

ANEXO TÉCNICO DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY

DE CONFORMIDAD CON LO ESTABLECIDO EN LA DECISIÓN 14 / CP.19

Resultados alcanzados por la República del Paraguay
en la Reducción de Emisiones por Deforestación, para
pago por los resultados de REDD+.

**Diciembre, 2018
Asunción, Paraguay**

Contenido

1.	Introducción	5
2.	Resumen de la construcción del Nivel de Referencia de emisiones forestales (NREF) por deforestación	6
2.1.	Datos de actividad	6
2.2.	Factores de emisión	9
2.3.	Construcción del Nivel de Referencia de las emisiones forestales - NREF	12
2.4.	Depósitos, gases y actividades incluidas en el NREF	15
2.5.	Información vinculada entre NREF e INGEI – sector USCUS	17
3.	Resultados en toneladas en CO ₂ eq al año, consistente con el Nivel de Referencia de las emisiones forestales, evaluado	19
4.	Consistencia de las metodologías empleadas para generar los resultados, con la utilizada para el Nivel de Referencia	22
5.	Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB)	23
5.1.1.	Arreglos institucionales para el SNMB	23
5.1.2.	Inventario Forestal Nacional (IFN)	27
5.1.3.	Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT)	28
5.1.4.	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), sector USCUS	30
6.	Roles y responsabilidades para el Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)	30
6.1	Descripción del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal del Paraguay (SNMF)	31
6.2	Roles y responsabilidades institucionales para Medir, Reportar y Verificar los resultados	33
7.	Base de Datos para la re construcción de resultados	34
8.	Siglas y Acrónimos	36
9.	Bibliografía citada	38
10.	Anexos	41
10.1.	Anexo I: Metodología de elaboración del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, del período 2015 – 2016.	41
10.2.	Anexo II: Estimación de la incertidumbre asociada a los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra	55
10.3.	Anexo III: Estimación de la incertidumbre asociada a los Factores de emisión (FE), por estrato de bosque nativo.	60

Índice de Tablas

Tabla 1. Superficies anualizadas de deforestación (ha) por estrato de bosque nativo.	8
Tabla 2. Cantidad de unidades de muestreo establecidas por el IFN por tipo de bosque.	9
Tabla 3. Estimación del contenido de carbono y CO ₂ equivalente (tn/ha) para todos los estratos de bosque. Fuente: datos del Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ (2016d).	11
Tabla 4. Emisiones anualizadas de CO ₂ eq (en toneladas por hectárea) para cada estrato de bosque nativo, por deforestación bruta.	12
Tabla 5. Resultados finales de contenido de carbono para el depósito de Biomasa viva con su correspondiente incertidumbre (Inventario Forestal Nacional, 2017).....	18
Tabla 6. Emisiones anualizadas en toneladas de CO ₂ eq, en el período 2000 – 2015 y resultados REDD+ para el período 2015 – 2016 - 2017.	19
Tabla 7. Emisiones en toneladas de CO ₂ eq, en el período 2015 – 2016 - 2017, por estrato de bosque nativo.....	21
Tabla 8. Sistematización del detalle de las responsabilidades de cada institución INFONA – MADES	25
Tabla 9. Resumen de roles y responsabilidades institucionales para la institucionalización del SNMB.....	33
Tabla 10. Detalle de las fechas de las escenas empleadas por órbita y punto (2015 – 2016 - 2017), de la Región Oriental.....	43
Tabla 11. Detalle de las fechas de las escenas empleadas por órbita y punto, 2015 – 2016 - 2017, de la Región Occidental.....	44
Tabla 12. Comparación de la deforestación (2015 – 2016 y 2016 - 2017) y el promedio en el período 2000 – 2015, por estrato de bosque nativo en hectáreas.....	54
Tabla 13. Cantidad de muestras por clase y estrato de bosque nativo (Mapas 2015 – 2016 y 2016 - 2017)	56
Tabla 14. Exactitud del usuario y productor en porcentaje, considerando la superficie de los segmentos del Mapa del período 2015 – 2016.....	58
Tabla 15. Exactitud del usuario y productor en porcentaje, considerando la superficie de los segmentos del Mapa del período 2016 – 2017.....	58
Tabla 16. Comparación de superficies con sesgo y ponderadas (sin sesgo) del período 2015 - 2016, a nivel país.....	59
Tabla 17. Comparación de superficies con sesgo y ponderadas (sin sesgo) del período 2016 - 2017, a nivel país.....	59

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de cobertura forestal del Paraguay, por estrato de bosque nativo (PNC ONU REDD+, 2016c)	7
Figura 2. Emisiones de CO ₂ -eq. en toneladas/año en el período 2000 - 2015, por estrato de bosque	14
Figura 3. Tendencia de la deforestación, por estrato de bosque nativo en el periodo 2000 – 2017	20
Figura 4. NREF de acuerdo a las emisiones promedio por año, y emisiones en el período 2015 – 2016 - 2017, para Resultado REDD+ (toneladas de CO ₂ -eq.).	21
Figura 5. Flujograma del intercambio de información entre el INFONA y el MADES, en virtud al SNMF	24
Figura 6. Cobertura de imágenes satelitales Landsat para el Paraguay (punto y órbita)	42
Figura 7. Puntos de entrenamiento, primer año de análisis: bosque (izquierda) y segundo año: tierra agrícola (derecha.)	48
Figura 8. Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra del Paraguay, período 2015 – 2016.	52
Figura 9. Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra del Paraguay: 2016 – 2017	53
Figura 10. Error por omisión en la imagen de la izquierda, y error por comisión en la imagen de la derecha.	57
Figura 11. Tipos de errores en estadística.	61

1. Introducción

La República del Paraguay presenta el Anexo Técnico del Segundo Informe Bienal de Actualización (IBA) en el contexto de los resultados base para el pago por resultados del mecanismo de “Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal, la Conservación de los Stocks de Carbono, Manejo Sustentable del bosque y la Mejora de los Contenidos de Carbono” de los países en desarrollo (REDD+) en el marco de sus compromisos con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Este reporte fue desarrollado por el gobierno de la República del Paraguay, a través del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES)¹, en su carácter de Autoridad Nacional ante la CMNUCC, y el Instituto Forestal Nacional (INFONA)², en su carácter de autoridad responsable de la administración, promoción y desarrollo sostenible de los recursos forestales del país.

El presente Anexo Técnico es voluntario, tiene como propósito exclusivo acceder a pagos por las acciones de REDD+ basado en los resultados de reducción de emisiones por deforestación bruta a nivel nacional para los periodos 2015-2016 y 2016-2017, respecto al Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF), presentado por la República del Paraguay ante la CMNUCC en diciembre de 2015. El mismo ha sido desarrollado siguiendo las directrices sobre REDD+ del Marco de Varsovia, de conformidad con las decisiones 9/CP.19, 13/CP.19 (párrafo 2) y 14/CP.19 (párrafos 7 y 8).

La presentación de este Anexo Técnico no modifica, revisa o ajusta de ninguna forma la Contribución Nacionalmente Determinada por Paraguay (NDC, por su sigla en inglés), o algún instrumento legal de carácter nacional o acuerdo vinculante bajo la CMNUCC.

El NREF presentado por Paraguay en Enero de 2016 fue sometido al proceso de evaluación técnica de la CMNUCC, cuyo reporte final fue publicado en octubre de 2016³. El NREF final⁴ y el reporte de la evaluación técnica⁵ del mismo pueden ser consultados en la plataforma web de la CMNUCC.

¹ www.seam.gov.py

² www.infona.gov.py

³ https://redd.unfccc.int/files/2016_submission_frel_paraguay_es.pdf

⁴ https://redd.unfccc.int/files/paraguay_2016_frel_submission_modified.pdf

⁵ <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/pry.pdf>

2. Resumen de la construcción del Nivel de Referencia de emisiones forestales (NREF) por deforestación

La República del Paraguay presentó el Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales (NREF) por deforestación ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en fecha 04 de enero de 2016, en el marco de los procesos de adopción de las medidas mencionadas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.16, siendo el mismo de carácter voluntario y teniendo como objetivo principal proporcionar una línea de base que permita medir el desempeño de la implementación de las actividades REDD+ en el país, y de esta forma obtener pagos basados en resultados bajo las directrices del Marco de Varsovia, de conformidad con las decisiones 9/CP.19, 13/CP.19 (párrafo 2), 14/CP.19 (párrafos 7 y 8) de la CMNUCC. La evaluación técnica del mencionado documento se realizó entre el 14 y el 18 de marzo, y como resultado del intercambio entre los expertos evaluadores y los responsables de la construcción del NREF, el Gobierno remitió una versión modificada el 09 de mayo del mismo, incluyendo información adicional de acuerdo a las recomendaciones técnicas de la evaluación de manera a que el documento tenga mayor transparencia en cuanto a detalles puntuales.

El NREF cubre toda la extensión del territorio paraguayo (406.752 km²) e incluye únicamente las actividades de reducción de emisiones brutas por deforestación en el periodo del año 2000 al 2015. El mismo se ampara en la Decisión 12/CP.17 párrafo 10, que menciona al Enfoque Gradual (*step-wise approach*) que permite a los países mejorar su NREF al incorporar mejores datos y metodologías y, de ser conveniente, reservorios adicionales, notando la importancia de apoyos adecuados y predecibles, como se mencionan en el párrafo 71 de la Decisión 1/CP.16.

La construcción del NREF se basó en la información oficial, generada para Datos de Actividad (DA) por el Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT) y para Factores de emisión (FE) por estrato de bosque nativo por el Inventario Forestal Nacional (IFN), ambos componentes del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB), liderado por gobierno de la República del Paraguay, a través de la Secretaría del Ambiente (SEAM), hoy Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), y el Instituto Forestal Nacional (INFONA).

El NREF pretende reflejar la dinámica histórica de las emisiones forestales de CO₂, por deforestación, producto de las circunstancias nacionales sin tener en cuenta proyecciones del comportamiento en el futuro.

2.1. Datos de Actividad

Los Datos de Actividad (DA) empleados para la construcción del NREF, fueron desarrollado por el SSMT que generó Mapas de la cobertura forestal y de cambio de uso de la tierra para los siguientes períodos de tiempo: 2000 – 2005, 2005 – 2011 y 2011 – 2013, 2013 – 2015, con una unidad mínima de mapeo (UMM) de una hectárea (1 ha). Para el efecto, se emplearon imágenes satelitales del Programa Landsat de resolución media (30 x 30 metros) y softwares de licencia, libres y la plataforma *online* de *Google Earth Engine* – GEE (PNC ONU REDD+, 2016d).

Estos Datos de actividad se estimaron siguiendo el enfoque 3, según se describe en la Orientación del IPCC sobre las Buenas prácticas para el sector USCUSS (IPCC, 2003). Este enfoque toma en cuenta el uso de la tierra de forma explícita geográficamente y los datos de la dinámica del uso

del suelo para la estimación de los datos de actividad. Los mismos fueron elaborados mediante clasificación de coberturas de la tierra, según estas categorías: Bosque estable, No bosque estable y Cambios (para cada uno de los períodos mencionados), para cuantificar la superficie de cada uno de los estratos de bosque nativos que se mencionan seguidamente: Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO), Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC), Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP), Bosque Palmar (BP) y Bosque Seco Chaqueño (BSCH), y se presentan en la Figura 1.

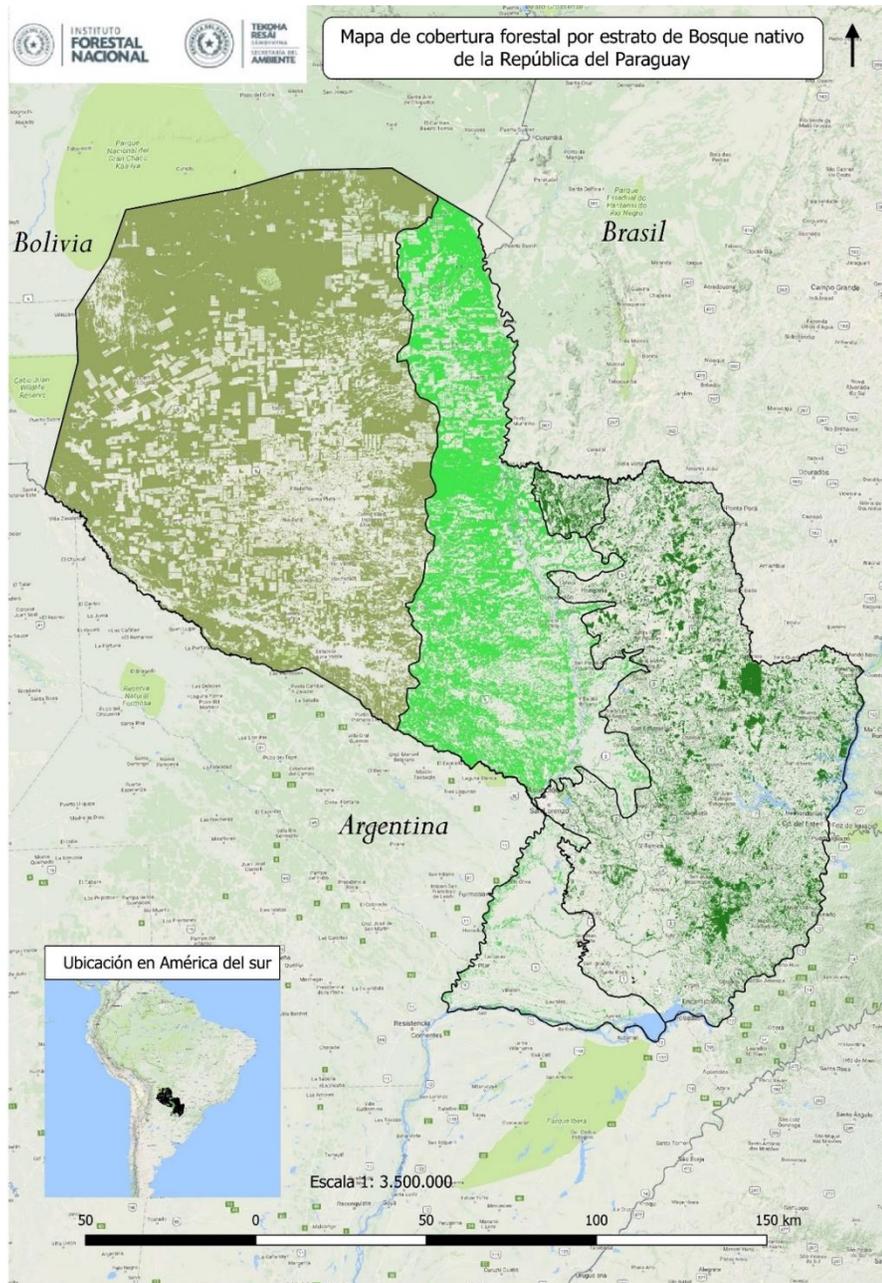


Figura 1. Mapa de cobertura forestal del Paraguay, por estrato de bosque nativo (PNC ONU REDD+, 2016c)

Cabe mencionar que la serie temporal de los Mapas de cobertura forestal y cambio de cobertura corresponden a: 2000 – 2005 – 2011 y 2011 – 2013 – 2015, y debido a que el análisis de las imágenes Landsat parte del mes de mayo/enero (región Oriental/Occidental) del año 2000, se considera como año 1 a partir de mayo del año 2000 hasta mediados del año 2001 y así sucesivamente, hasta agosto del año 2015 para ambas regiones (totalizando 15 años). Los datos de superficie de conversión de uso (hectáreas por año) para cada estrato identificado, presentados en la Tabla 1, se obtuvieron de la superposición de los Mapas de cambio de cobertura y el Mapa de Estratificación de Bosque nativo (que comprende la delimitación de los estratos o tipos de bosque). Debido a que los Datos de Actividad con los que cuenta el país proceden de los Mapas de cobertura forestal y cambio de cobertura que fueron generados para períodos de análisis o series temporales específicos, se realizó la anualización considerando los promedios simples de deforestación para cada período de tiempo (PNC ONU REDD+, 2016d).

Tabla 1. Superficies anualizadas de deforestación (ha) por estrato de bosque nativo.

Año	Período considerado*	B. Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	B. Seco Chaqueño (BSC)	B. Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	Total Deforestación ha/año
1	2000 - 2001	119.115,17	119.742,44	1.229,85	41.658,11	281.745,56
2	2001 - 2002	119.115,17	119.742,44	1.229,85	41.658,11	281.745,56
3	2002 - 2003	119.115,17	119.742,44	1.229,85	41.658,11	281.745,56
4	2003 - 2004	119.115,17	119.742,44	1.229,85	41.658,11	281.745,56
5	2004 - 2005	119.115,17	119.742,44	1.229,85	41.658,11	281.745,56
6	2005 - 2006	45.327,60	238.014,69	2.482,15	65.572,45	351.396,89
7	2006 - 2007	45.327,60	238.014,69	2.482,15	65.572,45	351.396,89
8	2007 - 2008	45.327,60	238.014,69	2.482,15	65.572,45	351.396,89
9	2008 - 2009	45.327,60	238.014,69	2.482,15	65.572,45	351.396,89
10	2009 - 2010	45.327,60	238.014,69	2.482,15	65.572,45	351.396,89
11	2010 - 2011	45.327,60	238.014,69	2.482,15	65.572,45	351.396,89
12	2011 - 2012	41.145,11	284.693,97	3.913,72	122.105,49	451.858,28
13	2012 - 2013	41.145,11	284.693,97	3.913,72	122.105,49	451.858,28
14	2013 - 2014	27.913,19	236.700,64	799,90	21.212,33	286.626,06
15	2014 - 2015	27.913,19	236.700,64	799,90	21.212,33	286.626,06

Fuente: PNC ONU REDD+ (2016d).

Otra consideración importante de mencionar es la integración a la cobertura del estrato del Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP) de la única cobertura (correspondiente al año 2011) que se cuenta de la distribución de la formación del Bosque Palmar (BP), teniendo en cuenta a la distribución geográfica común de ambas formaciones (PNC ONU REDD+, 2014a).

Asimismo, se destaca que las cifras de DA corresponden a valores ponderados (sin sesgo), resultantes del análisis de exactitud temática del Mapa de cobertura y cambio de uso de la tierra, este procedimiento de determinación de la confiabilidad del mapa lo realizó la entonces Secretaría del Ambiente (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del Paraguay, mediante promulgación de la Ley 6123/2018).

