Universidad Europea del Atlántico

EX VERITATE LUX

EX LABORE VIRTUS

ÁREA DE MEDIO AMBIENTE

TÍTULO DEL PROYECTO FINAL

Fundamentos sobre la Elaboración de un Programa De Control De Calidad para la Medición en Campo de Variables que estiman la Biomasa Aérea de Especies Forestales en el Inventario Nacional De Bosques Nativos de la República Argentina

Tesis para optar al grado de:

Máster en Cambio Climático

Presentado por:

Ing. Ftal. Egon Iván Rost

ARMAMCC831104

Director:

Dr. José Francisco Sanz Requena

BUENOS AIRES, ARGENTINA

29 DE ENERO DE 2021

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL IBEROAMERICANA

ÁREA DE MEDIO AMBIENTE

TÍTULO DEL PROYECTO FINAL

Fundamentos sobre la Elaboración de un Programa de Control de Calidad para la Medición en Campo de Variables que estiman la Biomasa Aérea de Especies Forestales en el Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina

Tesis para optar al grado de:
Maestría en Cambio Climático

Presentado por:
Ing. Ftal. Egon Iván Rost
ARMAMCC831104

Director:
Dr. José Francisco Sanz Requena

BUENOS AIRES, ARGENTINA
29 DE ENERO DE 2021

DEDICATORIA

Primeramente, a mi pareja Sofía, por acompañarme día a día en el camino de la vida, motivándome a mejorar y crecer como persona, buscando superarme cada día emprendiedo nuevos desafíos.

A mi familia, por el permanente apoyo y respaldo incondicional, a la distancia y a través de los años. A los amigos que me brindaron intensos momentos compartidos y grandes enseñanzas, los que están cerca y los que no.

Al Ingeniero Forestal Enrique Wäbo (Q.E.P.D.) por su honrada trayectoria profesional y académica para las Ciencias Forestales de la República Argentina, particularmente en la disciplina relacionada a la Biometría y Dasometría, con quien tuve el honor de compartir dos años de profundos aprendizajes.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Francisco Sanz Requena por su constante atención y paciencia, lo cual me sirvió de impulso para desarrollar este trabajo.

A la Fundación Universitaria Iberoamericana FUNIBER, la Universidad Europea del Atlántico UNEATLATNICO, y la Universidad Internacional Iberoamericana UNINI, por brindar las oportunidades de acreditar los conocimientos necesarios para el desenvolvimiento y crecimiento profesional en las temáticas ambientales de agenda actual.

A la Dirección Nacional de Bosques DNB del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina MAYDS, institución con la cual mi vínculo me permitió crecer profesionalmente estos últimos años. Particularmente a los colegas de trabajo del Sistema de Monitoreo Nacional de los Bosques Nativos; y especialmente a Santiago García por su gran compañerismo y motivación en las auditorías de campo, a Anibal Cuchietti y Jimena Saucedo por su generosidad en compartir y enseñar técnicas de análisis de datos, y a Julieta Bono por brindarme respaldo profesional y gestionar el ambiente laboral cotidianamente.

Finalmente, a Rubén Manfredi por la confianza y la convocatoria allá por el año 2014, al desafío de formular y realizar el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina. A Gabriela Parmuchi, Pablo Piccio y Lila Cuccolo por su imborrable huella en los comienzos del proyecto. Estoy convencido que hemos estado a la altura de las circunstancias.

COMPROMISO DE AUTOR

Yo, Egon Iván Rost, declaro que:

El contenido del presente documento es original y constituye un reflejo de mi trabajo personal. Manifiesto que, ante cualquier notificación de plagio, autoplagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al Director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas.



Firma: _____

Egon Iván Rost

Buenos Aires, 29 de Enero de 2020

Att: Dirección Académica

Por este medio autorizo la publicación electrónica de la versión aprobada de mi Proyecto Final bajo el título FUNDAMENTOS SOBRE LA ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA MEDICIÓN EN CAMPO DE VARIABLES QUE ESTIMAN LA BIOMASA AÉREA DE ESPECIES FORESTALES EN EL INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA en el campus virtual y en otros espacios de divulgación electrónica de esta Institución.

Informo los datos para la descripción del trabajo:

Título	FUNDAMENTOS SOBRE LA ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA MEDICIÓN EN CAMPO DE VARIABLES QUE ESTIMAN LA BIOMASA AÉREA DE ESPECIES FORESTALES EN EL INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA
Autor	Egon Iván Rost
Resumen	Este estudio tiene como objetivo visibilizar el alcance de los errores de medición en la calidad de la información producida y proponer un Programa de Control de Calidad, a partir de la comparación de dos conjuntos de datos provenientes de las mismas unidades de muestreo del Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina.
Programa	Máster en Cambio Climático
Palabras clave	calidad de datos**;** inventario forestal**;** biomasa aérea**;** errores de medición**;** emisiones de gases de efecto invernadero
Contacto	irost@ambiente.gob.ar; rostegon@gmail.com

Atentamente,



Firma: _____

Egon Iván Rost

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTOS iv

COMPROMISO DE AUTOR v

ÍNDICE GENERAL 1

ÍNDICE DE FIGURAS 4

ÍNDICE DE TABLAS 5

RESUMEN 6

Palabras clave 7

ABSTRACT 8

Keywords 8

INTRODUCCIÓN 9

Objetivo General 10

Objetivos Específicos 10

MARCO TEÓRICO 12

Capítulo 1: Reportes Técnicos Nacionales para la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático 13

1.1. Características Principales de los Reportes Técnicos Nacionales para la CMNUCC 14

1.2. Criterios de Calidad Asociados a los Reportes Técnicos Nacionales para la CMNUCC 17

1.3. Compromisos de la República Argentina en Presentar Reportes Técnicos ante la CMNUCC 19

Capítulo 2: Inventario Nacional de Bosques Nativos 21

2.1. Importancia del Inventario Nacional de Bosques Nativos para Generar Información 22

2.2. Variables Claves del Inventario Nacional de Bosques Nativos para Reportar a la CMNUCC 23

2.3. Estimación de la Biomasa Forestal en el Inventario Nacional de Bosques Nativos 25

2.4. Calidad de la Información Generada en el Inventario Nacional de Bosques Nativos 26

2.5. Errores de Medición en Inventarios Forestales 27

Capítulo 3: Programas de Control de Calidad para Inventarios Forestales Nacionales 28

3.1. Importancia de los Programas de Control de Calidad para los Inventarios Forestales Nacionales 29

3.2. Bases técnicas de los Programas de Control de Calidad para los Inventarios Nacionales Forestales 29

3.3. Criterios los Programas de Control de Calidad para los Inventarios Nacionales Forestales acordes a las Recomendaciones de la CMNUCC 32

MARCO EMPÍRICO 33

Capítulo 4: Contextualización 33

Capítulo 5: Diseño Metodológico 37

5.1. Introducción 37

5.2. Variables 38

5.3. Muestra 39

5.4. Instrumentos de Medición y Técnicas 40

5.5. Procedimientos 40

5.6. Hipótesis de Trabajo 43

Capítulo 6: Resultados 44

Capítulo 7: Discusión 62

Capítulo 8: Conclusiones Generales 65

Capítulo 9: Recomendaciones 66

REFERENCIAS 68

GLOSARIO 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Línea Temporal de las Presentaciones de los Reportes Técnicos de la República Argentina a la CMNUCC…….....……21

Figura 2. Esquema General de Monitoreo, Medición, Reporte y Verificación para REDD+ del Sector AFOLU en la República Argentina…….24

Figura 3. Grilla Sistemática de Muestreo para el INBN2 en las Regiones Forestales de la República Argentina……..35

Figura 4. Unidad de Muestreo del INBN2……..36

Figura 5. Resultados de la Limpieza de Datos en la Región Forestal Parque Chaqueño PCH……..46

Figura 6. Resultados de la Limpieza de Datos en la Región Forestal Yungas YUN…...……..48

Figura 7. Resultados de la Limpieza de Datos en la Región Forestal Bosque Andino Patagónico BAP…...……..50

Figura 8. Gráficos de Densidad de las Diferencias entre las Muestras para las Variables Dasométricas en la Región Forestal Parque Chaqueño PCH……..……..54

Figura 9. Gráficos de Densidad de las Diferencias entre las Muestras para las Variables Dasométricas en la Región Forestal Yungas YUN……..……..55

Figura 10. Gráficos de Densidad de las Diferencias entre las Muestras para las Variables Dasométricas en la Región Forestal Bosque Andino Patagónico BAP……..……...56

Figura 11. Distribuciones de la Función Densidad de Probabilidad (FDP) para la Biomasa Aérea de los Individuos Leñosos incorporando los Errores de Medición en cada Región Forestal Analizada……..……..……..58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Umbrales de DAP/DAB para seleccionar Individuos de la Muestra en las distintas Regiones Forestales del INBN2…….....37

Tabla 2. Resultados de la Etapa de Limpieza de Datos para las Muestras analizadas ……44

Tabla 3. Resultados de las Diferencias entre las Muestras de Inventario y Auditoría para las Variables Dasométricas……....51

Tabla 4. Resultados de las Diferencias y Estimación de la Incertidumbre para la Variable Biomasa Aérea de los Individuos Leñosos…….57

Tabla 5. Listado de Buenas Prácticas para aumentar la Calidad en el Levantamiento de Datos en el Inventario Nacional de Bosques Nativos……....59

Tabla 6. Fundamentos de un Programa de Control de Calidad para el Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina……....60

RESUMEN

La necesidad de reportar en forma transparente y consistente los resultados sobre estimaciones de Gases de Efectos Invernadero (GEI) es resaltada enfáticamente por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Aun así, la información sobre principales fuentes de imprecisión para verificar la calidad de datos usualmente no suele estar disponible o es difícil de rastrear. Estudios sobre los errores que ocurren en el proceso de medición son comúnmente omitidos y los análisis solamente se acotan al diseño muestral. Se desarrolló una metodología específica para estimar la calidad de la información levantada en campo en el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina (INBN2), utilizada para la construcción del factor de emisión en el marco de la estimación de emisiones de GEI debidas a la deforestación. Se seleccionó un conjunto de variables dasométricas puntuales a evaluar de dos muestras independientes tomadas sobre las mismas unidades de muestreo. A través de técnicas estadísticas y de análisis de datos, se contrastaron las diferencias y se ponen a prueba las significancias de las mismas. Se detectó un nivel de calidad relativo más bajo con respecto a Inventarios Forestales Nacionales (IFN) de otros países Anexo I de la CMNUCC. Las diferencias entre las muestras analizadas se debieron a eventos estocásticos, con pocos casos de variables donde predominó una tendencia sesgada. Particularmente para la biomasa aérea de los individuos leñosos vivos en pie, se estimó una incertidumbre asociada a los errores de medición aproximada del 0,28 a 0,36% según la región forestal analizada, verificando que otras fuentes de incertidumbre pueden tener mayor relevancia por encima de las asociadas a las mediciones. Resulta importante entonces fomentar la implementación de un Programa de Control de Calidad (PCC), que permita el reporte y la comparación de la información entre los diferentes países con miras a armonizar el nivel de calidad, en el marco de los reportes internacionales ante la CMNUCC. Particularmente, para el INBN de Argentina es factible implementar un PCC de tres etapas, que permite establecer una ventana de acción realista para obtener mejores resultados a futuro.

Palabras clave

calidad de datos; inventario forestal; biomasa aérea; errores de medición; emisiones de gases de efecto invernadero.

ABSTRACT

The need for transparent and consistent reporting of results on Greenhouse Gas (GHG) estimates is strongly emphasised by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). However, information on main sources of inaccuracy to verify data quality is usually not available or difficult to track. Studies on errors occurring in the measurement process are commonly omitted and analyses are only limited to the sampling design. A specific methodology was developed to estimate the quality of the information collected in the field in the National Inventory of Native Forests of the Argentine Republic (INBN), used for the construction of the emission factor in the framework of the estimation of GHG emissions due to deforestation. A set of dasometric variables was selected to be evaluated from two independent samples taken from the same sampling units. Using statistical techniques and data analysis, the differences were compared and their significance tested. A lower relative quality level was detected with respect to National Forest Inventories (NFI) from other Annex I countries of the UNFCCC. The differences between the samples analysed were due to stochastic events, with few cases of variables where a biased trend predominated. Particularly for the aboveground biomass of live standing woody individuals, an uncertainty associated with measurement errors of approximately 0.28 to 0.36% was estimated, depending on the forest region analysed, verifying that other sources of uncertainty may be more relevant than those associated with the measurements. It is therefore important to promote the implementation of a Quality Control Programme (also known as Quality Assurance QA), which allows the reporting and comparison of information between countries with a view to harmonising the level of quality, within the framework of international reporting to the UNFCCC. In particular, it is feasible for the INBN of Argentina to implement a three-stage QA, which allows for a realistic window of action to obtain better results in the future.

Keywords

data quality; forest inventory; above-ground biomass; measurement errors; greenhouse gas emissions.

INTRODUCCIÓN

El tema central de este trabajo de investigación consiste en visibilizar la importancia de los protocolos de calidad al realizar mediciones en campo durante la etapa de recolección de datos para variables que luego se utilizan para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este caso particular, se centrará el estudio sobre la variable biomasa aérea de especies forestales en el marco de un Inventario Nacional de Bosques. La necesidad de transparencia y estimadores confiables sobre emisiones de gases de efecto invernadero es una dimensión altamente discutida en el contexto de los reportes nacionales que se realizan ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

La CMNUCC ha estado impulsando estos últimos años directrices y procedimientos que ponen la lupa sobre la transparencia, completitud, consistencia y precisión de la información con la que se construye los indicadores vinculados a las emisiones de GEI a escala nacional. Esto es de una importancia singular dada la etapa en que las Naciones se someten a evaluaciones técnicas para acceder al mecanismo de pago por resultados en cuanto a la reducción de emisiones refiere. En el ejercicio técnico, es común subestimar la complejidad del análisis de los errores asociados al proceso de recolección de datos. En la mayoría de los casos, el estudio sobre errores solo se limita al componente que refiere al diseño de muestreo solamente. Incluso es escaso el repositorio de bibliografía de autoría en el contexto nacional que trate la temática para el caso particular de los errores no muestrales: aquellos ocasionados principalmente por el factor humano, por ejemplo, imprecisión en la medición de atributos o en la digitalización de la información colectada en campo. Considerando estas apreciaciones, la motivación principal es proponer una primera aproximación metodológica que cubra estas limitaciones y además contribuya a robustecer la base de información con la cual múltiples organismos públicos de la República Argentina realizan sus reportes ante la CMNUCC. Se espera además que sea de interés para otros actores (sector privado, organizaciones no gubernamentales) que trabajan por ejemplo con inventarios forestales a diferentes escalas, o con proyectos que ejecutan procedimientos de levantamiento de información similares a los descriptos en este estudio.

Objetivo General

Generar la información base de un programa de control de calidad, a partir de los criterios de transparencia y precisión establecidos por la CMNUCC, para el Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina focalizando el análisis sobre los errores de medición en variables claves para determinar la biomasa aérea de especies forestales.

Objetivos Específicos

I. Desarrollar una metodología para la estimación los errores de medición en base a la información disponible sobre las auditorías del Inventario Nacional de Bosques Nativos.
II. Identificar los tipos y fuentes de error en la medición de variables claves para estimar la biomasa aérea de especies forestales.
III. Realizar el cálculo de los estadísticos que permitan luego conocer el alcance de los errores de medición en las estimaciones de emisiones de GEI producto de la deforestación forestal.
IV. Realizar un listado de buenas prácticas para mejorar la calidad en el levantamiento de datos, y de esta forma minimizar errores y mejorar los estimadores.
V. Visibilizar la información de base para la planificación de programas de control de calidad para las mediciones de variables claves en inventarios forestales, en línea con los criterios sugeridos por la CMNUCC.

El presente trabajo está estructurado en dos marcos: el teórico y el empírico. En el primero se introduce a las bases del escenario internacional vinculado al cambio climático, y a partir del cual las naciones elaboran documentos o reportes técnicos para elevar su información sobre la dinámica de las emisiones de GEI en su territorio que se describen en el Capítulo 1. Uno de los instrumentos que produce información valiosa para esta tarea es el Inventario Forestal Nacional, en el caso particular de la República Argentina conocido como Inventario Nacional de Bosques Nativos. En el Capítulo 2 se detallan las variables en el inventario de mayor relevancia en el marco de las emisiones de GEI para el sector y los aspectos que hacen a la calidad de los datos que las definen. Por último, se presentan las ventajas de establecer un

Programa de Control Calidad (PCC) para los Inventarios Forestales y como puede repercutir luego en la presentación de la información en el ámbito internacional. El marco empírico lo constituyen el Capítulo 4 donde se describe el diseño de muestreo del inventario; el Capítulo 5 que presenta el diseño metodológico detallando las variables, muestras, técnicas, procedimientos e hipótesis de trabajo; el Capítulo 6 que visibiliza los resultados que satisfacen los objetivos específicos planteados; el Capítulo 7 donde se debate sobre los descubrimientos más destacados porducto de la evaluación de los errores encontrados; el Capítulo 8 para reflexionar sobre la factibilidad de aplicar un PCC para el Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina; y finalmente, el Capítulo 9 que recomienda el ámbito de aplicación para los conceptos desarrollados en este estudio de caso.

MARCO TEÓRICO

El cambio climático con sus impactos ambientales y económicos, es uno de los fenómenos más desafiantes, sin lugar a dudas, al que deben enfrentar las sociedades modernas para asegurar la sostenibilidad del desarrollo humano (Montalvo, 2011). La respuesta inicial para combatir el cambio climático comenzó en la "Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo" celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, base del régimen jurídico internacional sobre la materia, con la adopción de la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático" (Tudela, 2014). El objetivo último de la CMNUCC es lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antrópicas peligrosas en el sistema climático (Montalvo, 2011). Este nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adaptasen naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible (Bodansky, 1993).

La "Conferencia de las Partes" (COP) comprende a todos los Estados (o "Partes") que han ratificado o aceptado la Convención. Ésta celebró su primer encuentro en Berlín en 1995 y ha continuado reuniéndose anualmente (Vergara et al., 2009). El papel de la COP, que constituye un régimen gobernante en sí, es promover y revisar la implementación de la CMNUCC sobre los compromisos existentes, los nuevos hallazgos científicos, y la efectividad de los esfuerzos nacionales para mitigar y adaptarse al cambio climático (Brunner, 2001).

El primer resultado concreto generado por la COP fue el instrumento conocido como "Protocolo de Kioto", aprobado en diciembre de 1997, que estableció por primera vez el valor de la tonelada de dióxido de carbono (CO_2) (Montalvo, 2011). En conjunto con la determinación de los compromisos cuantificados de reducción de emisiones por las "Partes" (listadas en el Anexo B del Protocolo), se incorporaron tres mecanismos de mercado para el comercio internacional de emisiones de CO_2 (Tudela, 2014). A pesar de la existencia de objetivos tangibles, en cuanto a niveles de emisión y la agenda asociada para cumplirlos, varios expertos consideraron al "Protocolo de Kioto" como un esfuerzo incompleto (Brunner, 2001). La naturaleza de las negociaciones internacionales provocó desgastes políticos y la erosión de confianza

entre las “Partes”, que debieron subsanarse en posteriores reuniones y acuerdos (Tudela, 2014).

Se arribó así, en la COP (N°21) de 2015, al primer gran consenso ambiental del siglo XXI nombrado como “Acuerdo de París”, declarado abierto para la adhesión en Abril de 2016 y firmado por 175 “Partes” inmediatamente en la ceremonia de apertura (Lucas Garín, 2017). El objetivo final buscado es mantener el aumento de la temperatura media mundial (para el final del actual siglo) debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, equilibrando entre emisiones y absorciones antropógenas en un contexto de desarrollo sostenible con erradicación de la pobreza (Fernández-Reyes, 2016). Los instrumentos políticos de base del “Acuerdo de París” son los conocidos como “Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional” (INDC, según sus siglas en inglés), que contienen la información sobre la estimación de emisiones de GEI y los compromisos nacionales de mitigación y/o adaptación de cada país (Olabe et al., 2016). A su vez, se estableció la fecha del primer balance global para el año 2023 (obligatorio para todas las “Partes”), que será actualizado posteriormente cada cinco años (Lucas Garín, 2017).

