



Reporte de Verificación del Informe de Indicadores 2020 y 2021 para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático de Uruguay

Mayo 2023



Reporte de Verificación del Informe de Indicadores 2020 y 2021 para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático de Uruguay

Todos los derechos reservados © 2023.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este reporte puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida de ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de otro modo, sin autorización previa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo es el principal organismo de las Naciones Unidas dedicado a poner fin a la injusticia de la pobreza, la desigualdad y el cambio climático. Trabajamos con nuestra extensa red de expertos y aliados en 170 países para ayudar a las naciones a construir soluciones integradas y duraderas para las personas y el planeta.



Introducción

En virtud de la firma del Acuerdo para la prestación de servicios de desarrollo de fecha 19 de setiembre de 2022 (en adelante, el Acuerdo), el Gobierno de la República Oriental del Uruguay solicitó al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que cumpla el rol de verificador externo de los indicadores claves de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) incorporados en el Marco para la emisión de Bonos Indexados a Indicadores de Cambio Climático¹ (BIICC) publicado en setiembre de 2022.

El PNUD ha realizado el proceso de verificación de los KPI 1 y KPI 2 presentados en el Informe de Indicadores para el BIICC para 2020 y 2021 (INI 2020-2021) de fecha abril de 2023, y calculados en base al Informe de Emisiones para el BIICC (IEM-BIICC serie temporal 1990-2021, en adelante IEM-BIICC) y al Informe de Bosque Nativo para el BIICC (IBN 2021)².

Los informes INI 2020-2021, IEM-BIIC e IBN 2021 fueron proporcionados al PNUD por el Gobierno de Uruguay entre enero y abril de 2023, de acuerdo al cronograma previsto, junto con los siguientes documentos y archivos:

- Base de datos con la información necesaria para el cálculo de los indicadores;
- Nota metodológica de la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para la elaboración del IEM-BIICC;
- Planillas auxiliares del IEM-BIICC (planillas de control de la calidad, recálculos y planillas sectoriales);
- Estimaciones de emisiones del KPI 1 incluidas en el software de inventario del IPCC v 2.691;
- Informe de Metodología y Resultados de la Cartografía de Bosque Nativo 2021;
- Informe de Validación de la Cartografía de Bosque Nativo de Uruguay creado a partir de imágenes Sentinel 2021;
- Archivo formato Shapefile de cartografía de bosque nativo 2021 con Sentinel.
- Metodología aplicada para la elaboración del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Sentinel³ y con imágenes Landsat 8⁴;
- Metodología y resultados de la validación del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Sentinel⁵ y con imágenes Landsat 8⁶;
- URU/10/G31-486: Informe Final-Actualización Cartografía Nacional Forestal (2012);

¹ Disponible en: http://sslburuguay.mef.gub.uy/innovaportal/file/30690/20/uruguay_sslb_framework_2.pdf

² Disponibles en: <http://sslburuguay.mef.gub.uy/30705/21/areas/metodologia-de-reportes-y-reporte-anual-de-biicc.html>

³ Disponible en: [Sentinel_2_Metodologia_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD+_UY_0.pdf](http://www.gub.uy/Sentinel_2_Metodologia_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD+_UY_0.pdf) (www.gub.uy)

⁴ Disponible en: [Landsat_8_Metodologia_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD+_UY.pdf](http://www.gub.uy/Landsat_8_Metodologia_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD+_UY.pdf) (www.gub.uy)

⁵ Disponible en: [Metodologia_y_resultados_de_la_validacion_del_mapa_de_cobertura_de_bosque_nativo_de_Uruguay_para_el_año_2016](http://www.gub.uy/Metodologia_y_resultados_de_la_validacion_del_mapa_de_cobertura_de_bosque_nativo_de_Uruguay_para_el_año_2016) | Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (www.gub.uy)

⁶ Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/metodologia-resultados-validacion-del-mapa-cobertura-bosque-nativo-0>



El Gobierno de Uruguay es responsable de la elaboración del INI 2020-2021, del IEM-BIICC serie temporal 1990-2021, del IBN 2021 y de los demás documentos, base de datos y archivos entregados al PNUD.

Como se establece en el Acuerdo, el Gobierno de Uruguay garantiza al PNUD la exactitud, integridad, calidad, veracidad y completitud de todos los datos técnicos, archivos, documentación, datos de prueba, resultados de muestra, reportes de emisión, bases de datos y planillas de datos, cálculos de los valores de los KPI, fichas técnicas, así como toda otra información y materiales puestos a disposición del PNUD bajo el Acuerdo.

Alcance de la verificación

La verificación comprende los indicadores de desempeño KPI 1 y KPI 2 incorporados en el Marco para la emisión del BIICC publicado en setiembre de 2022 e incluidos en el INI 2020-2021 de abril de 2023 preparado por el Gobierno de Uruguay:

KPI 1: Reducción de emisiones agregadas de CO₂, N₂O y CH₄ expresadas en CO₂ equivalente por unidad de PIB real con respecto al año de referencia 1990 (en %). Para el cálculo de este KPI se utilizan las emisiones reportadas en el Informe de Emisiones (IEM) de diciembre de 2022, que considera exclusivamente las emisiones correspondientes a los gases, sectores, categorías y fuentes estimadas y reportadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) 2012, sobre las cuales se estableció el compromiso de reducción de intensidad de emisiones de la primera Contribución Determinada a Nivel Nacional presentada en 2017. Para el PIB se utiliza la última serie oficial publicada por el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) del Banco Central del Uruguay (BCU), retropolada al año 1990 por el método de la tasa de variación como técnica estadística de empalme.

KPI 2: Mantenimiento del área de bosque nativo (en hectáreas) con respecto al año de referencia 2012 (en %). Para el cálculo de este KPI se utilizan las superficies reportadas en el IBN 2021 de diciembre de 2022 que surgen de una cartografía de bosque nativo elaborada a partir de imágenes satelitales Sentinel 2.

Metodología de verificación

La revisión técnica del IEM-BIICC serie temporal 1990-2021 de CO₂, CH₄ y N₂O de los Sectores Energía, Procesos Industriales, Agricultura y Desechos, se realiza acorde a la metodología de la Guía para la revisión por pares de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), específicamente concluyendo sobre:

- i. la adherencia a las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para la elaboración de los INGEI;
- ii. si se satisfacen los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8 (UNFCCC, 2002), 2/CP.17 (UNFCCC, 2011) y 18/CMA.1 (UNFCCC, 2018), cuando apliquen;



- iii. la calidad del reporte de emisiones, evaluada principalmente a través del examen de los principios de inventario, transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad, y exactitud (TECCE), establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas incorporadas en las Directrices del IPCC de 2006;
- iv. la pertinencia y calidad de la revisión de los valores históricos de las emisiones de GEI, derivados de ajustes en los inventarios, incluyendo fuentes de datos adicionales y recálculos por mejoras metodológicas.

La revisión técnica del Informe de Bosque Nativo (IBN 2021) se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

- i. la adherencia a las Directrices del IPCC de 2006, en particular el Capítulo 3 (Representación coherente de las tierras) del Volumen 4 (AFOLU) de las Directrices 2006 del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI);
- ii. La coherencia con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI); y
- iii. La calidad del informe sobre área de bosque nativo en el marco de los principios TECCE, establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas del IPCC 2000 y 2003 e incorporados también en el IPCC 2006 GL. La coherencia incluye la evaluación de la coherencia en la metodología, las definiciones y la exhaustividad entre el cálculo del área de bosque nativo del año base y los años (Año t) del período reportado en el informe que está siendo verificado.

Para cada KPI se verifica la aplicación de la metodología de cálculo establecida en el marco de emisión del BIICC, presentada en forma detallada en las fichas técnicas correspondientes: Ficha Técnica para KPI-1⁷, Ficha Técnica para serie de PIB real⁸ y Ficha Técnica para KPI-2⁹.

Declaración de Competencia e Independencia

La verificación se llevó a cabo entre enero y mayo de 2023 por un equipo calificado y multidisciplinario de expertos del PNUD con amplia experiencia en revisión técnica de INGEl, estimación de cambio de superficies forestales y revisión de niveles de referencia de emisiones forestales.

Se cumplió con los requerimientos de independencia, imparcialidad y demás requerimientos éticos establecidos en el Código de Ética del PNUD, basado en los principios de integridad, responsabilidad, transparencia, profesionalismo, respeto mutuo y orientación a resultados.

⁷ Disponible en: [ficha-tecnica-co2-equivalente-espanol.pdf \(mef.gub.uy\)](#)

⁸ Disponible en: [ficha-tecnica-pbi-real-espanol.pdf \(mef.gub.uy\)](#)

⁹ Disponible en: [ficha-tecnica-bosque-nativo-espanol.pdf \(mef.gub.uy\)](#)



Actividades realizadas

Para el KPI 1 se realizó la revisión técnica de las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄ del KPI 1 conforme a la metodología de la Guía para la revisión por pares de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Se analizaron los siguientes documentos proporcionados por el Gobierno de Uruguay: IEM serie temporal 1990-2021, base de datos con la información necesaria para el cálculo de los indicadores; nota metodológica de la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para la elaboración del IEM; planillas auxiliares del IEM (planillas de control de la calidad, recálculos y planillas sectoriales) y estimaciones de emisiones del KPI 1 incluidas en el software de inventario del IPCC v 2.691.

Se realizó la revisión del cálculo del indicador KPI 1 contenido en el INI 2020 2021, replicando su cálculo conforme a la metodología descrita en la ficha técnica del KPI 1, Intensidad de emisiones agregadas brutas de GEI/PIB. Para la revisión del PIB, se replicó su cálculo utilizando la metodología descrita en la Ficha técnica Serie del Producto Interno Bruto Real de Uruguay a precios constantes desde 1990. Se realizaron consultas virtuales con los responsables de la elaboración de los informes del Grupo de Trabajo INGEI y del Grupo de Trabajo pMRV del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático.

Para el KPI 2 se realizó la revisión y análisis de los documentos IBN 2021 y documentos y archivos relacionados proporcionados por el Gobierno de Uruguay : Informe de Metodología y Resultados de la Cartografía de Bosque Nativo 2021; Informe de Validación de la Cartografía de Bosque Nativo de Uruguay a partir de imágenes Sentinel 2021; Archivo formato Shapefile de cartografía de bosque nativo 2021 con Sentinel; Metodología aplicada para la elaboración del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Sentinel 2 y con imágenes Landsat 8; Metodología y resultados de la validación del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Sentinel y con imágenes Landsat 8; Informe Final-Actualización Cartografía Nacional Forestal (2012).

Se realizó la revisión del cálculo de indicador KPI 2 para el año 2021 contenido en el INI 2020 2021, conforme a la ficha técnica del KPI 2. Se realizaron consultas a los expertos nacionales involucrados en el cálculo del KPI-2 durante la misión realizada al país por los expertos revisores entre los días 27 de febrero y 3 de marzo de 2023, que incluyó una visita de campo.

Los informes de la revisión técnica del IEM-BIICC, IBN e INI se presentan en los Anexos¹⁰ de este reporte.

¹⁰ Anexos:

- Revisión técnica del Informe de Emisiones de gases de efecto invernadero (IEM-BIICC) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay
- Revisión técnica del Informe de Bosque Nativo (IBN) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-2 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay.



Resultados de la verificación

KPI-1

Tanto los arreglos institucionales de coordinación interministerial (Grupos de Trabajo BIICC, pMRV e INGEI) como las estimaciones de emisiones de la serie 1990-2021 para el cálculo del KPI 1 (sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos), así como los ajustes realizados por la inclusión de fuentes de datos adicionales y recálculos por mejoras metodológicas se adhieren completamente a las buenas prácticas de las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los INGEI.

Tanto el informe IEM BIICC serie temporal 1990-2021 como la estimación de las emisiones de la serie 1990-2021 para el cálculo del KPI-1 (sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos) cumplen con los principios de calidad en cuanto a la Transparencia, Exhaustividad, Coherencia, Comparabilidad, y Exactitud, establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas incorporadas en las Directrices del IPCC de 2006.

El sistema de control de calidad (CC) aplicado al indicador sigue procedimientos de control de calidad rigurosos para cada uno de los parámetros, datos de actividad y factores de emisión utilizados, identificando errores de cálculo que son corregidos antes de la presentación de las estimaciones de emisiones de GEI utilizadas en el KPI 1. Para cada una de las categorías de emisiones incluidas en el indicador, se analiza la consistencia de la serie temporal como parte del proceso de CC, donde se corroboran exhaustivamente los valores de las planillas auxiliares con los datos originales respecto a los datos extraídos del Software del IPCC, para toda la serie temporal. Se comparan cada uno de los datos de actividad, parámetros y factores de emisión respecto a la fuente de datos originales, planillas auxiliares de donde fueron extraídos dichos datos y otras fuentes originales para cada año de la serie histórica. Se analizan posibles errores e inconsistencias en los datos y parámetros de toda la serie que, en caso de encontrarse, son modificados y reportados en la planilla de recálculos correspondiente siguiendo las buenas prácticas de las Directrices del IPCC de 2006.

El IEM BIICC serie temporal 1990-2021 cumple completamente con los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1¹¹ cuando aplican.

