FAO. 2017. Memoria sobre el diseño y ejecución inicial del Inventario Nacional Forestal y Sostenible ante el Cambio Climático. Lima. Perú.
- Gentry. A. 1988. Riqueza de especies arbóreas de los bosques amazónicos superiores. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 85: 156–159
- GFOI. 2020. Integrating remote-sensing and ground-based observations for estimation of emissions and removals of greenhouse gases in forests: Methods and Guidance from the Global Forest Observations Initiative. Edition 3.0. Group on Earth Observations, Geneva, Switzerland, 2014. https://www.reddcompass.org/documents/184/0/GFOI-MGD-3.1_en.pdf/a3412aa7-878a-4b93-a1b7-3813c902bf27
- Ghilardi, A., Bailis, R., Mas, J.-F., Skutsch, M., Elvir, J. A., Quevedo, A., Vega, E. 2016. Spatiotemporal modeling of fuelwood environmental impacts: Towards improved accounting for non-renewable biomass. *Environmental Modelling & Software*, 82, 241-254. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.04.023>
- GOFC-GOLD, A. 2016. Sourcebook of Methods and Procedures for Monitoring and Reporting Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions and Removals Associated with Deforestation, Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests, and Forestation. Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests, and Forestation, 126.
- Goodman. R.C., Phillips. O.L.; del Castillo Torres. D., Freitas. L.; Cortese. S.T., Monteagudo. A., and Baker. T.R. 2013. Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management*. 310: 994-1004.
- Guariguata, M.R., Arce J., Ammour T. y Capella J.L., 2017. Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, Estatus actual y perspectivas a futuro. Documento Ocasional 169. Bogor. Indonesia: CIFOR.
- Gumbrecht, T., Roman-Cuesta. R. M., Verchot. L., Herold. M., Wittmann. F., Householder. E., Herold. N. & Murdiyarso. D. (2017). An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Global change biology*. 23. 3581-3599.

- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R. S., Brockhaus, M., Verchot, L., ... & Romijn, E. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters*, 7(4).
- INEI. 2020. Compendio Estadístico 2020. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Acceso en página https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1758/COMPENDIO2020.html web:
- IPCC .2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and other land uses.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (H. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.; IGES, Japón). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- Lopez-Gonzalez. G., Lewis. S.L., Burkitt. M. and Phillips. O.L. 2011. ForestPlots.net: a web application and research tool to manage and analyse tropical forest plot data. *Journal of Vegetation Science* 22: 610–613. doi: 10.1111/j.1654-1103.2011.01312.x
- Lopez-Gonzalez. G., Lewis. S.L., Burkitt. M., Baker T.R. and Phillips. O.L. 2009. ForestPlots.net Database. www.forestplots.net. Date of extraction [01.10.2020]
- MAG. 2014. Manual para la interpretación de imágenes de sensores remotos de las principales coberturas y usos de la tierra de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Riego de Costa Rica. San José. Costa Rica
- McRoberts, R. E., Stehman, S. V., Liknes, G. C., Næsset, E., Sannier, C., & Walters, B. F. 2018. The effects of imperfect reference data on remote sensing-assisted estimators of land cover class proportions. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.06.002>
- MINAGRI. 2016. Memoria descriptiva del mapa de Ecozonas. Inventario nacional forestal y de fauna silvestre (INFFS) – Perú. Lima. Perú. 32 p
- MINAGRI. MINAM y FAO. 2016. Marco metodológico del inventario nacional forestal y de Fauna Silvestre en el marco del Proyecto Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal. Lima. Perú.
- MINAM. 2009. Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana 2000. Ministerio del Ambiente. Lima. Perú.
- MINAM-MINAGRI, 2014. Memoria descriptiva del Mapa de bosque/no bosque año 2000 y Mapa de pérdida de los bosques húmedos amazónicos del Perú 2000-2011. Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – Perú INFFS. Lima. Perú. 62 p.
- MINAM. 2015a. Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Ministerio de Ambiente. Lima. Perú
- MINAM. 2015b. Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. Memoria descriptiva. Ministerio del Ambiente. Lima. Perú.
- MINAM. 2016. Estrategia Nacional sobre Bosques y Cambio climático. Decreto supremo N°007-2016-MINAM. Ministerio del Ambiente. Lima. Perú.
- MINAM. 2018. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Memoria descriptiva. Ministerio del Ambiente. Lima. Perú.
- Mokany, K., S. Ferrier. S. R. Connolly. P. K. Dunstan. E. A. Fulton. M. B. Harfoot. T. D. Harwood. A. J. Richardson. S. H. Roxburgh. J. P. W. Scharlemann. D. P. Tittensor. D. A. Westcott & B. A. Wintle.