Resumiendo, la superficie total de deforestación bruta del país en el periodo 2000 - 2015 representa 4.994.077,8 hectáreas, constituyendo **332.938,52 ha/año** de promedio simple, aproximadamente. Los resultados de superficies de deforestación contenidos en la Tabla 1, se emplearon para el cálculo de las emisiones históricas de CO₂ por deforestación bruta de bosque nativo (se observan más adelante, en la Tabla 4).

2.2. Factores de Emisión

Para la estimación de la emisión histórica del período de análisis 2000 – 2015 en el Paraguay, se emplearon los Factores de Emisión (FE) específicos identificados para cada estrato de Bosque nativo. Estos FE se determinaron mediante información del Inventario Forestal Nacional - IFN (INFONA/DSNIF, 2017) en cuanto a reservas forestales de Carbono y contenido de Dióxido de Carbono equivalente por hectárea en toneladas (CO₂ eq tn/ha). Estos valores corresponden a los depósitos de Biomasa viva arriba del suelo (BA, o AGB, por sus siglas en inglés de *Aboveground Biomass*), Biomasa viva de Sotobosque (S) y Biomasa viva debajo del suelo (BD, o BGB por sus siglas en inglés *Belowground Biomass*). La información procede del levantamiento de datos de unidades de muestreo establecidas entre los años 2014 – 2015 en todos los estratos de Bosque nativo identificados.

Seguidamente, en la Tabla 2, se observa la cantidad de unidades de muestreo por estrato.

Tabla 2. Cantidad de unidades de muestreo establecidas por el IFN por tipo de bosque.

Tipo de bosque (estrato) del IFN	Unidades muestrales (AGB y BGB)
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	45
Bosque Seco del Chaco (BSCH)	39*
Bosque sub húmedo del Cerrado (BSHC),	30
Bosque sub húmedo inundable del río Paraguay (BSHIRP)	4
Bosque Palmar (BP)	3*
Total de unidades de muestreo establecidas	121

Fuente: PNC ONU-REDD+ Paraguay (2016).

**Observación:* cada conglomerado consta de tres parcelas, de esta forma, para el Bosque Seco del Chaco corresponden 117 parcelas en total, y para el Bosque Palmar 9 parcelas. Para el sotobosque, el procesamiento de datos corresponde a 109 parcelas para el BSCH y 16 parcelas para el BSHC. Para los estratos restantes, se consideró el mismo número de unidades de muestreo para Biomasa arriba del suelo, Biomasa debajo del suelo y sotobosque.

En relación a la diferencia en los contenidos de biomasa y carbono entre los distintos estratos, se asume en general que el contenido de Biomasa del Bosque Húmedo de la Región Oriental debería ser mucho más alto comparativamente al del Bosque Sub Húmedo del Cerrado y del Inundable del Río Paraguay (BSHIRP), es importante mencionar que primeramente, las cifras empleadas correspondientes a todos los estratos (a excepción del Bosque Húmedo - BHRO) son preliminares y que además se debe considerar otros factores como la posibilidad de que el levantamiento de datos en algunas unidades de muestreo haya sido en bosque secundario degradado (es decir, con una baja diversidad florística en términos cuanti y cualitativos, lo que deriva en un contenido de biomasa/carbono más bajo de lo esperado).

Al respecto, el proceso de estimación de FE corresponde a los niveles 1 y 2. Para este segundo nivel, se emplearon datos específicos del país colectados mediante el primer IFN. Para la cuantificación de la Biomasa viva total se emplearon tanto Ecuaciones Alométricas (EA) generadas para la estimación de la Biomasa viva total (incluyendo Biomasa debajo del suelo) como para la Biomasa arriba del suelo; estas EA fueron desarrolladas localmente por Sato et al., (2015) para los estratos de BHRO, BSCH y BSHIRP, y para la especie *Copernicia alba* del Bosque Palmar por una Organización No Gubernamental (2015). Asimismo, se aplicaron ecuaciones generadas para los trópicos (nivel 1) por Brown (1997) para el BSHIRP y otra de Chave et al. (2005), así como factores de expansión generados a partir de las mismas ecuaciones locales para el BSCH y para el estrato del BSHIRP.

También, se utilizaron EA específicas para la obtención de Biomasa aérea y viva total, desarrolladas para la especie característica del Bosque Seco Chaqueño: *Ceiba chodatii*, denominada comúnmente Samu'u (*Bottle-shaped Tree*). Estas ecuaciones, también fueron desarrolladas en el país por Sato et al. (2014).

En la misma línea de lo mencionado en el ítem 2.1 de "Datos de Actividad" en relación a la formación del estrato del Bosque Palmar (BP) que se encuentra inserto en el del Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP), el mismo procedimiento se aplica para el "Factor de emisión" a aplicar a la cobertura resultante. Para ello, se realizó una estimación de ponderación por peso (en términos de superficie que ocupan en la unidad de análisis) para obtener un resultado promedio de los Factores de emisión asociados a cada uno de los estratos mencionados, a los efectos de obtener un resultado más conservador en relación a las emisiones de CO₂.

Para la construcción del NREF propuesto en CO₂ eq (tn/ha), los datos expresados en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) se convirtieron a toneladas equivalentes de Dióxido de carbono por hectárea (tn CO₂ eq/ha). De acuerdo al IPCC, esta conversión consiste en multiplicar por 44/12. En la Tabla 3, se mencionan las existencias de carbono promedio estimado, expresadas en toneladas equivalentes de Dióxido de carbono por hectárea (tn CO₂ eq/ha).

Tabla 3. Estimación del contenido de carbono y CO₂ equivalente (tn/ha) para todos los estratos de bosque.
Fuente: datos del Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ (2016d).

Estrato de bosque nativo	Carbono Biomasa sobre el suelo (tn C /ha)	Carbono Biomasa bajo el suelo (tn C/ha)	Carbono Biomasa sotobosque (tn C/ha)	Carbono Biomasa viva total (tn C/ha)	Total tn CO ₂ eq/ha
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	52,36	6,59	1,39	60,34	221,28
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	23,63	12,28	2,90	38,81	142,3
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	51,33	13,73	0,12	65,18	238,99
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)/Bosque Palmar*	48,3	14,96	2,69	65,95	241,82

***Observación:** estos valores corresponden al valor promedio ponderado por peso de ambos estratos, en cuanto a contenido de carbono para los distintos depósitos.

2.3. Construcción del Nivel de Referencia de las emisiones forestales - NREF

Específicamente para la construcción del NREF, las emisiones históricas de CO₂ en toneladas por año, son obtenidas del producto del total de las emisiones de CO₂ equivalente (tn/ha) por la superficie promedio de deforestación (ha/año), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E_t = \sum I (A_{i,t} * EF_i)$$

Dónde:

Et: NREF de las emisiones por deforestación al año; toneladas de CO₂ equivalentes (-eq) por año

Σ= sumatoria

A: área deforestada en el estrato de bosque nativo *i* en el año *t*, en hectáreas/año (valores ponderados por superficie, resultantes de la evaluación de exactitud temática de los mapas de cambio)

EF: factor de emisión asociado al estrato de bosque nativo *i* en el año *t*; toneladas de CO₂ equivalentes/hectárea. EF por sus siglas en inglés: *Emission Factor*

i: estrato de bosque nativo

t: un año

I: número total de estratos de bosque nativo o categoría de cobertura de la tierra

El método empleado para calcular las emisiones anuales promedio de CO₂ provenientes de la deforestación, sigue la guía genérica propuesta por la Orientación de Buenas Prácticas del IPCC (2003) para el sector USCUSS.

Cabe mencionar que, el NREF del Paraguay no considera presunciones de cambios potenciales o impactos de políticas internas, y ha sido construido teniendo en cuenta los datos históricos disponibles.

Para la construcción de este NREF, los Factores de Emisión (FE o EF por sus siglas en inglés de *Emission Factors*) para un estrato de bosque nativo específico, no difieren en el tiempo y en el espacio, porque se asume que el contenido de carbono promedio de los bosques maduros es constante.

La siguiente tabla presenta las emisiones anualizadas y el total de emisiones por año de CO₂ – equivalente, para cada estrato de bosque nativo.

Tabla 4. Emisiones anualizadas de CO₂ eq para cada estrato de bosque nativo, por deforestación bruta.

Año	Período de análisis considerado	B. Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	B. Seco Chaqueño (BSC)	B. Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)	Total emisiones CO ₂ tn/año
1	2000 - 2001	26.358.201,87	17.039.748,35	293.925,95	10.073.625,30	53.765.501,47
2	2001 - 2002	26.358.201,87	17.039.748,35	293.925,95	10.073.625,30	53.765.501,47
3	2002 - 2003	26.358.201,87	17.039.748,35	293.925,95	10.073.625,30	53.765.501,47
4	2003 - 2004	26.358.201,87	17.039.748,35	293.925,95	10.073.625,30	53.765.501,47
5	2004 - 2005	26.358.201,87	17.039.748,35	293.925,95	10.073.625,30	53.765.501,47
6	2005 - 2006	10.030.242,42	33.870.283,77	593.217,30	15.856.511,28	60.350.254,78
7	2006 - 2007	10.030.242,42	33.870.283,77	593.217,30	15.856.511,28	60.350.254,78
8	2007 - 2008	10.030.242,42	33.870.283,77	593.217,30	15.856.511,28	60.350.254,78
9	2008 - 2009	10.030.242,42	33.870.283,77	593.217,30	15.856.511,28	60.350.254,78
10	2009 - 2010	10.030.242,42	33.870.283,77	593.217,30	15.856.511,28	60.350.254,78
11	2010 - 2011	10.030.242,42	33.870.283,77	593.217,30	15.856.511,28	60.350.254,78
12	2011 - 2012	9.104.727,09	40.512.900,91	935.352,99	29.527.142,57	80.080.123,56
13	2012 - 2013	9.104.727,09	40.512.900,91	935.352,99	29.527.142,57	80.080.123,56
14	2013 - 2014	6.176.723,73	33.683.290,07	191.170,77	5.129.494,93	45.180.679,50
15	2014 - 2015	6.176.723,73	33.683.290,07	191.170,77	5.129.494,93	45.180.679,50

Fuente: Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ (2016d).

En ausencia de datos a nivel nacional para las existencias de contenido de carbono para las categorías de uso del suelo no-forestales y de información espacialmente explícita relativa a las categorías de uso del suelo no-forestales implementadas en las áreas sujetas a conversión para todo el período de análisis histórico, el NREF propuesto asume una oxidación completa del contenido de carbono en el depósito de Biomasa viva total y la suposición de un contenido de carbono de cero (oxidación completa), luego de la deforestación del bosque. Este es el método más conservador y simple para calcular los Factores de Emisión.

Seguidamente, en la **Figura 2** se visualiza la tendencia en el período de análisis, de las emisiones de CO₂ eq. (tn/año), por estrato de bosque nativo, empleando los valores promedio producto de la anualización de los datos. La columna vertical presenta los valores de las emisiones de CO₂ en toneladas, mientras que la línea horizontal caracteriza el período de análisis (2000 – 2001, así sucesivamente hasta el 2014 -2015).

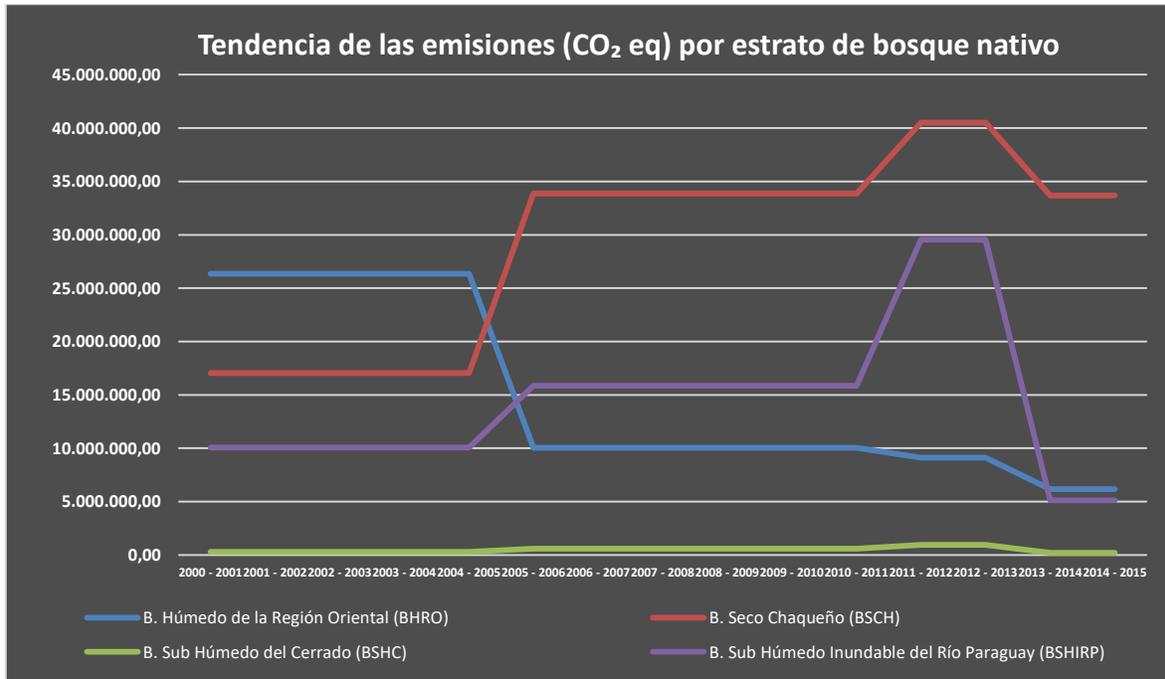


Figura 2. Emisiones de CO₂-eq. en toneladas/año en el período 2000 - 2015, por estrato de bosque

Observación: Las superficies son insesgadas, es decir, provienen de la ponderación realizada en el cálculo de determinación de la exactitud realizado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Tal como se ilustra en la **Figura 2**, todos los estratos presentaron una tendencia en descenso de la deforestación en el último período del análisis (2013 – 2015), presentando un comportamiento similar en cuanto al incremento en el período comprendido entre el 2011 y 2013. Considerando el Bosque Húmedo de la Región Oriental, a partir del mismo año 2005 se produjo una reducción constante hasta el final del análisis. Sin embargo, la variación más significativa se presenta en relación al Bosque Seco Chaqueño, cuya tendencia se incrementó a partir del año 2005 hasta el 2013.

De esta forma, el NREF por deforestación para el Paraguay representa emisiones estimadas de **58.763.376,14 tn de CO₂ –equivalente al año que corresponde al Nivel de referencia del Paraguay**, totalizando 881.450.642,15 toneladas de emisiones totales de CO₂ para el período total de análisis.

El NREF se estableció con base en los datos históricos disponibles y de esta forma permitirá evaluar los efectos sobre las emisiones asociadas a la deforestación bruta y el progreso hacia el logro de resultados de las políticas y medidas adoptadas para la mitigación del cambio climático en el sector forestal.

Al respecto, el reporte de la evaluación técnica por parte de un Equipo de Expertos de la Convención fue publicado en la página web REDD+ de la CMNUCC, en fecha 20 de diciembre de 2016 (Ver documento en el link: <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/pry.pdf>). En el mismo

se indica que la información empleada en la construcción del NREF es transparente y completa, y está en conformidad con las directrices que figuran en el anexo de la decisión 12 / CP.17.

2.4. Depósitos, gases y actividades incluidas en el NREF

Los depósitos considerados son de Biomasa viva: incluyendo información de Biomasa viva arriba del suelo, Biomasa de sotobosque y Biomasa debajo del suelo. Las estimaciones de contenido de carbono de estos depósitos corresponden a cinco estratos de Bosque nativo, producto de las mediciones en parcelas forestales realizadas entre los años 2014 y 2015.

La práctica más común asociada a la deforestación es el proceso de roza, tumba y quema de biomasa, dando como resultado las emisiones gases de efecto invernadero (GEI) como el Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O). El único Gas de Efecto Invernadero (GEI) contemplado para el NREF es el Dióxido de Carbono equivalente (CO₂ eq), debido a la información disponible actualmente.

El NREF del Paraguay, incluye únicamente las **emisiones de CO₂ provenientes de la deforestación bruta**. Entendiéndose como tal, la contabilización de las áreas categorizadas como bosque, sujetas a conversión en un período determinado; sin considerar las áreas forestadas, reforestadas, así como tampoco las eventuales pérdidas que puedan ocurrir en estas áreas mencionadas. En cuanto a las emisiones denominadas brutas, debido a que el país actualmente no dispone de estimaciones de contenido de carbono para las categorías de No-bosque, se decidió reportar solo las estimaciones de los contenidos de carbono en los bosques sujetos a conversión y no las existencias de carbono en los usos/cobertura del suelo resultantes de este proceso.

La definición de Bosque es la misma empleada para la estimación de las emisiones y absorciones del Inventario de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS), incluido en el Primer IBA del Paraguay. La definición fue trabajada en consenso y establecida con base en acuerdos generales logrados entre las instituciones que conformaron el Programa Nacional Conjunto ONU REDD+: el Instituto Forestal Nacional (INFONA), la antigua Secretaría del Ambiente (hoy Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADES) y la Federación por la Autodeterminación de los Pueblos Indígenas (FAPI).

Por consiguiente, a los **efectos de REDD+** el *“bosque nativo” se define como un ecosistema natural con diversidad biológica, intervenido o no, regenerado y/o restaurado por sucesión natural o técnicas forestales de enriquecimiento con especies nativas, que produce bienes, provee servicios ambientales y sociales, cuya superficie mínima es de 1 ha, con una altura de los árboles igual o mayor a 3 m en la Región Occidental e igual o mayor a 5 m en la Región Oriental, y que alcance con una cobertura mínima de copas en su estado natural del 10% en la Región Occidental y 30% para la Región Oriental. También se incluyen las Palmas y Bambúes (tacuaras) nativos que alcancen los parámetros señalados.*

Se incluye como bosque las franjas de protección arbóreas naturales igual o mayor a 60 m de ancho, e igual o mayor a 1 ha. Se excluyen de esta definición de bosque, las áreas urbanas, pastizales, plantaciones con fines predominantemente agrícolas, sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles, cuyo fin principal sea agropecuario.

En relación a otras definiciones de bosque utilizadas en el país, el Instituto Forestal Nacional (INFONA) reporta una distinta para el *Forest Resources Assessment* (FRA), citado por FAO (2015b), la misma fue formulada previamente a su vinculación al Programa ONU REDD+. La definición refiere a las tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.