Todas las cuestiones se resolvieron a través de una serie de consultas con los compiladores del INGEI que demostraron un perfecto conocimiento de los estándares de calidad necesarios en la compilación de inventarios de GEI y que las emisiones se estiman utilizando los mejores datos disponibles.

De acuerdo con los procedimientos de revisión efectuados, no se han detectado deficiencias en la aplicación de la metodología para el KPI 1 ni en el cálculo del PIB real.

¹¹ La decisión 18/CMA.1 aplica a partir de diciembre 2024.



KPI-2

Para la estimación del área de bosque nativo de 2021, se considera que las fuentes de información y los métodos aplicados fueron adecuados y los datos son completos y coherentes.

Desde el punto de vista de la transparencia, el IBN 2021 presenta informaciones completas acerca de los datos de actividad y métodos utilizados para el cálculo de las estimaciones del área de bosque nativo, incluyendo i) el mapa con la distribución de los puntos de muestreo y tabla con la cantidad de puntos por clase de bosque; ii) el diagrama con explicaciones de cada uno de los pasos y principales parámetros utilizados para la clasificación de las áreas de no-bosque y diferentes tipos de bosque nativo; y iii) las explicaciones detalladas de los métodos utilizados para la diferenciación entre plantaciones forestales y bosque nativos, incluyendo ejemplos de la interpretación visual.

Con respecto a la coherencia, mediante los reportes presentados, el gobierno de Uruguay demostró que la diferencia entre las áreas de 2012 y 2021 no resulta de diferencias de sensores y métodos utilizados, ya que el área de bosque nativo estimada en 2021 utilizando Sentinel está dentro del intervalo de confianza (o margen de error) de la estimación utilizando Landsat.

En términos generales los datos de actividad (i.e. área de bosque nativo, en hectáreas), métodos aplicados para la estimación del área en el año base (2012) y el informe del año 2021, relacionados al KPI-2, pueden ser considerados adecuados, coherentes, completos y transparentes.

Como resultado de la evaluación se puede concluir que el Informe de Bosque Nativo (IBN) y el Informe de Indicadores (INI) para el KPI-2 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay:

- Tienen adhesión a las mejores prácticas internacionales para la estimación del cambio de la superficie forestal a lo largo del tiempo, en particular sobre la aplicación de técnicas de sensoriamiento remoto y representación coherente de la tierra, tal como figuran en las disposiciones relevantes de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y la Guía de Buenas Prácticas del IPCC de 2003;
- son coherentes con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI); y
- siguen los principios TECCE (Transparencia, Exactitud, Coherencia, Comparabilidad y Exhaustividad) establecidos por el IPCC.



Conclusiones

En opinión del PNUD, los KPI 1 y KPI 2 presentados en el Informe de Indicadores para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático para 2020 y 2021 han sido preparados acorde a las metodologías establecidas en el Marco para la emisión de Bonos Indexados a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay.

Tanto el KPI 1 como el KPI 2 adhieren a la metodología y buenas prácticas establecidas en las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. El KPI 2 es coherente con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI).

El Informe de Emisiones, el Informe de Bosque Nativo y el Informe de Indicadores cumplen con los principios de calidad en cuanto a la Transparencia, Exhaustividad, Coherencia, Comparabilidad, y Exactitud establecidos por el IPCC.

Uruguay presentó el Informe de Emisiones, el Informe de Bosque Nativo y el Informe de Indicadores cumpliendo con la frecuencia y oportunidad establecidos en el Marco para la emisión del BIICC.

Los arreglos institucionales de coordinación interministerial a través de los Grupos de Trabajo BIICC, pMRV e INGEI del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático proporcionan un diseño robusto para la operacionalización del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático.

Por PNUD

DocuSigned by:

Jose Cruz Osorio

B0AA129B8409447...

José Cruz Osorio

Director del Centro Regional del PNUD para América Latina y el Caribe
Ciudad de Panamá, 12 de mayo de 2023



ANEXOS

Reporte de Verificación del Informe de Indicadores
2020 y 2021 para el Bono Indexado a Indicadores
de Cambio Climático de Uruguay

Mayo 2023



Revisión técnica del Informe de Emisiones de gases de efecto invernadero (IEM-BIICC) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay

Mayo 2023



Revisión técnica del Informe de Emisiones de gases de efecto invernadero (IEM-BIICC) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay

Todos los derechos reservados © 2023.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Paraguay 1470 - Piso 5.

CP: 11100, Montevideo, Uruguay

Equipo revisor para la revisión técnica del Informe de Emisiones de gases de efecto invernadero para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (IEM-BIICC): María José López (Aspectos transversales y sectoriales), Juan L. Martín (Energía, procesos industriales y desechos) y Marcelo Rocha (Agricultura).

Equipo revisor para la revisión técnica del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay: María José López, Juan L. Martín y Yannis Robles, Gauss International Consulting.

Primera edición, mayo de 2023.

El presente informe abarca la revisión técnica Informe de Emisiones de gases de efecto invernadero para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (IEM-BIICC) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1 y forma parte de los documentos técnicos utilizados para la preparación del Reporte de Verificación del Informe de Indicadores 2020 y 2021 para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático de Uruguay, elaborado por el PNUD.

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este reporte puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida de ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de otro modo, sin autorización previa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo es el principal organismo de las Naciones Unidas dedicado a poner fin a la injusticia de la pobreza, la desigualdad y el cambio climático. Trabajamos con nuestra extensa red de expertos y aliados en 170 países para ayudar a las naciones a construir soluciones integradas y duraderas para las personas y el planeta.



Contenido

Resumen ejecutivo.....	4
Antecedentes	7
Alcance	7
Metodología de la revisión técnica.....	9
Adherencia a las Directrices del IPCC de 2006	14
Examen de los principios de inventario TECCE	18
Cumplimiento de los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1.....	20
Conclusiones de la revisión	22



Resumen ejecutivo

La República Oriental del Uruguay ha solicitado al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que cumpla el rol de verificador externo de los KPI (“KPI” por sus siglas en inglés-Key Performance Indicators) del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC).

El KPI 1:

- presenta la intensidad de emisiones agregadas brutas de gases de efecto invernadero (GEI)/PIB, que se utiliza para evaluar la reducción de las emisiones agregadas de CO₂, N₂O y CH₄ expresadas en CO₂ equivalente por unidad de PIB real con respecto al año 1990;
- considera exclusivamente las emisiones correspondientes a los gases, sectores, categorías y fuentes estimadas y reportadas en el inventario nacional de gases de efecto invernadero 1990-2012 (INGEI 2012), sobre las cuales se estableció el compromiso de reducción de intensidad de la primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN) en 2017;
- agrega por unidad de PIB, las emisiones de los gases de efecto invernadero CO₂, N₂O y CH₄ bajo la métrica de Potencial de calentamiento global (GWP) a 100 años establecida en el quinto Informe de evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).

Para el cálculo del KPI 1 se utilizan las emisiones reportadas en el Informe de Emisiones (IEM) de diciembre de 2022, que considera exclusivamente las emisiones correspondientes a los gases, sectores, categorías y fuentes estimadas y reportadas en el INGEI 2012, sobre las cuales se estableció el compromiso de reducción de intensidad de emisiones de la primera contribución nacionalmente determinada (CDN) en 2017.

Para el PIB se utiliza la última serie oficial publicada por el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) del Banco Central del Uruguay (BCU), retropolada al año 1990 por el método de la tasa de variación como técnica estadística de empalme. El PIB tiene base 2016, y se realizó por parte del Ministerio de Economía y Finanzas una retropolación de la serie entre 1990 y 2015 utilizando como fuente la información pública disponible de Cuentas Nacionales publicada por el BCU.

Este documento presenta los resultados de la revisión técnica del Informe de Emisiones (IEM-BIICC) de CO₂, CH₄ y N₂O de los Sectores Energía, Procesos Industriales, Agricultura y Desechos, y de la revisión técnica del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1.

Para la revisión técnica del Informe de Emisiones (IEM-BIICC) se siguió la metodología de la Guía para la revisión por pares de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y específicamente se concluyó sobre:



- i) la adherencia a las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los INGEI;
- ii) si se satisfacen los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1 cuando aplique;
- iii) la calidad del reporte de emisiones, evaluada principalmente a través del examen de los principios de inventario transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad, y exactitud (TECCE), establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas incorporadas en las Directrices del IPCC de 2006;
- iv) la pertinencia y calidad de la revisión de los valores históricos de las emisiones de GEI, derivados de ajustes en los inventarios, incluyendo fuentes de datos adicionales y recálculos por mejoras metodológicas.

La revisión técnica de las estimaciones de emisiones de GEI para la serie 1990-2021 por los sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos del KPI 1 fue realizada durante los meses de enero a marzo de 2023, utilizando los materiales siguientes:

- Informe de Emisiones para el BIICC (IEM-BIICC) preparado por el Grupo INGEI del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad (SNRCC);
- Informe de Indicadores para el BIICC (INI-BIICC) que contiene el cálculo del KPI-1, realizado por el Grupo pMRV (programación, Monitoreo, Reporte, y Verificación) del SNRCC;
- Nota metodológica de la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para la elaboración del IEM-BIICC (de ahora en adelante, "nota metodológica");
- Planillas auxiliares (planillas de control de la calidad, recálculos y planillas sectoriales);
- Las estimaciones de emisiones del KPI 1 incluidas en el software de inventario del IPCC v 2.691.

Y permite concluir que:

- Tanto los arreglos institucionales de coordinación interministerial como las estimaciones de emisiones de la serie 1990-2021 para el cálculo del KPI 1 (sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos), así como los ajustes realizados por la inclusión de fuentes de datos adicionales y recálculos por mejoras metodológicas se adhieren completamente a las buenas prácticas de las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los INGEI.
- Tanto el informe (IEM-BIICC) como la estimación de las emisiones de la serie 1990-2021 para el cálculo del KPI 1 (sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos)



cumplen con los principios de calidad en cuanto a la transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud.

- El sistema de control de calidad (CC) aplicado al indicador sigue procedimientos de control de calidad rigurosos para cada uno de los parámetros, datos de actividad y factores de emisión utilizados, identificando errores de cálculo que son corregidos antes de la presentación de las estimativas de emisiones de GEI utilizadas en el KPI 1. Para cada una de las categorías de emisiones incluidas en el indicador, se analiza la consistencia de la serie temporal como parte del proceso de CC, donde se corroboran exhaustivamente los valores de las planillas auxiliares con los datos originales respecto a los datos extraídos del Software del IPCC, para toda la serie temporal. Se comparan cada uno de los datos de actividad, parámetros y factores de emisión respecto a la fuente de datos originales, planillas auxiliares de donde fueron extraídos dichos datos y otras fuentes originales para cada año de la serie histórica. Se analizan posibles errores e inconsistencias en los datos y parámetros de toda la serie que, en caso de encontrarse, son modificados y reportados en la planilla de recálculos correspondiente siguiendo las buenas prácticas de las Directrices del IPCC de 2006.
- El IEM-BIICC cumple completamente con los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1¹ cuando aplican.

Para la revisión técnica del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1 se concluyó específicamente sobre la aplicación de la metodología de cálculo definida en la Ficha técnica del KPI-1: Reducción de las emisiones brutas agregadas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por unidad de PIB real, con respecto al año 1990, establecida en el marco de emisión del BIICC así como el PIB real publicado por el Banco Central del Uruguay (BCU).

La revisión técnica fue realizada durante la segunda quincena del mes de abril del 2023 utilizando los materiales siguientes:

- Ficha técnica SERIE DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO REAL DE URUGUAY A PRECIOS CONSTANTES, DESDE 1990.
- Ficha técnica INTENSIDAD DE EMISIONES AGREGADAS BRUTAS DE GEI/ PIB.
- Informe de Indicadores para el Bono indexado a indicadores de cambio climático (INI) para 2020 y 2021 de abril 2023 (INI).
- Planilla del INI llamada fichero Excel BICC - 2023-04-10.

Y permite concluir que no se han detectado deficiencias en la aplicación de la metodología para el KPI 1 ni en el cálculo del PIB real.

¹ La decisión 18/CMA.1 aplica a partir de diciembre 2024.



Antecedentes

La República Oriental del Uruguay ha solicitado al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que cumpla el rol de verificador externo de los KPI (“KPI” por sus siglas en inglés-Key Performance Indicators) del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC). Estos indicadores están enfocados en las áreas de cambio climático y conservación del área de bosque nativo, alineados con los objetivos de la primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés) de Uruguay presentada ante el Acuerdo de París en 2017.

El marco del BIICC se encuentra disponible en [Marco de Referencia BIICC \(mef.gub.uy\)](http://mef.gub.uy)

La presente revisión técnica se enmarca dentro de las actividades de verificación de los indicadores claves de desempeño del BIICC y consiste en la revisión técnica del KPI 1, que presenta la intensidad de emisiones agregadas brutas de GEI/PIB, que se utiliza para evaluar la reducción de las emisiones agregadas de CO₂, N₂O y CH₄ expresadas en CO₂ equivalente por unidad de PIB real con respecto al año 1990, y cuya ficha técnica se encuentra publicada en [ficha-tecnica-co2-equivalente-espanol.pdf \(mef.gub.uy\)](http://mef.gub.uy).