Capítulo 1: Reportes Técnicos Nacionales para la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

Un punto destacado a partir del “Acuerdo de París” en 2015 es el compromiso de las “Partes” en reportar y hacer un seguimiento transparente de sus acciones. Las “Comunicaciones Nacionales” (CN) y los “Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero” (INGEI) suelen ser las herramientas para estos fines desde la vigencia del “Protocolo de Kyoto” en 1997, sin embargo, la exigencia para cada caso era dispar y poco preciso (del Prado y Sanz, 2016). Las CN plasman toda la información proveniente de los resultados de los INGEI y de los programas nacionales elaborados para mitigar emisiones y facilitar la adaptación al cambio climático. Sobre las acciones de mitigación específicamente, cada dos años (acordado en la COP N°17 en 2014 para los países en desarrollo) se debe elaborar un “Informe Bienal de Actualización” (IBA) para profundizar en detalles específicos (Elverdin, 2018). Todos estos

documentos de reporte son finalmente aglutinados por el “Acuerdo de París” ya que, acorde a del Prado y Sanz (2016):

Confirma la necesidad de los IBA y su evaluación, pero formaliza el proceso de presentación de las INDC y su revisión al alza en ciclos de 5 años, en el contexto de transparencia absoluta que permita determinar si estamos cumpliendo el objetivo común de mantenernos por debajo de los 2°C.

Además de los reportes ya citados, existen los conocidos como “Posiciones” (o “Submissions” en inglés), enviados a algún órgano particular de la CMNUCC que han solicitado información sobre un tema puntual. Por último, suelen acompañar a alguno de los reportes nacionales principales, si es que existen, los “Planes Nacionales de Adaptación” (NAP) y/o las “Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación” (NAMA) que constituyen iniciativas puntuales de un país para hacer frente al cambio climático (Parra y Witkowski, 2018).

1.1. Características Principales de los Reportes Técnicos Nacionales para la CMNUCC

El “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas” (IPCC), creado en 1988, reúne científicos de todo el mundo encargados de producir informes periódicos sobre el proceso de cambio climático, sus impactos y posibles medidas de mitigación o adaptación (Vergara et al., 2009). El IPCC prepara también metodologías y directrices para los INGEI, mediante un grupo específico para esta tarea, con el fin de orientar a las “Partes” en la elaboración de estos reportes. El INGEI debe informar sobre las emisiones nacionales de GEI de los sectores principales de cada país, para los seis gases establecidos por la CMNUCC (Parra y Witkowski, 2018).

El documento titulado “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (IPCC, 2006) orienta acerca de las principales características que estos documentos deben respetar para la presentación ante la CMNUCC:

I. Métodos de estimación para tres niveles de detalle (de la básica a la más detallada): especificación matemática de los métodos, la

información sobre los factores de emisión u otros parámetros que deben usarse al generar las estimaciones, y las fuentes de datos de actividades para estimar el nivel general de las emisiones netas (emisión por fuentes menos absorciones por sumideros).

II. Árboles de decisiones para guiar la selección del nivel que se debe utilizar en vista de las circunstancias nacionales, que incluyen la disponibilidad de los datos necesarios y los aportes hechos por la categoría al total de emisiones y absorciones nacionales, así como a su tendencia a través del tiempo.

III. Recomendaciones sobre la forma de garantizar que la recopilación de datos sea representativa y que la serie temporal sea coherente.

IV. Características de la estimación de las incertidumbres en el nivel de la categoría y para el INGEI en su totalidad.

V. Orientaciones sobre los procedimientos de garantía y control de la calidad para lograr verificaciones cruzadas durante la compilación del INGEI.

VI. Detalles sobre la información que se debe documentar, archivar y declarar para facilitar la revisión y evaluación de las estimaciones.

El INGEI es un componente fundamental de las CN, que son los reportes por los cuales las “Partes” se comprometen a elevar información relevante según el artículo 4 y 12 de la CMNUCC (Breidenich, 2011). Los elementos que normalmente conforman las CN que elevan las “Partes” son (Parra y Witkowski, 2018):

I. El INGEI ya citado, con emisiones clasificadas por fuentes, remociones y sumideros.

II. Circunstancias nacionales (con respecto a la aplicación de lo acordado en la CMNUCC).

III. Medidas para abordar la mitigación al cambio climático.

IV. Medidas para facilitar la adaptación frente al cambio climático.

V. Informe sobre obstáculos, carencias, y necesidades en cuanto a financiamiento, tecnología y capacidades.

VI. Información adicional que se considere pertinente para lograr los compromisos nacionales.

Las CN han sido históricamente la fuente primaria de información de la CMNUCC sobre la implementación de acciones de las “Partes” y sus resultados. A su vez, la mera preparación de las CN incentiva el establecimiento y crecimiento tanto de instituciones como procesos vinculados a la temática, propiciando el espacio para el intercambio de experiencias y aprendizajes entre las “Partes” (Breidenich, 2011)

Los “Reportes Bienales de Actualización” (IBA) difieren de las CN ya que se enfocan especialmente en el proceso de mitigación, evaluando el potencial para este último en cada uno de los diversos sectores del país (Parra y Witkowski, 2018). Los IBA incluyen mínimamente el INGEI (cubriendo todos los sectores) y el plan de mitigación formulado en consecuencia. El alcance de la información a comunicar, los objetivos, así como la periodicidad de los reportes, fueron estipulados en la COP N°17 mediante la aprobación de las directrices contenidas en la decisión “2/CP. 17 anexo III” (SAyDS, 2015).

Finalmente, a partir del “Acuerdo de París”, se formalizaron las INDC que son las contribuciones que las “Partes” presentan de manera voluntaria a la CMNUCC, las cuales detallan metas de reducción de emisiones de GEI orientadas a estabilizar las concentraciones para el 2030 (Parra y Witkowski, 2018). Estos compromisos reivindican que las “Partes” den seguimiento a sus emisiones y registren sus progresos, incluyendo en cada revisión medidas más intensas y ambiciosas adoptadas en el marco de las obligaciones previas fijadas (Lucas Garín, 2017). Una INDC puede basarse en los reportes anteriores elevados por el país, fundamentalmente en el INGEI, con especial énfasis en los impactos económicos de los escenarios correspondientes a la mitigación y/o adaptación (Parra y Witkowski, 2018). Otros aspectos que contienen en común las INDC presentados por las “Partes” son (Mbeva y Pauw, 2016):

I. Información cuantificable sobre el nivel de referencia de emisiones de GEI (fijando un año de base para posteriores revisiones).
II. Autoevaluación en cuanto a la ambición de la contribución en base a las circunstancias nacionales.

III. Autoevaluación en como la INDC contribuye al objetivo colectivo estipulado por la CMNUCC.

1.2. Criterios de Calidad Asociados a los Reportes Técnicos Nacionales para la CMNUCC

La implementación por parte de las “Partes” de un sistema de monitoreo para el seguimiento de las emisiones de GEI y las acciones de mitigación y/o adaptación que sea sólido, confiable y transparente, es esencial para la coordinación de los esfuerzos internacionales en enfrentar al cambio climático. A su vez, para fortificar la confianza entre las diferentes “Partes”, los reportes técnicos nacionales deben cumplir ciertos requisitos básicos (Breidenich, 2011):

I. Transparencia: definida por la accesibilidad, entendimiento e imparcialidad de la información; en otras palabras, que la misma debe estar presentada en forma completa, clara, organizada y de fácil lectura.
II. Homogeneidad: los datos presentados deben poder ser comparables con los de las demás “Partes”, lo que implica un formato estandarizado, y en la medida de lo posible, también exigencias de calidad en común.
III. Confiabilidad: la información presentada debe ser colectada y procesada usando métodos técnicos consistentes.
IV. Utilidad: los reportes deben concentrar sus principales resultados en aportar valor a los objetivos comunes de las “Partes” acordados en las COP o en la propia CMNUCC.
V. Periodicidad: la frecuencia en que se reporta la información debe ser adecuada para asegurar que, en los encuentros entre las “Partes”, se discuta sobre el escenario actual y que se reflejen los cambios acontecidos entre periodos consecutivos.

A pesar del énfasis con el que se comunica la necesidad de proveer información precisa y transparente de emisiones de GEI en el marco de la CMNUCC (que además constituye el punto de partida para planificar luego las acciones de mitigación y/o adaptación), sigue siendo difícil encontrar orientación específica para evaluar la calidad de la información sobre los resultados reportados (Birigazzi et al., 2019). Algunos indicadores son citados en las “Directrices del IPCC de 2006”, surgidas de

una revisión de las metodologías acordadas internacionalmente en 1996 para elaborar los INGEI con el fin de informar a la CMNUCC (IPCC, 2006). Este informe, en conjunto con otros documentos asociados como “Guías de buenas prácticas” y “Gestión de la incertidumbre”, son utilizados también como guías metodológicas por defecto para elaborar las CN y los IBA (Parra y Witkowski, 2018).

En términos generales para los INGEI, se promueve el concepto de “buenas prácticas” como el conjunto de acciones que producen resultados que no contienen estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida que pueda juzgarse, y en los que las incertidumbres se reducen lo máximo posible (IPCC, 2006). La definición de incertidumbre difiere de la estadística cuando se trata de los INGEI, en cuyo caso particular es un término general e impreciso que refiere simplemente a la falta de certeza que se deriva de cualquier factor causal (Penman et al., 2001).

Las “Directrices” proponen una clasificación jerárquica de los métodos de estimación utilizados en los INGEI en base a niveles de complejidad y su precisión asociada (“Tiers” 1, 2 y 3, en inglés). El nivel más básico, “Tier 1”, consiste en utilizar las estadísticas nacionales disponibles en combinación con factores de emisión estándar provistos por el IPCC. Independientemente del método que se use, los indicadores de calidad estipulados por las “Directrices” para los INGEI son (IPCC, 2006):

I. Transparencia: la existencia de información completa y entendible para que individuos o grupos, que no sean los autores del INGEI, puedan interpretar como el mismo fue elaborado en consonancia con las buenas prácticas.
II. Integridad: las estimaciones son reportadas para todas las categorías relevantes de fuentes, sumideros y gases. En caso de ausencia de algún elemento, la misma debe ser detalladamente justificada.
III. Consistencia: las estimaciones de distintos años, gases, y categorías son realizadas de tal forma que las diferencias encontradas en los resultados reflejen los acontecimientos reales ocurridos en cuanto a las fluctuaciones de emisiones.

IV. Comparabilidad: los datos del INGEI son reportados en un formato que permite ser comparable con los elaborados por otros países (para cumplir con este indicador se utilizan las guías metodológicas).

V. Precisión: las estimaciones del INGEI, sometidas a evaluación, no son sesgadas; lo cual implica realizar todos los esfuerzos posibles para reducir parcialidades.

En el caso particular de las emisiones de GEI para el sector de “Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra” (conocido como AFOLU por sus siglas en inglés), los “Tiers” más alto, 2 y 3, se alcanzan utilizando técnicas de muestreo adecuadas para definir los factores de emisión y los datos de actividad (Birigazzi et al., 2019).

Por último, no existen (por el momento) directrices oficiales sobre el desarrollo de las INDC instruidos luego del “Acuerdo de París”, lo que constituye un obstáculo importante para muchos países. Además, esta particularidad dio lugar a presentaciones heterogéneas de las INDC, falta de consenso entre las “Partes”, e incluso comprometiendo los requisitos básicos que si cumplían anteriores reportes nacionales (Mbeva y Pauw, 2016).

1.3. Compromisos de la República Argentina en Presentar Reportes Técnicos ante la CMNUCC

La República Argentina ratificó la CMNUCC a través de la “Ley Nacional N° 24.295” en el año 1994, asumiendo la obligación de informar todo lo relevante para el logro de los objetivos comunes entre las “Partes”, en particular el INGEI, junto a los programas nacionales que contengan medidas para mitigar y facilitar la adecuada adaptación al cambio climático. El país elevó su “Primera Comunicación Nacional” en 1997, que incluye los INGEI de 1990 y 1994, luego una versión revisada de estos documentos en 1999 que incluye el INGEI de 1997 y algunas metas de emisión de GEI a futuro (MAyDS, 2020 a).

La “Segunda Comunicación Nacional” se elevó en 2008, incluyendo el INGEI de 2000 elaborado en base a las “Directrices” del IPCC de 1996. Este documento además presentó por primera vez las estrategias de mitigación y adaptación que el

país implementaría teniendo en cuenta sus circunstancias particulares, las necesidades de financiamiento y otros condicionamientos (MAyDS, 2020 b).

La “Tercera Comunicación Nacional” se presentó en 2015, incluyendo el INGEI de 2012 y adecuando gradualmente la metodología en base a las “Directrices” del IPCC de 2006 (MAyDS, 2020 c). En conjunto a este documento, además se elaboró el primer “Informe Bienal de Actualización” IBA, compromiso asumido por el país en la COP N°17. Este primer IBA incluye: la descripción de las circunstancias nacionales; los datos sobre el INGEI para el año 2010; información sobre las medidas de mitigación; las necesidades en materia de financiación, tecnología, fomento de capacidades y la descripción del apoyo recibido (MAyDS, 2020 d).

La República Argentina presentó también en octubre de 2015 ante la CMNUCC su INDC, basada en la tercer CN y estipulando una reducción incondicional del 15% de emisiones para el año 2030, con respecto a las emisiones proyectadas en el escenario vigente hasta la fecha. Luego durante la COP22, considerando las actualizaciones de los INGEI, el país formalizó su “Contribución Nacional Determinada” (NDC) estableciendo una meta absoluta de no exceder la emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ($MtCO_2e$) (Elverdin, 2018).

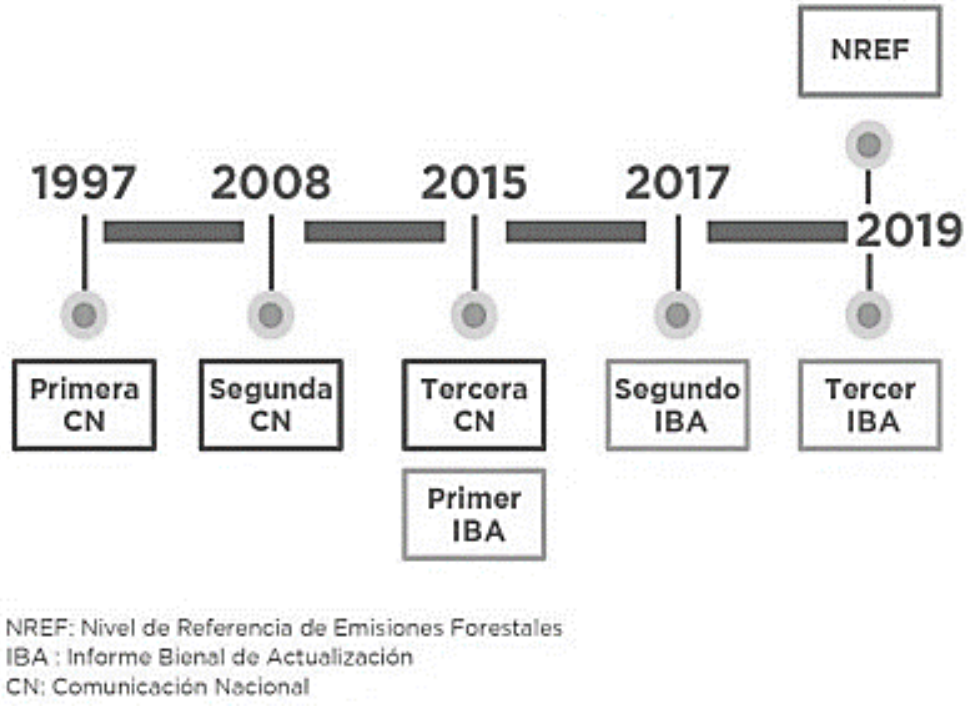
Posteriores reportes técnicos incluyen actualizaciones al IBA, como fue acordado en la COP por “Decisión 2/CP. 17” que establece que las “Partes” no incluidas en el “Anexo I” (grupo al que pertenece la República Argentina) deben presentar un IBA cada dos años. El segundo IBA se presentó en 2017 que contiene el INGEI de 2014 ya totalmente adaptado a las “Directrices” del IPCC 2006 (MAyDS, 2020 e).

El último y tercer IBA se elevó en 2019, con los resultados del INGEI de 2016, e incluso incorporando algunos elementos derivados de la INDC como son los “Planes Sectoriales” de mitigación. Además, en forma voluntaria, se publicó un anexo técnico sobre los resultados alcanzados por el país en el marco del pago por resultados de la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (que incluye una primera propuesta sobre un nivel de referencia de emisiones, NREF, para

el sector) (MAyDS, 2020 f). Finalmente, en la Figura 1 se ilustra sintéticamente los reportes nacionales elevados a la CMNUCC hasta el año 2019.

Figura 1

Línea Temporal de las Presentaciones de los Reportes Técnicos de la República Argentina a la CMNUCC.



Nota: extraído de “Tercer Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (MAyDS, 2020 f).

Capítulo 2: Inventario Nacional de Bosques Nativos

Dentro de la “Dirección Nacional de Bosques” (DNB) del “Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible” (MAyDS), el “Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques Nativos de la República Argentina” (SNMBN) provee información actualizada de los recursos forestales nativos del país, permite dar seguimiento a la implementación de la “Ley Nacional N° 26.331 de Bosques Nativos” y colaborar con

el cumplimiento de los convenios internacionales asumidos por el país en materia de cambio climático (MAyDS, 2020 g).

Una componente importante del sistema es el “Inventario Nacional de Bosques Nativos”, implementado por primera vez en el período comprendido entre 1996 y 2006, y conocido como “Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos” (PINBN), luego dando lugar al “Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos” (INBN2) que continua en 2020 (SAyDS, 2005). El INBN2 es un inventario forestal que permite brindar información general actualizada de los bosques nativos a escala nacional, colectando, procesando y reportando datos de los mismos sobre su composición florística, estado de conservación, atributos de sitio, evidencia de acciones antrópicas y características dasométricas (MAyDS, 2020 h).

Es menester explicar que el modelo de organización institucional para el sector forestal en la República Argentina consiste en una fragmentación de responsabilidades, en la cual el “Ministerio de Agricultura” rige el desarrollo comercial de los bosques implantados, mientras que el “Ministerio de Ambiente” vela por la protección de los bosques naturales (Tohá y Barros, 1997).

2.1. Importancia del Inventario Nacional de Bosques Nativos para Generar Información

El INBN busca establecer un sistema de inventarios nacionales sucesivos de manera tal que genere información oficial actualizada y periódica sobre la distribución, extensión, composición, estado de conservación y funcionamiento de los bosques del país. De esta forma, los resultados generados son utilizados para conseguir objetivos de marcada importancia como (SAyDS, 2019 b):

I. Producir cartografía temática a nivel nacional y regional.
II. Proveer de estimaciones con respaldo estadístico para las variables de los bosques.
III. Proveer de insumos claves para la gestión de la “Ley Nacional N° 26.331 de Bosques Nativos”.
IV. Producir información que alimente al “Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques”.

V. Suministrar información precisa a las instituciones del Estado, así como a la comunidad científica y civil en general, que ayude a tomar decisiones sobre el ordenamiento territorial y las actividades de uso del suelo.

VI. Contribuir a las estrategias ambientales de escala mundial a través de las distintas convenciones y acuerdos que el país suscribe, mejorando el reporte de datos claves sobre los recursos forestales naturales.

En el marco del INGEI de la República Argentina, la componente de "Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura" (agrupada según las guías metodológicas del IPCC con agricultura para conformar "Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra", AFOLU) utilizó reiteradamente como insumo los datos provistos por el PINBN (MAyDS, 2020 c). En general, las metodologías utilizadas para estimar las emisiones en esta categoría consisten en levantamientos de datos in-situ como inventarios forestales o parcelas experimentales para calcular los factores de emisión, y para obtener los datos de actividad, en clasificación por modelos de mapas temáticos (conocidos también como "wall-to-wall maps") o estimación de áreas a través de interpretación visual asistida (Birigazzi et al., 2019).