En tanto que para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) bajo el Protocolo de Kyoto, la Secretaría del Ambiente (hoy MADES) como la Autoridad Nacional Designada mediante Resolución N° 941 del año 2007, estableció una definición de “bosque” como tierra que se extiende a partir de 0,5 hectáreas, cubierta de árboles con una altura mínima de 5 metros, alcanzando una cobertura de copa del 25% como mínimo (SEAM, 2009).

Por su parte, la Ley 2524 “de prohibición de transformación de la cobertura forestal en la región Oriental del Paraguay” (2004), más conocida como de “Deforestación cero”, en su artículo 5, define al Bosque como un ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie mínima de dos hectáreas, caracterizadas por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del 50% (cincuenta por ciento) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP).

2.5. Información vinculada entre NREF e INGEI – sector USCUS

Es importante mencionar que la estratificación por tipo de bosque y factores de emisión en su mayoría, guardan consistencia con lo empleado para el sector forestal del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) del país. Además, se empleó la misma definición de bosque, formulada a los efectos del Programa ONU REDD+. Cabe mencionar además que para las estimaciones en el INGEI del sector USCUS, presentado en el Primer IBA, se contemplan además de las emisiones, las absorciones de GEI (fundamentalmente Tierras Forestales que siguen siendo Tierras Forestales). Así como otras estimaciones como ser la correspondiente a la transición de Tierras Forestales a Otras Tierras, entre otras.

Igualmente, es necesaria la mención de que las variaciones identificadas entre el INGEI del IBA y el NREF, son mejoras derivadas de la mayor disponibilidad de datos, en cuanto a informaciones específicas para el país procedentes del IFN e información de datos de actividad más precisos (sin sesgo, producto de la ponderación realizada de acuerdo al análisis de exactitud temática) correspondientes a la versión final de los mapas de cambio de cobertura (el INGEI - USCUS empleó la versión preliminar por razones de tiempo). Para más detalles ver el capítulo 2.8 del documento de NREF (PNC ONU REDD+,2016d).

Referente al INGEI presentado en la Tercera Comunicación Nacional, el mismo presentó las emisiones y absorciones de los años 2005 y 2012, así como el re cálculo correspondiente al año 1994, manteniendo las mismas inconsistencias identificadas entre el NREF evaluado y el INGEI – USCUS del Primer BUR, con la salvedad de la incorporación de los datos específicos para el país para los estratos del Bosque Sub Húmedo del Cerrado y del Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (en este punto, los Factores de Emisión empleados cumplen con la consistencia requerida).

Atendiendo a los gases que no son CO₂ y a los depósitos distintos a Biomasa viva, no se incluyen en el presente Anexo Técnico, para aseguramiento de la consistencia con lo utilizado para la construcción del Nivel de Referencia evaluado, sin embargo tanto en el Primer y Segundo Informe Bienal de Actualización, como en la Tercera Comunicación Nacional de Gases de Efecto Invernadero, se incluyeron estas informaciones.

Finalmente, como apartado vinculante a este ítem, actualmente se cuenta con los resultados finales del Inventario Forestal Nacional en referencia a contenido de carbono en el depósito de Biomasa viva. Esta información de Factores de Emisión se empleó en el proceso de elaboración del INGEI del sector Forestal incluido en el Segundo Informe Bienal de Actualización atendiendo a las recomendaciones de las directrices de incluir datos actualizados, mejorados y con nivel de incertidumbre menor cuando es posible.

En línea con lo señalado en el párrafo anterior, y considerando las recomendaciones de la evaluación técnica de la construcción del NREF (ver Reporte de la evaluación, para más detalles), se espera la utilización de estos resultados para una potencial actualización del NREF del país.

De esta forma, a continuación en la tabla 5 se presentan dichos resultados:

Tabla 5. Resultados finales de contenido de carbono para el depósito de Biomasa viva con su correspondiente incertidumbre (Inventario Forestal Nacional, 2017)

Estrato de bosque nativo	Depósito	Contenido de Carbono (tn/ha)	Incertidumbre asociada (%)
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	Biomasa arriba del suelo	52,275	7,275
	Sotobosque	1,392	16,737
	Biomasa debajo del suelo	6,588	5,973
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	Biomasa arriba del suelo	23,63	6,124
	Sotobosque	2,897	11,697
	Biomasa debajo del suelo	12,275	6,384
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	Biomasa arriba del suelo	51,307	7,320
	Sotobosque	0,119	12,446
	Biomasa debajo del suelo	13,725	7,320
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP)/ B. Palmar (BP)	Biomasa arriba del suelo	43,871	6,826
	Sotobosque	0,575	24,514
	Biomasa debajo del suelo	12,586	6,168

3. Resultados en toneladas en CO₂ eq al año, consistente con el Nivel de Referencia de las emisiones forestales, evaluado

Las emisiones de Dióxido de Carbono equivalente (toneladas de CO₂ eq) procedentes de la deforestación bruta en el Paraguay en el periodo 2015 – 2016 - 2017, se estimaron empleando la misma metodología utilizada en la construcción del NREF (descrita en el ítem 2), del período histórico 2000 – 2015.

El detalle de los resultados anualizados en cuanto a deforestación y emisiones asociadas, Nivel de Referencia (promedio histórico), y resultados REDD+, se expone en la siguiente tabla:

Tabla 6. Emisiones anualizadas en toneladas de CO₂ eq, en el período 2000 – 2015 y resultados REDD+ para el período 2015 – 2016 - 2017.

Año	Período de análisis considerado	Deforestación bruta anual total país (ha/año)	Emisiones por deforestación bruta total país (ha/año)	Nivel de Referencia NREF y Resultados REDD+ (t CO ₂ eq)
1	2000 – 2001	281.745,56	53.765.501,47	
2	2001 – 2002	281.745,56	53.765.501,47	
3	2002 – 2003	281.745,56	53.765.501,47	
4	2003 – 2004	281.745,56	53.765.501,47	
5	2004 – 2005	281.745,56	53.765.501,47	
6	2005 – 2006	351.396,89	60.350.254,78	
7	2006 – 2007	351.396,89	60.350.254,78	
8	2007 – 2008	351.396,89	60.350.254,78	
9	2008 – 2009	351.396,89	60.350.254,78	
10	2009 – 2010	351.396,89	60.350.254,78	
11	2010 – 2011	351.396,89	60.350.254,78	
12	2011 – 2012	451.858,28	80.080.123,56	
13	2012 – 2013	451.858,28	80.080.123,56	
14	2013 – 2014	286.626,06	45.180.679,50	
15	2014 – 2015	286.626,06	45.180.679,50	
Nivel de Referencia de las emisiones forestales (NREF)				58.763.376,14
	2015 – 2016	214.093,0	35.742.654,24	23.020.721,90
	2016 - 2017	340.928	54.990.787,02	3.772.589,12
Resultados REDD+ = (NREF del período 2000 – 2015, en tn CO₂ eq / año) – (Emisiones brutas de la deforestación del período 2015 – 2016 - 2017, en tn CO₂ eq / año)				26.793.311,02

Al respecto, el desglose de las cifras de la deforestación (en hectáreas) expresadas por estrato de bosque nativo, se encuentran en el Anexo I del presente documento.

La información contenida en la tabla anterior, se emplea en la siguiente figura para ilustrar gráficamente la tendencia de la deforestación en el periodo comprendido entre el año 2000 al 2017:

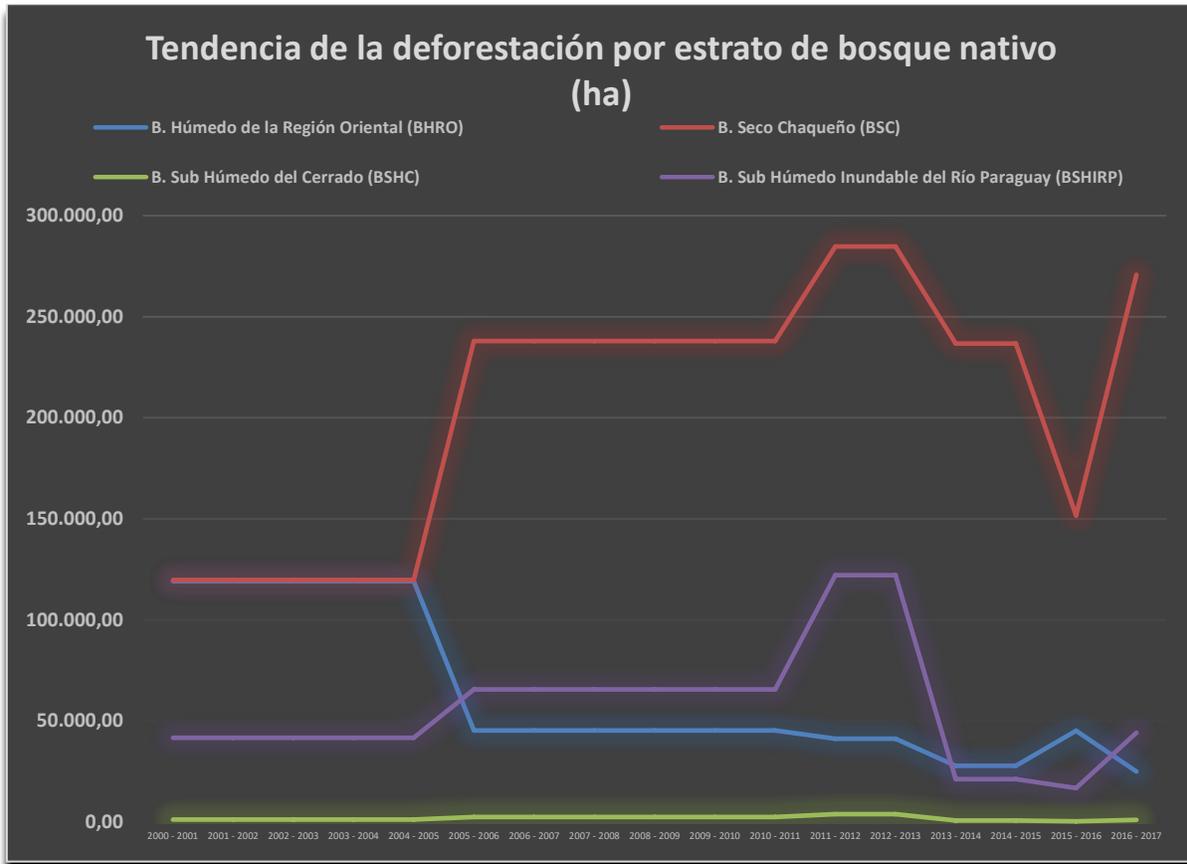


Figura 3. Tendencia de la deforestación, por estrato de bosque nativo en el periodo 2000 – 2017

La fórmula empleada para la determinación de la reducción de las emisiones procedentes de la deforestación:

$$\text{Resultado REDD+ período 2015 – 2016 - 2017, en tn CO}_2 \text{ eq / año} =$$

$$(\text{NREF del período 2000 – 2015, en tn CO}_2 \text{ eq / año}) - (\text{Emisiones brutas de la deforestación del período 2015 – 2016 - 2017, en tn CO}_2 \text{ eq / año})$$

Por lo tanto y de acuerdo a esta fórmula, la emisión total por deforestación bruta que se logró evitar asciende a **26.793.311,02 tn CO₂ eq** (2015 – 2016 - 2017), cifra que corresponde a dos años de análisis teniendo en cuenta la premisa ya mencionada en el apartado de “Resumen de la construcción del NREF: 2.1 Datos de Actividad”. El mismo proceso detallado, se aplicó para la generación de los Mapas de los períodos: 2015 – 2016 y 2016 - 2017, empleando imágenes satelitales de la segunda mitad del primer año e imágenes de la primera mitad del último año de análisis (para más detalles al respecto, ver el Anexo I). Seguidamente, en la siguiente tabla se aprecia la síntesis de los resultados:

Tabla 7. Emisiones en toneladas de CO₂ eq, en el período 2015 – 2016 - 2017, por estrato de bosque nativo.

Estrato de bosque nativo	Deforestación bruta total (ha)	Emisiones de CO ₂ eq, por deforestación bruta (Tn)
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	70.191	15.532.098,45
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	422.402	60.109.212,61
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	1.417	338.653,55
B. Sub Húmedo Inundable del Río Paraguay (BSHIRP)/Bosque Palmar*	61.011	14.753.476,65

La cifra promedio de deforestación en el período de análisis 2015 – 2016 - 2017 asciende a 277.510,5 hectáreas, la misma corresponde al valor ponderado (sin sesgo) producto del análisis de exactitud temática de los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, procedimiento efectuado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Para más detalles al respecto, consultar el Anexo II de este documento.

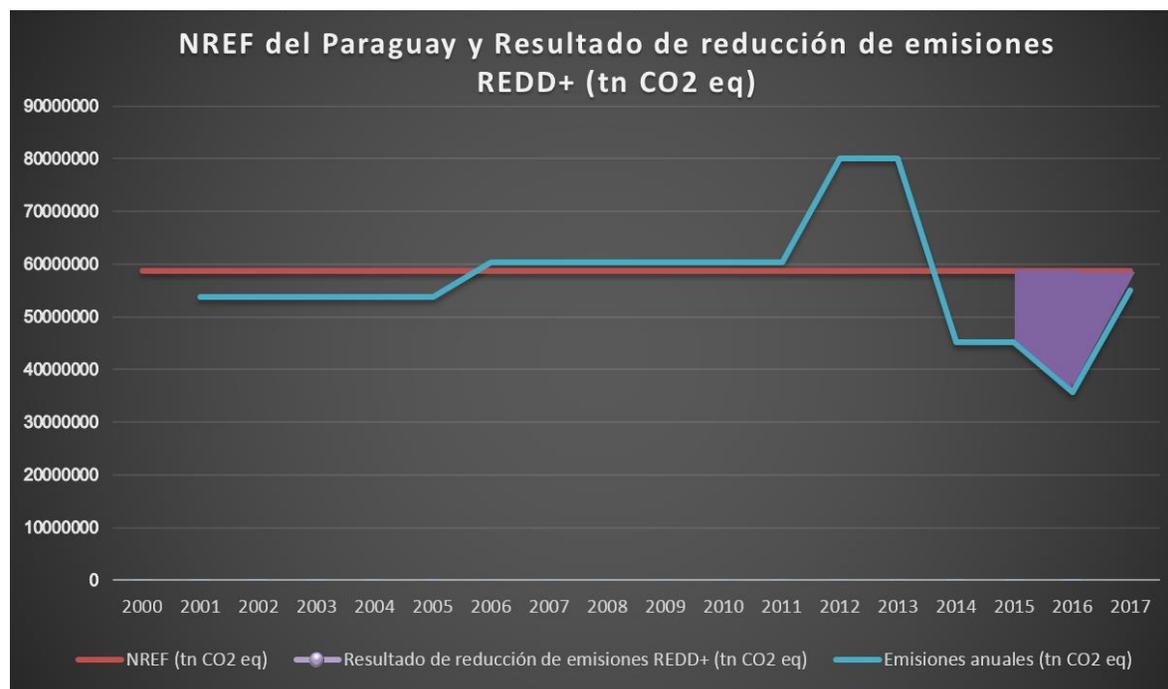


Figura 4. NREF de acuerdo a las emisiones promedio por año, y emisiones en el período 2015 – 2016 - 2017, para Resultado REDD+ (toneladas de CO₂-eq.).

La ilustración presentada en la figura 4, en forma de línea azul indica la tendencia en las emisiones de CO₂ equivalente por año a nivel país, y el Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales (NREF) resultante de ese mismo período como la línea continua en color rojo, mientras que la línea violeta representa las emisiones de CO₂ en el período 2015 – 2016 - 2017, que es la considerada para este reporte de la reducción de emisiones REDD+. Como se evidencia, estas emisiones son menores que la cifra que representa la línea base (NREF).

4. Consistencia de las metodologías empleadas para generar los resultados, con la utilizada para el Nivel de Referencia

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

La estimación de los resultados de emisión evitada por deforestación bruta en la República del Paraguay de **26.793.311,02 tn CO₂ eq** (período de reporte: 2015 – 2016 - 2017), desplegados en el presente Anexo Técnico, se realizó en coherencia con la metodología utilizada para la determinación del NREF, que fue presentado y sometido mediante un proceso de evaluación técnica por parte de la CMNUCC. Es decir, se empleó la misma definición de bosque, depósitos, gas, así como el mismo conjunto de datos en relación a los Factores de Emisión y el mismo procedimiento para la obtención de los Datos de Actividad.

Teniendo en cuenta, el cumplimiento de la **Decisión 4/CP.15, párrafo 1 (c) y (d)**, que solicita a las Partes que son países en desarrollo que, sobre la base de la labor realizada acerca de las cuestiones metodológicas señaladas en los párrafos 7 y 11 de la decisión 2/CP.13, tengan en cuenta la siguiente orientación para las actividades relacionadas con la decisión 2/CP.13 y, sin perjuicio de cualquier otra decisión pertinente que adopte la Conferencia de las Partes, en particular las que se refieran a la medición y la notificación:

c) Utilicen la orientación y las directrices más recientes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático que haya aprobado o alentado la Conferencia de las Partes, según corresponda, como base para estimar las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción antropogénica por los sumideros de gases de efecto invernadero relacionadas con los bosques, las reservas forestales de carbono y los cambios en las zonas forestales;

d) Establezcan, de acuerdo con sus circunstancias y capacidades nacionales, sistemas de vigilancia de los bosques nacionales que sean robustos y transparentes y, cuando sea el caso, sistemas sub-nacionales en el marco de los sistemas de vigilancia nacionales

Teniendo en cuenta esta premisa, la metodología utilizada para la estimación de las emisiones por la actividad de “deforestación” para el presente documento de “Anexo Técnico” y para la determinación del NREF del Paraguay, es consistente con las directrices del IPCC del año 2006 y las Orientaciones de Buenas Prácticas para la estimación de los cambios en los contenidos de Carbono de las tierras forestales convertidas a otras categorías de uso de la tierra – GPG – LULUCF” (IPCC, 2003).

Los “Datos de Actividad - DA” corresponden a las superficies anualizadas de conversión de cobertura forestal a otros usos (deforestación en hectárea) y el “Factor de Emisión - FE” integra el contenido de carbono por hectárea (CO₂ eq en toneladas por hectárea) en los depósitos de Biomasa viva (arriba del suelo, debajo del suelo, y sotobosque) estimados por el IFN. Los DA

corresponden al Nivel 3 y los FE al Nivel 2, teniendo en cuenta lo estipulado en referencia por GPG – LULUCF (IPCC, 2003).