La revisión técnica anual se enfoca en la revisión del:

- i) Informe de Emisiones para el BIICC (IEM-BIICC) preparado por el Grupo de inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad (SNRCC).
- ii) Informe de Indicadores para el BIICC (INI-BIICC) que contiene el cálculo del KPI-1, realizado por el Grupo pMRV (programación, Monitoreo, Reporte, y Verificación) del SNRCC.

La medición del KPI 1 se realiza de manera anual con un rezago de un año.

Alcance

Para la revisión técnica del informe de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la serie 1990-2021, el presente informe incluye sólo las categorías y fuentes de emisiones contempladas en los objetivos globales de intensidad respecto a la evolución de la economía presentados en la primera CDN. Esto significa que solamente se consideran las emisiones de los GEI directos CO₂, CH₄ y N₂O quedando fuera del alcance del IEM-BIICC, las estimaciones de emisiones de HFC, SF₆ y GEI indirectos o precursores (CO, NO_x, COVDM y SO₂) los cuales sí son estimados en el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) uruguayo.



Las categorías y fuentes incluidas en los objetivos globales y cuantificadas en este informe corresponden a las reportadas en el INGEI 1990-2012, presentado en la Cuarta Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el año 2016, inventario que fue utilizado como base para la elaboración de la CDN. Los compromisos de reducción de intensidad de emisiones establecidos en la CDN aplican para los sectores Energía, Procesos Industriales, Agricultura y Desechos.

El INGEI 1990-2012 fue elaborado en base a las Directrices del IPCC de 1996 revisadas, que proporcionaban metodologías para estimar las emisiones GEI derivadas de los sectores: Energía, Procesos Industriales, Utilización de disolventes y uso de otros productos, Agricultura, Uso y Cambio de uso de la tierra y silvicultura y Desechos. A partir del INGEI 2014 la elaboración del INGEI se realizó en base las Directrices del IPCC de 2006, estimando las emisiones derivadas de los sectores Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos, Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra y Desechos.

El cambio de Directrices no implicó solamente un cambio de denominación de los sectores, sino también la incorporación de nuevas categorías y fuentes de emisión respecto a las utilizadas en la elaboración de la CDN. Además, debido al proceso de mejora continua del INGEI, se estiman actualmente categorías que no fueron estimadas en el INGEI que fue tomado como referencia para la elaboración de la CDN (INGEI 1990-2012).

Por lo tanto, para la estimación de las emisiones GEI del KPI 1 se consideran exclusivamente las emisiones correspondientes a los gases, sectores, categorías y fuentes estimadas y reportadas en el INGEI 1990-2012, sobre las cuales se estableció el compromiso de reducción de intensidad de la CDN.

Para la revisión técnica del informe de Indicadores (INI) para el KPI-1, el presente informe presenta los resultados para los años 2020 y 2021. El informe tiene por objeto resumir las actuaciones realizadas durante el procedimiento de verificación y describir brevemente los resultados sobre la aplicación de la metodología de cálculo definida en la Ficha técnica del KPI-1: Reducción de las emisiones brutas agregadas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por unidad de PIB real, con respecto al año 1990, establecida en el marco de emisión del BIICC, así como el PIB real publicado por el Banco Central del Uruguay (BCU), poniendo de manifiesto las deficiencias encontradas y proponiendo recomendaciones para solventar las citadas deficiencias si las hubiera.



Metodología de la revisión técnica

Para la revisión técnica del Informe de Emisiones (IEM-BIIC) de CO₂, CH₄ y N₂O de los Sectores Energía, Procesos Industriales, Agricultura y Desechos, este documento presenta los resultados siguiendo la metodología de la Guía para la revisión por pares de los INGEI de la CMNUCC, y específicamente concluyendo sobre:

- la adherencia a las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los INGEI;
- la pertinencia y calidad de la revisión de los valores históricos de las emisiones de GEI, derivados de ajustes en los inventarios, incluyendo fuentes de datos adicionales y recálculos por mejoras metodológicas;
- la calidad del reporte de emisiones, evaluada principalmente a través del examen de los principios de inventario transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad, y exactitud (TECCE), establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas incorporadas en las Directrices del IPCC de 2006;
- si se satisfacen los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1 cuando aplique.

La garantía y control de calidad incluye dos tipos de actividades diferentes. El IPCC las define como:

- Control de Calidad (CC): un sistema de actividades técnicas de rutina implementadas por el equipo de desarrollo del inventario con la finalidad de medir y controlar la calidad del inventario conforme se elabora.
- Aseguramiento de Calidad (AC): un sistema planificado de procesos de revisión conducido por personal no involucrado en el proceso de desarrollo del inventario.

El sistema de control de calidad de las emisiones utilizadas en el KPI 1 de Uruguay cuenta con procedimientos de control y aseguramiento de calidad.

Se realizan revisiones sectoriales internas por cada Ministerio, adicionalmente el Ministerio de Ambiente realiza un control de calidad global de las estimaciones y reporte.

A través del PNUD se gestiona el proceso de aseguramiento de la calidad mediante la contratación de revisores externos. El PNUD ha contratado revisores internacionales para realizar la revisión técnica de las estimaciones de emisiones de la serie 1990-2021 Este proceso de revisión técnica constituye el aseguramiento de la calidad mencionado en el Informe de Emisiones (IEM- BIIC sección 1.4.2.).



La revisión técnica se realizó durante los meses de enero a marzo de 2023 por revisores internacionales en colaboración con el PNUD y en consulta con los actores sectoriales involucrados en la compilación del Informe de Emisiones (IEM-BIICC).

En el proceso de la revisión técnica se verifica la adherencia a las Directrices del IPCC del 2006, la transparencia, exactitud, coherencia, comparabilidad y exhaustividad de las emisiones 2021 de los sectores, categorías, fuentes y gases incluidos en el KPI 1, así como la conformidad de los procedimientos adoptados con los compromisos internacionales.

Para evaluar la **transparencia** se verificó si existe suficiente documentación y referencias claras para entender cómo se realizaron las estimaciones de emisiones de GEI del KPI 1.

Se verificó si las emisiones y remociones se estimaron de forma **exhaustiva** incluyendo todos los gases y todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros del KPI 1 en todo el territorio nacional, si se utilizaron claves de notación y cómo se justificó la ausencia de estimaciones.

Se evaluó la **coherencia** de las estimaciones para diferentes años, gases y categorías, y se verificó si las tendencias anuales se calculan utilizando el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años, sin estar sujetas a los cambios resultantes de las diferencias metodológicas.

Para evaluar la **comparabilidad**, se comprobó si se utilizaron las orientaciones, clasificaciones, definiciones, metodologías y valores de las Directrices IPCC del 2016 y el Refinamiento del 2019.

También se comprobó la **exactitud** de los datos revisando si cada sector no contenía estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse.

La revisión detallada se centró en los principios de exhaustividad, comparabilidad, coherencia, exactitud y transparencia, teniendo en cuenta el método empleado, los datos de actividad, los factores de emisión, los parámetros y las emisiones estimadas.

En cada categoría incluida en el KPI 1 se revisaron los siguientes aspectos:

Método: Se evaluó qué información fue recopilada, cómo se obtuvieron los datos y qué métodos se utilizaron. Se revisó y evaluó si para cada categoría se empleó el mejor método de acuerdo con la información disponible, y si los supuestos empleados en los casos que se emplearon son los adecuados. Se verificaron los cambios metodológicos y de datos que presentaban divergencias respecto al INGEI 2019 y cómo se justificaron y realizaron los recálculos.

Datos de actividad: Se revisaron los datos de actividad a nivel nacional. Se revisó la coherencia en magnitud respecto a parámetros internacionales y se evaluó si los datos de series de



tiempo son consistentes, en particular, observando si existían valores atípicos. Se revisaron las hipótesis y criterios para la selección de los datos de actividad, así como la coherencia de los datos entre las categorías. Se verificó la coherencia temporal en los datos de entrada para cada categoría, así como la coherencia en el método utilizado para los cálculos. Se verificó al mismo tiempo si existe alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad u otros parámetros a través de la serie temporal. Se revisó el nivel de control de calidad obtenido por los actores responsables de la elaboración del INGEI. Se consideraron las fuentes de datos alternativas, tales como los datos presentados en el balance energético nacional, comparando los datos de actividad de múltiples referencias siempre que fue posible.

Factores de emisión (FE): Se revisó cómo se han utilizado los factores de emisión de Nivel 1 del IPCC por defecto. Se determinó si se han empleado los adecuados y la justificación de su uso. Se evaluó la pertinencia de los factores por defecto del IPCC así como los factores específicos del país revisando la calidad de los datos utilizados y comparándolos con los valores por defecto del IPCC. Se compararon los factores de emisión utilizados con los de otros países latinoamericanos que han presentado el BUR. También se evaluó la coherencia a través de la serie temporal y se verificó el valor de los factores de emisión implícitos (emisiones agregadas, divididas por datos de actividad) a través de la serie temporal.

Parámetros: Se evaluó si se han utilizado los parámetros por defecto del IPCC; en caso contrario, se comprobó la justificación de los valores utilizados con el fin de evaluar la transparencia. Se identificaron los parámetros que son comunes en las categorías con el fin de verificar la coherencia. Se verificó que se utilizan el mismo conjunto de datos para las categorías que comparten datos comunes.

Emisiones: Se evaluó cómo se documentaron estos datos, las herramientas de cálculo empleados en la elaboración de las estimaciones de emisiones y remociones, los sistemas de producción de la información y los datos desagregados. Se verificó la exhaustividad de las categorías en la serie 1990- 2021. Se verificó si las estimaciones se presentan para todas las categorías presentes en el país que se incluyen en el KPI 1. Se comprobó si existe una definición clara de las categorías de 'Otro' tipo. Se verificó que los datos cuya indisponibilidad es conocida, resultando en estimaciones incompletas de emisiones de una categoría, estaban documentados (p. ej., las subcategorías clasificadas como 'no estimadas'). Se compararon las estimaciones de cada categoría a lo largo de la serie 1990-2021.

En el caso que existían cambios o desviaciones significativos de las tendencias esperadas, se volvieron a revisar las estimaciones y se pidió a los actores relevantes que proporcionaran las explicaciones de las diferencias. Se evaluó la coherencia de la serie temporal, revisando más



detalladamente los cambios significativos (> 10%) en las estimaciones anuales para categorías y subcategorías y las justificaciones. Se compararon estimaciones realizadas con enfoques “top-down” y “bottom-up” para verificar que fueran de similares órdenes de magnitud (enfoque sectorial y de referencia en el sector de la energía). Se verificó que las emisiones se reportan consistentemente (en términos de dígitos significativos o posiciones decimales) en las categorías y que los datos de emisiones son agregados correctamente desde los niveles más bajos a los niveles más altos de información. Se compararon las estimaciones con otras estimaciones nacionales o internacionales a nivel de sector, subsector, de gas o nacional, cuando fue posible. Se compararon indicadores de intensidad entre países con el fin de comprobar la exactitud de las emisiones. También se revisaron las mediciones de la recuperación del biogás en los rellenos sanitarios y se verificó la documentación y justificación de cualquier discrepancia significativa.

Se evaluaron las metodologías de estimación de emisiones utilizadas y la adecuación del nivel metodológico (Tier en inglés) al peso relativo de la categoría en el global del inventario, los factores de emisión aplicados y su comparativa con los factores de emisión por defecto, la integridad y coherencia de las series de datos de emisiones, las diferencias interanuales de las emisiones y las justificaciones aportadas.

Se determinó de esta forma el grado de calidad relativo a la inclusión de las mejores estimaciones posibles de emisiones, dado el estado actual del conocimiento científico y la disponibilidad de los datos.

Para cada uno de los elementos descritos anteriormente se evaluó si:

- Se cumple satisfactoriamente con todas las cuestiones importantes en relación con los requisitos y sugerencias de las Directrices de la Convención Marco para las comunicaciones nacionales y las Decisiones relativas a los informes bienales de actualización y a las modalidades, procedimientos y directrices del Acuerdo de París (MPGs por sus siglas en inglés) cuando apliquen. Se entiende por requisito toda disposición redactada con el auxiliar "shall" en la versión inglesa. Se entiende por sugerencia toda disposición redactada con el auxiliar “should” o con el verbo “may” y “encourage”.
- Hay desviación de las buenas prácticas generales del IPCC.
- Existen problemas de i) Transparencia; ii) Coherencia; iii) Comparabilidad, iv) Exhaustividad; v) Exactitud.



Finalmente, se revisó el cumplimiento de las estimaciones de las emisiones del KPI 1 con los requerimientos de información establecidos tanto para la presentación de BUR (Decisiones 17/CP.8 y 2/CP.17), como para la presentación de los BTR (Decisión 18/CMA.1) que los reemplazarán en 2024 y que contienen requerimientos más exigentes cuando aplicaba.

Se destaca que el alcance de la revisión técnica que se realizó es similar a las revisiones realizadas oficialmente por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático para los inventarios de Partes incluidas en el Anexo I², superando ampliamente los requisitos de información de Comunicaciones Nacionales y BUR para Partes no incluidas en el Anexo I como Uruguay, e incluso las MPGs aplicables para el reporte de los BTR a partir de diciembre del 2024.

Para la revisión técnica del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1, se verificó la aplicación de la metodología de cálculo definida en la Ficha técnica del KPI-1, durante la segunda quincena del mes de abril del 2023: Reducción de las emisiones brutas agregadas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por unidad de PIB real, con respecto al año 1990, establecida en el marco de emisión del BIICC así como el PIB real publicado por el Banco Central del Uruguay (BCU).