Además, los factores de emisión utilizados para la construcción del "Nivel de Referencia de Emisiones Forestales" y para la estimación de la reducción de emisiones debidas a la deforestación, se estimaron a partir del contenido de carbono en la biomasa aérea y subterránea. Los valores de contenido de carbono se obtuvieron a partir de la información de campo levantada también en el PINBN (SAyDS, 2019 c).

Finalmente, el sistema de inventarios nacionales sucesivos aportará información sustancial a futuro para el monitoreo de resultados del "Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático" donde se plantean las estrategias de mitigación para el sector (MAyDS, 2020 f).

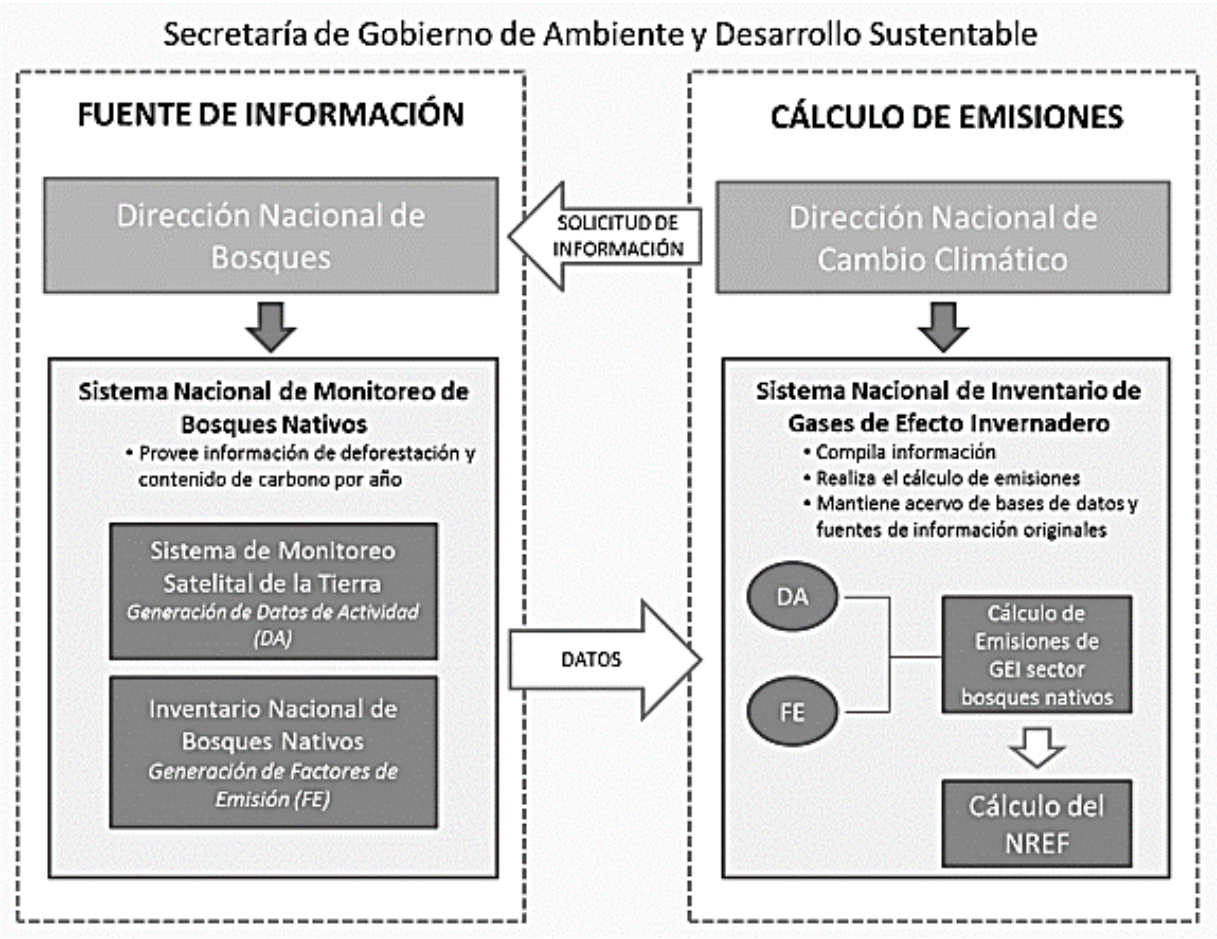
2.2. Variables Claves del Inventario Nacional de Bosques Nativos para Reportar a la CMNUCC

El INBN es el instrumento clave para generar los datos sobre los factores de emisión que se utilizan luego en el INGEI. En el ámbito del MAyDS, la "Dirección Nacional de Cambio Climático" en su rol de compilador y coordinador del INGEI, ha establecido un sistema robusto (esquematizado en la Figura 2) para la mejora del

proceso de elaboración de los reportes internacionales a la CMNUCC. Dentro del sector AFOLU del INGEI, para el cálculo de las emisiones de GEI por deforestación se utiliza la información generada por el SNMBN (SAyDS, 2019 c).

Figura 2

Esquema General de Monitoreo, Medición, Reporte y Verificación para REDD+ del Sector AFOLU en la República Argentina.



Nota: extraído de "ANEXO TÉCNICO REDD+: Resultados alcanzados por la República Argentina por la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por deforestación" (SAyDS, 2019 c).

El stock de carbono en el bosque nativo es calculado típicamente a partir del valor de biomasa aérea asumiendo un contenido de carbono en la misma del 50%, por lo que la biomasa a nivel de cada individuo leñoso se constituye como una variable clave (Thuch et al., 2018). El relevamiento de campo, o inventario terrestre, del INBN2

está estructurado para la evaluación de un total de 40 variables en unidad de medición, que se clasifican según el elemento que describen: la unidad de muestreo, el sitio, los individuos leñosos y las actividades antrópicas (SAyDS, 2019 a). Generalmente la biomasa del individuo leñoso es estimada por medio de un modelo matemático (alométrico) que utiliza variables insumo que son más fáciles de medir en el terreno como pueden ser: diámetro normal (conocido en la jerga forestal como “a la altura del pecho” o DAP), altura total, sección normal, entre otras (Thuch et al., 2018). En el caso particular del INBN2, a escala biométrica se midieron las siguientes variables insumo para modelos alométricos: altura total, DAP, y longitud del fuste (SAyDS, 2019 a).

2.3. Estimación de la Biomasa Forestal en el Inventario Nacional de Bosques Nativos

En el INBN2 para la estimación de la biomasa forestal se utilizaron ecuaciones alométricas según estaban disponibles en la bibliografía especializada para cada especie, mientras que por defecto en caso de no encontrarse ningún modelo específico se utilizó la ecuación general propuesta por Chave y colaboradores (Chave et al., 2014).

Una de las variables insumo para las ecuaciones es el valor de la densidad de madera de la especie, cuyos valores fueron obtenidos de fuentes externas como bases de datos globales, listados provistos por organismos tecnológicos públicos y trabajos científicos específicos (SAyDS, 2019 b). En las especies para las cuales se encontró más de un valor de densidad de madera se utilizó un promedio, y para las cuales no se encontró ninguno, se asignó el valor para bosques subtropicales de Sur América propuesto por Zanne y colaboradores (Zanne et al., 2009).

Otra de las variables insumo es el diámetro a la altura del pecho (DAP) que refiere a al diámetro del individuo leñoso medido a una altura de 1,3 metros sobre el nivel del suelo, también conocido como diámetro normal. Se suele utilizar este punto para medir el DAP por motivos ergonómicos y que la forma del fuste suele tender a la circularidad. Por la importancia que reviste esta variable para la estimación de parámetros dasométricos, se indican protocolos precisos para su medición en terreno (SAyDS, 2019 a). Aun así, los sesgos evaluando el DAP pueden representar hasta un

66% de los errores de medición para la estimación de la biomasa del individuo leñoso (Paul et al., 2017).

Por último, la inclusión de la variable altura total del individuo leñoso suele mejorar la calidad del modelo alométrico y, por ende, de la estimación de la biomasa (Chave et al., 2014). Se define a la altura total en el INBN2 como la distancia lineal comprendida entre el suelo y el límite superior de la copa del individuo leñoso (SAyDS, 2019 a). Se debe prestar atención a los errores de medición de altura ya que en ciertas situaciones puede ser difícil de medir, especialmente en los árboles de gran tamaño. Esto puede ocasionar que un modelo que excluya a la altura como variable insumo ofrezca mejores resultados que otro que la compute (Thuch et al., 2018).

2.4. Calidad de la Información Generada en el Inventario Nacional de Bosques Nativos

En el INBN2 se implementaron varias etapas para controlar la calidad de la información generada. El objetivo buscado según se cita en la publicación oficial es: "detectar prematuramente los errores sistemáticos que se presentan en el Inventario, y lograr una coherencia entre las cuadrillas de campo sobre la interpretación de los protocolos y procedimientos utilizados para la medición de las variables" (SAyDS, 2019 b).

La primera etapa de revisión de la información se realiza en gabinete, por parte de la DNB, analizando la información que se carga en la plataforma de almacenamiento oficial conocida como "OpenForis Collect" (software de uso libre desarrollada por FAO). Ya de por sí, esta aplicación particular ayuda al proceso de carga de datos o "data entry" por medio de un sistema de validaciones y "feedback" interactivo que es configurable (FAO, 2019). A partir de la verificación en la totalidad y coherencia de los registros almacenados se genera luego un informe que es remitido a los encargados de la carga de datos para su consideración, proceso que se repite hasta rectificar las inconsistencias encontradas (SAyDS, 2019 b).

La etapa complementaria del control de la calidad de la información consistió en la auditoría en terreno de un conjunto de las unidades de muestreo medidas por los prestadores de servicios contratados para la realización del inventario terrestre (SAyDS, 2019 a). Los encargados de esta tarea fueron técnicos de la DNB, que, a

partir de un análisis comparativo posterior, producen un informe con: alertas sobre errores sistemáticos, recomendaciones de buenas prácticas y sugerencias sobre posibles capacitaciones de refuerzo (SAyDS, 2019 b).

2.5. Errores de Medición en Inventarios Forestales

A pesar de los esfuerzos por controlar la calidad de la información y producir estimadores eficientes, los resultados de los inventarios forestales no suelen estar exentos de errores. Estos ocurren en diferentes etapas del inventario y de distintas fuentes, pero para su mejor estudio suelen clasificarse en muestrales y no muestrales (Kohl, 2001).

Todavía no se dispone a la fecha con una teoría completa sobre la componente no muestral, a diferencia de lo que sucede con el tratamiento de los errores muestrales ampliamente desarrollado en la bibliografía académica. En particular, los errores de medición corresponden a aquellos no muestrales derivados de observaciones puntuales, que denotan la diferencia entre el valor verdadero del elemento medido y el valor registrado por un técnico a través de un instrumento de medición (Birigazzi et al., 2019).

La mayor parte del trabajo en campo de los inventarios forestales implican mediciones reiterativas de árboles o características de los bosques que se esperan que sean precisas. Sin embargo, habitualmente suelen producirse discrepancias en observaciones independientes sobre un mismo objeto, consecuencia de fallas en los instrumentos de medición o simplemente a sesgos sistemáticos del observador (Omule, 1980). Como fuente de incertidumbre, los errores de medición causados por el uso de distintos instrumentos han sido analizados en estudios puntuales, verificándose que afectan los resultados a través de los muestreos de control y trabajos de investigación (Lihou et al., 2019).

Si focalizamos en el proceso de medición de una de las variables claves como es el DAP, los errores pueden surgir por ejemplo en: la imprecisa lectura del valor medido o el posterior registro del mismo, la inadecuada colocación del instrumento no respetando la altura (1,3 m) o la inclinación de medición, y/o una inapropiada tensión de la cinta diamétrica. Estos procedimientos pueden ser minimizados con el entrenamiento, no así eliminados, ya que aún los técnicos más expertos suelen incurrir

en los mismos (la variabilidad existe con múltiples observadores) (Elzinga et al., 2005). Se ha comprobado que un sesgo en la medición del DAP de alrededor del 5% puede causar un 15% de error en la estimación del volumen de un determinado rodal (unidad de manejo de una comunidad de árboles) (Paul et al., 2017).

Ocurren efectos similares cuando se mide la altura total del individuo leñoso, en muchas situaciones presentándose complicaciones adicionales según el instrumental utilizado. Aquellos que necesitan dos o más observaciones, ya que computan la distancia desde dos posiciones o se debe registrar tanto la base como el ápice de la planta (como un clinómetro), suelen potenciar aún más las probabilidades de sesgo (Omule, 1980). Los errores en las mediciones de altura debilitan los resultados posteriores de los estimadores de biomasa, circunstancia que puede agudizarse según el tipo de bosque considerado y los modelos alométricos disponibles (Thuch et al., 2018).

Capítulo 3: Programas de Control de Calidad para Inventarios Forestales Nacionales

El control de calidad es una componente indispensable para las iniciativas de monitoreo ambiental que se planifican a grandes escalas y plazos. Encuadrar este proceso en un programa o plan permite asegurar que se examine la calidad de la información generada, además de fomentar la documentación de los protocolos. Salvo algunas pocas excepciones, no es habitual encontrar reportes detallados sobre el PCC en los Inventarios Forestales Nacionales (Kitahara et al., 2009).

Si se pregunta cuáles son los factores que permiten producir información de “buena calidad”, la respuesta se aproxima a: aquella información que cumpla con los criterios de precisión, consistencia, integridad, comparabilidad, verosimilitud, homogeneidad, representatividad y reproducibilidad. Algunos de estos conceptos ya fueron introducidos en el Capítulo 1.2, restando definir a la verosimilitud como la credibilidad o congruencia de los datos dentro del contexto en que se utilizan; la representatividad como el grado de correspondencia con la realidad; y la

reproducibilidad como la posibilidad de recrear los mismos resultados utilizando los protocolos uniformes establecidos (Stierlin, 2001).

Particularmente para la etapa del inventario terrestre, existen dos procesos que monitorean la colecta de datos en campo, uno de estos es la auditoría que realizan técnicos externos e independientes al proyecto del inventario forestal para verificar los estándares buscados de precisión. El otro proceso consecuente es el análisis de la calidad, que lo realiza el equipo interno encargado del inventario forestal, y permite tomar decisiones en tiempo oportuno para promover el cumplimiento de los protocolos establecidos, garantizando las metas de calidad buscadas (Ministry of Forests, 2018).

3.1. Importancia de los Programas de Control de Calidad para los Inventarios Forestales Nacionales

La importancia del PCC para un Inventario Forestal Nacional radica en proveer un marco oficial para asegurar una completa, precisa e insesgada generación de información forestal a un nivel determinado de calidad (Pollard et al., 2006). Considerando que los principales objetivos del inventario forestal implican conocer el estado general de conservación y la dinámica de crecimiento de los bosques del país, es sumamente importante no escatimar esfuerzos en colectar de la mejor forma posible los datos buscados (Stierlin, 2001).

Por otro lado, los últimos años se ha intensificado el interés internacional en cuanto a la información relativa a los recursos forestales, por lo cual los procesos que garantizan la calidad de la misma se ven particularmente necesarios. La dinámica actual demanda a los Inventarios Forestales Nacionales que contribuyan a los acuerdos y procesos propios de la nación en la política internacional. Para poder contrastar procedimientos y escenarios entre las distintas partes, es pertinente entonces estandarizar ciertos puntos críticos como son los niveles de calidad deseados (Kitahara et al., 2009).

3.2. Bases técnicas de los Programas de Control de Calidad para los Inventarios Nacionales Forestales

Se puede ordenar un Programa de Control de Calidad (PCC) en tres etapas principales (Stierlin, 2001):

I. Estrategias de prevención para evitar el inadecuado registro de datos (por ejemplo, fijar los protocolos y estándares explícitamente en un manual o la apropiada selección de los instrumentos de medición y su calibración).
II. Rutinas de control sobre el proceso de levantamiento de la información.
III. Protocolos de verificación de los registros previos a su procesamiento.

Proyectos de la magnitud de un Inventario Forestal Nacional requieren una minuciosa preparación y planificación, los métodos deben estar claramente definidos. Para ello se suelen testear previamente en una experiencia piloto, de la cual surge un primer producto que es el manual de procedimientos definitivo (comúnmente conocido como manual de campo) que se va usar en todo el inventario. Este proceso es un claro ejemplo de una estrategia puntual en la etapa I de un PCC (Stierlin, 2001). En este sentido, el factor humano es uno de los más importantes a considerar para asegurar la calidad de la actividad planificada, por lo que una exhaustiva capacitación inicial es fundamental. La experiencia también indica que un intenso acompañamiento oficial (del equipo de supervisión) en los primeros entrenamientos, que posibilite la retroalimentación entre los profesionales involucrados en la tarea, permite mejorar el desempeño y facilita el alcance de los resultados deseados (Kitahara et al., 2010).

Para la etapa II de un PCC que trata sobre las rutinas de control sobre el proceso de levantamiento de la información, una intensidad de remedición de unidades de muestreo debe establecerse como objetivo. Generalmente la misma se suele fijar en alrededor del 10% del total de las parcelas instaladas del inventario terrestre. Las rutinas consisten en el control, por parte de profesionales externos, de los trabajos de las brigadas de campo visitando y colectando los datos del conjunto de UM realizadas por cada una, de esta manera se coteja la información colectada verificando el desempeño. La finalidad es alertar sobre posibles sesgos sistemáticos y estimar la magnitud del error no muestral que se presenta en el inventario, además de fomentar una continua mejora de los métodos de medición (Kitahara et al., 2009). Durante todo lo que dure el inventario terrestre, la motivación de los equipos de muestreo es crucial para cumplir con los objetivos de calidad. Para esto es necesario no solo mantener un trato cordial y amable ante la exigencia por parte de los

encargados de supervisión, sino también garantizar que las condiciones laborales sean óptimas (Stierlin, 2001).

La etapa III de los PCC consiste en el establecimiento de protocolos de verificación de los registros previos a su procesamiento, también conocido como limpieza. Uno de estos procesos es el análisis de los resultados de la etapa II del PCC, determinar el contraste entre los valores obtenidos por las muestras que provienen de la brigada del inventario terrestre y por las que reportan los auditores. Una práctica común es fijar límites de tolerancia de los valores que se esperan de las diferentes variables, y luego se estudia los resultados acordes a una tasa o ratio de cumplimiento para cada brigada como primer método de análisis (Pollard et al., 2006). Por otra parte, otros tipos de análisis pueden realizarse en gabinete para chequear la verosimilitud de los datos registrados, analizando parámetros estadísticos de las muestras obtenidas. Para esta actividad, la tecnología informática permite realizar validaciones en forma inmediata para filtrar por ejemplo valores atípicos o cualquier otro sesgo detectable (Stierlin, 2001). Incluso, ciertas medidas específicas como el uso de dispositivos electrónicos para los formularios, como reemplazo del clásico formato en papel, pueden ayudar a reducir errores aleatorios de transcripción. A su vez, ciertas situaciones pueden salvarse aplicando modelado de datos o predictivos a la pérdida de información o errores groseros, sin embargo, estos casos siempre se deben mencionar y quedar debidamente documentados (Birigazzi et al., 2019).

Si bien el núcleo de un PCC es el entrenamiento intensivo de las brigadas y la definición de protocolos estrictos que deben ejecutarse reiteradamente, se debe prestar especial atención también a diseñar los objetivos de calidad específicos para cada medición en particular, de modo tal que provea una ventana de acción realista que permitan obtener los mejores resultados posibles. Se debe tener en cuenta siempre y comunicar que el objetivo último de la supervisión es ayudar a optimizar las tareas de levantamiento y registro de datos (Pollard et al., 2006). Para la definición de los estándares de calidad, se usa toda la información disponible de inventarios forestales anteriores, experiencias de auditoría previas y de los técnicos expertos que hayan participado de estas actividades (Ministry of Forests, 2018).