Específicamente en relación a los Datos de Actividad para este Reporte REDD+, la fuente constituyen los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra correspondientes al período: 2015 – 2016 y 2016 - 2017, el cual fue generado empleando la misma metodología utilizada para la elaboración de los mapas que fueron la fuente de información para la construcción del NREF, sin embargo es importante la mención de una modificación que en sí constituye la introducción de una mejoría que contribuirá para la elaboración de futuros mapas, y la misma es la generación de una capa de cobertura forestal del año 2015 empleada como línea de base para la adición de las áreas correspondientes al cambio de uso para el período siguiente de análisis.

5. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB)

Un Sistema Nacional de Monitoreo de Bosque (SNMB) utiliza métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal basados en la teledetección y en mediciones en tierra para estimar las emisiones y las absorciones antropogénicas relacionadas con los bosques. Proporciona estimaciones transparentes, coherentes, en lo posible exactas y que reduzcan las incertidumbres. Es transparente y sus resultados deben estar disponibles para ser examinados por la Conferencia de las Partes.

De acuerdo a ONU REDD (2013), el SNMB debe integrarse de tres componentes principales a fin de disponer de información adecuada para las estimaciones de GEI del sector forestal y el mecanismo REDD+, pero que a su vez son claves para integrar los sistemas de monitoreo forestal con otro énfasis. Estos tres componentes o pilares son: el Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT), que permite conocer los cambios en la cobertura de la tierra que constituyen los “datos de actividad” (deforestación, degradación, conservación, manejo o incremento de stocks de carbono) de manera geoespacial; el Inventario Forestal Nacional (IFN), que genera información sobre los “factores de emisión” para cada depósito de carbono para los diferentes tipos o estratos de bosques y otros usos del suelo; y el Inventario de GEI del sector forestal, que se obtiene a partir del producto de los “datos de actividad” y los “factores de emisión” estimados.

5.1. Arreglos institucionales para el SNMB

En relación al Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques a nivel nacional, las instituciones vinculadas en el mismo son el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) y el Instituto Forestal Nacional (INFONA), ambas instituciones trabajan de forma coordinada en la generación de productos y la validación de los procesos vinculados al sistema. A los efectos de institucionalizar este sistema de monitoreo, el MADES ha propuesto la creación de una mesa interinstitucional de trabajo involucrando a otras instituciones de forma a que se discutan los objetivos, alcances, responsabilidades y estructura. Esta mesa, asimismo, tomará como insumo las distintas propuestas existentes generadas con apoyo de la cooperación internacional, que permita asegurar la sostenibilidad a largo plazo el funcionamiento del sistema.

La construcción e inicio de actividades del Sistema se inició en el año 2014 con la realización del primer Inventario Forestal a escala Nacional (IFN) y en el año 2015 con la generación de los

cuantitativa y cualitativa de especies forestales que integran la masa forestal nacional". Este proyecto de Ley posibilitará la continuidad de lo dispuesto en la Ley 2524 (2004).

Un Sistema Nacional de Monitoreo de Bosque (SNMB) utiliza métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal basados en la teledetección y en mediciones en tierra para estimar las emisiones y las absorciones antropogénicas relacionadas con los bosques. Proporciona estimaciones transparentes, coherentes, en lo posible exactas y que reduzcan las incertidumbres. Es transparente y sus resultados deben estar disponibles para ser examinados por la Conferencia de las Partes.

De acuerdo a ONU REDD (2013), el SNMB debe integrarse de tres componentes principales a fin de disponer de información adecuada para las estimaciones de GEI del sector forestal y el mecanismo REDD+, pero que a su vez son claves para integrar los sistemas de monitoreo forestal con otro énfasis.

Estos tres componentes o pilares son: el Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT), que permite conocer los cambios en la cobertura de la tierra que constituyen los "datos de actividad" (deforestación, degradación, conservación, manejo o incremento de stocks de carbono) de manera geoespacial; el Inventario Forestal Nacional (IFN), que genera información sobre los "factores de emisión" para cada depósito de carbono para los diferentes tipos o estratos de bosques y otros usos del suelo; y el Inventario de GEI del sector forestal, que se obtiene a partir del producto de los "datos de actividad" y los "factores de emisión" estimados.

A continuación, se describen los procedimientos identificados que podrían contribuir a lograr el aseguramiento de la consistencia en los resultados contenidos en los documentos presentados por el Gobierno a la CMNUCC.

En la **Tabla 8** se aprecia la sistematización de las responsabilidades de cada institución del Gobierno y los roles compartidos en el marco de la funcionalidad del SNMB:

Tabla 8. Sistematización del detalle de las responsabilidades de cada institución INFONA – MADES

SNMB	Institución encargada	Responsabilidades
Productos generados por el Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT)	INFONA	El Instituto Forestal Nacional (INFONA), específicamente a través de la Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal (DSNIF), mediante su infraestructura y logística se encuentra operativo el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB), que a través del componente: Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre – SSMT: tiene a su cargo la generación de la cartografía temática de cobertura forestal y dinámica de uso de la tierra (cambio o deforestación).

	<p>MADES</p>	<p>El Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, es la institución encargada de la realización del análisis de exactitud temática de los mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, que permite determinar la incertidumbre asociada o dicho de otro modo, la confiabilidad del producto mediante un porcentaje de exactitud global. Al mismo tiempo, las exactitudes correspondientes para cada estrato de bosque, al identificar los tipos de errores de: omisión (sub valoración de las categorías) y comisión (sobre valoración), determinan las superficies ponderadas (sin sesgo) que pueden estar por encima o debajo del valor real según sea la exactitud definida.</p>
	<p>En forma conjunta INFONA - MADES</p>	<p>Tanto el INFONA como el Ministerio del Ambiente son responsables de la difusión, circulación y entrega de forma oficial, siempre cuando el SSMT obtenga resultados y/o actualizaciones de datos y el Ministerio del Ambiente realice la evaluación de exactitud correspondiente, tal cual así lo solicitaren las instituciones, organismos o profesionales independientes. Este pedido deberá realizarse por medio de una nota dirigida a la Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal del INFONA y a la Dirección de Planificación Estratégica del MADS, señalando el propósito y finalidad de utilización de los productos.</p>
<p>Productos generados por el Inventario Forestal Nacional (IFN)</p>	<p>INFONA</p>	<p>Asimismo, el INFONA es el ente a cargo del levantamiento de datos en el campo (a través de las unidades de muestreo o parcelas forestales), de la depuración y de la carga de la información resultante en una Base de datos del IFN, así como del procesamiento estadístico y análisis de los mismos, a través de su otro componente: Inventario Forestal Nacional – IFN.</p> <p>Es de responsabilidad del INFONA la circulación, difusión y entrega de forma oficial, de los resultados obtenidos por el IFN, tal cual así lo solicitaren las instituciones, organismos o profesionales independientes. La solicitud deberá realizarse por medio de una nota dirigida a la Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal, indicando el propósito y finalidad de empleo de la información solicitada.</p> <p>Atendiendo a la difusión de la información y facilitación de los resultados solicitados al INFONA, este procedimiento se ampara en la “Ley 5282/2014 de libre acceso ciudadano a la información pública y transparencia gubernamental”, que establece en su artículo 1 que reglamenta el artículo 28 de la Constitución Nacional a fin de garantizar a todas las personas el efectivo ejercicio del derecho al acceso a la información pública a través de la implementación de las modalidades, plazos, excepciones y sanciones correspondientes, que promuevan la transparencia del Estado.</p>

<p>Consistencia requerida entre las estimaciones del NREF y el sector Forestal del INGEI.</p>	<p>En forma conjunta INFONA - MADES</p>	<p>atendiendo que el NREF determinado para todo el territorio del Paraguay (presentado y aprobado por la CMNUCC en setiembre de 2016), fue construido considerando la actividad de emisiones brutas por deforestación de bosque nativo, empleando los datos de “Factores de emisión” del IFN del depósito de Biomasa viva total (Biomasa arriba del suelo, debajo del suelo y sotobosque), el gas Dióxido de Carbono (CO₂), y para “Datos de actividad” las cifras ponderadas (sin sesgo) resultantes de la evaluación de exactitud de los mapas de cobertura y cambio de uso de la tierra del período 2000 - 2015; se debe tener en cuenta su concordancia con las estimaciones correspondientes del INGEI (Forestal) para: “Tierras forestales que se convierten a Tierras agrícolas” y “Tierras forestales que se convierten a Otras tierras”, considerando los criterios anteriores mencionados.</p>
---	---	---

5.2. Inventario Forestal Nacional (IFN)

El Manual de campo (FAO, 2015), aprobado por el INFONA, contiene la metodología para el levantamiento de la información en el campo y constituye la guía de trabajo a ejecutar. Se realizaron varias actualizaciones a las planillas de campo y la versión reciente se empleará en las primeras remediciones previstas a realizar entre la segunda mitad del año 2018 y en el año 2019. Como todo Sistema, su funcionamiento debe estar acorde a los avances que eventualmente puedan producirse en relación a tecnología y métodos, incorporando actualizaciones y mejoramientos constantes a la medida de la disponibilidad de los recursos para el efecto.

El IFN como tal, constituye la actividad de medición en el campo de los recursos y servicios que generan las tierras forestales del país. La información generada por el IFN es de fundamental importancia para la toma de decisiones a objeto de asegurar la conservación y el manejo sostenible de los recursos forestales (PNC ONU REDD+, 2014a).

El IFN se basa en un sistema de muestreo estratificado al azar, para lo cual se implementa una metodología de levantamiento de información, que distribuye una red de unidades de muestreo (UM) con una intensidad de muestreo del 95% de confiabilidad. El levantamiento, a su vez, incluye datos para valorar el estado y calidad de las masas boscosas, la estructura y composición florística, los productos forestales no maderables, el manejo y aprovechamiento forestal, así como las perturbaciones naturales y antropogénicas, y la fauna asociada a los bosques (PNC ONU REDD+, 2014a).

Algunas de las informaciones relevadas en el campo por el IFN se emplean, mediante la aplicación de ecuaciones alométricas, para la estimación de contenido de Biomasa y consecuentemente de contenido de Carbono, asociado a cada uno de los estratos de bosque (tn/ha). Las variables colectadas por el IFN guardan relación con los siguientes aspectos del bosque:

- Inventario biofísico del Bosque nativo;
- Inventario biofísico de plantaciones;
- Evaluación rápida de la fauna; y
- Relaciones socioeconómicas con los bosques.

Posterior al levantamiento en el campo, se realiza el proceso de revisión y depuración para corrección de eventuales errores identificados en los datos (supervisión en la oficina). Estas informaciones se incluyen en la Base de datos del software libre desarrollado por la FAO denominado: *Open Foris Collect*.

Al respecto, el procesamiento de datos conlleva, luego de la depuración y revisión como se mencionó, la aplicación de fórmulas matemáticas y estadísticas insertas en la planilla de cálculo, para la estimación de contenido de biomasa y carbono para cada uno de los depósitos analizados. Adicionalmente, se sistematizan los resultados mediante gráficos estadísticos que demuestran la comparabilidad de los resultados.

Cabe mencionar que el primer Inventario Forestal Nacional (IFN) realizó el levantamiento de datos en las parcelas forestales temporales en los cinco estratos de bosque nativo identificados en el país (además de relevamiento de datos en Plantaciones forestales), durante los años 2014 – 2016, realizado en el marco del Programa Nacional Conjunto - PNC ONU REDD+ (SEAM/INFONA/FAPI, con la asistencia de las Agencias: PNUD, FAO y PNUMA). Posterior a la publicación del documento de propuesta del NREF del Paraguay, se finalizó la colecta de datos en los estratos de Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP) y Bosque Palmar (BP), y su respectivo análisis y procesamiento de datos.

El objetivo del PNC consistió en apoyar al país, considerando los requerimientos, para la fase de preparación a fin de acceder a los mercados internacionales de carbono bajo el mecanismo REDD+; para ello asistió técnica y económicamente al IFN en la planificación, levantamiento, registro, procesamiento y análisis de las variables de los diversos recursos de los bosques del país a fin de estimar el potencial de reducción de las emisiones forestales de acuerdo a su contenido de biomasa/carbono (PNC ONU REDD+, 2014a).

Estas unidades de muestreo, deben ser remedidas o monitoreadas (PNC ONU REDD+, 2014a). Para tal propósito, se prevé iniciar a mediados del año 2018 y continuar en el 2019 las remediciones del 50% del total de las UM. Este proceso permitirá obtener información relativa a la variación del contenido de biomasa y facilitará la comprensión relativa a la dinámica del flujo de carbono.

5.3. Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT)

La utilización de las herramientas que provee la teledetección o los sistemas de la percepción remota para la caracterización geoespacial del estado de los bosques y otros usos de la tierra, resulta técnica y económicamente sumamente eficiente, permitiendo la generación de productos que brindan información en cuanto a la cuantificación de la cobertura forestal y el grado o nivel de la dinámica.

De manera a lograr la replicabilidad, comparabilidad, y transparencia en los procesos y que sea consensuada, la metodología que emplea el SSMT para la generación de los productos cartográficos se desarrolló y evolucionó gradualmente, comprendiendo la utilización de softwares de licencia para el análisis de imágenes satelitales mediante clasificación supervisada para la generación de los primeros mapas de cobertura de la tierra, para posteriormente aplicar el proceso de clasificación basada en objetos – OBIA (por sus siglas en inglés, *Object-based image*

analysis, o análisis de imágenes orientado a objetos) y finalmente, emplear softwares de código abierto o gratuitos así como también la plataforma *online* del *Google Earth Engine* para la generación de los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra (de distintos períodos de análisis, desde el año 2000 en adelante). Este último análisis, se fundamenta en la clasificación de mosaicos de imágenes satelitales “en la nube”; es decir, todo el procesamiento y almacenamiento masivo de datos se realiza en un servidor que alberga la información del usuario (PNC ONU REDD+, 2017b).

Cabe mencionar que si bien los softwares de licencia se emplean para ciertos procesos complejos que aún están en etapa de desarrollo de las herramientas en los softwares de código abierto, gradualmente y para procedimientos menores se está incorporando el uso de softwares libres como el QGIS.

EL SSMT genera fundamentalmente “Mapas de cambio de la cobertura forestal”, que a su vez incluye una cobertura forestal para el año de inicio y final del análisis. De esta forma, para la estimación de la superficie en la que ocurre el cambio de cobertura forestal entre dos fechas se tienen en cuenta únicamente las áreas para las cuales se detecta bosque en la primera fecha y no bosque en la segunda, a fin de asegurar que el evento ocurrió en el periodo de tiempo analizado.

Al respecto, la metodología empleada se resume de la siguiente manera:

1. Composición del mosaico: se seleccionan imágenes del año 2015 y del 2016, luego se compone el mosaico multi-fecha que contiene bandas de ambos años de análisis en la plataforma *online*
2. Clasificación supervisada: se emplean muestras de entrenamiento para la cobertura de “Bosque”, “No bosque” y para la categoría de “Cambio de uso”
3. Descarga del mosaico resultante de la clasificación: de la plataforma *online* se descargan en secciones el mosaico multi-banda, empleando una grilla de 1 x 1 kilómetro para el efecto
4. Segmentación del mosaico y cálculo de estadísticas zonales: para identificar las entidades o segmentos de las imágenes agrupando los píxeles adyacentes que tienen características espectrales similares. Mientras que el segundo procedimiento calcula estadísticas sobre valores del ráster producto de la segmentación dentro de zonas de otro dataset (clasificado) para suavizar el resultado.
5. Edición: en un software SIG se realiza la depuración o edición visual de los segmentos o polígonos mal clasificados, modificando la tabla de atributos
6. Cálculo de superficie: se efectúa la estimación de las superficies (en hectárea), correspondientes a cada categoría de uso de la tierra
7. Evaluación temática: proceso de estimación de la incertidumbre asociada o nivel de exactitud/ confiabilidad de los valores de superficies de cada categoría y estrato de bosque nativo, a objeto de obtención de cifras ponderadas (sin sesgo).

Finalmente, es importante recalcar que esta metodología es el producto de un consenso teniendo en cuenta la optimización del tiempo y de los recursos disponibles empleados, sin embargo como todo Sistema está sujeto a la dinámica que conlleva todo proceso relacionado a los progresos tecnológicos, que requiere de actualización e innovación a la par que se producen los avances.

5.4. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), sector USCUS

Básicamente, la función del SNMB en lo que respecta a este componente, es el aseguramiento de la generación de insumos para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI específicamente para el sector forestal (Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura). El Inventario de GEI del sector forestal consiste en el producto del procesamiento combinado de la información generada por el IFN en cuanto a factores de emisión (FE) y el alcance de las actividades humanas representando como la información geoespacial de la cobertura y cambio de uso de suelo (datos de actividad - DA).

Asimismo, es importante considerar que en el inventario del sector USCUS se valoran las absorciones o remociones (especialmente de CO₂) como consecuencia del aumento en las reservas de carbono, lo que resulta en estimaciones de emisiones netas. Este proceso diferencia a USCUS respecto a los otros sectores del INGEI (procesos industriales, energía, uso de productos y residuos) que sólo estiman las emisiones de GEI (IPCC 2003).

Para el INGEI – sector USCUS del Primer Informe Bienal de Actualización (IBA) presentado en el año 2015, se incluyó la información de Datos de Actividad que suministraron los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra en el Paraguay y de Factores de emisión (en la mayoría de los estratos) resultantes de las estimaciones realizadas empleando los datos colectados por las brigadas de campo del IFN, seguidamente en el año 2016 para la Tercera Comunicación Nacional (TCN) también se emplearon los insumos generados en el SNMB, así como para las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI contenidas en el Segundo IBA.

Para la ejecución eficaz de las tareas que comprenden la realización del Inventario de GEI, es fundamental establecer acuerdos y arreglos institucionales con la Secretaría del Ambiente (SEAM), en su carácter de autoridad de aplicación y punto focal del Paraguay ante la CMNUCC (PNC ONU REDD+, 2017a).

6. Roles y responsabilidades para el Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

En el contexto de REDD+, la Medición se refiere a la estimación directa o indirecta de las emisiones o absorciones de áreas forestales como resultado de actividades humanas. La estimación directa puede incluir tanto las mediciones de campo como con sensores remotos, y puede suplementarse con el uso de modelos. En el caso de la República del Paraguay, esta medición es realizada a través del levantamiento de los datos de campo del Inventario Nacional Forestal (IFN) y el Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT) que genera el Mapa de la Cobertura Forestal Nacional (MCFN) y de Cambio de Uso de la Tierra.