Se revisaron las metodologías utilizadas con las fichas técnicas:

- para el cálculo del PIB se revisó la Ficha técnica SERIE DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO REAL DE URUGUAY A PRECIOS CONSTANTES, DESDE 1990 que se encuentra publicada en: [ficha-tecnica-pbi-real-espanol.pdf \(mef.gub.uy\)](https://mef.gub.uy/ficha-tecnica-pbi-real-espanol.pdf) y se replicó el cálculo del PIB utilizando la metodología descrita.
- para el cálculo del KPI 1 se revisó la Ficha técnica INTENSIDAD DE EMISIONES AGREGADAS BRUTAS DE GEI/ PIB que se encuentra publicada en: [ficha-tecnica-co2-equivalente-espanol.pdf \(mef.gub.uy\)](https://mef.gub.uy/ficha-tecnica-co2-equivalente-espanol.pdf) y se replicó el cálculo del KPI 1 siguiendo la metodología descrita.

Asimismo, durante el proceso de verificación del Informe de Indicadores para el Bono indexado a indicadores de cambio climático (INI) para 2020 y 2021 de abril 2023 se revisaron:

- Los valores numéricos y los porcentajes presentados de las emisiones, del PIB y del indicador KPI 1 contrastándolo con el fichero Excel BICC – 2023-04-10 y con el Informe de Emisiones del KPI 1 y su nota metodológica.
- Las explicaciones de la tendencia y de las variaciones anuales de las emisiones, del PIB y de los dos indicadores de desempeño KPI 1 y KPI 2 contrastándolo con las circunstancias nacionales presentadas en otros documentos oficiales del país como el

² Las partes del anexo I se presentan en la página 25 de la CMNUCC en el siguiente enlace: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>



Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2019 a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) 2021, el tercer informe bienal de actualización (BUR) enviado a la CMNUCC y el estudio económico 2021 realizado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de cifras oficiales nacionales.

Adherencia a las Directrices del IPCC de 2006

Se presentan a continuación las principales conclusiones de la revisión técnica del informe de emisiones de los sectores energía, procesos industriales, desechos y agricultura del KPI 1 respecto a los aspectos transversales (arreglos institucionales y recálculos) y sectoriales (aplicación de las mejores prácticas) de las Directrices del IPCC del 2006.



Aspecto de las Directrices del IPCC del 2006	Conclusión
<p style="text-align: center;">Arreglos institucionales</p>	<p>Para una coordinación efectiva de la preparación y gestión del KPI 1 es importante tener una institución que asuma la responsabilidad y coordine la compilación de datos para la elaboración del indicador. Esto asegurará el conocimiento y aplicación de las directrices de reporte obligatorias y el uso de las metodologías correctas para la estimación de las emisiones y su subsiguiente reporte. Particularmente, esto facilitará una planeación, supervisión, gestión e implementación efectiva de elaboración anual del KPI 1, la documentación y el archivo, la implementación de un plan y de los procedimientos de control de calidad y revisión técnica.</p> <p>La emisión de un BIICC es un esfuerzo multidisciplinario e interministerial que cuenta con la participación y el trabajo conjunto de todos los Ministerios involucrados: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Ministerio de Ambiente (MA), Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), con el apoyo del Ministerio de Relaciones Exteriores (MRREE). Existe un marco institucional que define la asignación de responsabilidades y roles, que aseguran el cumplimiento oportuno de los compromisos legales y contractuales establecidos para la emisión soberana del BIICC. Uruguay ha desarrollado una estructura institucional que asegura un robusto diseño y operacionalización del BIICC a través del Grupo BIICC que está compuesto por representantes de cuatro Ministerios: MEF, MA, MIEM y MGAP. El Grupo BIICC tiene la tarea de coordinar entre Ministerios, establecer objetivos concretos y medibles, plazos y responsabilidades, y asegurar que las metas sean comunicadas y entendidas en todo el Sector Público durante la vigencia del bono. El Grupo BIICC supervisa el avance respecto a la estimación, el monitoreo, y el reporte y la verificación externa oportuna de los KPIs para los BIICC. Existe un Acuerdo de Coordinación y Cooperación Interministerial para la Emisión de Bonos Indexados a Indicadores de Cambio Climático entre el MEF, MA, MIEM, MGAP y MRREE, en donde se establecen las responsabilidades de cada Ministerio y el cronograma de trabajo para la elaboración y publicación del Reporte Anual del BIICC. El acuerdo establece que el MIEM, el MGAP y el MA presenten al grupo de trabajo (GdT) INGEI el Informe de emisiones de GEI sectoriales del año anterior, necesario para el cálculo del KPI 1 del BIICC, junto con una nota metodológica sectorial y soporte informático de las estimaciones GEI (base de datos, planillas auxiliares), de acuerdo con las competencias establecidas en el Decreto N° 181/020, de 24 de junio de 2020 que formaliza el GdT INGEI.</p>



Arreglos institucionales

El MA realiza la coordinación general, compilación de la información sectorial presentada por los otros ministerios, control de calidad y la preparación del documento final IEM-BIICC y la nota metodológica con especificaciones de la estimación de emisiones. Asimismo, lleva a cabo la estimación de las emisiones y su evolución para los sectores Procesos industriales y Desechos. Por otra parte, el MGAP realiza la estimación y el reporte de las emisiones de gases de efecto invernadero y su evolución correspondiente al sector Agricultura y el MIEM realiza la estimación y el reporte de las emisiones de gases de efecto invernadero y su evolución correspondiente al sector Energía.

Todas las instituciones relevantes que recopilan los datos necesarios para la estimación de las emisiones del KPI 1 están involucradas en su elaboración. Se ha verificado la existencia de una comprensión común y adecuada de las necesidades respecto a los datos, además de una comunicación entre los grupos de trabajo implicados en la elaboración del IEM del KPI 1 (GdT BIICC, GdT MRV y GdT INGEI) lo que constituye elementos cruciales para la formulación de un indicador de calidad que cumpla con los principios de transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y exactitud (principios TECCE).

Existe un ciclo anual acordado que incluye un plan de trabajo detallado dirigido a todas las instituciones y a todos los expertos involucrados en el proceso de elaboración del IEM y del indicador.

Además, existe un conjunto de procedimientos generales de control de calidad (CC) de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006 (vol.1, cap. 6, cuadro 6.1). El sistema de control de calidad de las emisiones utilizadas en el KPI 1 de Uruguay cuenta con procedimientos de control y aseguramiento de calidad, listas de verificación de control de calidad sectorial, lista de verificación de compilación, lista de verificación del documento de reporte y lista con observaciones encontradas y acciones correctivas realizadas por sector. Se realizan revisiones sectoriales internas por cada Ministerio, adicionalmente el Ministerio de Ambiente realiza un control de calidad global de las estimaciones y reporte. Las verificaciones de CC se implementan anualmente para evitar errores debidos a descuidos y/o inconsistencias en la estimación de las emisiones y en la presentación del IEM. Las actividades de CC incluyen métodos generales tales como verificaciones de exactitud durante la adquisición y el cálculo de los datos y el uso de procedimientos estandarizados aprobados para los cálculos de las emisiones. Las actividades de CC también incluyen revisiones técnicas de las categorías, datos de actividad, factores de emisión y otros parámetros y métodos de cálculo.



<p>Buenas prácticas</p>	<p>Las directrices del IPCC incluyen normalmente 3 métodos alternativos o niveles metodológicos (llamados tiers) para estimar las emisiones/absorciones de cada categoría. En general, un Nivel más alto proporcionará una estimación más exacta de las emisiones / absorciones, y por lo tanto se prefiere. En algunos casos, el uso de un Nivel más alto no producirá un aumento significativo en la exactitud y el uso de Niveles más bajos puede ser la mejor opción para algunas categorías que no son claves (por el nivel bajo de emisiones o por no presentar una tendencia pronunciada de emisiones). La elección del Nivel apropiado para la categoría depende de los recursos, la disponibilidad de datos, las prioridades del país y de las prioridades metodológicas presentadas en el árbol de decisión específico de la categoría en la Directrices del IPCC de 2006.</p> <p>Algunas estimaciones de las emisiones procedentes de categorías clave³del KPI 1 no han podido utilizar un método de nivel superior debido a la falta de datos. Esto significa que no se pudieron recolectar los datos requeridos para un nivel superior o que no se pudieron determinar factores de emisión u otros parámetros específicos para el país y otros datos necesarios para el uso de los métodos de nivel 2 y 3. El informe de emisiones del KPI 1 proporciona una descripción general de los sectores y categorías cubiertos, los métodos y datos utilizados, y los gases incluidos y las estimaciones se han realizado siguiendo las mejores prácticas proporcionadas por las Directrices del IPCC del 2006.</p>
<p>Recálculos</p>	<p>Los cambios en los métodos, datos de actividad, factores de emisión, correcciones de errores y el cambio de una categoría a categoría clave han conllevado a recálculos de toda la serie temporal de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006. Cuando Uruguay comenzó a utilizar las Directrices del IPCC de 2006, cuando antes usaba las Directrices Revisadas del IPCC de 1996, el equipo de inventario recalculó adecuadamente todas las series temporales al cambiar la metodología de cada categoría obteniendo con este recalcu una mayor exactitud del cálculo de la emisión. Las emisiones del KPI 1 han sido estimadas utilizando el mismo método para asegurar una serie temporal coherente.</p> <p>El IEM-BIICC cumple con la buena práctica de informar y documentar todos los recálculos.</p>

³ Cuando aplique la decisión 18/CMA.1 en la elaboración de los BTR a partir de diciembre 2024, cuando se utilice un método de nivel 1 para las categorías clave deberá documentarse por qué la elección metodológica no está en línea con la priorización proporcionada en el árbol de decisiones de las directrices del IPCC de 2006.



Examen de los principios de inventario TECCE

Se presentan a continuación las principales conclusiones de la revisión técnica del informe de emisiones de los sectores energía, procesos industriales, desechos y agricultura del KPI 1 por cada principio de calidad evaluado.

Principio de calidad	Conclusión
<p>Exactitud</p>	<p>La fórmula básica para el cálculo de las emisiones es el producto de los factores de emisión y de los datos de actividad. La estimación de las emisiones del KPI 1 utiliza correctamente los factores de emisión, los datos de actividad y otros parámetros en su cálculo.</p> <p>Los métodos utilizados para algunas de las categorías clave son de nivel (tier) 1 utilizando las estadísticas nacionales y censos disponibles o el balance energético nacional como fuentes de información para las variables de actividad y otros parámetros, así como los factores de emisión y coeficientes por defecto de las guías IPCC 2006.</p> <p>Para algunas categorías, la estimación de las emisiones del KPI 1 utiliza métodos de nivel superior o factores de emisión específicos del país que producen resultados más exactos y con menos incertidumbre. Para los datos específicos del país, el valor utilizado es representativo de las circunstancias nacionales y proviene de fuentes fiables. Los datos específicos del país se corresponden con otros países con circunstancias nacionales similares y están dentro del rango de los factores de emisión y parámetros por defecto proporcionados por las Directrices del IPCC de 2006.</p> <p>Las emisiones estimadas en el KPI 1 no contienen infraestimaciones ni sobrestimaciones hasta donde ha podido juzgarse.</p>
<p>Transparencia</p>	<p>El IEM del KPI 1 incluye documentación suficiente y clara para que se pueda comprender cómo se estimaron las emisiones y asegura el cumplimiento de buenas prácticas para los inventarios nacionales de emisiones de GEI. Las fuentes de información, los supuestos y las metodologías utilizadas están claramente explicadas.</p>
<p>Exhaustividad</p>	<p>Las estimaciones de las emisiones incluidas en el KPI 1 incluyen estimaciones nacionales para todas las fuentes y para todos los gases indicados en las Directrices del IPCC de 2006 incluidos en el indicador. Han sido estimadas y reportadas la totalidad de las categorías existentes en el país y que forman parte del KPI 1.</p>



<p>Coherencia</p>	<p>Las tendencias anuales de las emisiones del KPI 1, se han estimado utilizando el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años siempre que fue posible. Estas tendencias reflejan las fluctuaciones anuales reales de las emisiones ya que se realizaron recálculos, para evitar proporcionar tendencias sujetas a cambios como resultado de diferencias metodológicas de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, vol. 1, cap. .2, 4 y 5. En los casos donde se usó más de una metodología (por ejemplo el caso de la producción de cemento a lo largo de la serie se consiguieron datos más detallados directamente de las plantas productoras lo que permitió pasar de una metodología de nivel 1 a una metodología de nivel 2 y 3) se justifica la coherencia de la serie.</p> <p>Cuando se utilizaron nuevas fuentes para los datos de actividad durante la serie temporal, se recalcularon las emisiones utilizando los métodos de las Directrices del IPCC de 2006 (volumen 1, capítulo 5). Los parámetros y supuestos utilizados son realistas a lo largo de la serie temporal.</p>
<p>Comparabilidad</p>	<p>El IEM-BIICC utiliza los mismos formatos de reporte y metodologías recomendados por las Directrices IPCC.</p> <p>Durante la revisión técnica no se detectó ninguna asignación errónea, omisión o doble contabilidad y se comprobó que se siguieron los formatos y métodos recomendados en las Directrices IPCC.</p> <p>Se concluye que el informe de emisiones del KPI 1 realiza un buen uso de los formatos de reporte y orientaciones y valores de las Directrices del IPCC 2006.</p>
<p>Cumplimiento compromisos y mejora continua</p>	<p>Durante la revisión técnica, todas las cuestiones se resolvieron a través de una serie de consultas con los compiladores del INGEl, que demostraron un perfecto conocimiento de los estándares de calidad necesarios en la compilación de inventarios de GEI y que las emisiones se estiman utilizando los mejores datos disponibles. El equipo desarrolla también un plan de mejora continua.</p> <p>El nivel técnico del equipo encargado de la elaboración del inventario y del KPI 1 es muy alto, y los resultados de la revisión técnica permiten concluir que las emisiones estimadas para el KPI 1 son de muy buena calidad.</p> <p>Se concluye también que el informe de emisiones del KPI 1 cumple con todos los requerimientos para los BUR (ver sección siguiente), y la mayoría de los requerimientos de información a ser presentados para el BTR a partir de diciembre del 2024.</p>



Cumplimiento de los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1

En base a la información presentada de las emisiones de GEI de la serie 1990-2021, se evaluó el cumplimiento actual de las categorías de emisiones incluidas en el KPI 1 con los requerimientos del inventario a presentar en los informes bienales de actualización (BURs por sus siglas en inglés).