3.3. Criterios los Programas de Control de Calidad para los Inventarios Nacionales Forestales acordes a las Recomendaciones de la CMNUCC

Como ya se mencionó previamente en el capítulo 1.2, las recomendaciones de la CMNUCC acorde a las guías de buenas prácticas demandan que las estimaciones realizadas sean transparentes, insesgadas y lo más precisas posibles. Realizar mejores reportes en el contexto de AFOLU incluye incorporar al análisis más fuentes de error que las usuales (típicamente se informan solamente las del diseño de muestreo), para mejorar el conocimiento del nivel de incertidumbre agregado (Birigazzi et al., 2019).

La clasificación jerárquica de las “Directrices del IPCC,” basada en niveles de complejidad y su precisión asociada, asigna el “tier” 3 para aquellos casos que usan métodos de orden superior y proporcionan estimaciones de mayor certeza que las de niveles inferiores. Los modelos derivados de estos métodos están sometidos a controles de calidad, auditorías y validaciones, y son minuciosamente documentados. El PCC del Inventario Forestal Nacional garantiza este último requerimiento, proporcionando valor agregado para la construcción de la certidumbre en la publicación de la información (Tubiello et al., 2015).

En el caso particular de la presentación de información relacionada a emisiones forestales por parte de la República Argentina, el grupo revisor de la CMNUCC elaboró recientemente un informe técnico donde expresa la expectativa por los nuevos datos provenientes del INBN2 para mejorar la precisión de las estimaciones, particularmente las vinculadas a la biomasa forestal (hasta el momento se utilizan como insumos los resultados del PINBN). A su vez, este grupo técnico recomienda enfáticamente reforzar los procesos de auditoría y control de la calidad para los datos usados al estimar los resultados en el marco de REDD+. En este sentido, puntualiza realizar esfuerzos para reducir la incertidumbre optimizando el proceso de colecta de datos y su posterior análisis que involucran a los distintos compartimientos o stocks de carbono (UNFCC, 2020).

MARCO EMPÍRICO

En el ejercicio técnico, es común subestimar la complejidad del análisis de los errores asociados al proceso de recolección de datos. En la mayoría de los casos, el estudio sobre errores solo se limita al componente que refiere al diseño de muestreo solamente. Incluso es escaso el repositorio de bibliografía de autoría en el contexto nacional que trate la temática para el caso particular de los errores no muestrales. Es imperioso entonces desarrollar una metodología que aborde esta temática, a partir de la experiencia de remedición de 108 UM en tres regiones forestales distintas en el INBN2. Para ello se seleccionó un conjunto de variables dasométricas puntuales para aplicar técnicas estadísticas y de análisis de datos que se adecuan al experimento, contrastando la hipótesis nula de que las medias de los dos grupos son idénticas y comprobando que los errores de medición no sean el factor dominante en la incertidumbre asociada a las estimaciones de biomasa aérea de los individuos leñosos. Se detectó un nivel de calidad más bajo que en estudios previos de otros países Anexo I de la CMNUCC, aunque las fuentes de las diferencias se debieron a eventos estocásticos, con pocos casos donde predominó una tendencia sesgada. Particularmente para la variable dasométrica biomasa aérea de los individuos leñosos vivos en pie, se estimó una incertidumbre asociada a los errores de medición aproximada del 0,28 a 0,36% según la región forestal analizada. Se concluye que para el INBN de Argentina es factible implementar un PCC de tres etapas con objetivos de calidad armónicos con los de otros relevamientos forestales a escala nacional.

Capítulo 4: Contextualización

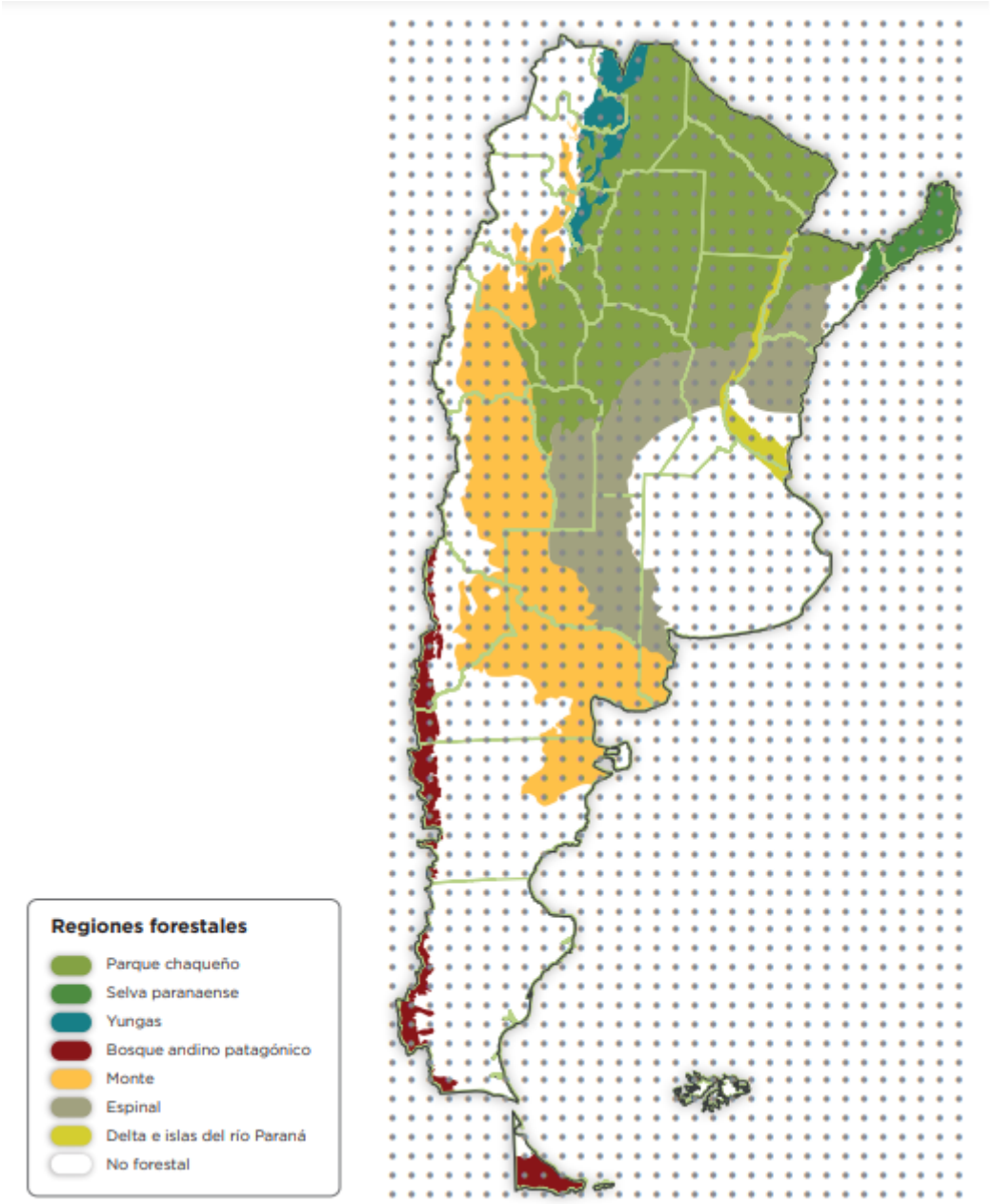
El territorio de la República Argentina fue organizado a partir del PINBN en 6 regiones forestales: Parque Chaqueño, Selva Misionera (o Selva Paranaense), Selva Tucumano Boliviana (o Yungas), Bosque Andino Patagónico, Espinal y Monte. Los resultados indicaron que las tierras con vegetación leñosa ocupaban en su totalidad aproximadamente poco menos de 65 millones de hectáreas (aproximadamente 23 por ciento de su territorio), de las cuales algo más de 30 millones correspondían a tierras forestales (se utilizó la misma definición que FAO usa para sus reportes). Cada una de estas regiones forestales tiene sus características ecosistémicas particulares, lo

cual implicó algunas consideraciones especiales en la planificación del inventario terrestre para cada caso (SAyDS, 2005).

En el INBN2 el diseño de muestro fue sistemático sobre una grilla de puntos equidistantes cada 10 km que se extiende sobre todo el territorio del país como se muestra en la Figura 3. La definición de bosque inventariable comprende a todos los ecosistemas forestales naturales en distinto estado de desarrollo, de origen primario o secundario, que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20 % y con árboles que alcanzan una altura mínima de 3 metros, incluyendo palmares. Cada punto de la grilla que se ubicó sobre bosque inventariable fue identificado como punto de muestreo (SAyDS, 2019 a).

Figura 3

Grilla Sistemática de Muestreo para el INBN2 en las Regiones Forestales de la República Argentina.



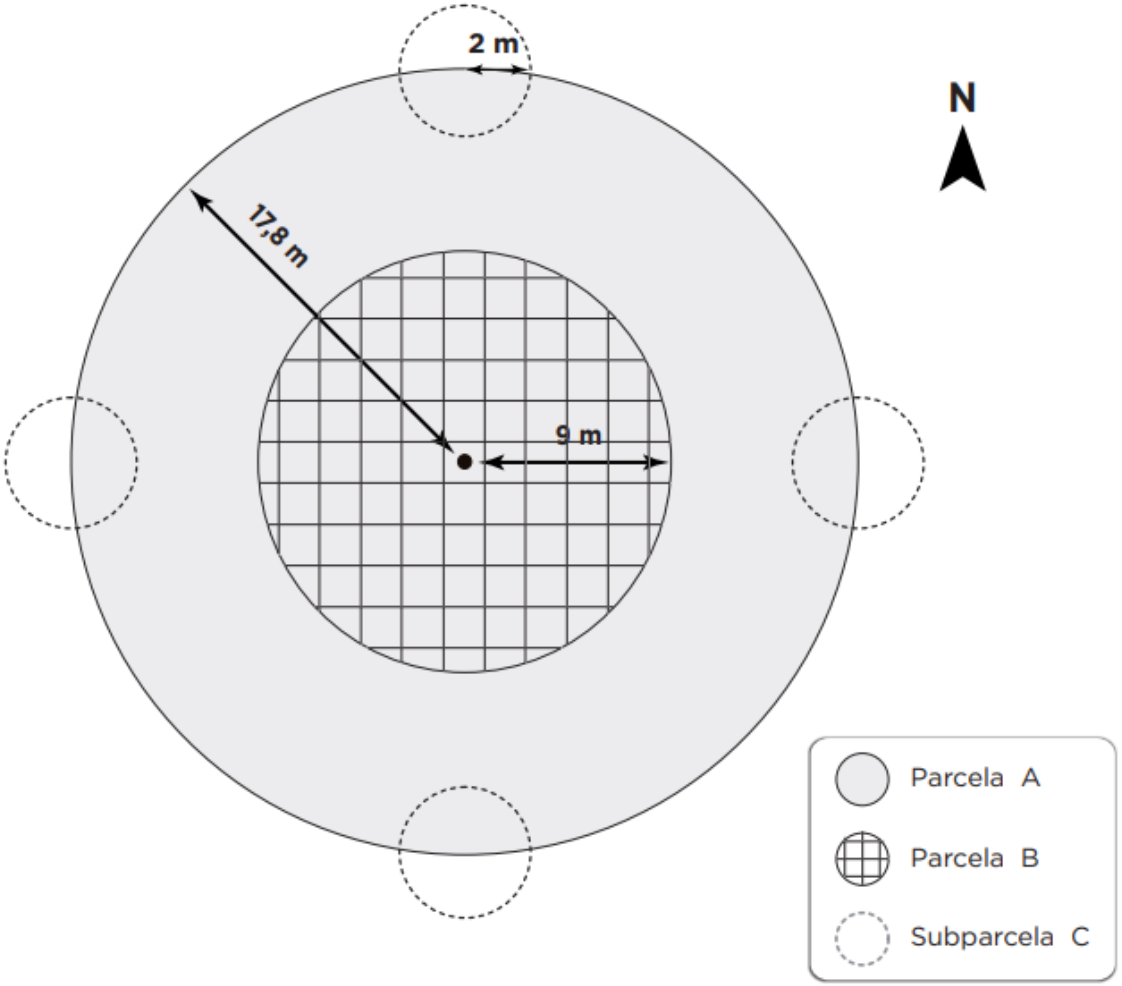
Nota: extraído de “Inventario Nacional de Bosques Nativos: informe bosque andino patagónico: primera revisión” (SAyDS, 2019 b).

La Unidad de Muestreo (UM) en el INBN2 estuvo integrada por dos parcelas circulares y concéntricas como se puede observar en la Figura 4, designadas con las letras A y B, para relevar los individuos leñosos (tanto árboles como arbustos) de

mayor y menor tamaño respectivamente; y cuatro subparcelas C circulares, posicionadas en cruz, para la evaluación de la regeneración de las especies leñosas. La parcela A tuvo una superficie de 1.000 m^2 (17,8 metros de radio), se evaluaron datos biométricos y también características del sitio e indicios de intervenciones antrópicas. La parcela B tuvo 255 m^2 (9 metros de radio). Todos los individuos leñosos que cumplieron los requisitos de DAP o DAB (Diámetro a la altura de la base) definido para cada tipo de parcela y región forestal según se muestra en la Tabla 1 fueron registrados. Las subparcelas C se utilizaron para el registro de la regeneración natural (SAyDS, 2019 a).

Figura 4

Unidad de Muestreo del INBN2.



Nota: esquema extraído de “Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: manual de campo” (SAyDS, 2019 a).

Tabla 1

Umbrales de DAP/DAB para seleccionar Individuos de la Muestra en las distintas Regiones Forestales del INBN2.

<table>
<tr><th rowspan="2">Unidades
DAP/DAB [cm]
Altura total [m]</th><th colspan="7">Regiones forestales</th></tr>
<tr><th>Parque chaqueño</th><th>Yungas</th><th>Selva paranaense</th><th>Bosque andino patagónico</th><th>Espinal</th><th>Delta e islas del río Paraná</th><th>Monte</th></tr>
<tr><td>Parcela (A)</td><td>DAP ≥ 10</td><td>DAP ≥ 20</td><td>DAP ≥ 20</td><td>DAP ≥ 20</td><td>DAP ≥ 10</td><td>DAP ≥ 10</td><td>DAP ≥ 5
DAB ≥ 10</td></tr>
<tr><td>Parcela (B)</td><td>5 ≤ DAP < 10</td><td>10 ≤ DAP < 20</td><td>10 ≤ DAP < 20</td><td>10 ≤ DAP < 20</td><td>5 ≤ DAP < 10</td><td>5 ≤ DAP < 10</td><td>5 ≤ DAB < 10</td></tr>
<tr><td>Subparcela (C)</td><td rowspan="2">DAP < 5
Altura total ≥ 1,5</td><td>Clase 1:
DAP < 5
Altura total ≥ 1,5</td><td>Clase 1:
DAP < 5
Altura total ≥ 1,5</td><td>Clase 1:
DAP < 5
Altura total ≥ 1,5</td><td rowspan="2">DAP < 5
Altura total ≥ 1,5</td><td rowspan="2">DAP < 5
Altura total ≥ 1,5</td><td rowspan="2">DAB < 5
Altura total ≥ 0,5</td></tr>
<tr><td>Clase 2:
5 ≤ DAP < 10
Altura total ≥ 1,5</td><td>Clase 2:
5 ≤ DAP < 10
Altura total ≥ 1,5</td><td>Clase 2:
5 ≤ DAP < 10
Altura total ≥ 1,5</td></tr>
</table>

Nota: extraído de “Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: manual de campo” (SAyDS, 2019 a).

Capítulo 5: Diseño Metodológico

5.1. Introducción

Se seleccionó un conjunto de variables dasométricas puntuales a evaluar de dos muestras independientes (tomadas en dos tiempos distintos y por distintos actores) sobre las mismas UM. A través de técnicas estadísticas y de análisis de datos, se pone a prueba la hipótesis nula de que las medias de los dos grupos son idénticas. Posteriormente, se profundiza sobre los resultados de las diferencias para

constrastar el nivel de calidad alcanzado en el INBN2, y comprobar que los errores de medición no sean el factor dominante en la incertidumbre asociada a las estimaciones de biomasa aérea de los individuos leñosos.

5.2. Variables

Se consideraron unas variables asociadas a las unidades de muestreo y otras dendrométricas de los individuos leñosos, por medio de las cuales se calculan posteriormente las variables dasométricas. Las primeras fueron definidas en el Manual de Campo del INBN2 (SAyDS, 2019 a), y son:

- De la Unidad de Muestreo:
    - ID UM: Identificador de la UM (basado en el identificador de la grilla).
    - Región forestal: estrato en la que está espacialmente ubicada la UM. PCH - Parque Chaqueño; YUN - Yungas; BAP - Bosque Andino-Patagónico.
    - Parcela concéntrica: sector de la UM donde pertenece el registro (A o B).

- Dendrométricas:
    - Número de registro: número del individuo leñoso que se está midiendo.
    - Especie: nombre científico de toda especie leñosa inventariable.
    - Altura total: distancia lineal comprendida entre el suelo y el límite superior de la copa del individuo leñoso (unidad: metros).
    - Número de fuste: numeración del fuste del individuo leñoso de la muestra.
    - DAP: diámetro de los fustes del individuo leñoso a la altura del pecho (1,3 metros sobre el nivel del suelo, unidad: centímetros).

Para poder conducir los análisis posteriores se calcularon las variables dasométricas:

- Cantidad de individuos: sumatoria de individuos registrados dentro de la UM.
- Cantidad de fustes: sumatoria de fustes registrados dentro de la UM.

- Sumatoria de DAP: sumatoria de los DAP registrados dentro de la UM. La variable DAP se convierte a metros, y los fustes pertenecientes a un mismo individuo leñoso (polifustales) se agrupan con una fórmula específica a fin de obtener un solo valor de DAP por cada individuo muestreado. La fórmula a utilizar es la propuesta por FAO - SAyDS, que plantea la raíz de la sumatoria de los cuadrados de cada uno de los diámetros (SAyDS, 2019 b).
- Área basal: sumatoria de la sección normal de los individuos registrados dentro de la UM (unidad: metros cuadrados).
- Altura promedio: media de la altura total de los individuos registrados dentro de la UM (unidad: metros).
- Biomasa aérea: sumatoria de la biomasa de los individuos registrados dentro de la UM (unidad: toneladas).

5.3. Muestra

Se seleccionaron dos muestras independientes tomadas entre los años 2016 y 2018 sobre las mismas UM, una que fue colectada por las brigadas de campo (o equipo técnico) del INBN2, y la otra por los técnicos de la DNB encargados de las auditorías para supervisar las operaciones. La cantidad de UM analizadas fueron 108, de las cuales 75 son de la región PCH, 7 de YUN, y 26 de BAP.

Por las características del protocolo de auditoría utilizado para el INBN2 (Anexo 7.2. Etapa 3 en SAyDS, 2019 b), los elementos de referencia para ubicar los puntos muestreados previamente por las brigadas de inventario fueron una estaca metálica que indica el centro de la UM y cuatro individuos leñosos de referencia (con etiquetado metálico en la base del fuste, e información, distancia y azimut, sobre la ubicación desde el centro de la UM). Esto implicó que no se realizó un seguimiento a nivel individuo leñoso (también conocido en inglés como “tree-level”), por lo que el análisis posterior en gabinete debió ser abordado a escala de UM y parcela concéntrica (“plot-level”).

A los fines del presente estudio no se distinguió para ambas muestras la calidad individual y particular de cada encargado de equipo técnico, sino que se trató en forma homogénea (asumiendo una tendencia similar a incurrir en errores). Tampoco se

realizaron consideraciones en cuanto a los instrumentales de medición adoptados (asumiendo igual utilización de los equipos de medición y su correcta calibración). Además, no se consideró la implicancia de la variable tiempo entre las dos colectas de datos que, aunque sin ser estrictamente constante, en los casos más longevos no supera los 12 meses.