El Reporte es la presentación de la información medida de forma transparente y estandarizada de acuerdo con las Directrices del IPCC⁶. La información reportada se compone de los datos forestales y las estimaciones de GEI y las metodologías usadas para determinarlos, así como cualquier otro

⁶ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

asunto relacionado, como, por ejemplo, las actividades de aseguramiento de la calidad y el control de calidad (QA/QC) y la estimación de incertidumbres.

La Verificación hace referencia a la evaluación (a través de controles internos y externos) de la exhaustividad, consistencia y fiabilidad de la información reportada, mediante un proceso independiente. La verificación proporciona información para mejorar los datos (incluidas las emisiones y absorciones de GEI, así como todos los datos medidos y los parámetros derivados) y contribuye al fomento de la confianza en las estimaciones y tendencias y a un mejor conocimiento científico de las mismas.

Además del MRV, el monitoreo es otra actividad de especial importancia para las actividades de REDD+. En general, el monitoreo puede clasificarse como una función de gestión que abarca la revisión de la implementación de objetivos y metas planificadas. Unifica varios objetivos y tiene como meta maximizar los beneficios totales. El monitoreo incluye el MRV, los aspectos de gobernanza y la creación de información sobre la efectividad de las políticas y las prácticas de manejo forestal como parte de la implementación de REDD+.

De acuerdo a la Decisión 9/CP.19, un sistema de vigilancia forestal de los países debe ser robusto y proporcionar datos transparentes y verificables (FCCC/CP/2013/10/Add.1,). En tal sentido, el Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), tiene como objetivo principal la obtención de información periódica derivada de los resultados logrados a través de las acciones y medidas a nivel país, asimismo la provisión de datos que puedan ser cuantificados o medibles, que permitan el reporte y la verificación, tanto para las estimaciones de las emisiones de GEI del sector forestal como para sus comunicaciones internacionales.

De acuerdo con la Decisión 9/CP.19 de la CMNUCC, la ejecución de medidas basadas en resultados y la financiación deben necesariamente ser medidas y verificadas. El esquema a ser implementado debe poder ser verificable y objeto de supervisión del exterior para que sea confiable (Annecoos, Wiersema, 2014, citado por PNC ONU REDD+ Py/SEAM/INFONA/FAPI, 2016a), es decir los resultados basados en el pago por resultados de acuerdo al mecanismo REDD+ deben ser medibles (Iris Allan & Dauvergne, 2013, citado por PNC ONU REDD+ Py/SEAM/INFONA/FAPI, 2016a).

6.1 Descripción del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques del Paraguay (SNMB)

El marco de MRV para la iniciativa REDD+, está dado por el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques, el cual se encuentra actualmente en fase de preparación y consolidación. El SNMB es un instrumento que permite contar con información sobre la deforestación en el Paraguay, incluyendo el cálculo de superficies en áreas de bosques y no bosques, la cuantificación de la deforestación bruta, así como los cambios en la cantidad de carbono almacenado en diferentes estratos de bosques, que se desprenden de este proceso.

En el Paraguay, las instituciones de gobierno que forman parte del SNMB son: el INFONA, que es la institución responsable de realizar las funciones operativas del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques, según la Propuesta del Manual de Funciones (INFONA, 2017), a través de la Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal (y sus departamentos de: Monitoreo y Catastro Forestal, Estadística e Información forestal, y de Inventario Forestal); y el Ministerio del Ambiente y

Desarrollo Sostenible, a través de la Dirección de Geomática y la Dirección Nacional de Cambio Climático.

El SNMB recopila datos e información, que permiten realizar los cálculos necesarios para estimar:

- las reservas de carbono almacenadas en los diferentes estratos de bosques nativos,
- las emisiones asociadas con la deforestación,
- el aumento de las reservas de carbono, y,
- el reporte de las incertidumbres asociadas con cada una de ellas.

De acuerdo con lo dispuesto en las decisiones relevantes de la CMNUCC y el IPCC en su guía de las buenas prácticas, el SNMB opera bajo los principios de transparencia, completitud, comparabilidad, consistencia y precisión.

Los principales componentes del SNMF son:

- Inventario Nacional Forestal
- Monitoreo de biomasa y carbono en el bosques nativo
- Monitoreo de la Masa Forestal y Cambio de Uso de la tierra

La información generada por el SNMB se encuentra disponible en la página web del INFONA⁷ y del MADES⁸, en donde se pueden encontrar las siguientes:

- *Datos del Inventario Forestal Nacional*
 - ✓ Estratos de Bosques y Unidades Levantadas (hasta 2016).
 - ✓ Depósito de Carbono por Estratos de Bosques (hasta 2016) (tn/ha).
 - ✓ Estratos Forestales o Tipos de Bosques del Inventario Nacional Forestal
 - ✓ Especies Principales en cuanto al contenido de carbono total por ha (tn/ha).
 - ✓ Metodología de levantamiento de datos.
 - ✓ Manual de Campo: Procedimientos para la planificación, medición y registro de información del Inventario Forestal Nacional del Paraguay.
 - ✓ Manual de Supervisión: Guía para el acompañamiento y verificación continua de las actividades de medición y registro del Inventario Forestal Nacional.
- *Mapas de Cobertura Forestal del Paraguay:*
 - ✓ Mapa de Cobertura Forestal del Paraguay Año 1990 – Preliminar.
 - ✓ Mapa de Cobertura Forestal del Paraguay Año 2011 (Total de área forestal).
 - ✓ Mapa de Cobertura Forestal del Paraguay Año 2011 (por estratos).
 - ✓ Mapa de Cobertura Forestal del Paraguay – Estrato Bosque Palmar, Año 2011.
 - ✓ Mapa de Estrato Forestal del Paraguay.

⁷ <http://www.infona.gov.py/index.php?cID=296>

⁸ <http://www.mades.gov.py/>

En esta página, se deben incluir los siguientes documentos:

- ✓ Mapa de Cambios de Uso de la Tierra del periodo 2015-2016 (se cuenta con el documento)
- ✓ Evaluación de Exactitud Temática del Mapa de Cambios de Uso de la Tierra del periodo 2015-2016. (se cuenta con documento)
- ✓ Mapa de Cambios de Uso de la Tierra del periodo 2016-2017 (se cuenta con documento)
- ✓ Evaluación de Exactitud Temática del Mapa de Cambios de Uso de la Tierra del periodo 2016-2017 (evaluación en curso. Se prevé finalización para 15/09/18).
- ✓ Datos actualizados del contenido de carbono de los diferentes estratos de bosques relevados en el Inventario Forestal Nacional (se cuentan con los datos).

6.2 Roles y responsabilidades institucionales para Medir, Reportar y Verificar los resultados

El Paraguay se encuentra en proceso de consolidación y fortalecimiento del SNMB, a través del proceso de su institucionalización, a través de una herramienta legal la cual será consensuada entre las instituciones vinculadas, estableciendo temas técnicos y políticos para la operativización y operativización del SNMB, dicha acción se llevará a cabo en el marco de la mesa interinstitucional.

En la tabla 9, se despliega un resumen de los roles y las responsabilidades institucionales en el marco del SNMF, que hacen al Sistema de MRV para REDD+.

Tabla 9. Resumen de roles y responsabilidades institucionales para la institucionalización del SNMB.

Actividad	Institución	Responsabilidad
Monitoreo y medición	Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) / INFONA	Desarrollar el Inventario Forestal Nacional (IFN), que incluye el Inventario Biofísico de los Bosques Nativos y las Plantaciones, una Evaluación Rápida de la Fauna y de las Relaciones Socioeconómicas con los Bosques.
		Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT) que genera el Mapa de la Cobertura Forestal Nacional (MCFN) y de Cambio de Uso de la Tierra
	Dirección de Geomática / MADES	Realizar la evaluación de los aspectos temáticos del modelo cartográfico y consistentes en la comparación de la información del MCFN y de Cambio de Uso de la Tierra, generados por el INFONA y emitir un reporte acerca de su exactitud.
Reporte	MADES	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) del Sector USCUS a partir de datos del SNMF (Mapas de Cambio de Cambios de la Cobertura Forestal y de Cambios de Uso de la Tierra).

De acuerdo con el párrafo 1 de la Decisión 4 CP16, la República del Paraguay ha establecido el SNMF como componente del MRV, como un sistema robusto, basado en las capacidades nacionales, que ha implementado operativamente la integración de datos de sensores remotos (imágenes de satélite), para la generación de datos de actividad (cuantificación de la deforestación), y estimación de contenidos de carbono en bosques naturales con datos provenientes del Inventario Forestal Nacional desarrollado por el INFONA.

Los métodos y datos e información utilizada en la estimación de las emisiones por deforestación proveen información transparente, consistente y precisa, lo que se evidencia en las conclusiones del reporte de evaluación técnica del NREF.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta consiste en el arreglo institucional necesario a objeto de lograr la implementación efectiva del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, así como la utilización y el manejo de la información generada, para dar cumplimiento a los compromisos asumidos por el país a través de las distintas reglamentaciones.

7. Base de Datos para la re construcción de resultados

A los propósitos de REDD+, la información completa es en relación a la provisión de todos los insumos necesarios para la reconstrucción del NREF y de los resultados contenidos en este Anexo Técnico.

En el documento de propuesta del NREF (PNC ONU REDD+, 2016d), el apartado 2.7 “Información transparente, completa, consistente y precisa” menciona que se encuentra disponible una plataforma web de acceso público, con toda la documentación relacionada y que permite la reconstrucción del NREF, a través del link siguiente: <http://www.infona.gov.py/index.php/604>

Asimismo, en el mencionado link, además se encuentra toda la información para la reconstrucción de los resultados de las emisiones en el período 2015 – 2016 y 2016 – 2017, y que sirvieron de base para la estimación del resultado REDD+. La citada información se desglosa en los siguientes documentos:

1. INFONA. 2017. Resultados de las estimaciones de biomasa y carbono en los depósitos de Biomasa viva, para los estratos de Bosque nativo del Paraguay. Planillas de cálculo. DSNIF/IFN.
2. SEAM. 2017. Informe de evaluación de exactitud temática del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, período 2015 – 2016.
3. MADES. 2018. Informe de evaluación de exactitud temática del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, período 2016 – 2017.
4. Planilla de cálculo de las estimaciones de emisión de CO₂equivalente (tn/año), período: 2015 – 2016 - 2017.

8. Siglas y Acrónimos

AFOLU*	Agricultural, Forestry, Land Use
AGB*	Aboveground Biomass
BGB*	Belowground Biomass
BHRO	Bosque Húmedo de la Región Oriental.
BP	Bosque Palmar.
BSCH	Bosque Seco Chaqueño.
BSHC	Bosque Sub húmedo del Cerrado.
BSHIRP	Bosque Sub húmedo Inundable del río Paraguay
BUR*	Biennial Update Report
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
CP	Conferencia de las Partes
DA	Dato de actividad
DSNIF	Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal.
EA	Ecuaciones alométricas
FAPI	Federación por la Autodeterminación de los Pueblos Indígenas.
FE	Factor de emisión
FFPRI	Instituto de Investigación Forestal y de Productos Forestales del Japón.
FRA*	Global Forest Resources Assessment
GEE*	Google Earth Engine.
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GHG*	Greenhouse gases
GPG*	Good Practice Guidance del IPCC*
IBA	Informe Bianual de Actualización.
IFN	Inventario Forestal Nacional.
INFONA	Instituto Forestal Nacional.
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

IPCC*	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.
LULUCF*	Land Use, Land Use Change and Forestry
MADES	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
NREF	Nivel de Referencia de las emisiones forestales
OBIA*	Clasificación Basada en Objetos.
PNC ONU-REDD+	Programa Nacional Conjunto ONU-REDD+.
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques, conservación, manejo sustentable de bosques y mejora de los stocks de carbono.
SEAM	Secretaría del Ambiente.
SNMB	Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques
SSMT	Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre
UM	Unidad de muestreo
UMM	Unidad mínima de mapeo
UNFCCC*	United Nations Framework Convention on Climate Change
USCUSS	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura.

*Por sus siglas en inglés

9. Bibliografía citada

Baatz, M; Schappe, A. 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. Karlsruhe, DE. Angewandte geographische informationsverarbeitung XII. Wichmann Verlag. p 12– 23.

CMNUCC. Decisiones relevantes claves para reducir las emisiones derivadas de la Deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo (REDD+). Folleto de decisiones REDD +. Incluye el marco Varsovia para REDD +. 2015.

Decreto “Por el cual se crea el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de la República del Paraguay” (Propuesta). 2016. S. p.

Food and Agriculture Organizations (FAO). 2015a. Manual de campo: procedimientos para la planificación, medición y registro de información del Inventario Forestal Nacional del Paraguay. Inventario Forestal Nacional/Instituto Forestal Nacional/Sistema Nacional de Monitoreo e Información Forestal. Versión 2014. 188 p.

Food and Agriculture Organizations (FAO)/Departamento Forestal. 2015b. Evaluación de los recursos forestales mundiales, Informe Nacional, Paraguay. 39 p. Informe proporcionado por INFONA. Sin publicar.

Food and Agriculture Organizations (FAO)/Programa UN-REDD. Preguntas frecuentes sobre REDD+. Rosa María Román-Cuesta. División Forestal. Roma, Italia.

Google Earth Engine Team, 2017. Google Earth Engine: A planetary-scale geospatial analysis platform. (en línea). Consultado 10 julio 2018. Disponible en <https://earthengine.google.com>

Guyrá Paraguay. 2015. Ecuación alométrica del Bosque de *Copernicia alba*. En proceso de publicación. sp.

INSTITUTO FORESTAL NACIONAL (INFONA)/Dirección del Sistema Nacional de Información Forestal (DSNIF). 2017. Resultados de contenido de biomasa y carbono, con la incertidumbre asociada, en estratos de bosque nativo del Paraguay. Planillas de cálculo. S. p.

INSTITUTO FORESTAL NACIONAL (INFONA). 2017. Manual de funciones. Disponible en: http://www.infona.gov.py/application/files/5115/0463/5595/MANUAL_DE_FUNCIONES_2017.pdf

IPCC. 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Organización Meteorológica Mundial (OMM), Geneva, SUIZA.

IPCC. 2006. Directrices del IPCC del 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero; Volumen 4; Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. IGES, Hayama Kanasawa, JAPÓN.

Ley 2524 “de prohibición en la Región Oriental de las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques”. 2004. 2 p.

Ley 6123 de “Creación del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible”. 2018.

MacLean, M.; Congalton, R. 2012. Map accuracy assessment issues when using an object-oriented approach. In: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing 2012 Annual Conference, 19-23 March. Sacramento, CA. 5 p.

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES). 2018. Informe final de evaluación de exactitud temática del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, período 2016 - 2017. SEAM/Dirección de Geomática/Departamento de Teledetección y SIG. Octubre. S. p.

Olofsson, P.; Foody, G.; Herold, M.; Stehman, S.; Woodcock, C.; Wulder, M. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Elsevier. Remote Sensing of Environment, 148. 42 -57.

ONU REDD. 2013. Sistemas Nacionales de Monitoreo de los Bosques: monitoreo y medición, reporte y verificación (M y MRV) en el contexto de las actividades de REDD+. FAO/PNUD/PNUMA. Ginebra, SUIZA. 27p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2014a. Informe de Estimación superficie y distribución de Palmar de Karanda’y (*Copernicia alba* Morong.) en la zona del bajo Chaco mediante la utilización de imágenes de satélite de mediana resolución espacial. s.p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2014b. Manual de campo. Instituto Forestal Nacional/Inventario Forestal Nacional. 106 p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2015a. Metodología de elaboración de Mapas de cambio de uso de la tierra en el Paraguay: Informe del equipo técnico. Versión de diciembre 2015. S. p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2015b. Metodología de procesamiento y análisis de datos del Inventario Forestal Nacional (IFN): Informe del equipo técnico. Versión de setiembre 2015. S. p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). SEAM/INFONA/FAPI. 2016a. Análisis del marco legal e institucional vigente para la implementación de REDD+ en Paraguay. Asunción, Paraguay: FAO/PNUD/PNUMA. 81 p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2016b. Informes de consultoría de elaboración del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, período 2015 – 2016. 10 p. S.p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2016c. Mapa de cambios de uso de la tierra de Paraguay Periodo 2015 - 2016. Esc. 1:4.500.000.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). SEAM/INFONA/FAPI. Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales por Deforestación en la República del Paraguay para pago por resultados

de REDD+ bajo la CMNUCC. Enero 2016. PNUD/FAO/PNUMA. Disponible en: https://redd.unfccc.int/files/2016_submission_frel_paraguay_es.pdf

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). SEAM/INFONA/FAPI. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales del Paraguay, para pago por resultados por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC. PNUD/PNUMA/FAO, 2016d. Disponible en: http://redd.unfccc.int/files/paraguay_2016_frel_submission_modified.pdf

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2017a. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques (SNMB): documento técnico (versión preliminar). 72 p. S.p.

Programa Nacional Conjunto (ONU-REDD+ Paraguay). 2017b. Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre (SSMT): evolución de las distintas metodologías empleadas. Documento técnico. 82 p. S.p.

Report on the Technical Assessment of the proposed Forest Reference Emission Level of Paraguay submitted in 2016. FCCC/TAR/2016/PRY. 16 páginas. Disponible: <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/pry.pdf>

Sato, T.; Saito, M.; Ramírez, D.; Pérez, L.; Toryama, J.; Kiyono, Y.; Herebia, E.; Dubie, N.; Vera, M.; Duré, E.; Ramírez, J. 2015. Development of allometric equations for tree biomass in forest ecosystems in Paraguay. FFPRI/UNA/INFONA, Asunción, PY.

Sato, T.; Saito, M.; Ramírez, D.; Pérez, L.; Toryama, J.; Kiyono, Y.; Herebia, E.; Dubie, N.; Vera, M.; Duré, E.; Ramírez, J. 2015. Allometric equations for bottle-shaped tree (*Ceiba chodatii*) in the Chaco region, western Paraguay. FFPRI/UNA/INFONA, Asunción, PY.