Como se ilustra a continuación, todos los requerimientos del capítulo de inventario del BUR que aplican para el informe de emisiones del KPI 1 se cumplen en su totalidad.

Requisitos del capítulo de inventario del BUR

Requisito	Resultados
El último año de inventario no debe de ser más antiguo de 4 años anteriores al año de presentación del primer BUR	Cumple
El INGEI se basa en las metodologías de las Guías IPCC (1996 o 2006)	Cumple
El INGEI se basa en variables de actividad actualizadas utilizando la mejor información disponible	Cumple
El INGEI presenta tablas en el formato CRF	NA
El INGEI presenta series consistentes desde el año presentado en la última comunicación nacional	Cumple
Se presenta una comparación con los INGEIs anteriores	Cumple
Se presenta una tabla con los GEI y precursores	NA
Se presenta una tabla con los HFCs, PFCs y SF ₆	NA
El INGEI se acompaña de un informe presentando información específica por sector	Cumple



Se incluye información sobre los procedimientos y los arreglos para el levantamiento de información y el archivo del inventario, así como los esfuerzos de implementar un proceso continuo y los roles y responsabilidades de las instituciones implicadas	Cumple
Se presenta información por gas en unidades de masa de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O	NA
Se presenta información sobre los gases fluorados HFCs, PFCs y SF ₆	NA
Se presenta información sobre los precursores CO, NO _x y COVNM	NA
Se presenta información sobre los SO _x	NA
Se presenta información sobre las emisiones de CO ₂ de la quema de combustibles utilizando el enfoque sectorial y el de referencia y explicando diferencias significativas entre los resultados de los dos enfoques	NA
Las emisiones de aviación y embarcaciones marítimas internacionales se reportan de manera individual y separada a las emisiones nacionales, y no se incluyen (suman) en el total de emisiones nacionales	Cumple
Se presentan las emisiones agregadas en CO ₂ equivalente utilizando los potenciales de calentamiento global adecuados	Cumple
Se proporciona información sobre las metodologías utilizadas	Cumple
Se explican las fuentes utilizadas para los factores de emisión	Cumple
Se explican las fuentes utilizadas para las variables de actividad	Cumple
Se identifican las áreas de mejora futura	NA
Se presenta un análisis de la incertidumbre explicando las metodologías y supuestos utilizados para calcularla	NA

NA: No aplica



Conclusiones de la revisión

Informe de Emisiones (IEM-BIICC)

Todas las cuestiones se resolvieron a través de una serie de consultas con los compiladores del INGEI que demostraron un perfecto conocimiento de los estándares de calidad necesarios en la compilación de inventarios de GEI y que las emisiones se estiman utilizando los mejores datos disponibles.

Tanto los arreglos institucionales de coordinación interministerial, como las emisiones de la serie 1990-2021 para el cálculo del KPI 1 (sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos), así como los ajustes realizados por la inclusión de fuentes de datos adicionales y recálculos por mejoras metodológicas, han sido realizados siguiendo las buenas prácticas de las Directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de los INGEI.

La estimación de las emisiones de la serie 1990-2021 para el cálculo del KPI 1 (sectores energía, procesos industriales, agricultura y desechos), cumplen con los principios de calidad en cuanto a la transparencia, exhaustividad, coherencia, comparabilidad, y exactitud.

El sistema de control de calidad (CC) aplicado al indicador realiza un control de calidad riguroso de cada uno de los parámetros, datos de actividad y factores de emisión, identificando errores de cálculo que son corregidos antes de la presentación de las estimativas de emisiones de GEI utilizadas en el KPI 1. Para cada una de las categorías de emisiones incluidas en el informe sectorial, se analiza la consistencia de la serie temporal como parte del proceso de CC, donde se corroboran exhaustivamente los valores de las planillas auxiliares con los datos originales respecto a los datos extraídos del Software del IPCC, para toda la serie temporal. Se comparan cada uno de los datos de actividad, parámetros y factores de emisión respecto a la fuente de datos originales, planillas auxiliares de donde fueron extraídos dichos datos y otras fuentes originales, para cada año de la serie histórica. Se analizan posibles errores e inconsistencias en los datos y parámetros de toda la serie que, en caso de encontrarse, son modificados y reportados en la planilla de recálculos correspondiente.

El informe de emisiones cumple completamente con los requerimientos fundamentales para los Inventarios de las Decisiones 17/CP.8, 2/CP.17 y 18/CMA.1⁴ cuando aplican.

⁴ La decisión 18/CMA.1 aplica a partir de diciembre 2024.



Informe de Indicadores (INI) para el KPI-1

De acuerdo con los procedimientos de revisión efectuados, no se han detectado deficiencias en la aplicación de la metodología para el KPI 1 ni en el cálculo del PIB real.

Respecto a la estimación de las emisiones brutas de CO₂, cuando en el año t la generación hidroeléctrica queda por fuera del rango comprendido entre 4.900 y 8.300 GWh, se realiza un ajuste por hidraulicidad media. Este ajuste consiste en simular el despacho eléctrico para abastecimiento de la demanda interna asumiendo un escenario de generación hidroeléctrica media. El rango definido para realizar la corrección surge del análisis de las series históricas de demanda interna y generación hidroeléctrica. La generación media para los 110 años de la serie es de 6.600 GWh y su desviación estándar de 1.700 GWh, por lo que el rango abarca los valores de la media +/- una desviación estándar (6.600 ± 1.700 GWh). Una vez que se obtiene el ajuste, se recalculan las emisiones de la categoría Producción de electricidad y calor (1A1a del INGEI) y por lo tanto de las emisiones del sector Energía. La estimación ajustada de las emisiones brutas de CO₂ es la que se utiliza en el cálculo del indicador para el año t en el que se realiza el ajuste.

El equipo revisor considera una buena práctica el ajuste realizado por hidraulicidad media para evitar la variabilidad asociada con factores exógenos, pero no ha podido encontrar en los documentos consultados las razones por las que el país utiliza únicamente este factor.



Revisión técnica del Informe de Bosque Nativo (IBN) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-2 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay

Mayo 2023



Revisión técnica del Informe de Bosque Nativo (IBN) y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-2 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay

Todos los derechos reservados © 2023.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Paraguay 1470 - Piso 5.

CP: 11100, Montevideo, Uruguay

Equipo revisor: Marcelo Theoto Rocha y Thelma Krug.

Primera edición, mayo de 2023.

El presente informe abarca la revisión técnica del Informe de Bosque Nativo y del Informe de Indicadores (INI) para el KPI-2 (“KPI” por sus siglas en inglés-Key Performance Indicators) y forma parte de los documentos técnicos utilizados para la preparación del Reporte de Verificación del Informe de Indicadores 2020 y 2021 para el Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático de Uruguay, elaborado por el PNUD.

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este reporte puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida de ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de otro modo, sin autorización previa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo es el principal organismo de las Naciones Unidas dedicado a poner fin a la injusticia de la pobreza, la desigualdad y el cambio climático. Trabajamos con nuestra extensa red de expertos y aliados en 170 países para ayudar a las naciones a construir soluciones integradas y duraderas para las personas y el planeta.



Contenido

Antecedentes	6
Metodología de la revisión técnica.....	6
Información evaluada	7
Adherencia a las Directrices del IPCC de 2006 para la representación coherente de las tierras.....	11
Incertidumbre asociada con la cartografía de bosque nativo	14
Coherencia con las disposiciones pertinentes y los principios rectores del MGD/ GFOI....	15
Calidad del informe en el marco de los principios TECCE.....	16
Conclusiones IBN e INI	18
ANEXOS	19
Boxes informativos	19
Agenda de la misión a campo	22

Tablas

Tabla 1 - Principales elementos técnicos utilizados para la determinación del área de bosque nativo	9
Tabla 2 - Adherencia a los requisitos de las Directrices del IPCC de 2006 para representación del uso de la tierra	13

Figuras

Figura 1 - Detalle de la cartografía de bosque nativo realizada para el KPI-2.....	22
Figura 2 - Ejemplo de bosque nativo fluvial.....	23
Figura 3 - Ejemplo de bosque nativo serano	23
Figura 4 - Ejemplo de bosque de quebrada	24

Resumen ejecutivo

La República Oriental del Uruguay ha solicitado el **PNUD que cumpla el rol de verificador externo de los KPI del BIICC**

Este Producto presenta las conclusiones y recomendaciones que surgen de la revisión técnica del **KPI-2: Mantenimiento del Área de Bosque Nativo**

La revisión técnica evaluó específicamente:

- La adherencia a las **Directrices del IPCC de 2006**, en particular el Capítulo 3 (Representación coherente de las tierras) del Volumen 4 (AFOLU) de las Directrices 2006 del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), denominado en lo sucesivo como IPCC 2006 GL;
- La coherencia con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI); y
- La calidad del informe sobre área de bosque nativo en el marco de los **principios TECCE**, establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas del IPCC 2000 y 2003 e incorporados también en el IPCC 2006 GL.

Para el KPI-2, la revisión técnica fue enfocada en la revisión de:

- **Informe de Bosque Nativo para el BIICC (IBN)** preparado por la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MGAP) y la Dirección Nacional de Cambio Climático (DINACC) del Ministerio de Ambiente (MA); y
- **Informe de Indicadores para el BIICC (INI)** que contiene el cálculo del KPI-2, realizado por el Grupo pMRV (programación, Monitoreo, Reporte, y Verificación) del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad (SNRCC).

Las revisiones fueron realizadas en conjunto para el IBN y el INI.

Además de las revisiones de los documentos listados anteriormente, también fueron realizadas consultas a los expertos nacionales involucrados en el cálculo del KPI-2, durante la **misión realizada al país** entre los días 27 de febrero y 3 de marzo de 2023.

Con fines de generar la estimación del área de bosque nativo de 2021, se consideró que las **fuentes de información y métodos aplicados fueran adecuadas y los datos sean completos y coherentes**.

Desde el punto de vista de la **transparencia**, el IBN presenta informaciones completas acerca de los datos de actividad y métodos utilizados para el cálculo de las estimaciones del área de bosque nativo, incluyendo:

- Mapa con la distribución de los puntos de muestreo y tabla con la cantidad de puntos por clase de bosque;



- Diagrama con explicaciones de cada uno de los pasos y principales parámetros utilizados para la clasificación de las áreas de no-bosque y diferentes tipos de bosque nativo; y
- Explicaciones detalladas de los métodos utilizados para la diferenciación entre plantaciones forestales y bosque nativos, incluyendo ejemplos de la interpretación visual.

Uruguay **demonstró que la diferencia entre las áreas de 2012 y 2021 no resulta de diferencias de sensores y métodos utilizados**, ya que el área de bosque nativo estimado en 2021 utilizando *Sentinel* está dentro del intervalo de confianza (o margen de error) de la estimación utilizando *Landsat*.

Como resultado de la evaluación se puede concluir que el **Informe de Bosque Nativo (IBN) y el Informe de Indicadores (INI)** para el KPI-2 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay:

- **Tienen adhesión** a las mejores prácticas internacionales para la estimación del cambio de la superficie forestal a lo largo del tiempo, en particular sobre la aplicación de técnicas de sensoriamiento remoto, tal como figuran en las disposiciones relevantes de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y la Guía de Buenas Prácticas del IPCC de 2003;
- **Son coherentes** con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI); y
- **Siguen los principios TECCE** (Transparencia, Exactitud, Coherencia, Comparabilidad y Exhaustividad) establecidos por el IPCC.

Antecedentes¹

La revisión técnica se enmarca en las **actividades de verificación de los indicadores claves de desempeño ("KPI" por sus siglas en inglés - Key Performance Indicators) del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC)².**

La República Oriental del Uruguay (Destinatario) ha solicitado el **PNUD que cumpla el rol de verificador externo de los KPI del BIICC**. Estos indicadores están enfocados en las áreas de cambio climático y protección del bosque nativo, alineados con los objetivos de la primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC por su sigla en inglés) de Uruguay presentada ante el Acuerdo de París en 2017³.