5.4. Instrumentos de Medición y Técnicas

Se utilizó el lenguaje estadístico de programación “R” (Ihaka y Gentleman, 1996), a través del Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) RStudio (R Core Team, 2018). Se elaboraron cuatro archivos "R Markdown" con formato de salida HTML que contienen la estructura general algorítmica y los resultados de los "chunks" (fragmentos de código) que lo conforman. Se trabajó con las librerías: “aplpack”; “car”; “data.table”; “dplyr”; “gmodels”; “plyr”; “rstatix”; “tidyr”; “tidyverse”; y “VIM”.

Para la etapa de limpieza de los datos se utilizaron técnicas de exploración y visualización como “barplots” y funciones de “VIM”; además de la aplicación del método de "Bivariado de Bagplot" de detección de "outliers" (valores atípicos) por medio de la construcción de una función específica. Un "Bagplot", o diagrama de bolsas, es una generalización bivariada del diagrama univariado "Boxplot" o de caja, que visualiza la ubicación, la dispersión, la correlación, el sesgo y las colas de los datos (Rousseeuw et. al., 1999).

Luego para el análisis de los datos se utiliza una serie de herramientas, de visualización como los gráficos de densidad con “suavizado de Kernel” (Stanisław, 2018); y estadísticas como los test de normalidad de “Shapiro – Wilk” (Ghasemi y Zahediasl, 2012), la “Prueba t de Welch” (Lu y Yuan, 2010) y el test de “Wilcoxon - Mann - Whitney” (Fay y Proschan, 2010) para evaluar la significancia de las diferencias encontradas, y simulaciones de “Monte Carlo” (Holdaway et. al., 2014) para conocer el alcance de la incertidumbre asociada.

5.5. Procedimientos

En primera instancia se solicitó la información pertinente a la DNB sobre las dos muestras para el estudio (archivos CSV). A partir de la misma se elaboró un “script” para la preparación del conjunto de datos (Cuchietti y Saucedo, 2018). Luego de rectificaciones en cuanto a la consideración de las UM por situaciones excepcionales (las que se instalaron entre los dos equipos al mismo tiempo como entrenamiento, y otras con problemas en la digitalización), se generaron tres tablas insumo, una para cada región forestal (PCH, YUN y BAP). Se excluyó del análisis el compartimiento que corresponde a los individuos leñosos muertos en pie.

Para cada una de las regiones forestales consideradas, se ejecutó una etapa de limpieza de datos. Primeramente, se verificó que la selección de los individuos leñosos de las muestras cumpliera con los protocolos del Manual de Campo. Luego se efectuó una exploración de los “NA” (“not available”, sin dato) para cada variable del conjunto de datos, además de un filtrado de variables y construcción de algunas accesorias para ser utilizadas en el análisis posterior. Por último, para esta etapa, se aplica el método "Bivariado de Bagplot" de detección de valores atípicos para remover del conjunto estos registros particulares.

En la etapa de procesamiento se realizaron los cálculos dasométricos por parcela concéntrica de registro para las variables de interés para cada UM: cantidad de individuos, cantidad de fustes registrados, sumatoria de DAP, área basal, altura promedio, y biomasa aérea. Para el cálculo de la sección normal de los individuos leñosos se utilizó la fórmula de la superficie del círculo en base al diámetro. En particular, para la estimación de la biomasa aérea de los individuos leñosos se aplicó una sola ecuación general en pos de dar un tratamiento homogéneo a los datos y evitar distorsiones que podrían surgir en base tanto al proceso de identificación de las especies leñosas presentes como al error asociado a la elección de distintos modelos. La ecuación general seleccionada fue la de Chave et. al 2014:

$$BAest = 0{,}0673 \times (\rho D^2 H)^{0{,}976}$$

Con valor medio de densidad de leño ρ = 0,715 (g/cm^3) para bosques subtropicales de Sur América propuesto por Zanne et al. 2009; D = DAP (cm); H = Altura total (m); y BAest = Biomasa aérea estimada (Kg).

Se efectuaron los tests de normalidad de “Shapiro - Wilk” para inferir si las distribuciones de los resultados de los cálculos por UM son normales o "Gaussianas" para luego evaluar que procedimientos estadísticos implementar.

Para la etapa de análisis se calcularon las diferencias entre las dos muestras para cada UM. La muestra que se consideró de referencia e insesgada, es la de auditoría (se asumió que fue realizada sin apuros y con protocolos cuidadosos de medición). Posteriormente se realizó un "Gráfico de Densidad" para cada variable con el objetivo de visualizar la forma de la distribución de los resultados. Los picos de los gráficos orientaron sobre la concentración de los valores a lo largo del intervalo que definen los mismos datos.

Con los resultados de las diferencias entre las dos muestras para cada UM se calcularon también los estimadores de posición y dispersión. Para variables continuas se utilizaron: la media y la desviación estándar de las diferencias (Kaufmann y Schwyzer, 2001); la media porcentual que es la media de las diferencias dividido por el resultado promedio de la muestra de auditoría (Kitahara et al., 2009); y el coeficiente de variación (CV) promedio entre las dos muestras (Barker et al., 2002). La media de las diferencias entre los valores de las dos muestras se considera una medida del componente sistemático del error en las mediciones; y la desviación estándar de las diferencias, para el componente aleatorio. Asumiendo que los equipos técnicos de inventario y de auditoría midieron con misma estocasticidad en los errores, entonces $\frac{s}{\sqrt{2}}$ puede ser estimación del error de medición aleatorio (Kaufmann y Schwyzer, 2001). La hipótesis para distinguir si prevalecieron las tendencias sistemáticas o las aleatorias puede ser validada con un tratamiento estadístico.

Se procedió a realizar para cada variable la “Prueba t de Welch” para probar la hipótesis de que dos poblaciones tienen medias iguales. Se considera más robusta que la “Prueba t de Student” y mantiene las tasas de error de tipo I cercanas a las nominales para varianzas desiguales y para tamaños de muestra desiguales bajo la normalidad. Además, la potencia de la “Prueba t de Welch” se acerca a la de la “Prueba t de Student”, incluso cuando las varianzas de la población son iguales y los tamaños de las muestras están equilibrados. Para el caso particular de distribuciones

que no fueron normales, y que el tamaño de la muestra fue relativamente pequeño (n menor a 30); como medida conservadora se realizó además un test de “Wilcoxon - Mann - Whitney”.

Finalmente, para conocer el alcance de los errores de medición de la biomasa aérea se eligió un enfoque de simulaciones de "Monte Carlo", utilizando un algoritmo para producir una distribución que represente la probabilidad de diferentes estimaciones incorporando los errores de medición detectados, por medio de la cual se puede obtener estimadores para calcular la incertidumbre con un intervalo de confianza de 95 por ciento (Frey et. al., 2006).

5.6. Hipótesis de Trabajo

El análisis de los datos de las muestras y sus diferencias se fundamentó en plantear las siguientes hipótesis de trabajo:

- Hipótesis Nula (Ho): las medias de los dos grupos son idénticas (mA ≡ mI)[1]
- Hipótesis Alternativa (Ha): las medias de los dos grupos son diferentes (mA ≠ mI)

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, fue importante estudiar el comportamiento de las variables dasométricas y probar las hipótesis, fundamentalmente el de la biomasa aérea de las UM que componen ambas muestras. Acorde a la bibliografía en la materia, los antecedentes indican que son altas las probabilidades de que la mayoría de las variables puedan estar sesgadas y por debajo del objetivo de calidad de medición adoptado en otros programas de monitoreo de recursos forestales a escala nacional (Kitahara et. al., 2009).

A pesar de la ocurrencia inevitable de los errores de medición se espera que el error de muestreo sea la mayor fuente de incertidumbre. En otras palabras, la variabilidad natural de las reservas de carbono en todo el paisaje será el factor

[1] mA: Muestra de Auditoría; mI: Muestra de Inventario.

dominante en la incertidumbre asociada a las estimaciones para los estudios a escala nacional que abarcan una amplia gama de tipos de bosques (Holdaway et. al., 2014).

Capítulo 6: Resultados

Se desarrolló la metodología para la estimación de los errores de medición en base a la información disponible sobre las auditorías del INBN2. El formato utilizado (con la aplicación de "R" y archivos "Markdown") permite que sea transparente y replicable incluso para futuros desarrollos sobre esta temática de estudio, cumpliendo con los criterios de calidad para reportes técnicos de la CMNUCC (ver Capítulo 1.2).

En la Tabla 2 se muestran los principales resultados de la etapa de limpieza de datos que fue aplicada para las dos muestras en conjunto. El primer paso que implica la revisión de los individuos leñosos seleccionados para la muestra, siguiendo los protocolos establecidos en el Manual de Campo del INBN2 (SAyDS, 2019 a), mostró que entre el 2,8 % y el 4 % de los registros totales fueron incorrectos según la región forestal analizada. Este es un hecho frecuente difícil de evitar que se debe usualmente a interpretación errónea de los lineamientos propuestos en el Manual, y también a la delimitación imprecisa de la superficie de muestreo en el terreno (Kitahara et. al., 2009). Por otra parte, la cantidad relativa de registros sin datos ("NA") fue muy baja, así como la aparición de valores atípicos ("outliers").

Tabla 2

Resultados de la etapa de limpieza de datos para las muestras analizadas.

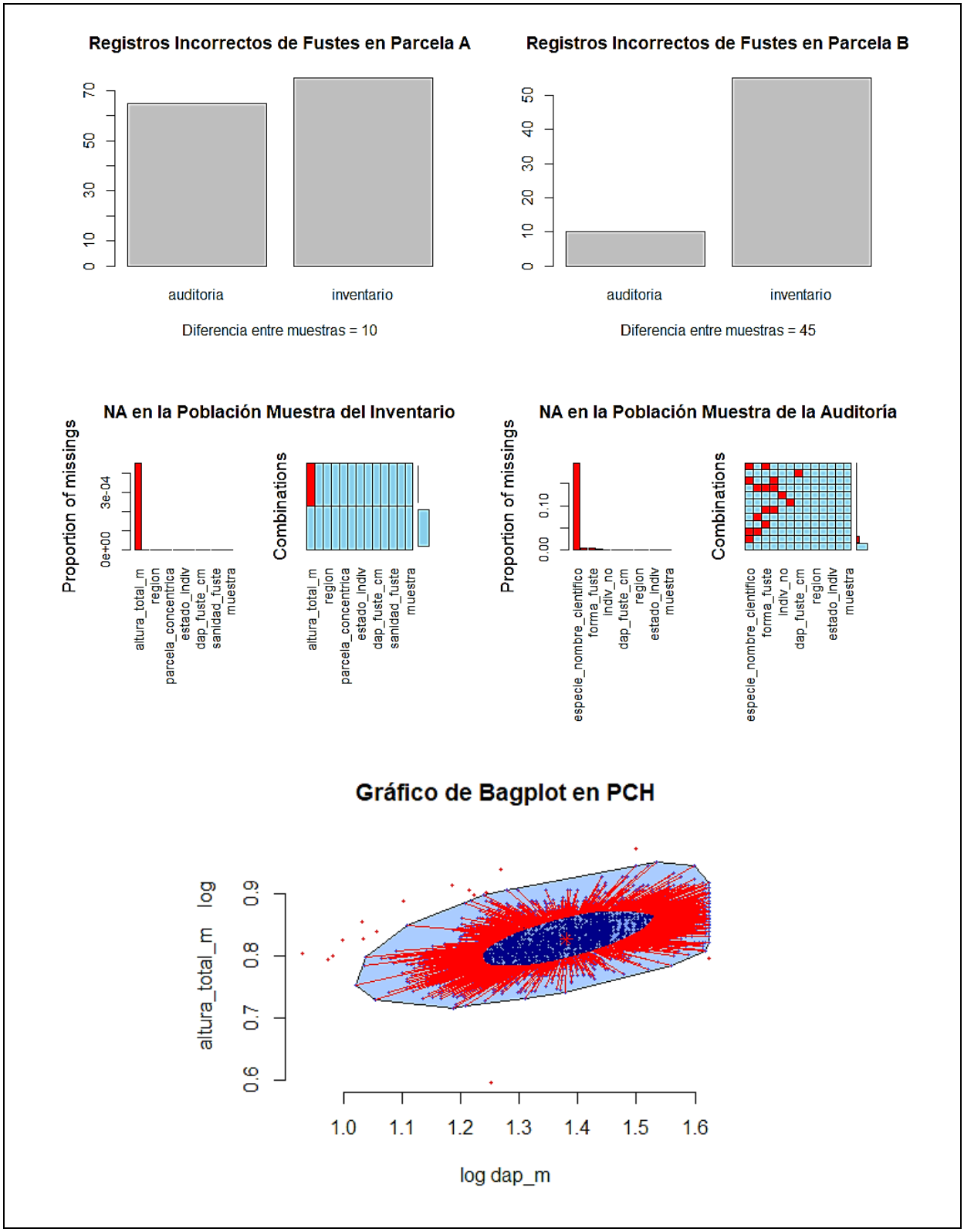
Región Forestal	Parque Chaqueño (PCH)	Yungas (YUN)	Bosque Andino Patagónico (BAP)
Selección incorrecta de individuos	4 %	3,5 %	2,8 %
Registros "NA"[2]	< 1 % general	< 1 % general	< 2 % general
Valores atípicos	0,08 %	0,46 %	0,31 %

[2] No se considera la variable "nombre científico de la especie" ya que estuvo afectada por motivos especiales que no involucran al muestreo per se (falla técnica del software utilizado).

Para la región forestal Parque Chaqueño PCH, en la Figura 5 se muestran los resultados gráficos de la limpieza de datos. La población muestra vinculada a la Auditoría contenía menor cantidad de registros incorrectos en la selección de los individuos leñosos a medir (10 menos en parcela A y 45 menos en parcela B) que la del Inventario. De todas formas, en conjunto la cantidad de registros erróneos (205) fue baja en proporción al total (5009), representando un % 4,09. Luego al discriminar entre la población muestra del Inventario y la de Auditoría, la mayor cantidad de NA se encontraron en esta última, y tan solo un registro en la primera. Particularmente la variable más afectada fue especie_nombre_científico, con una proporción del 20 % de los campos en esta condición; esto ocurrió debido a una falla de compatibilidad producto de una actualización de los softwares utilizados (OpenForis Collect Mobile, en los dispositivos portátiles y OpenForis Collect, en gabinete) vinculado a cambios en la lista de especies cargada en la plataforma. Para otras variables los NA encontrados no acumularon un nivel significativo (menor al 1%). Además, se identificaron 59 registros como valores atípicos utilizando un factor = 3 con el Método Bivariado de “Bagplot”, sin embargo, el resultado incluyó registros que por comportamiento natural de las especies pueden ser posibles que tomen esos valores (por ejemplo, el caso de formaciones como palmeras: *Butia yatay*, *Copernicia alba*; o casos especiales como el “Palo Borracho”: *Ceiba chodatii*). En particular se detectaron tres registros para apartar por sus características.

Figura 5

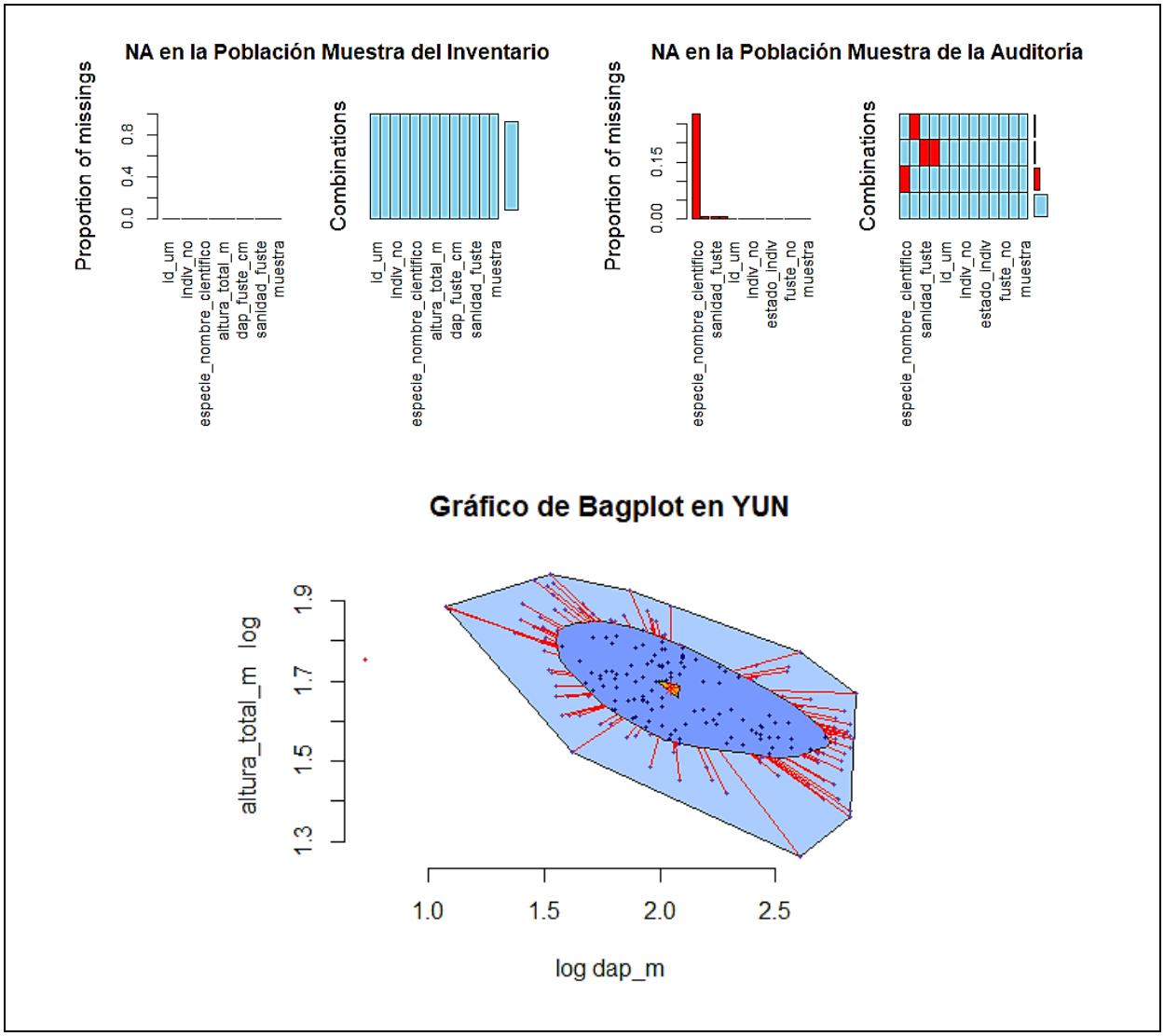
Resultados de la Limpieza de Datos en la Región Forestal Parque Chaqueño PCH.



Para la región forestal Yungas YUN, en la Figura 6 se muestran los resultados gráficos de la limpieza de datos. Las poblaciones muestras fueron similares, sin diferencias, en cuanto a la cantidad de registros incorrectos en la selección de los individuos leñosos a inventariar (en la Parcela A se detectaron tres situaciones para ambos casos, y una para cada uno en la Parcela B). De todas formas, en conjunto la cantidad de registros erróneos (8) fue baja en proporción al total (229), representando un % 3,49). Luego al discriminar entre la población muestra del Inventario y la de Auditoría, la mayor cantidad de NA se encontraron en esta última, y ningún registro en la primera. Particularmente la variable más afectada fue especie_nombre_científico, con una proporción del 28 % de los campos en esta condición; esto ocurrió debido a la falla de compatibilidad comentada previamente en los softwares utilizados. Para otras variables los NA encontrados no acumularon un nivel significativo (menor al 1%). Utilizando el Método Bivariado de “Bagplot”, se detectó un registro para apartar de la población muestra de Auditoría por sus características.

Figura 6

Resultados de la Limpieza de Datos en la Región Forestal Yungas YUN.