Secretaría del Ambiente. 2009. Guía para la elaboración de Proyectos MDL forestales. 65 páginas. Disponible: <http://biblioteca.seam.gov.py/wp-content/uploads/2017/11/guu00eda-y-procedimientos-para-la-presentaci00f3n-de-proyectos-de-mecanismo-limpio-forestales.pdf>

Secretaría del Ambiente, Oficina Nacional de Cambio Climático. 2015. Informe Bienal de Actualización de la República del Paraguay ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Asunción, Paraguay: SEAM

Secretaría del Ambiente. 2017. Informe final de evaluación de exactitud temática del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, período 2015 - 2016. SEAM/Dirección de Geomática/Departamento de Teledetección y SIG. 2017. Setiembre. S. p.

UNFCCC. 2018a. UNFCCC REDD+ Platform [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [Consultado 25 mayo 2018]. <http://redd.unfccc.int/submissions.html>

UNFCCC. 2018b. Biennial update reports (BURs) from non-Annex I Parties [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [Consultado 02 junio 2018]. http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/reporting_on_climate_change/items/8722.php

10. Anexos

10.1. Anexo I: Metodología de elaboración del Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, del período 2015 – 2016 - 2017.

Se elaboraron los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra del Paraguay para el periodo 2015 – 2016 y 2016 - 2017, en el marco de iniciativas de apoyo internacional (Programa ONU REDD+ y Proyecto Paisajes de Producción Verde). Para su generación, se empleó la misma metodología desarrollada para la generación de los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra (período 2000 – 2015), cuyos resultados se utilizaron como *Datos de Actividad* en la construcción del Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales (NREF). La metodología implica una combinación de la clasificación de las coberturas de la tierra (mediante muestras de entrenamiento y agrupación de píxeles basados en su respuesta espectral) empleando la plataforma *Google Earth Engine* y procesos de segmentación utilizando el software de código libre Monteverdi (clasificación basada en objetos, OBIA por sus siglas en inglés).

La plataforma *Google Earth Engine* (sus siglas GEE) es de escala planetaria “en la nube” y en ella se procesan imágenes de satélite y otras informaciones de observación de la tierra; fue desarrollada en conjunto por *Google, Carnegie Mellon University, la NASA, United States Geological Survey* y *TIME*. La plataforma dispone un catálogo de datos para análisis, en el que investigadores o interesados involucrados en la tema pueden en colaboración compartir información, algoritmos y pueden visualizar los resultados o productos mediante URLs (links de acceso a la web).

Además de la plataforma GEE para el procesamiento de imágenes y la clasificación supervisada; para la segmentación se empleó el software libre Monteverdi2; el software ENVI para la generación de mosaicos multibandas de las imágenes satelitales Landsat a nivel país y además los softwares Quantum GIS 2.12 (libre) y ARCGIS 10.1 para la corrección manual de la clasificación, el manejo de bases de datos geoespaciales y el diseño de impresión de los mapas finales.

Las imágenes empleadas son las del satélite Landsat 8 OLI, que en la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada: “*Landsat Data Continuity Mission*” (LDCM), es el octavo satélite de observación de la serie Landsat. El Landsat 8 cuenta con dos de sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado *Operational Land Imager* (OLI) y el sensor térmico infrarrojo *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). El listado completo de las escenas empleadas, se observa en las tablas 9 y 10:

Seguidamente, el proceso metodológico empleado (PNC ONU REDD+, 2017b):

Para la ejecución de los primeros pasos de generación del Mapa, se emplea la plataforma GEE, cuyo manejo se realiza principalmente mediante el uso de lenguajes como *Javascript* y *Python*, a través de una interfaz de usuario que permite la creación y visualización de análisis geoespaciales complejos, como procesamiento de imágenes, clasificación, detección de cambios, análisis multitemporales, uniones, conversiones ráster-vectorial, extracción de características basadas en vectores, entre otras funciones (*Google Earth Engine Team, 2017*).

Primeramente, se realiza un **pre procesamiento y selección de imágenes**, que consiste en la selección de las escenas consideradas de mayor calidad y con menor cobertura de nubes. Al

emplear los productos Landsat “L1T”, no es necesaria la aplicación de correcciones geométricas adicionales, ya que estos productos constituyen escenas que cuentan correcciones radiométricas y geométricas sistemáticas aplicadas.

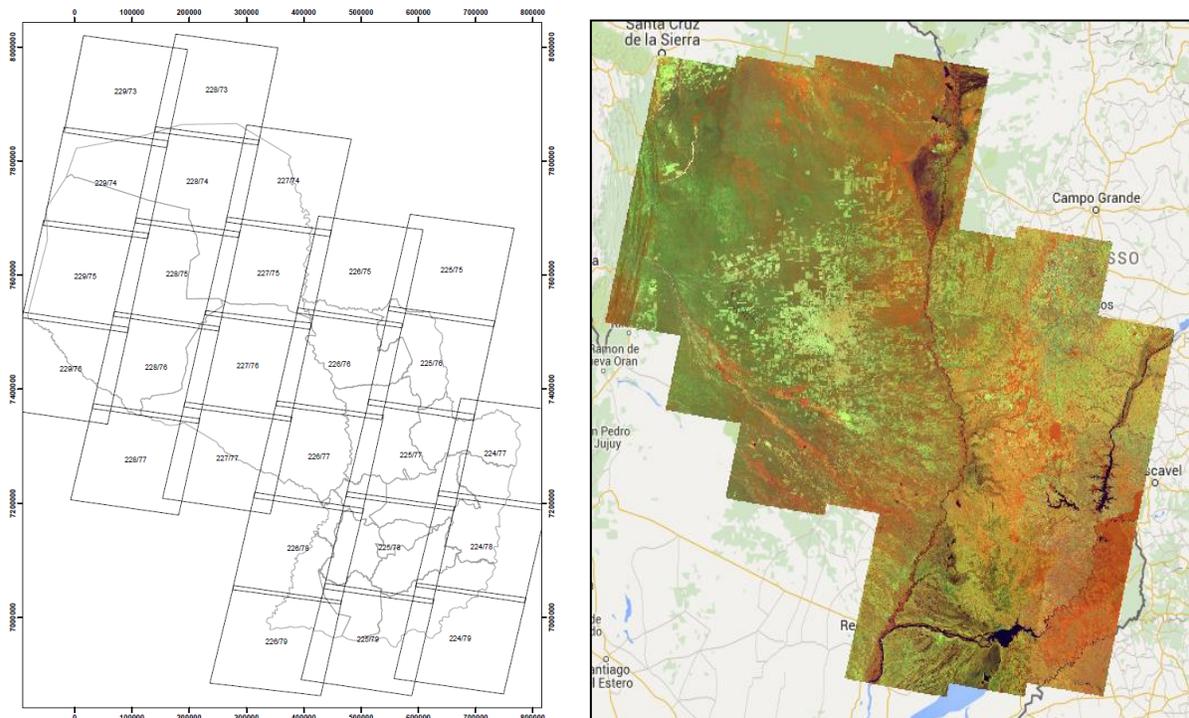


Figura 6. Cobertura de imágenes satelitales Landsat para el Paraguay (punto y órbita)

Un algoritmo calcula un valor de similitud de nubes para cada píxel, de acuerdo al brillo, la temperatura y el valor de NDSI (Índice normalizado de nieve). Para la composición del mosaico final se calcula el valor del percentil de los píxeles que no fueron clasificados como nubosos, de acuerdo a sus valores de reflectancia. Además, el usuario selecciona tanto el valor de percentil que identifica a los píxeles que compondrán el mosaico final, como el valor de similitud a nubes máximo de los mismos. Para el mosaico final del “*Mapa de cambios en la cobertura*” se utilizaron los píxeles con valor de percentil 50 y una puntuación de cobertura máxima de nubes de 10.

El último paso de esta fase, consiste en la generación de un mosaico multi-fecha que implica la unión de cada mosaico (de cada año de análisis) en un mosaico o archivo ráster único. De esta forma, se produce un mosaico final que integra la totalidad de las bandas empleadas en su composición inicial para ambos años de inicio y fin del análisis. Para cada uno de los años de análisis, se emplearon 5 bandas, siendo la combinación para el año 2015 las bandas 5, 6, 4; para el 2016 la de falso color (4, 5, 3) y para el 2017: 9, 10, 8, correspondiendo también a falso color.

A objeto de aclaración, se menciona que las escenas empleadas que corresponde al mes de enero son principalmente aquellas que abarcan el territorio noroeste del Chaco (zona de médanos) y en la región Oriental en el área del Bosque Sub Húmedo del Cerrado, debido principalmente a la mínima calidad requerida en cuanto a cobertura de nubes y otros criterios establecidos para la selección de las imágenes de mejor calidad.

Luego, se **seleccionan las muestras de entrenamiento**, se aplican las muestras identificando las coberturas de la tierra en las escenas, y se procede a clasificar las categorías mencionadas (si la categoría de Bosque estable se generó previamente, se la utiliza como máscara para obtener las demás coberturas). Por otra parte, es importante analizar los resultados generados y en caso de ser necesario, agregar muestras en zonas conflictivas. Finalmente, cada sección del mosaico se clasifica también mediante el algoritmo CART, que es básicamente un clasificador que utiliza métodos de aprendizaje automático para la construcción de modelos de predicción a partir de los datos suministrados.

Tabla 10. Detalle de las fechas de las escenas empleadas por órbita y punto (2015 – 2016 - 2017), de la Región Oriental.

Escenas Landsat				
Órbita (path)	Punto (row)	Fecha año 2015	Fecha año 2016	Fecha año 2017
226	75	20/06/2015	19/04/2016	27/07/2017
		07/08/2015		
	76	07/08/2015	22/06/2016	27/07/2017
			22/06/2016	28/08/2017
	77	19/05/2015	22/06/2016	27/07/2017
		22/07/2015		
	78	22/07/2015	22/06/2016	27/07/2017
	79	19/05/2015	18/03/2016	27/07/2017
225			22/06/2016	
	75		15/06/2016	20/07/2017
				21/08/2017
	76	31/07/2015	01/07/2016	20/07/2017
				21/08/2017
	77	31/07/2015	01/07/2016	20/07/2017
	78	26/04/2015	01/07/2016	20/07/2017
			17/07/2016	
79	26/04/2015	02/08/2016	20/07/2017	
		23/01/2016		
224				29/07/2017
	77	06/06/2015	08/06/2016	29/07/2017
	78	05/06/2015	23/05/2016	29/07/2017
		06/06/2015	08/06/2016	
	79	06/06/2015	16/01/2016	29/07/2017
			23/05/2016	
			08/06/2016	

Como se aprecia, para la mayoría de las órbitas y puntos correspondientes al Paraguay, se empleó una sola escena mientras que para otras se seleccionaron varias, realizándose una mezcla o combinación de los mejores píxeles teniendo en cuenta la calidad.

Seguidamente, se aprecian las fechas de las escenas empleadas para cada órbita y punto, correspondientes a la Región Occidental.

Tabla 11. Detalle de las fechas de las escenas empleadas por órbita y punto, 2015 – 2016 - 2017, de la Región Occidental.

Escenas Landsat					
Órbita (path)	Punto (row)	Fecha año 2015	Fecha año 2016	Fecha año 2017	
226	75	19/05/2015	24/07/2016	17/02/2017	
		04/06/2015	10/09/2016	21/03/2017	
		20/06/2015	28/10/2016	25/06/2017	
		22/07/2015	15/12/2016	11/07/2017	
		07/08/2015		27/07/2017	
		23/08/2015		28/08/2017	
		24/09/2015			
		26/10/2015			
		76	03/05/2015	24/07/2016	17/02/2017
	19/05/2015		09/08/2016	21/03/2017	
	04/06/2015		25/08/2016	25/06/2017	
	20/06/2015		10/09/2016	11/07/2017	
	22/07/2015		26/09/2016	27/07/2017	
	07/08/2018		12/10/2016	28/08/2017	
	23/08/2015		28/10/2016		
	08/09/2015		15/12/2016		
	24/09/2015				
	77	19/05/2015	09/08/2016	17/02/2017	
		04/06/2015	25/08/2016	21/03/2017	
		20/06/2015	10/09/2016	22/04/2017	
		22/07/2015	26/09/2016	09/06/2017	
		07/08/2015	28/10/2016	25/06/2017	
		08/09/2015	15/12/2016	11/07/2017	
		24/09/2015		27/07/2017	
				28/08/2017	
		78	19/05/2015	09/08/2016	01/02/2017
			04/06/2015	25/08/2016	17/02/2017
			20/06/2015	10/09/2016	21/03/2017
			22/07/2015	26/09/2016	22/04/2017
	07/08/2015		28/10/2016	25/06/2017	
23/08/2015	13/11/2016		27/07/2017		
08/09/2015	15/12/2016		28/08/2017		
24/09/2015					
227	73	10/05/2015	31/07/2016	12/03/2017	
		26/05/2015	16/08/2016	13/04/2017	
		11/06/2015	01/09/2016	29/04/2017	
		27/06/2015	17/09/2016	18/07/2017	
		13/07/2015	19/10/2016	19/08/2017	
		29/07/2015	20/11/2016		
		14/08/2015			
		30/08/2015			
15/09/2015					

		01/10/2015		
		17/10/2015		
	74	26/05/2015	31/07/2016	12/03/2017
		11/06/2015	16/08/2016	13/04/2017
		27/06/2015	01/09/2016	16/06/2017
		13/07/2015	17/09/2016	02/07/2017
		29/07/2015	19/10/2016	18/07/2017
		14/08/2015	04/11/2016	
		30/08/2015	20/11/2016	
		15/09/2015		
		01/10/2015		
		17/10/2015		
	75	26/05/2015	31/07/2016	08/02/2017
		27/06/2015	16/08/2016	12/03/2017
		13/07/2015	01/09/2016	13/04/2017
		29/07/2015	17/09/2016	16/06/2017
		14/08/2015	19/10/2016	18/07/2017
		30/08/2015	04/11/2016	
		15/09/2015	20/11/2016	
		01/10/2015		
		17/10/2015		
	76	27/06/2015	31/07/2016	13/04/2017
		13/07/2015	16/08/2016	16/06/2017
		29/07/2015	01/09/2016	18/07/2017
		30/08/2015	17/09/2016	
		15/09/2015	19/10/2016	
		01/10/2015	04/11/2016	
		17/10/2015	20/11/2016	
			22/12/2016	
	77	27/06/2015	31/07/2016	13/04/2017
		13/07/2015	16/08/2016	16/06/2017
		29/07/2015	01/09/2016	18/07/2017
		30/08/2015	17/09/2016	
		15/09/2015	04/11/2016	
		01/10/2015		
		17/10/2015		
	73	01/05/2015	22/07/2016	23/06/2017
		17/05/2015	23/08/2016	09/07/2017
		18/06/2015	08/09/2016	25/07/2017
		20/07/2015	29/12/2016	26/08/2017
		05/08/2015		
		21/08/2015		
		06/09/2015		
		22/09/2015		
		08/10/2015		
		24/10/2015		
228				

229	74	01/05/2015	22/07/2016	03/03/2017
		20/07/2015	23/08/2016	19/03/2017
		05/08/2015	08/09/2016	23/06/2017
		21/08/2015	29/12/2016	25/07/2017
		06/09/2015		26/08/2017
		22/09/2015		
		08/10/2015		
		24/10/2015		
	75	01/05/2015	06/07/2016	30/01/2017
		18/06/2015	22/07/2016	19/03/2017
		04/07/2015	23/08/2016	23/06/2017
		05/08/2015	08/09/2016	25/07/2017
		21/08/2015		26/08/2017
		22/09/2015		
		08/10/2015		
		24/10/2015		
	76	01/05/2015	06/07/2016	30/01/2017
		18/06/2015	23/08/2016	19/03/2017
		04/07/2015	08/09/2016	23/06/2017
		05/08/2015		25/07/2017
		21/08/2015		26/08/2017
		06/09/2015		
		22/09/2015		
		08/10/2015		
	77	01/05/2015	06/07/2016	30/01/2017
		02/06/2015	22/07/2016	19/03/2017
		18/06/2015	23/08/2016	06/05/2017
		04/07/2015	08/09/2016	23/06/2017
		20/07/2015	13/12/2016	
05/08/2015				
21/08/2015				
06/09/2015				
73	08/05/2015	03/01/2016	01/08/2017	
	24/05/2015	19/01/2016		
	09/06/2015	04/02/2016		
	25/06/2015	08/03/2016		
	11/07/2015	09/04/2016		
	27/07/2015	25/04/2016		
	12/08/2015	27/05/2016		
	28/08/2015	12/06/2016		
	13/09/2015			
	29/09/2015			

230		15/10/2015		
	74	09/06/2015	03/01/2016	02/09/2017
		11/07/2015	19/01/2016	
		27/07/2015	04/02/2016	
		12/08/2015	20/02/2016	
		28/08/2015	08/03/2016	
		13/09/2015	09/04/2016	
		15/10/2015	27/05/2016	
			12/06/2016	
	75	24/05/2015	19/01/2016	02/09/2017
		09/06/2015	04/02/2016	
		27/07/2015	20/02/2016	
		28/08/2015	08/03/2016	
		13/09/2015	09/04/2016	
		15/10/2015	25/04/2016	
			12/06/2016	
	76	08/05/2015	19/01/2016	17/08/2017
		09/06/2015	04/02/2016	
		11/07/2015	08/03/2016	
		27/07/2015	09/04/2016	
		28/08/2015	25/04/2016	
		13/09/2015	27/05/2016	
		29/09/2015	12/06/2016	
		15/10/2015		
	73	16/06/2015	10/01/2016	
		18/07/2015	26/01/2016	
		03/08/2015	11/02/2016	
		19/08/2015	15/03/2016	
		04/09/2015	31/03/2016	
		20/09/2015	16/04/2016	
		06/10/2015	02/05/2016	
		22/10/2015	19/06/2016	
	74	15/05/2015	10/01/2016	
		16/06/2015	26/01/2016	
		18/07/2015	11/02/2016	
		03/08/2015	15/03/2016	
		19/08/2015	31/03/2016	
		04/09/2015	16/04/2016	
		20/09/2015	02/05/2016	
		06/10/2015	19/06/2016	
	22/10/2015			
75	15/05/2015	10/01/2016		
	16/06/2015	11/02/2016		
	02/07/2015	15/03/2016		
	18/07/2015	31/03/2016		
	03/08/2015	16/04/2016		
	19/08/2015	02/05/2016		

		20/09/2015	18/05/2016	
		06/10/2015	19/06/2016	
		22/10/2015		
	76	16/06/2015	10/01/2016	
		02/07/2015	11/02/2016	
		18/07/2015	15/03/2016	
		03/08/2015	31/03/2016	
		19/08/2015	16/04/2016	
		04/09/2015	02/05/2016	
		20/09/2015	18/05/2016	
		06/10/2015		
		22/10/2015		

Atendiendo a las escenas de la región Occidental para el año 2017, para las que corresponden a la órbita (*path*) 229 se filtró una escena por órbita y punto, las restantes fueron seleccionadas automáticamente. En tal sentido, el criterio de selección aplicado consiste es en referencia a la cobertura de nubes de un mínimo de 10%. En tanto, para las órbitas 226, 227 y 228, se realizó una combinación de varias escenas debido al porcentaje de nubes detectado en la mayoría de los píxeles, de esta forma, se filtraron varias escenas correspondientes a cada órbita y punto (*path/row*). Mientras que para el año 2017, no se emplearon las escenas de la órbita 230 a diferencia de los años 2015 y 2016 en el que una pequeña parte de la zona occidental de la escena abarcaba el territorio chaqueño en la misma área correspondiente.