Este informe es parte de la revisión técnica del **KPI-2: Mantenimiento del Área de Bosque Nativo**.

Bosque nativo "se refiere a áreas cubiertas por asociaciones vegetales en las que predomina el componente arbóreo, que mantienen sus características naturales. Se incluyen en esta categoría todos los tipos de bosque nativo (por ejemplo, serrano, de quebrada, de parque y de galería), exceptuando el caso de comunidades de palmares poco densos debido a la dificultad de poder detectar estas áreas con imágenes satelitales de alta⁴ resolución. Se considera bosque nativo aquellos segmentos con una cobertura de copa de especies leñosas nativas mayor o igual al 30% de su área. Esta definición no considera la altura de los árboles ni otros umbrales, como por ejemplo ancho mínimo"⁵.

Metodología de la revisión técnica

La revisión técnica evaluó específicamente:

- La adherencia a las **Directrices del IPCC de 2006**, en particular el Capítulo 3 (Representación coherente de las tierras) del Volumen 4 (AFOLU)⁶ de las Directrices 2006 del IPCC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), denominado en lo sucesivo como IPCC 2006 GL;
- La coherencia con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI); y

¹ Extraído y adaptado de los Términos de Referencia

² Marco del BIICC: <http://sslburuguay.mef.gub.uy/30702/21/areas/marco-de-referencia-biicc.html>

³ Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Uruguay_Primer%C3%A1Contribuci%C3%B3nDeterminada%20a%20nivel%20Nacional.pdf

⁴ Se considera que Sentinel tiene sensores con alta resolución espacial, si bien algunos podrían considerarse de resolución media, lo mismo que Landsat.

⁵ Extraído del "Informe de Metodología y Resultados de la Cartografía de Bosque Nativo 2021", Marzo 2023.

⁶ Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf



- La calidad del informe sobre área de bosque nativo en el marco de los **principios TECCE**, establecidos para los informes en las Orientaciones de buenas prácticas del IPCC 2000 y 2003 e incorporados también en el IPCC 2006 GL.

Información evaluada

Para el KPI-2 la revisión técnica fue enfocada en la revisión del:

- Informe de Bosque Nativo para el BIICC (IBN) preparado por la Dirección General Forestal (DGF) del MGAP y la Dirección Nacional de Cambio Climático (DINACC) del MA; y del
- Informe de Indicadores para el BIICC (INI) que contiene el cálculo del KPI-2, realizado por el Grupo pMRV (programación, Monitoreo, Reporte, y Verificación) del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad (SNRCC).

Además, los siguientes documentos también fueron evaluados:

- Informe de Metodología y Resultados de la Cartografía de Bosque Nativo 2021;
- Informe de Validación de la Cartografía de Bosque Nativo de Uruguay creado a partir de imágenes Sentinel 2021;
- La metodología aplicada para la elaboración del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Sentinel 2⁷ y con imágenes Landsat 8⁸;
- Metodología y resultados de la validación del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Sentinel⁹ y con imágenes Landsat 8¹⁰; y
- URU/10/G31-486: Informe Final - Actualización Cartografía Nacional Forestal (2012).

⁷ Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/15.%20Sentinel_2_Metodolog%C3%ADa_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD%2B_UY_0.pdf

⁸ Proyecto REDD+ Uruguay (2019). Metodología aplicada en la elaboración del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Landsat 8. Bernardi, L., Boccardo, A., Miguel. C., Olivera, J., Penengo, C. y Rama, G., Serafini, J., Kindgard, A. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Montevideo. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/13.%20Landsat_8_Metodolog%C3%ADa_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD%2B_UY.pdf

⁹ Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/metodologia-resultados-validacion-del-mapa-cobertura-bosque-nativo-0>

¹⁰ Proyecto REDD+ Uruguay (2019). Metodología y resultados de la validación del mapa de cobertura de bosque nativo de Uruguay para el año 2016 con imágenes Landsat 8. Riaño, M.E., Bernardi, L., Boccardo, A., Miguel. C., Olivera, J., Penengo, C. y Rama, G. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca y Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Montevideo. Disponible en: https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/14.%20Landsat_8_Validación_Mapa_Bosque_Nativo_2016_Proyecto_REDD%2B_UY_0.pdf



Además de las revisiones de los documentos listados anteriormente, también fueron realizadas consultas a los expertos nacionales involucrados en el cálculo del **KPI-2**, durante la misión realizada al país entre los días 27 de febrero y 3 de marzo de 2023 (detalles de la misión están disponibles en los ANEXOS).

La Tabla 1 presenta los principales elementos técnicos utilizados para la determinación del área de bosque nativo en los años 2012 y 2021. Estos elementos fueron evaluados de acuerdo con los requerimientos listados anteriormente.

Hay que aclarar que las revisiones fueron realizadas en conjunto para el IBN y el INI.

Tabla 1 - Principales elementos técnicos utilizados para la determinación del área de bosque nativo

Año / período	2012 (INI - año base KPI 2) ¹¹	2021 (IBN) ¹²
Satélite/Sensor	<p>Debido a que el satélite Landsat ETM 7 opera con el Scan Line Corrector desactivado, y presenta severas pérdidas de datos en ambos laterales de la captura, fue necesario descartar esta opción y seleccionar imágenes del satélite Landsat TM 5</p> <p>No obstante, este último también presenta problemas de almacenamiento de datos a bordo del satélite (no adquiere imágenes en forma continua), presentando significativas lagunas temporales entre capturas de cada órbita</p> <p>Debido a ello, y tomando también en cuenta la naturaleza del trabajo, la fecha más cercana a la actualidad y la presencia de nubosidad, para del desarrollo de este trabajo se seleccionaron y propusieron a la DGF las catorce (14) imágenes (de 2011).</p>	<p>Fueron integrados datos satelitales de diferentes sensores (Sentinel-2 y Sentinel-1) en un mismo ambiente de trabajo, con el objetivo de mejorar la precisión de la clasificación</p> <p>Se optó por el empleo de imágenes del satélite Sentinel-2 para sacar partido del potencial de discriminación espectral de sus recursos ópticos, combinando estos con datos SAR (radar de apertura sintética) del satélite Sentinel-1 para la adquisición de datos libres de nubes</p>
Método	<p>Clasificación supervisada: Para la generación de las firmas espectrales y la posterior clasificación de las ortoimágenes se utilizó el módulo principal Classification de Erdas IMAGINE</p> <p>Los polígonos AOIs (Area of Interest) eran definidos sobre las ortoimágenes incluyendo el punto muestral, tratando de abarcar la parte del potrero que se correspondía con la muestra y evitando los bordes del mismo, donde siempre la firma es impura por varias razones</p> <p>De esta forma se definieron las áreas de entrenamiento de cada cobertura para cada imagen, cuidando para cada polígono demarcado, no abarcar zonas del terreno donde la variable a estimar no esté presente, como senderos, espacios deforestados, cortafuegos, etc.</p> <p>Una vez definidos los AOIs con las repeticiones necesarias para estabilizar la deriva estadística, fueron generadas, automáticamente por el sistema, las firmas espectrales de las distintas clases temáticas. Este paso se llevó a cabo a través del</p>	<p>Clasificación supervisada: La clasificación supervisada utiliza información espectral obtenida de muestras correspondientes a distintos tipos de cobertura para clasificar toda una imagen o un mosaico de imágenes. En este caso, el clasificador utilizó la información de la combinación de bandas e índices establecidos de cada imagen que compone el <i>stack</i>, asignándole una clase a cada píxel del mosaico. Esta etapa se llevó a cabo también en la plataforma de GEE</p> <p>Para la generación de una capa correspondiente a la cobertura de bosque nativo, se optó por un esquema de clasificación en dos niveles. En el primer paso se aplicó una clasificación supervisada para distinguir un estrato forestal (que abarca el área cubierta por plantaciones forestales y por bosques nativos o naturales), diferenciándolo del resto de coberturas del suelo, para luego enmascarar sobre esta capa y aplicar una nueva clasificación supervisada. El segundo paso consistió en distinguir el bosque nativo dentro de la máscara de cobertura forestal. De esta forma, la leyenda para la primera clasificación consistió de cuatro clases: Cuerpos de agua, Cobertura forestal, Cobertura no-forestal y Cobertura no-vegetal</p>

¹¹Extraído del informe "URU/10/G31-486: Informe Final - Actualización Cartografía Nacional Forestal" (Aeroterra S.A., 2011)

¹² Extraído del informe "Metodología y Resultados de la Cartografía de Bosque Nativo 2021" (DGF/MGAP – DINACC/MA, marzo 2023)

Año / período	2012 (INI - año base KPI 2) ¹¹¹	2021 (IBN) ¹²
	<p>uso de la herramienta Signature Editor, presente en el módulo de clasificación del software</p>	<p>La leyenda para la segunda etapa de la clasificación consistió en tres clases: Bosque Nativo, Forestación y Otras coberturas (en esta clase se trató de clasificar sitios de confusión de la primera etapa de la clasificación, donde la cobertura no correspondía a cobertura forestal)</p> <p>Segmentación: Para realizar un análisis de imágenes basado en objetos, se procedió a segmentar el compuesto de imágenes, mediante la herramienta de segmentación del software ArcGIS Pro, en base a información espectral de las imágenes Sentinel-2</p> <p>Estos objetos se originan mediante un proceso de segmentación de imágenes en el cual píxeles cercanos entre sí y con similares características espectrales se agrupan en un segmento, representando entidades del terreno. Idealmente, una imagen segmentada representará objetos discretos, al mismo tiempo que los representará completa y separadamente de los objetos vecinos</p> <p>Un grupo de píxeles vecinos (agrupados en base a su homogeneidad espectral y a su arreglo espacial) puede representar mejor las características de los objetos que píxeles individuales, además de hacer más fácil el manejo de los datos generados. Los parámetros utilizados para Sentinel-2 fueron: Rango Espacial: 20, Detalle Espectral: 18 y Tamaño mínimo de segmentos: 50</p> <p>El resultado es un conjunto finito de objetos, que carecen aún de una categoría de la leyenda, la cual se asigna en un posterior proceso de clasificación. Tanto los productos de la segmentación, como de la clasificación supervisada, fueron exportados para la posterior aplicación de ediciones/correcciones en ambiente SIG.</p>
Área (ha)	Bosque nativo: 849.960 ha	Bosque nativo: 847.181 ha , correspondiendo aproximadamente al 4,84% de la superficie terrestre total del país

Fuente: Elaboración propia



Adherencia a las Directrices del IPCC de 2006 para la representación coherente de las tierras

De acuerdo con la Directrices del IPCC de 2006, los países utilizan varios métodos para obtener los datos de la superficie de distintas categorías de usos de la tierra, que incluyen "censos anuales, sondeos periódicos y detección remota. Cada uno de estos métodos de recopilación de datos proporciona diferentes tipos de información (p. ej. mapas o tabulaciones), con diferentes frecuencias de declaración y con distintos atributos".

Las Directrices del IPCC de 2006 en su capítulo 2 del volumen 4 proporciona una orientación sobre **tres métodos genéricos para realizar la representación coherente de la superficie terrestre para cada tipo de categoría de uso de la tierra considerada**¹:

- El **método 1** identifica la superficie total de cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información detallada sobre la naturaleza de las conversiones entre los usos de la tierra;
- El **método 2** presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra; y
- El **método 3** amplía la información disponible en el método 2 al permitir que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas en base al espacio explícito.

Los países pueden utilizar una mezcla de métodos para diferentes regiones a través del tiempo.

Para el KPI-2, **Uruguay** utilizó información satelital tanto para el año 2012 como para el año 2021 pero con el uso de datos de sensores de distintos satélites. Para el año 2021 fueron utilizados datos de mayor resolución espacial y temporal proporcionados por los satélites Sentinel-1¹⁴ y Sentinel-2¹⁵, mientras que en 2012 fueron utilizados datos del satélite Landsat-5 (30 metros).

Además, fueron utilizados distintos métodos de clasificación en esos dos años. Para 2021, fue utilizada una clasificación compuesta, donde se consideró en un primer tiempo una

¹³ Para la presentación de informes de INGEI, las categorías de uso de la tierra incluyen tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras.

¹⁴ Satélite con sensores SAR (Radar de Apertura Sintética) lanzado en 2014 y 2016, con resolución espacial de 5 – 20 metros. Según el 2006 IPCC GL, el tipo más común de datos de radar son los llamados sistemas de radar de apertura sintética (SAR) que operan en frecuencias de microondas. Una de las principales ventajas de estos sistemas es que pueden penetrar las nubes y la neblina, y adquirir datos durante la noche. Por lo tanto, pueden ser la única fuente fiable de datos de teledetección en muchas áreas del mundo con nubosidad casi permanente. Mediante el uso de diferentes longitudes de onda y diferentes polarizaciones, los sistemas SAR pueden ser capaces de distinguir categorías de cobertura terrestre (por ejemplo, bosque/no bosque), o el contenido de biomasa de la de la vegetación, aunque en la actualidad existen algunas limitaciones en la biomasa alta debido a la señal saturación.