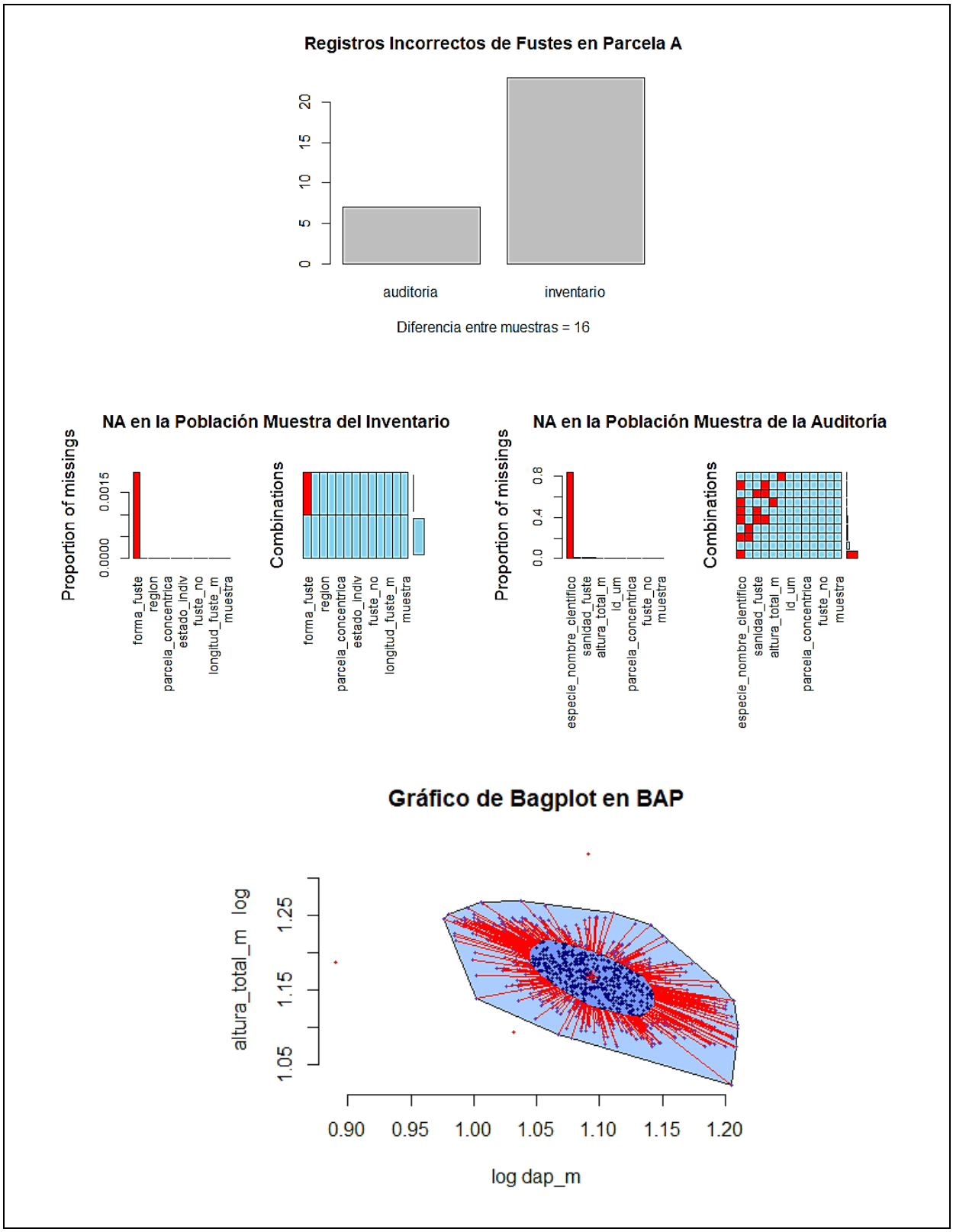


Para la región forestal Bosque Andino Patagónico BAP, en la Figura 7 se muestran los resultados gráficos de la limpieza de datos. La población muestra vinculada a la Auditoría contenía menor cantidad de registros incorrectos en la selección de los individuos leñosos a medir (16 menos en parcela A, sin diferencias en parcela B) que la del Inventario. De todas formas, en conjunto la cantidad de registros erróneos (31) fue baja en proporción al total (1117), representando un % 2,78. Luego al discriminar entre la población muestra del Inventario y la de Auditoría, la mayor cantidad de NA se encontraron en esta última, y ningún registro en la primera. Particularmente la variable más afectada fue especie_nombre_científico, con una

proporción del 84 % de los campos en esta condición; esto ocurrió debido a una falla de compatibilidad citada previamente de los softwares utilizados. Luego para otras variables los NA encontrados no acumularon un nivel significativo (menor al 2%). Utilizando el Método Bivariado de “Bagplot”, se detectaron tres registros para apartar de la población muestra de Auditoría por sus características.

Figura 7

Resultados de la Limpieza de Datos en la Región Forestal Bosque Andino Patagónico BAP.



En la Tabla 3 se detallan los resultados para las tres regiones forestales consideradas de las diferencias entre las muestras, la del INBN2 y de auditoría, para las variables dasométricas que están relacionadas con la de biomasa aérea. Los valores de los estimadores para las diferencias variaron según la región y la variable, salvo en particular el Test T de Welch con un p-valor no significativo para la mayoría (se confirma la hipótesis nula). Solamente en el caso de la Región Forestal Parque Chaqueño para la cantidad de individuos, cantidad de fustes, sumatoria de DAP y área basal, se confirmó una tendencia sesgada a subestimar principalmente en la parcela concéntrica B que compone la UM (individuos de menor tamaño). Esto fue observado también en el Inventario Forestal Nacional de Japón (Kitahara et. al., 2009), donde tanto la media porcentual como el CV promedio fueron mayores en las parcelas donde se registraron los individuos de menor tamaño. En términos generales, los valores de CV promedio para la variable cantidad de individuos en todas las regiones forestales fueron más altos que el objetivo de calidad del 5 % propuesto por el “US Riparian Forest Survey” (Barker et. al., 2002). Ademas, se detectaron valores relativos más bajos, comparado con las demás variables dasométricas, en la media porcentual y el CV promedio para la altura promedio en todas las regiones forestales.

Si se comparan los resultados por región forestal, se puede visualizar cierta tendencia a la existencia de diferencias más marcadas entre las muestras en el Parque Chaqueño que en las restantes. Esto se puede atribuir a las variables cantidad de individuos y cantidad de fustes donde ocurrieron los sesgos más importantes. Incluso si se considera la variable área basal, el CV promedio para esta región en cada parcela estuvo por encima del 14 % estimado en el “US Riparian Forest Survey” (Barker et. al., 2002); mientras que, en las otras regiones estuvo cerca o por debajo a excepción de un solo caso (parcela B en BAP).

Tabla 3

Resultados de las Diferencias entre las Muestras de Inventario y Auditoría para las Variables Dasométricas

		Parcela Concentrica	Componente Sistemático de las Diferencias[3]	Componente Aleatorio de las Diferencias[2]	Media Porcentual (%)	CV Promedio (%)	Test T de Welch[4]
	Región Forestal Parque Chaqueño (PCH)						
Variables Dasométricas	*Cantidad de Individuos*	A	2,73	6,21	13,89	23,78	ns
		B	1,58	2,73	20,99	35,91	s
		UM Total	4,21	7,60	15,76	21,50	ns
	Cantidad de fustes	A	3,38	7,40	14,12	24,11	ns
		B	2,66	3,83	24,81	37,41	s
		UM Total	5,87	9,23	17,27	22,62	s
	Sumatoria de DAP (m)	A	0,55	1,17	14,60	22,64	ns
		B	0,12	0,21	20,94	35,87	s
		UM Total	0,67	1,26	15,42	20,70	ns
	Área Basal (m^2)	A	0,14	0,34	19,61	27,06	ns
		B	0,01	0,02	21,64	38,88	s
		UM Total	0,15	0,35	19,71	25,53	s
	Altura Promedio (m)	A	0,21	1,17	3,22	16,23	ns
		B	-0,16	1,16	4,17	23,44	ns
		UM Total	-0,06	0,95	0,96	13,29	ns
	Región Forestal Yungas (YUN)						
	Cantidad de Individuos	A	1,29	1,62	13,04	9,40	ns
		B	0,57	1,52	8,89	24,74	ns
		UM Total	1,86	1,70	11,40	10,53	ns
	Cantidad de fustes	A	1,43	1,86	13,89	9,66	ns
		B	0,86	1,50	12,77	25,47	ns
		UM Total	2,29	1,57	13,45	11,39	ns
	Sumatoria de DAP (m)	A	0,40	0,44	13,86	10,76	ns
		B	0,03	0,22	3,97	27,33	ns
		UM Total	0,43	0,39	11,59	10,85	ns
	Área Basal (m^2)	A	0,11	0,11	14,50	12,08	ns
		B	-0,01	0,03	0,83	29,16	ns
		UM Total	0,11	0,10	12,77	11,56	ns
	Altura Promedio (m)	A	1,12	1,17	8,01	6,79	ns
		B	-0,45	1,61	5,46	11,47	ns
		UM Total	0,47	1,00	3,84	6,73	ns
	Región Forestal Bosque Andino Patagónico (BAP)						
	Cantidad de Individuos	A	1,27	3,98	7,55	15,75	ns
		B	0,21	1,52	6,06	54,78	ns
		UM Total	1,42	4,16	7,36	16,55	ns
	Cantidad de fustes	A	2,04	4,39	10,82	19,35	ns
		B	1,05	2,18	22,22	57,25	ns
		UM Total	2,81	4,75	12,59	20,49	ns
	Sumatoria de DAP (m)	A	0,56	1,48	7,97	15,86	ns
		B	0,08	0,21	13,28	53,08	ns
		UM Total	0,61	1,49	8,27	15,86	ns
	Área Basal (m^2)	A	0,22	0,51	7,91	17,31	ns
		B	0,02	0,03	23,21	57,30	ns
		UM Total	0,24	0,51	8,22	17,16	ns
	Altura Promedio (m)	A	0,77	2,79	5,55	9,01	ns
		B	1,71	2,15	24,17	38,01	ns
		UM Total	0,75	2,76	5,59	8,18	ns

[3] Misma unidad que la variable asociada

[4] s: significativo; ns: no significativo.

En la Figura 8, 9 y 10 se visualizan los gráficos de densidad que se utilizaron para ilustrar la forma de la distribución de los resultados en las regiones forestales analizadas (una variación de un Histograma al cual se le aplicó un “suavizado de Kernel”). Se discriminó entre parcela A y B (por tamaño de los individuos leñosos). Los picos de un Gráfico de Densidad ayudaron a detectar donde se concentran los valores a lo largo del intervalo que definen los mismos datos (en este caso mayormente se ubicaron en 0 o cerca).

Figura 8

Gráficos de Densidad de las Diferencias entre las Muestras para las Variables Dasométricas en la Región Forestal Parque Chaqueño PCH.

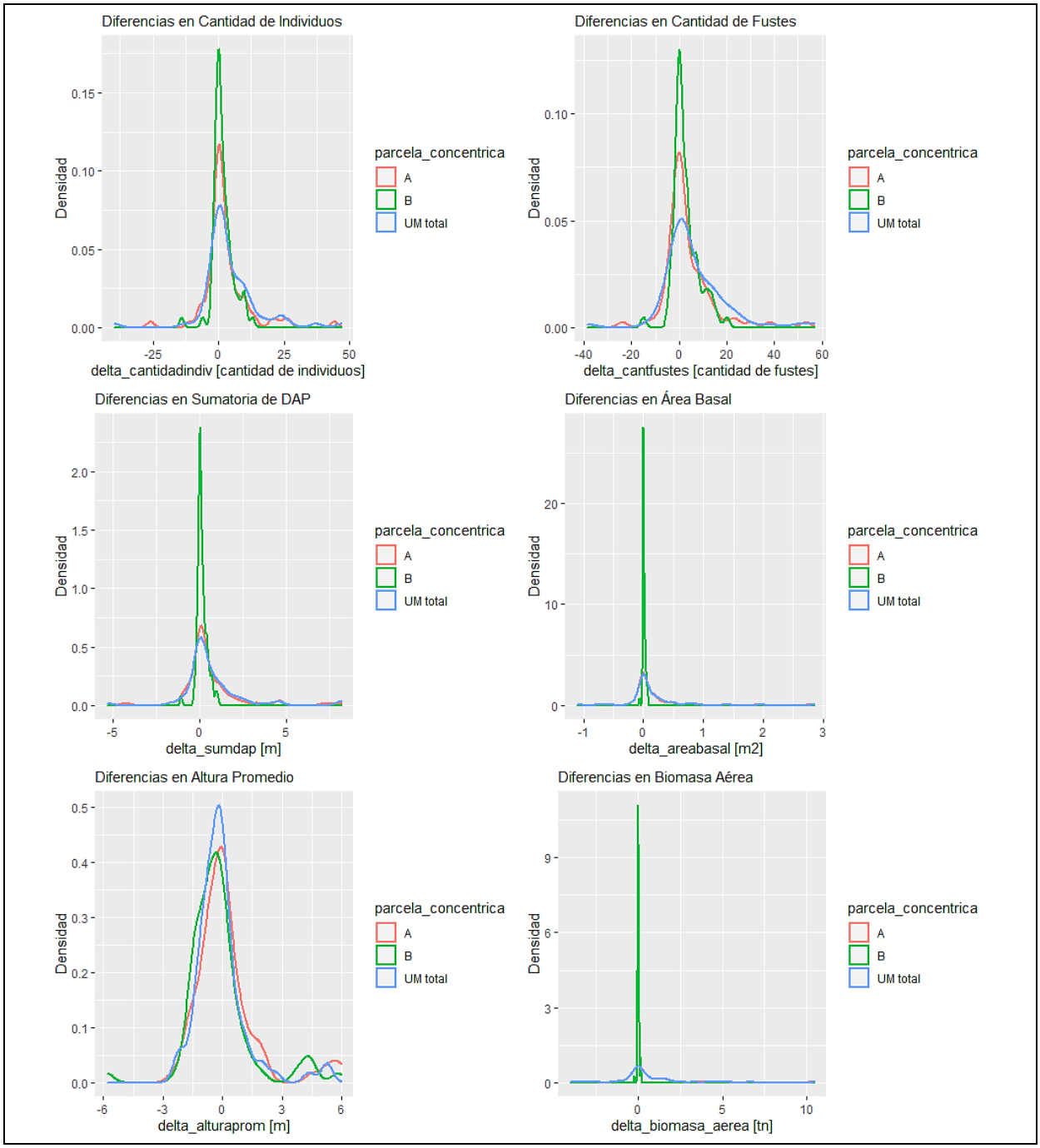


Figura 9

Gráficos de Densidad de las Diferencias entre las Muestras para las Variables Dasométricas en la Región Forestal Yungas YUN.

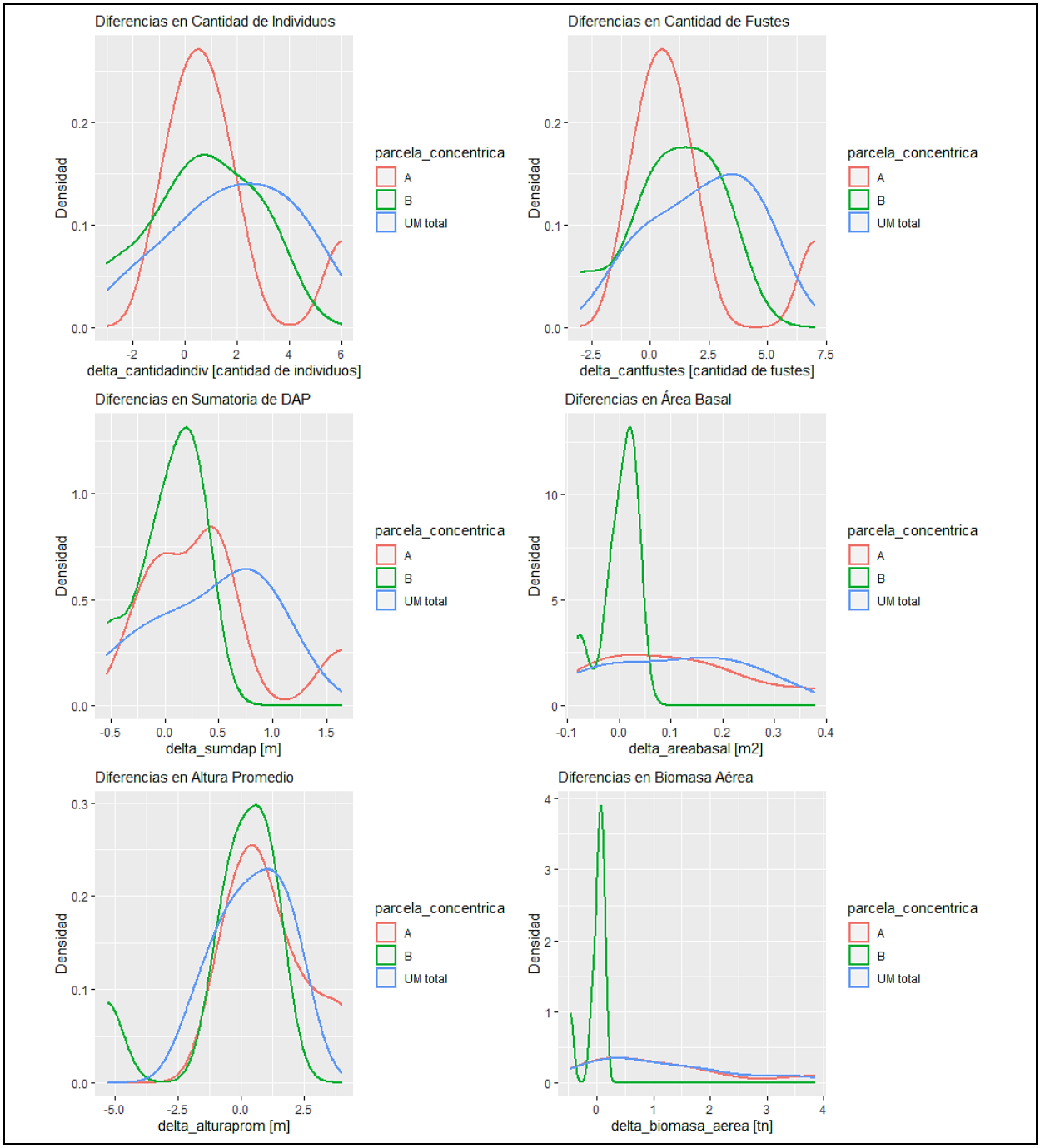
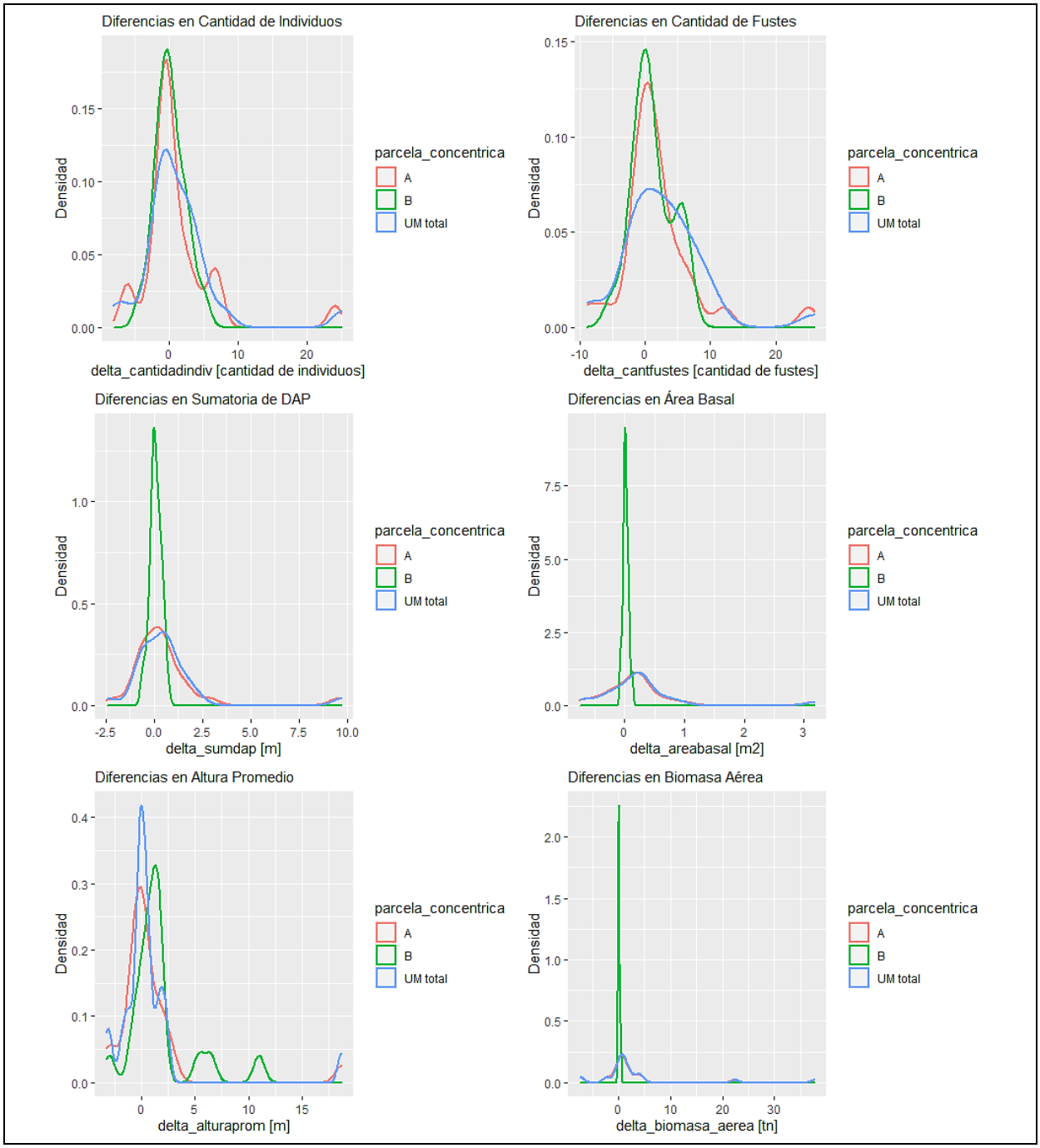


Figura 10

Gráficos de Densidad de las Diferencias entre las Muestras para las Variables Dasométricas en la Región Forestal Bosque Andino Patagónico BAP.