Específicamente para la toma de puntos de entrenamiento considerando las categorías de cambio en la cobertura, el proceso consiste en la observación simultánea de las imágenes de los años que corresponden al análisis. La siguiente figura ilustra este ejemplo, en la imagen de la izquierda se observa la cobertura de bosque (en color marrón rojizo) y en la imagen de la derecha se visualiza el cambio ocurrido (deforestación para áreas de cultivo).

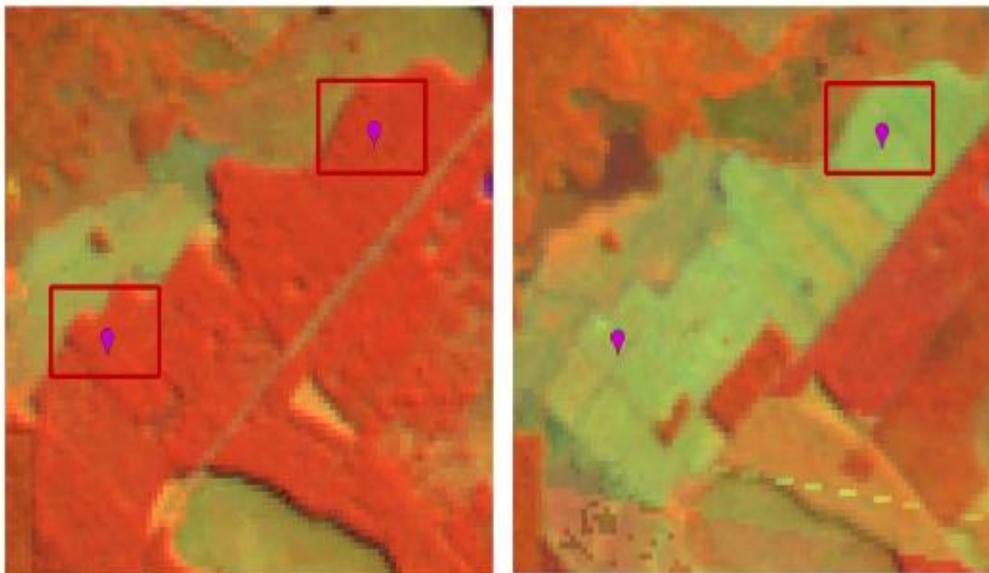


Figura 7. Puntos de entrenamiento, primer año de análisis: bosque (izquierda) y segundo año: tierra agrícola (derecha.)

El siguiente procedimiento consiste en la **Clasificación de imágenes satelitales**, para lo cual se aplica la clasificación supervisada del mosaico multi-fecha (con todas sus bandas). Posteriormente y previo al proceso de edición, el mosaico final de imágenes Landsat con todas las bandas del/os periodo/s en formato ráster (.tif) se descarga de la plataforma. Este proceso se realiza en varias secuencias, empleando una grilla de 1 km x 1 km diseñada para el efecto

Cabe mencionar también, que para apoyo en la edición visual y para la delimitación del país y de ambas regiones, se emplean los archivos en formato vectorial de la Dirección de Encuestas Estadísticas y Censos (DGEEC), como ser:

- Región Occidental y Oriental, y su división política: departamentos, distritos y ciudades;
- Recursos hídricos;
- Curvas de nivel;
- Vías de comunicación

En el software Monteverdi2 se realiza la **segmentación del mosaico**, proceso que consiste en la división de una imagen al agrupar los píxeles similares en aglomeraciones denominadas objetos, también llamados regularmente segmentos o polígonos basados en la similitud del espectro y la particularidad espacial (Baatz y Schappe, 2000). Esta operación de segmentación pretende distinguir si un píxel pertenece o no a un objeto de interés. Para este procedimiento de segmentación, primeramente se realiza la importación de cada sección o segmento del mosaico a segmentar utilizando la herramienta “*Segmentation*”, determinando ciertos criterios como: unidad mínima de segmentación 1 hectárea o 12 píxeles, número máximo de iteraciones en 100, radio espacial de 2 y rango espectral de 1.

Para este proceso, se puede emplear el software libre Quantum Gis (o QGis), cuya herramienta Estadísticas de zona permite el **cálculo de estadísticas zonales o mayoría por segmentos**:, que computa una estadística para cada zona definida por un conjunto de datos de zona, en base a los valores de otro conjunto de datos (una trama valor). Un valor de salida se calcula para cada zona en el conjunto de datos de zona de entrada.

Con los segmentos generados de las imágenes Landsat y la clasificación obtenida se procede a realizar el cálculo de mayoría (*Estadísticas de zona - mayoría*). En este caso, cada segmento es el límite para el cálculo de la mayoría.

La **edición visual y unión regional**, permite que los resultados obtenidos del cálculo de “*mayoría por segmentos*” se editen por medio de un análisis visual, utilizando como referencia las imágenes satelitales, con el propósito de detectar posibles errores en los cálculos estadísticos. Asimismo, se procede a la modificación de la tabla de atributos de la capa, modificando los segmentos a las clases correspondientes.

Finalmente, se integran mediante operaciones de geoprocésamiento (unión) todas las secciones de la grilla de los resultados de la clasificación previamente editadas, para componer el mapa final del año de análisis (o período), y se realizan las operaciones de cálculo de superficies por categoría o clase de cobertura.

Cabe mencionar, que la cobertura de bosque del año 2011 empleada como la línea base para la generación de los Mapas de cobertura y cambio de uso del período 2000 – 2005 – 2011 y 2011 – 2013 – 2015, se reemplazó por la cobertura de bosque del año 2015 como línea base para la elaboración de los Mapas de cambio de uso del período: 2015 – 2016 y 2016 - 2017. Esta modificación responde a una necesidad de actualización y mejoramiento para la generación de los nuevos Mapas de cobertura y cambio, al disponer de una cobertura de bosque generada a partir de la utilización de imágenes del satélite Landsat 8 OLI, que posee una mejor resolución radiométrica (traducida en un mayor número de bandas abarcando un rango mayor del espectro electromagnético) comparando con la del Landsat 5 TM.

Es así que, este hecho no afecta en lo que respecta a la cuantificación de la deforestación en el período 2015 – 2016 – 2017 en relación a la misma estimación en el período 2000 – 2015, puesto que la línea base corresponde a la categoría de “Bosque” identificada como tal mediante toma de muestras de entrenamiento que son distintas a las demás muestras que corresponden a la categoría de “Cambio”, por lo tanto se considera que la clasificación y valoración de estas coberturas son independientes entre sí.

Seguidamente se observan los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra, para los períodos de análisis 2015 – 2016 y 2016 – 2017, respectivamente



Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra de la República del Paraguay, período 2015 - 2016

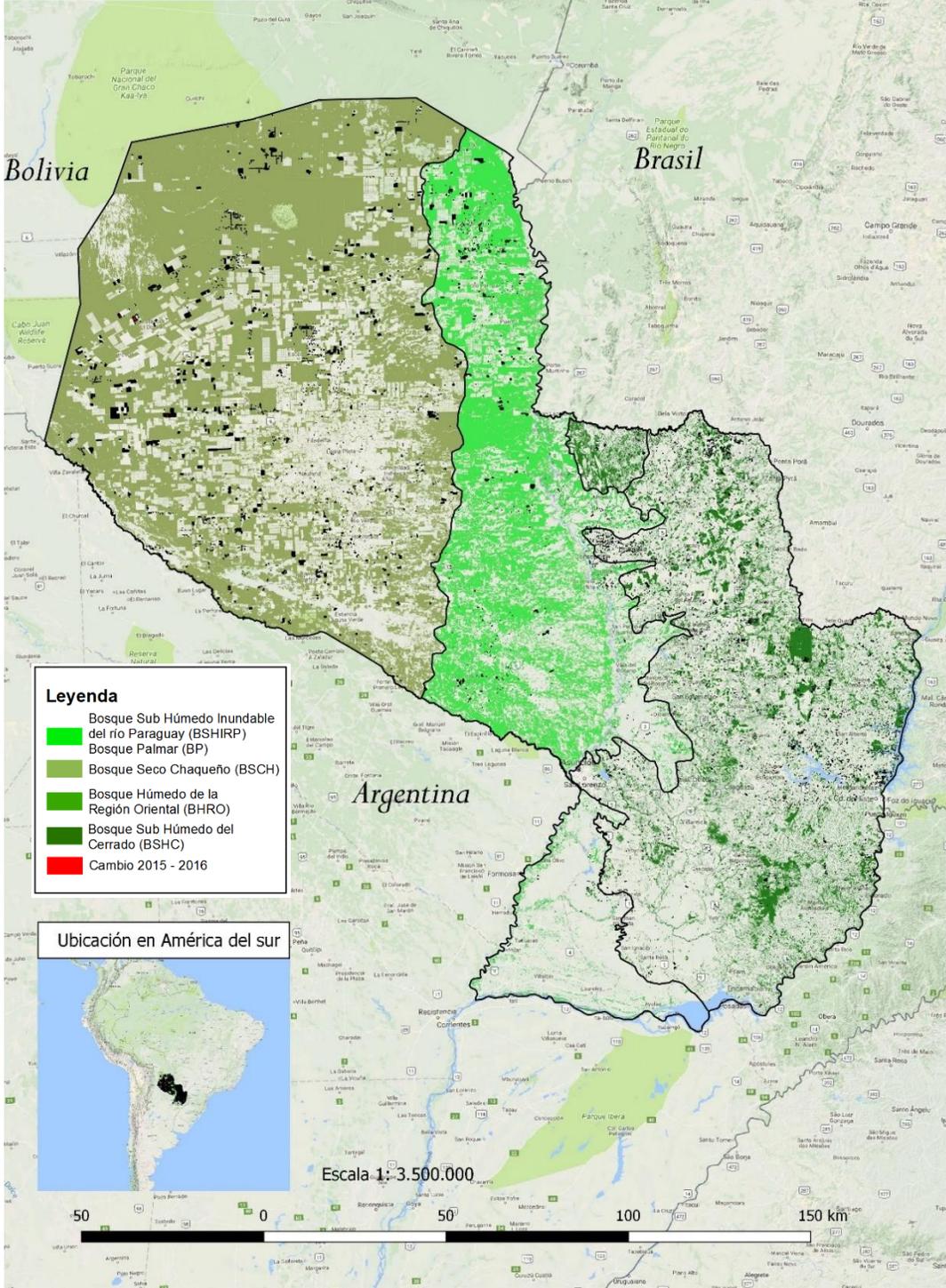


Figura 8. Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra del Paraguay, período 2015 – 2016.

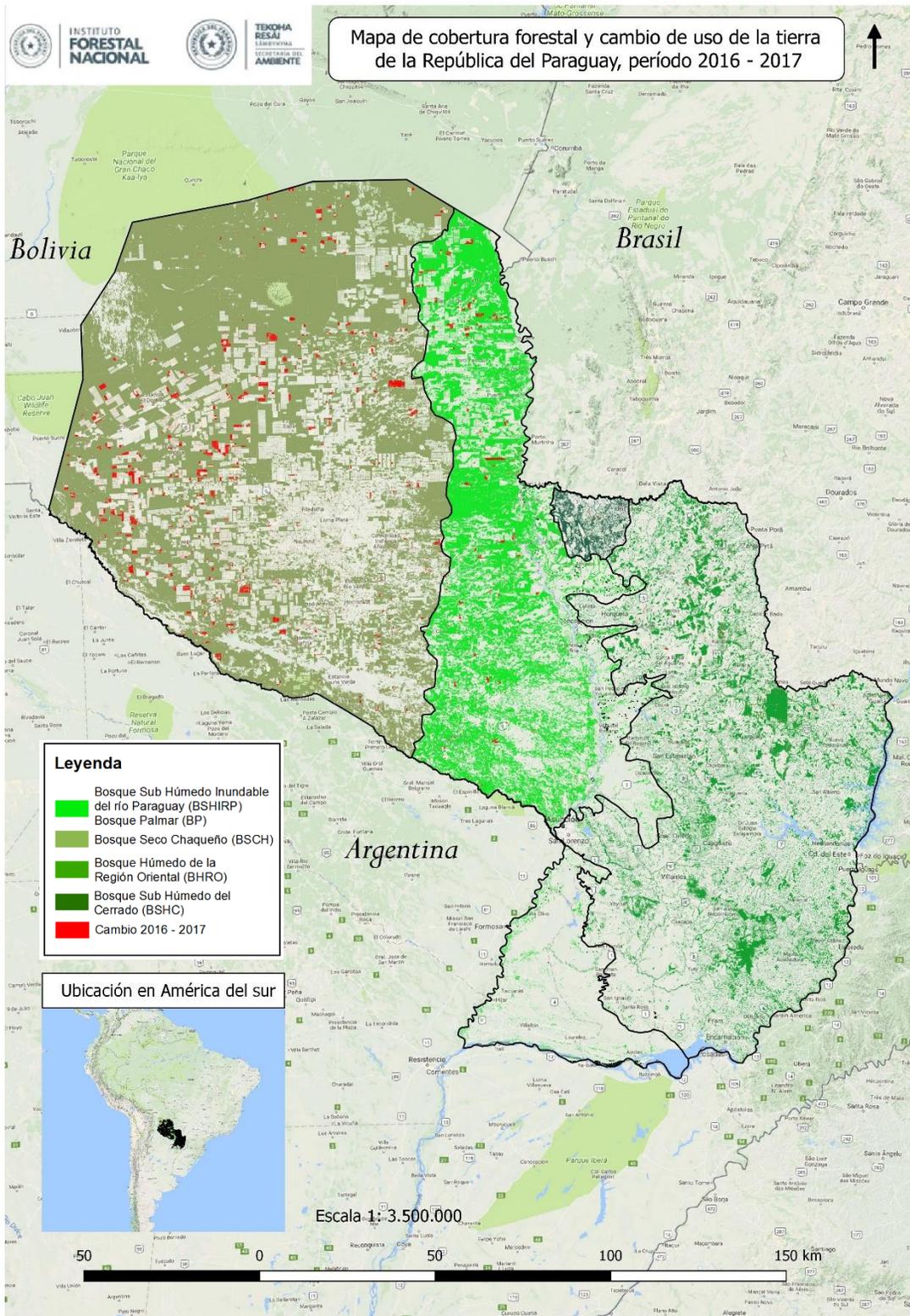


Figura 9. Mapa de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra del Paraguay: 2016 – 2017

En la Tabla 12, se presentan las cifras de la deforestación en el periodo de análisis (2015 – 2016 y 2016 - 2017), constituyendo valores sin sesgo resultantes de la ponderación basada en el análisis realizado para determinar la exactitud temática de los Mapas (ver Anexo II de este documento), y en la columna de la derecha los valores correspondientes al promedio en el período de análisis 2000 – 2015, para la construcción del NREF.

Tabla 12. Comparación de la deforestación (2015 – 2016 y 2016 - 2017) y el promedio en el período 2000 – 2015, por estrato de bosque nativo en hectáreas.

Estrato de bosque nativo	Superficie de deforestación 2015 - 2016 (ha)	Superficie de deforestación 2016 - 2017 (ha)	Superficie promedio de deforestación, período 2000 – 2015 (ha).
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	45.176	25.015	67.043,87
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	151.738	270.664	204.639,30
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	366	1.051	2.031,29
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP)/ B. Palmar (BP)	16.813	44.198	59.224,06
Total	214.093	340.928	332.938,52

10.2. Anexo II: Estimación de la incertidumbre asociada a los Mapas de cobertura forestal y cambio de uso de la tierra

El cálculo para la determinación de la confiabilidad de los Mapas de cambio de uso de la tierra, tanto del período 2015 – 2016 como del 2016 - 2017, arrojó un valor de **90,3%** y de **90,33%** de exactitud global respectivamente, la cual considera la superficie en hectáreas de las clases por estrato. Para más información al respecto, ver documentos Anexos de los Informes finales de la evaluación de exactitud temática (PNC ONU REDD+, 2016a y b).

Este proceso de validación oficial que culminó en el mes de octubre del año 2018, y lo realizó una institución no partícipe del proceso de generación, que es el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (anteriormente denominado: Secretaría del Ambiente - SEAM) como ya se mencionó en el capítulo 2 de Resumen de la construcción del NREF. Esta decisión se debe al propósito de asegurar la objetividad en la determinación de la confiabilidad del producto.

Es importante mencionar que, estos cálculos de determinación de la exactitud de ambos mapas se realizaron mediante un “muestreo probabilístico estratificado”. Este método consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica. Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple.

Es decir, se especifica la incertidumbre asociada a la identificación de las categorías de cobertura que corresponden a cada uno de los tipos de formación boscosa (estratos) del país: Bosque Húmedo de la región Oriental (BHRO), Bosque Seco Chaqueño (BSCH), Bosque sub húmedo del Cerrado (BSHC) y Bosque sub húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP).

A continuación, la descripción en detalle de la metodología empleada para la determinación de la incertidumbre asociada a los Mapas de cambio:

De acuerdo a Olofsson et al. (2014), para la validación de Mapas creados utilizando el enfoque OBIA (o denominada comúnmente, como segmentación), las unidades de muestras deben ser las mismas que los segmentos (polígonos), de esta forma las unidades son directamente comparables a los segmentos de los Mapas. También para reportar la exactitud temática de un Mapa, se debe incluir la matriz de error que incorpora la unidad de área de referencia en cada celda.