¹⁵ Satélite con sensores multispectrales con 10 bandas, lanzado en 2015 y 2017, con resolución espacial de 10 – 20 y 60 metros.



clasificación supervisada (pixel a pixel, basada en muestras de polígonos de una misma clase seleccionadas individual y directamente sobre imágenes de alta resolución u ortofotografías). Esas muestras fueran clasificadas con el empleo del algoritmo de *Random Forest*, seguida de una etapa de pos-clasificación donde los polígonos mal clasificados identificados por proceso de inspección visual fueron ajustados y asignados en la clase correcta, disminuyendo así la probabilidad de clasificaciones erróneas. La cartografía de bosque nativo de 2012 clasificó las imágenes satelitarias del Landsat-5 usando solo una clasificación supervisada basada en el algoritmo MaxVer con el uso de datos de muestreo.

De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 ¹⁶ los datos de actividad (i.e., área de bosque nativo) deben ser, de manera general:

- **Adecuados**, es decir, capaces de representar las categorías de uso de la tierra y las conversiones entre ellas, según se necesiten para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero;
- **Coherentes**, capaces de representar las categorías de uso de la tierra de manera coherente a través del tiempo, sin que se vean demasiado afectados por discontinuidades artificiales en los datos de la serie temporal;
- **Completo**s, lo que significa que debe estar incluida toda la tierra de un país, estar compensados los incrementos en algunas zonas con los descensos en otras, reconocer la estratificación biofísica de la tierra si fuera necesario (y de forma que pudiera ser respaldada por los datos) para la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero; y
- **Transparentes**, es decir, que las fuentes de datos, definiciones, metodologías e hipótesis deben estar claramente descritos.

La **Tabla 2** indica la **evaluación y justificación de la adherencia con las Directrices del IPCC de 2006**, en particular el Capítulo 3 (Representación coherente de las tierras) del Volumen 4 (AFOLU)¹⁷.

¹⁶ Pagina 3.5 del Capítulo 3 del Volumen 4 (AFOLU). Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf

¹⁷ Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf



Tabla 2 - Adherencia a los requisitos de las Directrices del IPCC de 2006 para representación del uso de la tierra

Requerimiento IPCC	Datos de actividad: "área de bosque nativo (en hectáreas)"
Adecuado	<p>Sí</p> <p>Para fines de la generación de la estimación del área de bosque nativo de 2021, se consideró que las fuentes de información y métodos aplicados fueron adecuadas. Esa evaluación se basa en las fuentes y métodos aplicados para generar la cartografía de bosque nativo 2021. Con relación a las fuentes (imágenes satelitales), fueron empleadas imágenes de alta resolución espacial, incluso con la incorporación de datos de radar de apertura sintética, que permite visualizar la cobertura de la tierra sobre nubes. Todos los procedimientos utilizados para extraer las informaciones a partir de datos satelitales son reconocidos en la literatura internacional y ampliamente utilizados.</p>
Coherente	<p>Sí</p> <p>En cuanto a la coherencia de los datos, la evaluación solo considera que los datos sean capaces de representar consistentemente el bosque nativo, buscando reducir el impacto de los efectos temporales en su clasificación. Por lo tanto, al considerarse en la selección de las escenas series temporales de fechas próximas al período de primavera-verano (octubre 2021 y febrero 2022) cuando la actividad fotosintética del bosque nativo es más clara y evitando el período de senescencia foliar de muchas especies que lo componen y así disminuyendo los errores de clasificación, se considera que los datos son coherentes.</p> <p>Además, Uruguay demostró que la diferencia entre las áreas de 2012 y 2021 no resulta de diferencias de sensores y métodos utilizados - ver detalles en la sección "Calidad del informe en el marco de los principios TECCE"</p>



<p>Completo</p>	<p>Sí</p>	<p>La justificación para una evaluación positiva sobre datos completos se basa en la propia definición de las Directrices del IPCC de 2006 cuando se refiere a que toda la superficie terrestre debe ser incluida, con aumentos en algunas áreas balanceadas por disminución en otras.</p> <p>A pesar de que esta definición del IPCC fue desarrollada para fines del INGEI, se entiende que en el contexto de la cartografía la definición también aplica.</p> <p>Para generar la cartografía del país en 2021 no fueron utilizados datos de muestreo (método que también es reconocido por el IPCC) sino que se realizó una clasificación completa (i.e., wall-to-wall), normalmente reconocida como más precisa, principalmente con el uso de las imágenes con mejor resolución espacial, como es el caso del Sentinel.</p> <p>Además, el uso del enfoque 3 para la representación de la tierra genera datos espacialmente explícitos que tienen como principal ventaja el hecho de que las herramientas de análisis como los Sistemas de Información Geográfica se pueden usar para vincular múltiples conjuntos de datos espacialmente explícitos y describir en detalle las condiciones en una parte particular de la tierra.</p> <p>Por lo tanto, los desarrollos futuros de la cartografía de los bosques nativos pueden compararse para facilitar la identificación de pérdidas y ganancias de bosques nativos.</p>
<p>Transparente</p>	<p>Sí</p>	<p>Con respecto a la transparencia, se evaluó que el informe, incluye informaciones detalladas sobre el proceso de generación de la cartografía de bosque nativo, describiendo las fuentes de los datos, definiciones, metodologías e hipótesis, diagramas y figuras ilustrativas que facilitan la comprensión de la lectura del informe.</p> <p>Con relación al informe de Validación de la Cartografía de Bosque Nativo de Uruguay creado a partir de imágenes Sentinel 2021, la descripción del detalle del diseño de muestra, las definiciones y el plan de estimadores aseguran que el informe sea considerado transparente (más detalles en la sección Incertidumbres).</p>

Fuente: Elaboración propia

Incertidumbre asociada con la cartografía de bosque nativo

El "Informe de Validación de la Cartografía de Bosque Nativo de Uruguay" creado a partir de imágenes Sentinel 2021 tuvo como objetivo presentar la metodología para la obtención de los resultados de la exactitud global y de los errores de comisión y de omisión del mapa de cobertura de Bosque Nativo de Uruguay, basado en imágenes Sentinel 2021. La evaluación



del informe fue hecha con base en las orientaciones de las Directrices del IPCC de 2006 y el uso de metodologías publicadas en la literatura científica.

Hay muchas estrategias recomendadas para evaluar la calidad de las clasificaciones temáticas, especialmente cuando se adopta el análisis orientado a objetos (segmentación). Uruguay adoptó las buenas prácticas de Olofsson et al. (2014)¹⁸ para determinar la precisión temática de la cartografía de bosque nativo. Según referencias¹⁹, las buenas prácticas para evaluar la precisión temática involucrando la evaluación de matrices de errores descritos por Olofsson et al. (2014) y Strahler et al. (2006) puede adoptarse en muchos casos, incluso cuando se utiliza la segmentación de imágenes y la clasificación orientada a objetos. Las buenas prácticas de Olofsson et al. (2014) también se adoptan en la guía práctica elaborada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2016).

La utilización de la metodología en Olofsson et al. (2014) está siendo considerada una referencia para la estimación de la coherencia de mapas, en sustitución de otras adoptadas en el pasado reciente (e.g., método Kappa).

Coherencia con las disposiciones pertinentes y los principios rectores del MGD/ GFOI

El **GFOI-GOLD (Global Observation of Forest Cover & Forest Dynamics)**²⁰

El GFOI profundiza en los métodos y procedimientos incluidos en las guías del IPCC y son coherentes con estas guías. Por tanto, se entiende que la cartografía de bosque nativo y su exactitud elaborados según el IPCC son también coherentes con los métodos y procedimientos del GFOI.

GOFC (2000)²¹ aborda el problema del uso de satélites de diferentes resoluciones en la sección *4.1.2 Combinación de datos de teledetección de diferentes fuentes*, indicando que “los rápidos avances en la tecnología de teledetección han aumentado la disponibilidad de datos y que las nuevas series de datos provenientes de estos sensores pueden traer beneficios espaciales y temporales para reemplazar o aumentar las series de datos históricos y mejorar las estimaciones”. A menudo, el factor más importante, cuando se combinan datos de teledetección de diferentes fuentes, **es lidiar con las inevitables diferencias en la resolución espacial.**

GFOI-GOLD también abordan el tema de exactitud de mapeo y su libro indica que la precisión podría estimarse siguiendo las recomendaciones de la sección 5 del IPCC Guía de Buenas

¹⁸ Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., & Wulder, M.A. (2014) Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148: 42-57.

¹⁹ Manual de análise da paisagem: vol. 2: procedimento para a execução do mapeamento de uso e cobertura da terra. [recurso eletrônico] / Naissa Batista da Luz ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2018. v. 2 : 37 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 317)

²⁰ Disponible en: http://www.gofcgold.wur.nl/redd/sourcebook/GOFC-GOLD_Sourcebook.pdf

²¹ Disponible en: <https://www.reddcompass.org/mgd/resources/GFOI-MGD-3.1-es.pdf>



Prácticas 2003²². Se pueden lograr precisiones del 80 al 95% para el monitoreo con imágenes de resolución media para discriminar entre bosque y no bosque. Las precisiones se pueden evaluar a través de observaciones *in-situ* o análisis de datos de aeronaves o satélites de muy alta resolución. En ambos casos, se debe utilizar un procedimiento de muestreo estadísticamente válido para estimar la precisión, que son las orientaciones también del IPCC.

De acuerdo con el libro de consulta de materiales de formación para monitoreo y reporte de REDD+ de GOFC-GOLD²³ y su módulo 2.7 (estimación de incertidumbres)²⁴, para mapas de cobertura terrestre, la exactitud de los datos de teledetección puede evaluarse con métodos ampliamente aceptados. Estos métodos implican evaluar la exactitud de un mapa usando datos de referencia independientes (de mayor calidad que el mapa) para obtener, por clase de cobertura terrestre o por región, la exactitud total, y errores de omisión (exclusión de un área de una categoría a la que realmente pertenece, es decir, subestimación del área) y errores de comisión (incluyendo un área en una categoría a la que no pertenece verdaderamente, es decir, sobreestimación del área). Esto fue lo que se ha hecho en el caso de la validación de la cartografía de bosque nativo de Uruguay 2021, coherente con las guías del IPCC y también con las orientaciones generales de GFOI.

Calidad del informe en el marco de los principios TECCE

Las **Directrices del IPCC de 2006** proporcionan una orientación sobre el aseguramiento de la calidad en todos los pasos de la compilación del inventario; desde la recopilación de datos hasta la generación de informes. Los indicadores de la calidad del INGEI son específicos para evaluar las emisiones y remociones de GEI²⁵:

- **Transparencia:** existe suficiente documentación clara para que las personas o los grupos que no sean los compiladores del inventario entiendan cómo se compiló el inventario y puedan asegurarse de que cumple los requisitos de buenas prácticas para los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Exhaustividad:** se declaran las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases. En las presentes Directrices, se recomiendan las áreas geográficas comprendidas dentro del alcance del inventario nacional de gases de efecto invernadero. En los casos en los que falten elementos, se debe documentar claramente su ausencia junto con la respectiva justificación de la exclusión.
- **Coherencia:** se realizan las estimaciones para diferentes años, gases y categorías de inventarios, de tal forma que las diferencias de resultados entre los años y las categorías reflejan las diferencias reales en las emisiones. Las tendencias anuales de

²² Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/spanish/ch5.pdf>

²³ Disponible en: http://www.gofcgold.wur.nl/documents/REDD_Addis_2016/Day1_06.pdf

²⁴ Disponible en:

https://www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Module%202.7%20Lecture_V2_02_12_16.pdf

²⁵ Extraídos del Capítulo 1 (Introducción a las Directrices de 2006) del Volumen 1 (Orientación general y generación de informes), disponible en:

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf



los inventarios, en la medida de lo posible, deben calcularse por el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años, y deben tener por objeto reflejar las fluctuaciones anuales reales de emisiones o absorciones, sin estar sujetas a los cambios resultantes de las diferencias metodológicas.

- **Comparabilidad:** se declara el inventario nacional de gases de efecto invernadero de forma tal que permite su comparación con los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero correspondientes a otros países. Esta comparabilidad debe verse reflejada en la selección adecuada de categorías principales y en la utilización de la orientación y cuadros para generación de informes, y en el uso de la clasificación y definición de categorías de emisiones y absorciones.
- **Exactitud:** el inventario nacional de gases de efecto invernadero no contiene estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse. Esto significa empeñar todo el esfuerzo necesario para eliminar el sesgo de las estimaciones del inventario.

A los efectos de la evaluación de la "**calidad del informe sobre área de bosque nativo en el marco de los principios TECCE**", no hace falta evaluar las emisiones o remociones de GEI que no son objeto del informe. Por tanto, bajo los principios TECCE del IPCC (2006), los informes del KPI-2 fueron evaluados solamente considerando los principios que no hacen referencia a las emisiones o remociones de GEI, es decir, el principio de la **transparencia y coherencia**.

Desde el punto de vista de la **transparencia**, el informe presenta informaciones completas acerca de los datos de actividad y métodos utilizados para las estimaciones del área de bosque nativo, incluyendo:

- Mapa con la distribución de los puntos de muestreo y tabla con la cantidad de puntos por clase de bosque;
- Diagrama con explicaciones de cada uno de los pasos y principales parámetros utilizados para la clasificación de las áreas de no-bosque y diferentes tipos de bosque nativo; y
- Explicaciones detalladas de los métodos utilizados para la diferenciación entre plantaciones forestales y bosque nativos, incluyendo ejemplos de la interpretación visual.