En la Tabla 4 se visibilizan los resultados de las diferencias entre las muestras y la estimación de la incertidumbre asociada a las mismas para la variable biomasa aérea de los individuos leñosos. Se confirmó la hipótesis nula para todos los casos

estudiados, por lo que las diferencias se debieron a eventos aleatorios. En la Figura 11 se muestran las distribuciones de cada Función de Densidad de Probabilidad (FDP), que permiten conocer las probabilidades de diferentes estimaciones de la biomasa aérea en las regiones forestales analizadas incorporando solamente los errores de medición detectados. Según el IPCC la incertidumbre es la falta de conocimiento del valor verdadero de una variable puede describirse como una FDP que caracteriza el rango y la probabilidad de los valores posibles (IPCC, 2006). El porcentaje de incertidumbre estimado asociado a los errores de medición y sobre el valor medio para esta variable fue bastante similar en todas las regiones forestales (0,28 % PCH; 0,36 % YUN; y 0,30 % BAP). El orden de magnitud fue pequeño debido a la gran cantidad de simulaciones que se realizaron. En “New Zealand Land Use and Carbon Analysis System (LUCAS) Natural Forest Plot Network” (Holdaway et. al., 2014) se estimó en 0,09 % sobre el valor medio, que además considerando como escenario base únicamente la contabilidad de la incertidumbre asociada al muestreo, al incluir la de los errores de medición solo subió un 0,9 % más el resultado final. También en el “Inventario Forestal del Parque Natural Sebangau” (Pérez-Cruzado et. al., 2017) se observó que los errores de medición tuvieron una importancia relativamente pequeña en la estimación de biomasa aérea en comparación con los errores de muestreo.

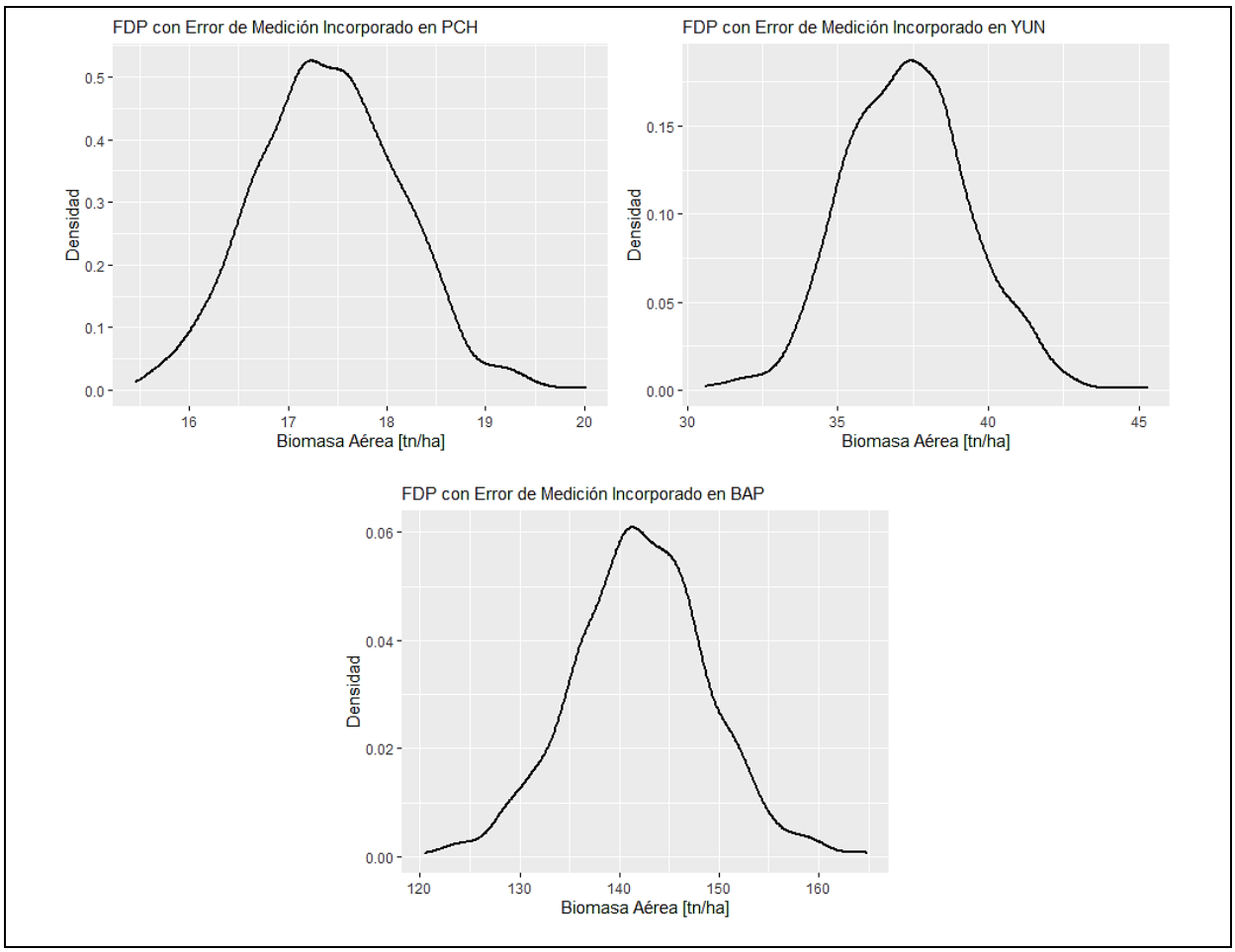
Tabla 4

Resultados de las Diferencias y Estimación de la Incertidumbre para la Variable Biomasa Aérea de los Individuos Leñosos.

	Parcela Concentrica	*Componente Sistemático de las Diferencias*[2]	*Componente Aleatorio de las Diferencias*[2]	*Media Porcentual (%)*	*CV Promedio (%)*	*Test T de Welch*[3]	*% de Incertidumbre Estimado*
Biomasa Aérea de los Individuos Leñosos (tn)	**Región Forestal Parque Chaqueño (PCH)**						
	A	0,52	1,38	17,70	28,67	ns	0,28
	B	0,01	0,04	15,23	39,47	ns	
	UM Total	0,54	1,39	17,64	27,29	ns	
	Región Forestal Yungas (YUN)						
	A	1,13	0,98	19,73	14,71	ns	0,36
	B	-0,03	0,15	6,23	33,73	ns	
	UM Total	1,10	0,88	17,90	13,12	ns	
	Región Forestal Bosque Andino Patagónico (BAP)						
	A	2,56	6,23	10,92	21,56	ns	0,30
	B	0,11	0,13	34,59	62,24	ns	
	UM Total	2,64	6,23	11,15	21,72	ns	

Figura 11

Distribuciones de la Función Densidad de Probabilidad (FDP) para la Biomasa Aérea de los Individuos Leñosos incorporando los Errores de Medición en cada Región Forestal Analizada.



A partir de los aspectos más destacados encontrados en el análisis de la información, se elabora un listado (ver Tabla 5) de buenas prácticas para aumentar la calidad en el levantamiento de datos, y de esta forma minimizar errores y mejorar los estimadores:

Tabla 5

Listado de Buenas Prácticas para aumentar la Calidad en el Levantamiento de Datos en el Inventario Nacional de Bosques Nativos.

- La delimitación de las parcelas (y finalmente de la UM) es un factor determinante en la calidad de los datos, afecta principalmente a la variable cantidad de individuos que termina repercutiendo sobre otras como la biomasa aérea. Se sugiere hacer mayor hincapié sobre este procedimiento en los entrenamientos de las brigadas de medición, así también como recurrir a técnicas auxiliares (por ejemplo, marcaduras físicas en el terreno) para lograr mayor precisión.

- Las mediciones que se efectúan sobre los individuos leñosos de menor tamaño (parcela concéntrica B) son más propensas al error. Se recomienda poner especial atención a la construcción de esta parcela de muestreo, ya que pueden ocurrir situaciones donde predominen estos registros, aún teniendo en cuenta que los individuos leñosos de mayor tamaño ponderen más en la estimación de la biomasa aérea.

- Un aspecto no menor a tener en cuenta, sobretodo en la región forestal Parque Chaqueño donde se detectaron sesgos importantes, es el tratamiento de los individuos leñosos polifustales. La recurrente lectura y el estricto cumplimiento de los protocolos en el manual de campo, son procedimientos a ser promocionados para mejorar las estimaciones de varias variables dasométricas (principalmente la cantidad de fustes por parcela).

- Los errores asociados a los fustes-diámetros fueron generalmente más grandes que los vinculados a la altura del individuo leñoso. Otra evidencia que indica la concentración de los esfuerzos para la correcta medición de estas características biológicas de los individuos leñosos por sobre otras.

- Utilizando la metodología desarrollada para analizar los errores de medición (Capítulo 5), se podría realizar en futuras auditorías, luego de recopilar los datos de campo, un primer análisis inmediato para detectar situaciones excepcionales en cuanto a la calidad de la información ya sea por presencia dominante de valores atípicos (“outliers”) y/o de sesgos sitemáticos significativos. De esta forma, se focalizaría luego en pautas específicas para perfeccionar el entrenamiento de las brigadas de campo.

- Para que el análisis a nivel dasométrico o de UM (conocido también como “plot-level”) pueda ser aplicado, es indispensable poder replicar las estructuras de las parcelas con perfecta precisión. Debido a esto, se considera fundamental controlar y exigir la correcta instalación de la UM de acuerdo a lo estipulado en el manual de campo; esto es, presencia de la

estaca metálica de centro de parcela y adecuado mapeo de los árboles de referencia.

Por último, considerando la información resultante del análisis, los procedimientos ya implementados para el inventario terrestre, y los criterios de calidad sugeridos por la CMNUCC, es posible generar los fundamentos sobre la elaboración de un PCC para la medición en campo de variables que estiman la biomasa aérea de especies forestales en el Inventario Nacional de Bosques Nativos. La propuesta, detallada en la Tabla 6, se basa en tres etapas (Stierlin, 2001) donde se listan los fundamentos técnicos para cada una, algunos que ya están implementados y otros que se sugieren como mejora para establecer un PCC consistente, preciso y transparente.

Tabla 6

Fundamentos de un Programa de Control de Calidad para el Inventario Nacional de Bosques Nativos de la República Argentina.

Etapa I: Planificación Preventiva
A. El Manual de Campo (SAyDS, 2019 a) es la herramienta clave para la prevención de malas prácticas, donde todos los protocolos de medición están claramente definidos evitando las interpretaciones subjetivas particulares. Se sugiere ir corrigiendo la redacción de los contenidos del mismo en base a los resultados que se obtienen de los análisis de desempeño de los equipos técnicos de medición. En principio, ya existen posibilidades de mejora para los contenidos sobre la construcción de las parcelas en terreno, selección de individuos leñosos para la muestra y el registro de los fustes. B. El factor humano es uno de los más importantes a considerar para asegurar la calidad de la actividad planificada, por lo que una exhaustiva capacitación inicial es fundamental. La experiencia también indica que un intenso acompañamiento oficial (del equipo de supervisión) en los primeros entrenamientos, que posibilite la retroalimentación entre los profesionales involucrados en la tarea, permite mejorar el desempeño y facilita el alcance de los resultados de calidad deseados. C. El monitoreo planificado del desempeño de los equipos técnicos de medición planteado a nivel de UM (“plot-level”), si bien permite una primera

aproximación a los posibles errores que ocurren en los procesos, tiene ciertas limitantes de metodología y de escala en la profundidad de estudio. En base a la bibliografía existente sobre la temática, se recomienda considerar la posibilidad de migrar a un análisis a nivel individuo leñoso ("tree-level"), para lo cual es fundamental mapear con precisión cada registro de individuo leñoso que compone la muestra (esto puede realizarse tomando datos de referencia del mismo al centro de parcela, como se hace con los de referencia, entre otras técnicas) y cumplir algunos requisitos para evaluar cada variable dendrométrica (por ejemplo, marcar el punto en el fuste donde se va a medir el DAP).

Etapa II: Auditoría Rutinaria

A. El proceso de auditoría rutinaria debe establecerse con una intensidad de remedición como objetivo. Según los antecedentes existentes en la temática, la misma se suele fijar en alrededor del 10% del total de las UM instaladas del inventario terrestre. Las rutinas consisten en el control, por parte de profesionales idóneos externos, de los trabajos de las brigadas de campo que participan del inventario terrestre; seleccionando aleatoriamente, visitando y colectando los datos del conjunto de UM medidas por cada brigada. Dadas las características particulares de cada región forestal y sus implicancias en los resultados posteriores del análisis de errores, es conveniente alcanzar la intensidad de remedición objetivo para cada estrato.

B. Otro procedimiento rutinario de importancia para su implementación es un evento de entrenamiento o capacitación de refuerzo cada vez que se obtienen los resultados de las auditorías. El objetivo principal es lograr una retroalimentación positiva entre las partes responsables, con tendencia a mejorar el desempeño del equipo técnico de medición, de esta forma impactando en la calidad de la información que el inventario genera.

Etapa III: Verificación Protocolar

A. El primer protocolo de verificación de la información se conduce en gabinete con la supervisión de la información cargada en la plataforma de almacenamiento de datos, tal como se describe en "Inventario Nacional de Bosques Nativos: Informe Bosque Andino Patagónico: primera revisión" (SAyDS, 2019 b). A partir del chequeo de la totalidad y coherencia de los registros almacenados se generan reportes que son remitidos a los responsables de la carga de datos de manera iterativa hasta la rectificación de las inconsistencias detectadas. Es conveniente recurrir a técnicas informáticas que permitan una optimización de este proceso, como los filtros de validación de datos que proveen las aplicaciones o softwares comúnmente utilizados.

B. Un segundo protocolo de verificación es la estimación los errores de medición en base a la información disponible sobre las auditorías, para lo cual se puede utilizar la metodología desarrollada en este trabajo (Capítulo 5). Se utilizan técnicas de exploración y visualización de la información, detección de valores atípicos, y análisis de los datos. Es importante respaldar las conclusiones de cada evaluación con procedimientos estadísticos adecuados para evaluar la significancia de las diferencias encontradas.

C. El establecimiento de los objetivos de calidad es necesario para poder contrastar procedimientos y escenarios, de esta forma fijando una dirección hacia la cual dirigirse al momento de optimizar las mediciones. Los estándares de calidad pueden ser específicos para cada medición en particular, de modo tal que provea una ventana de acción realista para alcanzar los mejores resultados posibles. La mayoría de los estimadores de posición y dispersión de las diferencias entre las muestras de inventario y auditoría suelen usarse para definir los objetivos de calidad. En base a los resultados del presente estudio, y a los antecedentes del "Canadian Change Monitoring Inventory" y el "Japanese National Forest Inventory" (Kitahara et. al., 2009), se recomienda utilizar la media porcentual de las diferencias ("APD" por sus siglas en inglés, %). En principio, se podría establecer para todas las regiones forestales en un 10% para aquellas variables vinculadas al registro de individuos leñosos y las características de sus fustes, y del 5 % para la altura promedio. Aunque exigente, este escenario podría ser alcanzable, sin descartar otras opciones graduales, es decir cambiar el objetivo según la variable, parcela, o región forestal considerada.

Capítulo 7: Discusión

Se ha desarrollado una metodología para el análisis de los errores de medición para el INBN, la misma ha podido ser llevado a cabo a nivel de UM ("plot-level") con variables dasométricas, considerando los insumos con que se contaban del diseño experimental y su implementación. Salvo honrados casos, existe poca información de los distintos países sobre la calidad de los datos de sus Inventarios Forestales Nacionales (IFN). Por otro lado, ha habido muchos estudios experimentales sobre los errores de medición en estudios no relacionados directamente con los IFN, centrándose sólo en unas pocas variables de medición como la altura del árbol, el diámetro a la altura del pecho o la identificación de especies. Estos experimentos son útiles para proporcionar una base sobre la que evaluar la calidad de los datos y por sugerir posibles soluciones, pero los resultados de estas experiencias no pueden ser

directamente aplicado a un PCC. Esto se debe a que hay grandes diferencias con respecto a la intensidad de muestreo, los protocolos de medición, el número de variables y el tiempo disponible por parcela para el levantamiento de datos (Kitahara et. al., 2009). Sin llegar a la profundidad que implica el análisis a nivel de individuo leñoso ("tree-level"), los resultados del presente estudio permiten una primera aproximación adecuada a conceptos de calidad asociado a las mediciones en el marco del INBN2.

Los resultados de la etapa de la limpieza de datos indicaron un aceptable nivel de plausibilidad y completitud de la información (Stierlin, 2001), con perspectivas de mejoras sobre ciertos aspectos como la actualización de software para la colecta de datos y la redacción en el manual de campo sobre el registro de individuos que componen la muestra. A partir de los resultados de las diferencias entre las muestras, la del INBN2 y de auditoría, en este estudio de caso se encontró que los valores de la mayoría de las variables dasométricas estuvieron por debajo del objetivo de calidad de medición adoptado en PCC de IFN de otros países Anexo I de la CMNUCC. Las razones de esta relativa baja calidad podrían ser un inadecuado entrenamiento de los equipos técnicos de medición en campo, la leve intensidad de monitoreo para mejorar la calidad de los datos, la falta de un objetivo de calidad de los datos claramente visible, y/o descripciones insuficientes o poco claras en el manual de campo (Kitahara et. al., 2009). Sin embargo, los tests estadísticos aplicados confirmaron una tendencia al sesgo solo en situaciones puntuales. Los gráficos de densidad de las distribuciones para cada variable analizada permiten visualizar la concentración cercana al 0 de los valores de las diferencias.