2016. Integrating modelling of biodiversity composition and ecosystem function. *Oikos* 125: 10–19.
- Neyman J. 1934. On the Two Different Aspects of the Representative Method: The Method of Stratified Sampling and the Method of Purposive Selection. *J R Stat Soc* 97:558–625
- Olofsson, P., Arévalo, P., Espejo, A. B., Green, C., Lindquist, E., McRoberts, R. E., & Sanz, M. J. 2020. Mitigating the effects of omission errors on area and area change estimates. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111492.
- 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 Sensing of Environment*, 148, 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Phillips OL., Mahli Y., Higuchi N., Laurance W. , Nunez P., Vasquez R., Laurance S. Ferreira L. Stern M., Brown S., Grace J., Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. *Science* 1998; 282:439-442.
- Phillips O. Sullivan M. Baker T. Monteagudo A. Núñez P. Vásquez R. 2019. Species matter: wood density influences tropical forest biomass at multiple scales. *Surveys in Geophysics* 40: 913-935. <https://doi.org/10.1007/s10712-019-09540-0>
- Phillips OL. Baker TR. Feldpausch TR & Brienen RJW. RAINFOR field manual for plot establishment and remeasurement (Amazon Forest Inventory Network. 2018). 2018 ForestPlots.net 1-27. DOI: http://doi.org/10.5521/forestplots.net/2018_5
- Potapov, P. V., Dempewolf, J., Talero, Y., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Vargas, C., Rojas, E. J., Castillo, D., Mendoza, E., Calderón, A., Giudice, R., Malaga, N., & Zutta, B. R. 2014. National satellite-based humid tropical forest change assessment in Peru in support of REDD+ implementation. *Environmental Research Letters*, 9(12), 124012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124012>
- Potapov, P., Siddiqui, B. N., Iqbal, Z., Aziz, T., Zzaman, B., Islam, A., Pickens, A., Talero, Y., Tyukavina, A., Turubanova, S., & Hansen, M. C. 2017. Comprehensive monitoring of Bangladesh tree cover inside and outside of forests, 2000–2014. *Environmental Research Letters*, 12(10), 104015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa84bb>
- ProNaturaleza. 2007. Manual para la implementación y manejo de un sistema silvopastoril en el valle del Palcazú – Oxapampa. ProNaturaleza. Lima. Perú.
- R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>
- Ramírez. J., 2010. Uso actual de la tierra. Informe temático. Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas. convenio entre el IIAP y el Gobierno Regional de Amazonas. Iquitos - Perú.
- Robiglio. V., Reyes. M. y Castro. E. 2015. Diagnóstico de los productores familiares en la Amazonía Peruana. Lima. Perú: ICRAF Oficina Regional para América Latina. por encargo de GGGI & DIE.
- Ruokolainen. K., Schulman. L., & Tuomisto. H. 2001. On Amazonian peatlands. *International Mire Conservation Group Newsletter*. 4. 8-10.
- Schnitzer. SA., DeWalt. SJ., and J. Chave. 2006. Censusing and Measuring Lianas: A Quantitative Comparison of the Common Methods. *BIOTROPICA* 38(5): 581–591 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00187.x>
- Stehman, S. V., Wickham, J. D., Wade, T. G., & Smith, J. H. 2008. Designing a multi-objective, multi-support accuracy assessment of the 2001 National Land Cover Data (NLCD 2001) of the

conterminous United States. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 74(12), 1561-1571. USGS Publications Warehouse. <http://pubs.er.usgs.gov/publication/70032364>

Thomas C. Rennie J. 1987. Combining Inventory Data for Improved Estimates of Forest Resources.

Tyukavina, A., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Turubanova, S. A., Baccini, A., Goetz, S. J., Laporte, N. T., Houghton, R. A., & Hansen, M. C. 2013. National-scale estimation of gross forest aboveground carbon loss: A case study of the Democratic Republic of the Congo. *Environmental Research Letters*, 8(4), 044039. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044039>

World Agroforestry 2020. What is Agroforestry? Información en página web: <https://worldagroforestry.org/about/agroforestry>

Zanne. A.E., López-González. G., Coomes. D.A., Ilic. J., Jansen. S., Lewis. S.L., Miller. R.B., Swenson. N.G., Wiemann. M.C. & Chave. J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.