Desde el punto de vista de la **coherencia**, el informe presenta datos para 2012 y 2021. El hecho de que las cartografías de bosque nativo de 2012 y 2021 han sido elaboradas a partir del uso de distintos satélites y sensores (Sentinel en 2021 y Landsat en 2012), así como de métodos de clasificación, podrían generar diferencias "artificiales", no debidas a la diferencia de áreas entre esos dos años.

Un reciente estudio²⁶ sobre la comparación de datos de tres satélites, incluso Landsat-8 y Sentinel-2 mostró que esas imágenes satelitales tienen capacidades comparables en

²⁶ Peng, X.; He, G.; She, W.; Zhang, X.; Wang, G.; Yin, R.; Long, T. A Comparison of Random Forest Algorithm-Based Forest Extraction with GF-1 WFV, Landsat 8 and Sentinel-2 Images. Remote Sens. 2022, 14, 5296. <https://doi.org/10.3390/rs14215296>



distinguir áreas forestales y no forestales. Entretanto, los resultados muestran que, aunque las diferencias en la exactitud de la clasificación entre los tres conjuntos de datos satelitales no sean notables, los datos Sentinel-2 tienen la mayor precisión y Landsat 8 el más bajo.

Uruguay **demonstró que la diferencia entre las áreas de 2012 y 2021 no resulta de diferencias de sensores y métodos utilizados**, ya que el área de bosque nativo estimada en 2021 utilizando *Sentinel* está dentro del intervalo de confianza (margen de error) de la estimación utilizando *Landsat*.

Conclusiones IBN e INI

Como resultado de la evaluación se puede concluir que el **Informe de Bosque Nativo (IBN) y el Informe de Indicadores (INI)** para el KPI-2 del Bono Indexado a Indicadores de Cambio Climático (BIICC) de Uruguay:

1. **Tienen adhesión** a las mejores prácticas internacionales para la estimación del cambio de la superficie forestal a lo largo del tiempo, en particular sobre la aplicación de técnicas de sensoriamiento remoto, tal como figuran en las disposiciones relevantes de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero y la Guía de buenas prácticas del IPCC de 2003;
2. **Son coherentes** con las disposiciones pertinentes y los principios rectores de los Métodos y Orientación (MGD) de la Iniciativa Mundial de Observaciones Forestales (GFOI); y
3. **Siguen los principios TECCE** (Transparencia, Exactitud, Coherencia, Comparabilidad y Exhaustividad) establecidos por el IPCC.

En términos generales los datos de actividad (i.e. área de bosque nativo, en hectáreas), métodos aplicados para la estimación del área en el año base (2012) y el informe del año 2021, relacionados al KPI-2, pueden ser consideradas adecuados, coherentes, completos y transparentes.



ANEXOS

Boxes informativos

Box 1 – Clasificación de la cobertura de la tierra usando datos satelitales

El uso de datos satelitales para generar un mapa de cobertura de la tierra es coherente con el 2006 IPCC GL, que indica que la clasificación puede hacerse de forma visual o través análisis digital. Cada una de esas formas presenta ventajas y desventajas. El **análisis visual** de las imágenes permite la inferencia humana a través de la evaluación de las características generales de la escena (análisis de los aspectos contextuales de la imagen). La **clasificación digital**, por otro lado, permite realizar varias manipulaciones con los datos, como la fusión de diferentes datos espectrales, que pueden ayudar a mejorar el modelado de los datos biofísicos del terreno (como el diámetro del árbol, la altura, el área basal, la biomasa) utilizando los datos de detección remota. Además, el análisis digital permite el cómputo inmediato de áreas asociadas a las diferentes categorías del uso de la tierra se ha desarrollado rápidamente durante la última década, junto con el desarrollo técnico informático asociado, la fabricación de hardware, software y también los datos satelitales fácilmente disponibles a bajo costo en la mayoría de los países, aunque la capacidad para usar estos datos y las instalaciones pueden tener que ser subcontratados, particularmente en el mapeo a nivel nacional.

Box 2 – Métodos de clasificación

La clasificación de imágenes consiste en establecer un proceso de decisión en la que un grupo de píxeles se define como perteneciente a una determinada clase (o categoría de uso). En este sentido, los sistemas computacionales ayudan al usuario en la interpretación de imágenes orbitales. Los métodos de clasificación digital se pueden agrupar según la presencia o no de una fase de entrenamiento donde el analista interactúa con la computadora. Se dice que el método no está supervisado cuando el clasificador no utiliza ninguno conocimiento a priori sobre las clases existentes en la imagen. Se dice que el método de **clasificación es supervisado** cuando existe un conocimiento previo de algunas áreas en las que desea trabajar, lo que le permite una selección de muestras de entrenamiento fiables. El algoritmo clasificador trabaja con basado en la distribución de probabilidad de cada clase seleccionada. En un lenguaje más popular, el analista primero entrena al clasificador y luego asocia os demás píxeles a una determinada clase (previamente definida), mediante reglas estadísticas preestablecidas. El método de clasificación de máxima verosimilitud se basa en el cálculo de la distancia estadística entre cada píxel y el promedio de los niveles de gris de la clase previamente definida a partir de muestras de entrenamiento.



En los sistemas de clasificación supervisada, el elemento de resolución de una imagen es el píxel. Algunos usuarios han descrito ciertas limitaciones en este enfoque de clasificación píxel por píxel. Pequeñas variaciones de relieve o simplemente unos pocos píxeles de comportamiento radiométrico intrascendente (debido a la escala de trabajo) se presentan como un problema en un proceso de clasificación, que pueden generar un mapa temático no acurrado. Una alternativa a este problema es el uso de una técnica para agrupar píxeles con características similares en términos tonales y texturales, formando regiones homogéneas. Estos son luego sometidos al proceso de clasificación. El proceso de **segmentación** representa un paso hacia la preparación de las imágenes satelitales para una futura clasificación temática, donde los elementos analizados y utilizados en la clasificación son las regiones resultantes de la aplicación de una técnica de segmentación para definir el espacio de atributos de clasificación. Algunos autores definen la segmentación como un proceso que subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos (regiones), según algunas propiedades intrínsecas de la escena, es decir, nivel de gris, contraste o texturas. El objetivo es dividir la imagen en un conjunto de regiones que corresponden a las características de la superficie terrestre, que servirán como base para el análisis y cartografía temática. El acto de segmentar una imagen corresponde a la formación de áreas compuestas por un cierto número de píxeles unidos por un criterio de similitud. El resultado de este proceso son áreas con una apariencia continua y uniforme, donde cada área tiene características espectrales muy diferentes a las vecinas que la rodean.

Box 3 – Evaluación de la exactitud del mapeo²⁷

Siempre que se utilice un mapa de cobertura o uso de la tierra, se debe adquirir información sobre la confiabilidad del mapa. Cuando dichos mapas se generan a partir de la clasificación de datos de teledetección, debe reconocerse que es probable que la confiabilidad del mapa varíe entre las diferentes categorías de tierras. Algunas categorías pueden distinguirse de manera única, mientras que otras pueden confundirse con otras. Por ejemplo, el bosque de coníferas suele clasificarse con mayor precisión que el bosque caducifolio porque sus características de reflectancia son más distintas, mientras que el bosque caducifolio puede confundirse fácilmente, por ejemplo, con pastizales o tierras de cultivo.

Para estimar la exactitud de los mapas de uso del suelo/cobertura del suelo, se utilizan varios puntos de muestra en el mapa y sus correspondientes categorías del mundo real para crear una matriz de confusión con la diagonal que muestra la proporción de identificación correcta y los elementos fuera de la diagonal que muestran la proporción relativa de clasificación errónea de una categoría de tierra en una de las otras categorías posibles. La matriz de confusión expresa no solo la precisión del mapa, sino que también es posible evaluar qué categorías se confunden fácilmente entre sí.

²⁷ IPCC 2006 GL, capítulo 3, página 3.28; IPCC 2003 - Guía de buenas prácticas para el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura, página 2.21 (Evaluación de la precisión de mapeo)



Las palabras exactitud y precisión a veces se toman indistintamente, pero tienen significados diferentes; consulte las definiciones en la Guía de buenas prácticas del IPCC de 2003 a continuación.

Definición estadística: La exactitud (*accuracy*, en Inglés) es un término general que describe el grado en que una estimación de una cantidad no se ve afectado por el sesgo debido al error sistemático. Debe distinguirse de la precisión.

Definición estadística: La precisión (*precision*, en Inglés) es la proximidad de concordancia entre resultados independientes de mediciones obtenidas bajo condiciones estipuladas.

Box 4 – Soluciones para diferencias en la resolución espacial

Las soluciones incluyen el uso del mismo valor de un píxel de menor resolución para todos los píxeles de mayor resolución asociados, y volver a muestrear los datos de menor resolución para obtener una resolución más alta. Para estimar los datos de la actividad, las imágenes de resolución fina interpretadas sirven como datos de referencia. Desde la perspectiva de los datos de la actividad, Sentinel-2 y Landsat son los dos sistemas de satélites más relevantes. La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) está actualmente en el proceso de crear un producto de reflectancia superficial armonizado (HLS, por sus siglas en inglés), basado en la combinación de datos del Landsat y Sentinel-2 (Claverie et al., 2018). Sin embargo, el uso de estos datos podría dar lugar a incoherencias en las series temporales. Estas inconsistencias se pueden abordar utilizando las mismas técnicas que abordan el recálculo en escenarios complejos. Cuando persista el sesgo causado por la incoherencia, debe evaluarse y eliminarse el error en la medida de lo posible.

Un ejemplo común de posibles incoherencias causadas por el uso de series de datos más avanzadas, es cuando se aumentan los datos de la línea de base con datos diferentes de un nuevo sensor remoto. Por ejemplo, si los datos del Landsat se usaron exclusivamente para estimar el nivel de referencia y, después, los datos del Sentinel-2 se agregan a los del Landsat utilizando el producto HLS por ejemplo, para la elaboración de mapas y/o para recopilar observaciones de referencia. Este cambio en los datos podría producir resultados diferentes (es decir, mejores) que si se usara únicamente el Landsat. Un análisis comparativo de estas diferencias debería permitir identificar y eliminar los sesgos en la medida de lo posible, si los hubiera.

Agenda de la misión a campo

Durante los días 27 de febrero y 3 de marzo de 2023 se realizó una misión a campo para conocer los diferentes tipos de bosques nativos del país y realizar entrevistas con expertos nacionales involucrados en el cálculo del KPI-2.

Las principales actividades realizadas fueron:

- Día 26 de febrero: llegada en Montevideo
- Días 27 y 28 de febrero: Visita a campo (por las rutas 9, 39, 14, 16 y 10) para mejor comprensión y visualización de los diferentes tipos de bosque nativo presentes en la cartografía realizada para el KPI-2 (**Figura 1**): Serranos; Fluviales; Parque y Quebradas
- Días 01 y 02 de marzo: Reuniones con expertos nacionales para presentación y discusión de los métodos utilizados y resultados de la estimación del área de bosque nativo en los años 2012 (año base) y 2021.
- Día 03 de marzo: salida de Montevideo

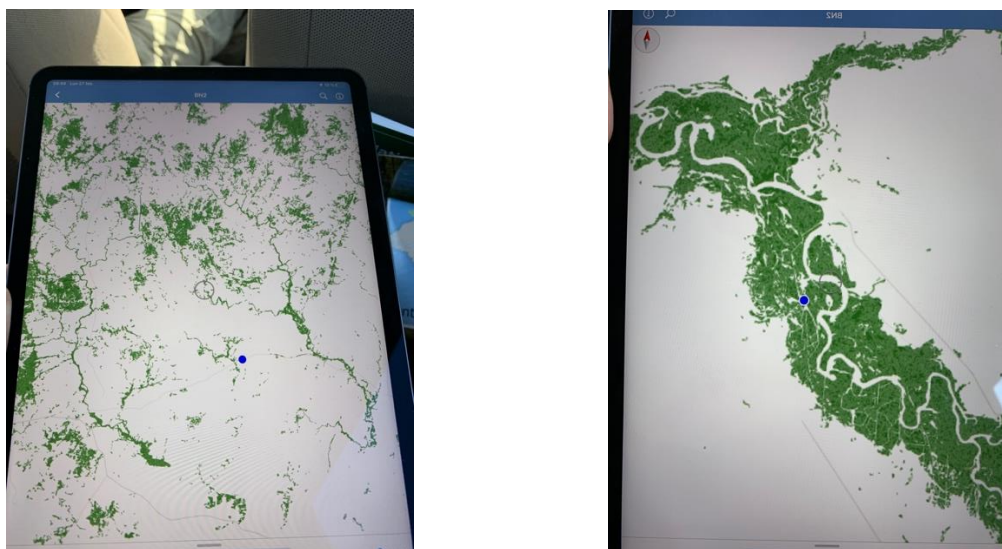


Figura 1 - Detalle de la cartografía de bosque nativo realizada para el KPI-2

Fuente: imágenes propias



Figura 2 - Ejemplo de bosque nativo fluvial

Fuente: imágenes propias



Figura 3 - Ejemplo de bosque nativo serano

Fuente: imágenes propias



Figura 4 - Ejemplo de bosque de quebrada

Fuente: imágenes propias



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

www.undp.org