Es necesario contar con datos de referencia tanto para el entrenamiento de la clasificación como para la validación del mapa, estos datos son usualmente colectados a través de fotointerpretación o visitas de campo. La exactitud de estos datos de referencia es importante, ya que influenciará en el éxito de la clasificación. Cuando se ejecuta la validación (evaluación de la exactitud), los datos de referencia se asumen correctos, entonces cualquier discrepancia entre el Mapa de cobertura de la tierra y los datos de validación son asumidos como errores en el Mapa.

El primer paso antes de realizar el cálculo de la incertidumbre, fue analizar visualmente el Mapa e identificar los errores obvios mediante la comparación de los resultados obtenidos de la clasificación con lo observado en las imágenes satelitales utilizadas para el efecto. Este procedimiento permite una depuración o edición final de los resultados.

Al respecto, la metodología para la evaluación de exactitud de los Mapas de cambios de uso de la tierra, se basa en un diseño de muestreo probabilístico aleatorio, para lo cual se determinó un número mínimo de 50 muestras por categoría, debido a la heterogeneidad que presentan los datos. Teniendo en cuenta este enfoque, se estableció finalmente una cantidad de muestras específicas, para cada tipo de estrato de Bosque nativo y para cada una de las categorías o clases: “Bosque estable”, “No Bosque estable” y de “Cambio 2015 – 2016 y Cambio 2016 – 2017” (con el objetivo de evitar una sub representación de las mismas); totalizando 960 y 983 muestras para los Mapas de cada período, respectivamente.

En la siguiente Tabla, se detalla el número de muestras que corresponden a cada una de las tres categorías, considerando cada uno de los estratos de Bosque nativo correspondientes:

Tabla 13. Cantidad de muestras por clase y estrato de bosque nativo (Mapas 2015 – 2016 y 2016 - 2017)

Estrato de bosque	Clase por estrato	Mapa 2015 - 2016 Número de muestras	Mapa 2016 – 2017 Número de muestras
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	Bosque estable	147	151
	No bosque estable	108	113
	Cambio	50	50
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP)	Bosque estable	87	89
	No bosque estable	108	112
	Cambio	50	50
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	Bosque estable	52	52
	No bosque estable	52	53
	Cambio	50	50
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	Bosque estable	135	72
	No bosque estable	50	141
	Cambio	50	50

Considerando que la exactitud de los mapas elaborados utilizando el enfoque OBIA debe ser ponderada por la superficie de las unidades de referencia, se genera una segunda matriz de error que incorpora el área en cada celda (se reporta conjuntamente con la matriz de error tradicional).

Esta nueva matriz de error OBIA está establecida similarmente a la matriz de error tradicional, pero en lugar de que cada unidad de referencia tenga la misma ponderación, las celdas individuales reflejan el área total de las unidades de referencia que corresponden a esa celda (MacLean y Congalton, 2012).

El proceso de análisis de la exactitud temática permite determinar la confiabilidad del Mapa, identificando los errores más comunes en cuanto a omisión (no inclusión de segmentos que corresponden a una categoría) y comisión (cuando se asignan erróneamente segmentos que no

corresponden a la categoría). Técnicos profesionales del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, realizan la interpretación y análisis visual de cada uno de los segmentos seleccionados al azar (ver cantidad de segmentos por estrato en la Tabla 12); asignando en la matriz mismo número en caso de correspondencia entre la categoría asignada en el mapa y la observada en el análisis, por otro lado, se asigna el número de la categoría a la que debería corresponder en caso de comprobar que no corresponde la categoría del mapa con la identificada en la observación.

Más abajo en la figura 10, se observa un ejemplo común de errores encontrados en la evaluación de exactitud de los Mapas temáticos: en la imagen de la izquierda se presenta el error por omisión, en el que los segmentos de bosque no son incluidos (seleccionados en color celeste); y el error por comisión, en el que el segmento clasificado como bosque pertenece en realidad a otra categoría (imagen de la derecha, resaltado en el mismo color).

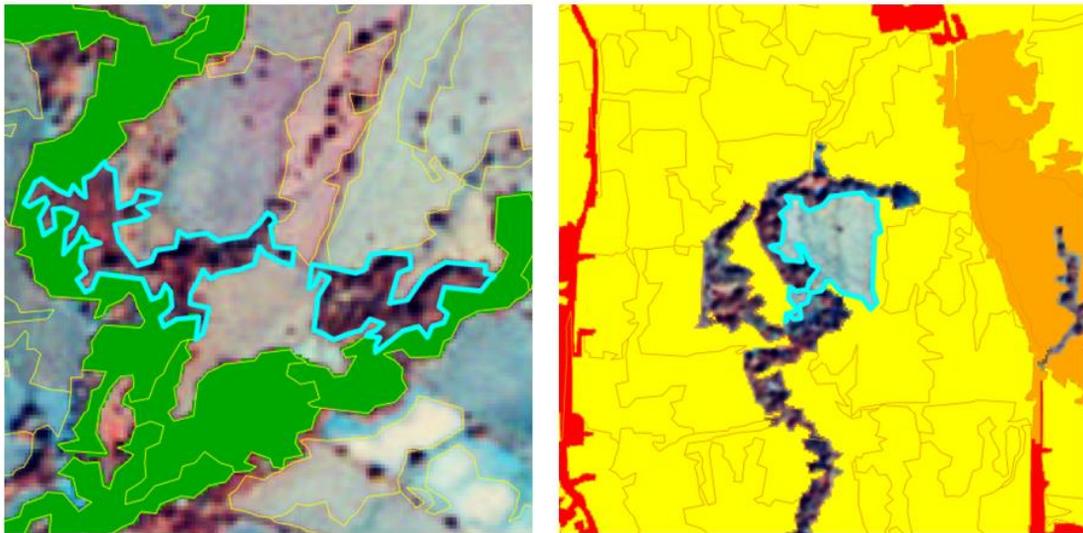


Figura 10. Error por omisión en la imagen de la izquierda, y error por comisión en la imagen de la derecha.

Con el detalle de las cifras insertadas en la matriz (correspondencia o no de las categorías asignadas a los segmentos observados), se determina la **exactitud del productor** para cada clase de cobertura, que constituye la relación de las observaciones clasificadas correctamente y el total de observaciones de referencia para esa categoría.

Mientras que, la **exactitud del usuario** se define como un índice que corresponde a la relación entre las observaciones asignadas correctamente y el total identificado para esa clase (incluidos los que se clasificaron de forma correcta como los mal clasificados), también se expresa en porcentaje.

En las tablas que siguen, se observan los valores correspondientes a la exactitud del usuario y del productor (en porcentaje) para cada clase o categoría y estrato de bosque nativo, determinados durante el proceso de evaluación de exactitud de los Mapas mencionados:

Tabla 14. Exactitud del usuario y productor en porcentaje, considerando la superficie de los segmentos del Mapa del período 2015 – 2016.

Estrato de bosque	Clase por estrato	Exactitud del usuario	Exactitud del productor
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	Bosque estable	98	87,1
	No bosque estable	83	93
	Cambio 2015 - 2016	84	99
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP)	Bosque estable	71	79,1
	No bosque estable	89	77
	Cambio 2015 - 2016	88	100
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	Bosque estable	84	69,7
	No bosque estable	83	75
	Cambio 2015 - 2016	56	100
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	Bosque estable	92	81,1
	No bosque estable	96	91
	Cambio 2015 - 2016	60	96

Tabla 15. Exactitud del usuario y productor en porcentaje, considerando la superficie de los segmentos del Mapa del período 2016 – 2017.

Estrato de bosque	Clase por estrato	Exactitud del usuario	Exactitud del productor
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	Bosque estable	95	87,7
	No bosque estable	83	83
	Cambio 2015 - 2016	70	97
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP)	Bosque estable	83	80,6
	No bosque estable	90	80
	Cambio 2015 - 2016	66	100
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	Bosque estable	94	58,9
	No bosque estable	78	88
	Cambio 2015 - 2016	51	100
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	Bosque estable	94	84,8
	No bosque estable	93	95
	Cambio 2015 - 2016	89	100

Finalmente, se determina la **exactitud global**, que corresponde al cociente entre la superficie total de los segmentos muestreados, y cuya categoría en los datos de referencia coincide con la del mapa, y el total de la superficie muestreada. Elevados valores de esta relación indican, en general,

un alto nivel de concordancia del mapa con la realidad. Por tratarse de una medida global y única de la cartografía, se ha generalizado su uso como primer indicador de calidad de los mapas.

En las Tablas 15 y 16, se presenta la comparación entre las cifras originales de los mapas empleados (con sesgo), y los valores ponderados resultantes de la estimación de la exactitud de los mismos; resaltando el incremento en la superficie de la categoría de “Bosque estable” y en la de “Cambio 2015 – 2016”, debido a la sub valoración de los segmentos analizados. Atendiendo a las cifras del Mapa del período 2016 – 2017, el valor ponderado de la categoría de “Bosque estable” es ligeramente superior al valor con sesgo; mientras que para las categorías de “No Bosque estable” y “Cambio 2016 – 2017”, las cifras ponderadas presentan una reducción en comparación con los valores del Mapa (con sesgo).

Tabla 16. Comparación de superficies con sesgo y ponderadas (sin sesgo) del período 2015 - 2016, a nivel país

Clase por estrato 2015 - 2016	Superficie con sesgo	Superficie ponderadas (sin sesgo)
Bosque estable	17.388.513,00	17.906.157,00
No Bosque estable	22.428.344,00	21.626.706,00
Cambio 2015 - 2016	165.808,00	214.093,00

Tabla 17. Comparación de superficies con sesgo y ponderadas (sin sesgo) del período 2016 - 2017, a nivel país.

Clase por estrato 2016 - 2017	Superficie con sesgo	Superficie ponderadas (sin sesgo)
Bosque estable	16.939.648,57	17.972.772,00
No Bosque estable	22.670.762,86	21.689.573,00
Cambio 2016 - 2017	392.862,17	340.928,00

10.3. Anexo III: Estimación de la incertidumbre asociada a los Factores de emisión (FE), por estrato de bosque nativo.

La metodología utilizada por el IFN para la colecta de información en el campo, se encuentra sistematizada en detalle en el Manual de Campo: procedimientos para la planificación, medición y registro de información del Inventario Forestal Nacional del Paraguay (FAO, 2015), y los detalles en cuanto al análisis y procesamiento de los datos se encuentran en el documento con el mismo nombre (PNC ONU REDD+, 2015b). Reseñas generales de ambos reportes, están disponibles en el Anexo III y IV del documento que contiene el detalle de la construcción del NREF del Paraguay (PNC ONU REDD+, 2016d).

Esta sección se enfoca en la sistematización del proceso de estimación de la incertidumbre asociada a los Factores de Emisión (FE) correspondientes a cada uno de los estratos de bosque nativo del país, y que fueron empleados tanto para la construcción del NREF como para la estimación de los resultados de REDD+ reportados para el período 2015 – 2016 - 2017.

Primeramente y a modo de introducción, es importante mencionar que una de las directrices para las buenas prácticas establece que las estimaciones deben ser precisas, sin embargo, no especifica un nivel de precisión determinado. La incertidumbre se evalúa como apoyo para priorizar los esfuerzos que se dedican a incrementar la precisión de los inventarios a futuro y a orientar las decisiones sobre la elección de la metodología más adecuada. Asimismo, es fundamental para examinar el grado de coincidencia entre los inventarios nacionales y las estimaciones que han sido realizadas por otros organismos en cuanto a las emisiones y las absorciones o que se han calculado aplicando otra metodología (IPCC 2003).

Esta misma fuente del IPCC menciona que, tanto las estimaciones de las emisiones como los márgenes de incertidumbre se derivarían de datos medidos específicos de cada fuente, sin embargo no es práctico medir de este modo todas las fuentes de emisiones, de esta forma las estimaciones suelen basarse en las características conocidas de fuentes típicas consideradas representativas de la población. Esto introduce otras incertidumbres, porque debe suponerse que la población de esas fuentes se comporta, en término medio, como las fuentes que han sido cuantificadas.

Es así que, la incertidumbre se define como la falta de conocimiento del verdadero valor de un parámetro. En tal sentido, la identificación y cuantificación correcta de las diversas fuentes de incertidumbre ayudan a evaluar la solidez de cualquier inventario de GEI (incluidas las estimaciones en el marco de REDD+) y priorizar los esfuerzos para su posterior implementación. En el contexto de contabilidad, la información sobre la incertidumbre también puede usarse para formular estimaciones de REDD+ conservadoras, a fin de asegurar que no se sobrestimen las reducciones de las emisiones o los aumentos de las absorciones.

La incertidumbre consta de dos componentes:

El sesgo o error sistemático, que afecta la falta de exactitud se produce, por ejemplo, debido a falencias en las mediciones o en los métodos de muestreo, o bien debido al uso de un FE que no es el adecuado.

El error aleatorio o la falta de precisión, es una variación aleatoria por encima o por debajo de un valor medio. No puede evitarse totalmente pero puede reducirse, por ejemplo, aumentando el tamaño de la muestra.

Los errores sistemáticos deben evitarse en lo posible, o cuantificarse posterior al proceso y eliminarse. Las incertidumbres que derivan de errores aleatorios tienden a cancelarse entre sí a niveles más altos de agregación. Por ejemplo, las estimaciones a niveles nacionales (p. ej., biomasa total, área forestal total) generalmente⁹ tienen un impacto más bajo a partir de los errores aleatorios que las estimaciones a nivel regional.

La incertidumbre asociada al contenido de carbono puede deberse, tanto por errores aleatorios como por errores sistemáticos, pero con frecuencia es difícil distinguir entre los dos.

De esta forma, la exactitud se define como la coincidencia entre las estimaciones y los valores exactos o verdaderos. Mientras que la precisión representa la coincidencia entre mediciones o estimaciones repetidas.



Figura 11. Tipos de errores en estadística.

Fuente: Materiales de capacitación sobre REDD+ de GOFC-GOLD, Universidad de Wageningen, FCPF del Banco Mundial

⁹ Asumiendo que las áreas más grandes tienen tamaños de muestras más grandes que, a su vez, tienden a una mayor precisión y menor incertidumbre. Sin embargo, en el caso de un área más pequeña y un área más grande con el mismo tamaño de muestra, el área más pequeña probablemente tendría mayor precisión y menor incertidumbre, debido a que es probable que sea más homogénea. Por lo tanto, es importante el tamaño de la muestra, no el tamaño del área.

El estudio estadístico de las mediciones, permite arrojar la tendencia central de las medidas y su dispersión. De esta manera, las medidas de tendencia central son medidas estadísticas que pretenden resumir en un solo valor a un conjunto de valores. Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos. Las medidas de tendencia central más utilizadas son: media, mediana y moda. Las medidas de dispersión en cambio miden el grado de dispersión de los valores de la variable. Dicho en otros términos las medidas de dispersión pretenden evaluar en qué medida los datos difieren entre sí. De esta forma, ambos tipos de medidas usadas en conjunto permiten describir un conjunto de datos entregando información acerca de su posición y su dispersión.

Representación absoluta y relativa de la incertidumbre

Es una buena práctica obtener intervalos de confianza aplicando un método cuantitativo a los datos existentes. Los mismos, a un nivel de confianza determinado proporcionan una base mínima para una estimación cuantitativa simple de la incertidumbre. Para seguir siendo compatibles con la Orientación de las Buenas Prácticas del año 2000, las incertidumbres se deben estimar con un 95% de límite de confianza, utilizando incertidumbres componentes evaluadas mediante un dictamen de expertos para llegar a una confianza del 95% cuando la cuantificación no es posible de otro modo (IPCC; 2003). Al respecto, el intervalo de confianza del 95% fue considerado para la estimación de la incertidumbre asociada a los Factores de emisión utilizados.

El error estándar es la desviación estándar de la distribución de la muestra de un estadístico. Básicamente, el error estándar de la media consiste en el error debido a la estimación de la media poblacional a partir de las medias de muestreo. También se estimó el error estándar porcentual. A continuación, se observa las fórmulas empleadas:

Error estándar ($S\bar{x}$)

$$S\bar{X} \pm = \sqrt{\frac{S_e^2}{M} + \frac{S_d^2}{n}}$$

Error estándar $S\bar{x}\%$

$$S\bar{X}\% \pm = \frac{S\bar{X} * 100}{\bar{x}_j}$$

Considerando que el análisis de la incertidumbre es un recurso para priorizar los esfuerzos nacionales destinados a reducir las incertidumbres de los inventarios a futuro y para encaminar decisiones sobre metodologías a emplear. Por este motivo, los métodos utilizados para determinar los valores de incertidumbre deben ser prácticos, científicamente comprobables y sólidos.

Como se observa en la Tabla 18, los resultados de incertidumbre asociada a los Factores de emisión corresponden al carbono de la Biomasa viva (arriba del suelo, debajo del suelo y

sotobosque), que fue considerado para la construcción del NREF y para la estimación de los resultados de emisión de CO₂ contenido en el presente Anexo Técnico.

La diferencia en los valores y en la incertidumbre asociada, se debe principalmente a que los resultados reportados para el depósito de Biomasa viva corresponden a valores preliminares (a excepción del estrato de Bosque Húmedo de la región Oriental – BHRO) procedentes del levantamiento de un número inferior de unidades de muestreo (UM) previstas. Es por ello, que la incertidumbre que corresponde a la ponderación de los valores de los estratos del Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay y del Bosque Palmar es más alta en relación a la reportada para los demás estratos de bosque, mencionando además que la del sotobosques es levemente más elevada que las equivalentes a la de Biomasa arriba del suelo y bajo el suelo.

Por lo tanto, es de esperar que los resultados finales derivados del procesamiento de la información colectada en el número total de UM, arrojen cifras distintas con su correspondiente menor incertidumbre asociada (mayor representatividad de acuerdo al tamaño de la muestra determinado).

Tabla 18. Incertidumbre en porcentaje, por depósito de Biomasa viva y por estrato. Fuente: datos del Programa Nacional Conjunto ONU REDD+ (2015b).

Estrato de bosque nativo	Incertidumbre % Carbono Biomasa árboles vivos	Incertidumbre % Carbono Biomasa sotobosque	Incertidumbre % Carbono Biomasa bajo el suelo
Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO)	7,27	16,74	5,97
Bosque Seco Chaqueño (BSCH)	6,19	12,38	6,38
Bosque Sub Húmedo del Cerrado (BSHC)	7,31	12,45	7,31
Bosque Sub Húmedo Inundable del río Paraguay (BSHIRP)/ B. Palmar (BP)	13,95	13,82	23,39