Particularmente para la variable biomasa aérea de los individuos leñosos, se confirma los descubrimientos en otros estudios, donde el error de muestreo es probablemente la mayor fuente de incertidumbre (Holdaway et. al., 2014). Este resultado es esperable en los IFN a grandes escalas abarcando una diversidad significativa de estratos forestales. Otras fuentes de incertidumbre pueden tener mayor relevancia por encima a las asociadas a las mediciones, por ejemplo, la de los modelos alométricos utilizados o la determinación de la densidad básica del leño en base a la identificación botánica, dimensiones no consideradas en este caso de estudio. El proceso de medición en campo es controlable con un adecuado

seguimiento y entrenamiento de los equipos técnicos, por lo que la incertidumbre es incluso más manejable (Pérez-Cruzado et. al., 2017). Las FDP de las estimaciones de biomasa aérea contemplando los errores de medición para cada región forestal analizada fueron simétricas, lo que posibilitó calcular la incertidumbre asociada para cada caso acorde a la metodología disponible en la bibliografía específica (IPCC, 2006).

Las buenas prácticas sugeridas para aumentar la calidad de los datos colectados en el INBN suelen ser recomendaciones comunes que se realizaron también en el marco de otros IFN y se plasman luego en protocolos o exigencias. La delimitación de la UM, evaluar los individuos leñosos de pequeño porte, y los polifustales, son procedimientos que suelen presentar dificultades. El corazón de cualquier PCC debe ser el entrenamiento intensivo del recurso humano, y la consistencia nacional de los protocolos y procedimientos utilizados. La retroalimentación directa a una velocidad adecuada al personal encargado de las mediciones sobre el terreno es necesaria que sea lo más precisa y específica posible (Pollard et. al., 2006).

.

Un avance destacado, sobretodo para posteriores ciclos de remedición del INBN, es disponer de los fundamentos para establecer un PCC en línea con los criterios sugeridos por la CMNUCC. Los antecedentes indican un limitado abordaje a esta dimensión, que reviste singular importancia al momento, por ejemplo, de armar contratos de servicios para le levantamiento de los datos en campo o de generar reportes técnicos nacionales indicando la calidad de la información. Se hace mención a cierto control de calidad en el “Manual de Campo, PINBN Segunda Etapa, Inventario de Campo de la Región del Espinal” donde se resaltan algunos aspectos metodológicos ya desarrollados previamente. Incluso, se seleccionaron las variables a monitorear, tanto dendrométricas como dasométricas, y se fijaron ciertos estándares u objetivos de calidad con el nombre de “error permisible”, en forma de diferencia relativa como en absoluta entre las muestras (de inventario y de auditoría). Para el caso de la variable cantidad de individuos leñosos, el “error permisible” o la diferencia absoluta permitida fue de un solo registro únicamente (SAyDS, 2005). No se comunica el desarrollo o justificación sobre la elección del nivel deseado para los objetivos de calidad. En contraste, la propuesta presentada en este estudio de caso se basa en el

análisis que sintetiza a un proceso donde el esfuerzo de remedición de 108 UM en tres regiones forestales distintas permite establecer una ventana de acción realista para obtener mejores resultados a futuro.

Capítulo 8: Conclusiones Generales

Se generó una metodología para evaluar la calidad de los datos provenientes de campo en el INBN, focalizando sobre los errores de medición en variables claves para determinar la biomasa aérea de especies forestales. Se detectó un nivel de calidad más bajo con estudios previos de IFN de otros países Anexo I de la CMNUCC, aunque las fuentes de las diferencias se debieron a eventos estocásticos, con pocos casos donde predominó una tendencia sesgada. Particularmente para la variable dasométrica biomasa aérea de los individuos leñosos vivos en pie, la media procentual de las diferencias se ubicó entre el 11 y el 17 % según la región forestal considerada, con una incertidumbre asociada a los errores de medición aproximada del 0,28 a 0,36%. Probablemente, otras fuentes de incertidumbre pueden tener mayor relevancia por encima a las asociadas a las mediciones como la del diseño de muestreo, la de los modelos alométricos utilizados o la determinación de la densidad básica del leño en base a la identificación botánica, dimensiones no consideradas en este caso de estudio. Los errores de medición podrían reducirse centrando los esfuerzos en los procedimientos que tienen mayores dificultades como la delimitación de la UM, evaluar los individuos leñosos de pequeño porte, y los polifustales. Los procedimientos de limpieza de datos pueden utilizarse para corregir en gabinete, pero este enfoque puede introducir aún más sesgo e incertidumbre y debe utilizarse con cautela (Holdaway et. al., 2014). Por lo que se recomienda que los errores de medición se acepten como inevitables y, por lo tanto, se cuantifiquen y se visibilizen explícitamente. Los IFN se requieren no sólo para la gestión sostenible a nivel nacional, sino que también se espera que contribuya a acuerdos y procesos en el marco de la CMNUCC. Resulta importante entonces fomentar la implementación de PCC para los IFN, que permitan el reporte y la comparación de la información entre los diferentes países como con miras a normalizar el nivel de calidad de los datos. Para el INBN de la República Argentina es factible implementar un PCC de tres etapas, que permite establecer una ventana de acción realista para obtener mejores resultados a futuro.

Capítulo 9: Recomendaciones

Este estudio de caso busca robustecer la base de información con la cual múltiples organismos públicos de la República Argentina, como la Dirección Nacional de Bosques y la Dirección Nacional de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, realizan sus reportes técnicos ante la CMNUCC y otros organismos internacionales. Se espera además que sea de interés para otros actores que trabajan por ejemplo con inventarios forestales a diferentes escalas, o con proyectos que ejecutan procedimientos de levantamiento de información similares a los descriptos en este trabajo. Cualquiera sea la situación, se recomienda implementar los fundamentos de calidad que se describen en la Tabla 6, pudiendo adaptar especificaciones particulares de la metodología según el contexto.

Por como fueron ejecutadas las decisiones para el procesamiento y análisis de la información, restan aun algunas características por explorar y tener en cuenta para futuras actividades. Las inconsistencias de nomenclatura e identificación de las especies botánicas, la utilización de modelos alométricos locales en la medida de lo posible, y el compartimiento de los individuos leñosos muertos en pie y aquellos remanentes en suelo (caídos), son algunos de los elementos no considerados que influyen sobre la estimación de la biomasa forestal.

Los errores de medición son una de las ocho causas amplias de incertidumbre (así como lo es también el error de muestreo estadístico, entre otros). Mejores estimaciones de la incertidumbre permitirán a los países garantizar la contabilidad del carbono forestal, contribuirán a una gestión transparente, y apoyarán los esfuerzos para hacer un seguimiento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Una estrategia para reducir las emisiones de carbono de los bosques consiste en proporcionar a los países en desarrollo incentivos financieros basados en los resultados para reducir la deforestación: actualmente se han comprometido casi 2.000 millones de dólares para financiar esos programas. Hay tres programas multilaterales, en gran parte financiados por los gobiernos donantes que ofrecen estos incentivos financieros, incluido el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques

(FCPF, 900 millones de dólares); la Iniciativa del Fondo del Biocarbono para los Paisajes Forestales Sostenibles (ISFL, 360 millones de dólares); y el Programa Piloto de Pagos basados en los Resultados de REDD+ del Fondo Verde para el Clima (FVC, 500 millones de dólares). Los países que participan en estos programas deben documentar la incertidumbre en sus estimaciones y los pagos se reducen si las incertidumbres son altas.

En este sentido, este Trabajo Final de Máster: FUNDAMENTOS SOBRE LA ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA MEDICIÓN EN CAMPO DE VARIABLES QUE ESTIMAN LA BIOMASA AÉREA DE ESPECIES FORESTALES EN EL INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA, permite reforzar las capacidades de las instituciones argentinas para cumplir con las expectativas de estos programas, en especial el FVC que aprobó en Noviembre de 2020 el “Pago Basado en Resultados” por 82 millones de dólares (Green Climate Fund, 2020). En el marco de este programa, la información sobre las incertidumbres agregadas debe notificarse a partir de 2019, las siguientes deducciones se hacen sobre las reducciones de emisiones que el Fondo comprará: no hay deducción si la incertidumbre es menor al 30%; 2% de deducción con 30% a 50% de incertidumbre; 4% de deducción si la incertidumbre es mayor al 50%.

REFERENCIAS

Barker, J., Bollman, M., Ringold, P., Sackinger, J., y Steve, C. (2002). Evaluation of Metric Precision for a Riparian Forest Survey. Environmental monitoring and assessment, 75, 51-72. https://doi.org/10.1023/A:1014259902449

Birigazzi, L. G. (2019). Data quality reporting: good practice for transparent estimates from forest and land cover surveys. Environmental Science & Policy, Volume 96, 85-94. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.02.009

Bodansky, D. (1993). The United Nations framework convention on climate change: a commentary. Yale J. Int'l l., 18, 451. https://digitalcommons.law.yale.edu/yjil/vol18/iss2/2

Breidenich, C. (Febrero de 2011). *Improving reporting of national communications and GHG inventories by non-annex I parties under the climate convention*. NRDC. https://www.nrdc.org/sites/default/files/trackingcarbon-wp.pdf

Brunner, R. D. (2001). Science and the climate change regime. Policy sciences, 34(1), 1-33. https://doi.org/10.1023/A:1010393101905

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. S., Henry, M., Martínez-Yrízar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., y Nelson, W. B. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. Global change biology, 20(10), 3177-3190. https://doi.org/10.1111/gcb.12629

Cuchietti, A., y Saucedo, J. (2018). Propuestas de protocolos para armado limpieza y análisis de datos para el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos. Programa Nacional ONU-REDD Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), Dirección Nacional de Bosques. Buenos Aires, Argentina.

Green Climate Fund. (2020). *Argentina REDD-plus RBP for results period 2014-2016*. Recuperado el 21 de diciembre de 2020 de https://www.greenclimate.fund/project/fp142#overview

del Prado, A., y Sanz, M. J. (2016). Implicaciones del Acuerdo de París en los sectores relacionados con los usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y la silvicultura. Ambienta, 114, 84-95. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2016_114_84_95.pdf

Elverdin, P. (2018). Cambio climático, agricultura y compromisos ambientales regionales en la COP. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13787.05924.

Elzinga, C. S. (2005). Observer Variation in Tree Diameter. Western Journal of Applied Forestry, 134-137. https://doi.org/10.1093/wjaf/20.2.134

FAO. (Octubre de 2019). *OpenForis Collect*. Recuperado el 01 de octubre de 2020 de : http://www.openforis.org/tools/collect/tutorials/key-features.html

Fay, M. P., y Proschan, M. A. (2010). Wilcoxon-Mann-Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules. Stat Surv., 4, 1-39. https://doi.org/10.1214/09-SS051

Fernández-Reyes, R. (2016). El Acuerdo de París y el cambio transformacional. Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, 132, 101-114. https://www.fuhem.es/papeles_articulo/el-acuerdo-de-paris-y-el-cambio-transformacional/

Frey, C., Penman, J., Hanle, L., Monni, Suvi., y Ogle, S. (2006). Chapter 3: Uncertainties. En Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (Eds). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Japón: IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_3_Ch3_Uncertainties.pdf

Ghasemi, A., y Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. International journal of endocrinology and metabolism, 10(2), 486–489. https://doi.org/10.5812/ijem.3505

Holdaway, R. J., McNeill, S. J., Mason, N. W. H., y Carswell, F. E. (2014). Propagating Uncertainty in Plot-based Estimates of Forest Carbon Stock and Carbon Stock Change. Ecosystems 17, 627-640. https://doi.org/10.1007/s10021-014-9749-5

Ihaka, R. y Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphical Statistics 5: 299–314. https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474713

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (Eds). Japón: IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

Kaufmann, E., y Schwyzer, A. (2001). Control survey of the terrestrial inventory. En P. Brassel, y H. Lischke (Eds.), Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment (págs. 114-124). Birmensdorf, Swiss: WSL Swiss Federal Research Institute. https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:10750

Kitahara, F. M. (2009). Evaluation of data quality in Japanese National Forest Inventory. Environ Monit Asses, 159, 331-340. https://doi.org/10.1007/s10661-008-0632-8

Kitahara, F. M. (2010). Effects of training for inexperienced surveyors on data quality of tree diameter and height measurements. Silva Fennica 44(4), 657-667. https://silvafennica.fi/pdf/article133.pdf

Kohl, M. (2001). Error Sources and Their Influence on the NFI Inventory Results. En P. Brassel, y H. Lischke (Eds.), Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment (págs. 297-305). Birmensdorf, Swiss: WSL Swiss Federal Research Institute. https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:10750

Lihou, Q. Q. (2019). Effect of measurement errors on the estimation of tree. Canadian Journal of Forest Research, 1371-1378. https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0034

Lu, Z. y Yuan, K. (2010). Welch's t test. En N. J. Salkind (Eds.), Encyclopedia of research design (págs. 1620-1623). Thousand Oaks, CA: Sage. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3057.9607

Lucas Garín, A. (2017). Novedades del sistema de protección internacional de cambio climático: el Acuerdo de París. Estudios internacionales (Santiago), 49(186), 137-167. http://dx.doi.org/10.5354/0719-3769.2017.45222

MAyDS (2020 a, Julio). *Primera Comunicación Nacional*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/primera-comunicacion

MAyDS (2020 b, Julio). *Segunda Comunicación Nacional*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/segunda-comunicacion

MAyDS (2020 c, Julio). *Tercera Comunicación Nacional*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercera-comunicacion

MAyDS (2020 d, Julio). *Primer Informe Bienal de Actualización*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/informespais/primer-informe-bienal

MAyDS (2020 e, Julio). *Segundo Informe Bienal de Actualización*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/segundo-informe-bienal

MAyDS (2020 f, Julio). *Tercer Informe Bienal de Actualización*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercer-informe-bienal

MAyDS (2020 g, Julio). *Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques Nativos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/monitoreo-bosques-nativos

MAyDS (2020 h, Julio). *Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/segundo-inventario-nacional-bosques-nativos

Mbeva, K. L. (2016). Self-differentiation of countries' responsibilities: addressing climate change through intended nationally determined contributions. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3087.0162

Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations: *Forest Analysis and Inventory Branch (2018). Change Monitoring Inventory - Version 3.4: Quality Assurance Procedures & Standards for Ground Sampling*. British Columbia, Canada: Resources Information Standards Committee. https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/forestry/managing-our-forest-resources/forest-inventory/ground-sample-inventories/provincial-monitoring/standards

Montalvo, A. (2011). La financiación internacional del cambio climático y las negociaciones multilaterales. ICE, 7-18. http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/1446

Olabe, A., González-Eguino, M., y Ribera, T. (2016). *El Acuerdo de París y el fin de la era del carbón*. Madrid, España: Real Instituto Elcano. http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/e3f3c1a9-784c-44b6-8a67-7fadaed3a7d8/DT12-2016-Olabe-GonzalezEguino-Ribera-Acuerdo-Paris-fin-era-carbon.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=e3f3c1a9-784c-44b6-8a67-7fadaed3a7d8

Omule, S. A. (1980). Personal Bias in Forest Measurements. The Forestry Chronicle , 222-224. https://doi.org/10.5558/tfc56222-5

Parra, A. y Witkowski, K. (2018, Marzo*). Repositorio IICA. Comunicaciones, reportes y obligaciones nacionales*. Recuperado el 01 de octubre de 2020 de http://repositorio.iica.int/handle/11324/6602

Paul, K. I. (2017). Measurements of stem diameter: implications for individual- and stand-level errors. Environmental Monitoring and Assessment, 189(8):416. https://doi.org/10.1007/s10661-017-6109-x

Penman, J. K. (2001). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Task Force on National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado el 01 de octubre de 2020 de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html

Pérez-Cruzado, C., Álvarez-González, J. G., Magdon, P., Sarodja, D., Fehrmann, l., y Kleinn, C. (2017). *Propagación de errores en el inventario de biomasa en bosques naturales: efecto de las distintas fuentes de incertidumbre.* 7° Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Plasencia, Cáceres, Extremadura. Recuperado el 07 de enero de 2021 de http://7cfe.congresoforestal.es/sites/default/files/comunicaciones/819.pdf

Pollard, J. E. (2006). *Forest Inventory and Analysis National Data Quality Assessment Report for 2000 to 2003. Fort Collins*, Estados Unidos: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-181

R Core Team. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Rousseeuw, P., Ruts, I., y Tukey, J. (1999). The Bagplot: A Bivariate Boxplot. American Statistician. AMER STATIST, 53. 382-387. https://doi.org/10.1080/00031305.1999.10474494

SAyDS (2005). *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Buenos Aires, Argentina*: SAyDS, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/primer-inventario-nacional-bosques-nativos

SAyDS (2015). *Primer reporte bienal de actualizacion: República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. SAyDS, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/informespais/primer-informe-bienal

SAyDS (2019 a). *Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: manual de campo*. SAyDS, Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/segundo-inventario-nacional-bosques-nativos

SAyDS (2019 b). *Inventario Nacional de Bosques Nativos: informe bosque andino patagónico: primera revisión*: SAyDS, Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/segundo-inventario-nacional-bosques-nativos

SAyDS (2019 c). ANEXO TÉCNICO REDD+: *Resultados alcanzados por la República Argentina por la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por deforestación*: SAyDS, Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercer-informe-bienal

Stanisław, W. (2018). Kernel density estimation and its application. ITM Web Conf., 23, 00037. https://doi.org/10.1051/itmconf/20182300037

Stierlin, H. S. (2001). Criteria and Provisions for Quality Assurance. En P. Brassel, y H. Lischke (Eds.), Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment (págs. 297-305). Birmensdorf, Swiss: WSL Swiss Federal Research Institute. https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:10750

Thuch P., Tetsuji O., Nobuya M., Tsuyoshi K., Shigejiro Y., Ma V. y Sokh H. (2018). The Importance of Tree Height in Estimating Individual Tree Biomass while

Considering Errors in Measurements and Allometric Models. AGRIVITA Journal of Agricultural Science, 40(1): 131-140. https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i1.1730

Tohá, J., y Barros, S. (1997). *Políticas, instituciones y desarrollo forestal sostenible*. Unasylva, Vol. 48. http://www.fao.org/3/w6251s0a.htm

Tubiello, F. N., Cóndor-Golec, R. D., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., Rossi, S., Flammini, A., Cardenas, P., Biancalani, R., Jacobs, H., Prasula, P., y Prosperi, P. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. Roma, Italia: FAO. http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF

Tudela, F. (2014). *Negociaciones internacionales sobre cambio climático: Estado actual e implicaciones para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas. https://www.cepal.org/es/publicaciones/37329-negociaciones-internacionales-cambio-climatico-estado-actual-implicaciones

United Nations: Framework Convention on Climate Change. (2020, Agosto). *Technical report on the technical analysis of the technical annex to the third biennial update report of Argentina submitted in accordance with decision 14/CP.19: FCCC/SBI/ICA/2020/TATR.1/ARG*. Recuperado el 01 de octubre de 2020 de https://unfccc.int/documents/231869

Vergara, J. V. (2009). *El cambio climático: análisis y política económica. Una introducción*. Barcelona, España: Caja de Ahorros y Pensiones de Barcelona "la Caixa". https://doi.org/10.32418/rfs.2010.258.1938

Yanai, R. D., Wayson, C., Lee, D., Espejo, A. B., Campbell, J. L., Green, M. B., Zukswert, J. M., Yoffe, S. B., Aukema, J. E., Lister, A. J., Kirchner, J. W., Gamarra, J. G. P. (2020). Improving uncertainty in forest carbon accounting for REDD+ mitigation efforts. Environ. Res. Lett., 15, 124002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb96f

Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L., Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C. y Chave, J. (2009). *DRYAD. Towards a worldwide wood economics spectrum*. Recuperado el 01 de octubre de 2020 de https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234

GLOSARIO

Por orden de aparición:

GEI: Gases de efecto invernadero

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

PCC: Programa de Control de Calidad

COP: Conferencia de las Partes

CO_2: Dióxido de carbono

INDC: Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional [5]

CN: Comunicaciones Nacionales

INGEI: Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero

IBA: Informe Bienal de Actualización (también conocido en inglés como “BUR”)

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas [5]

AFOLU: Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra [5]

$MtCO_2e$: Toneladas de dióxido de carbono equivalente

NREF: Nivel de referencia de emisiones forestales

MAyDS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

PINBN: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos

INBN: Inventario Nacional de Bosques Nativos

REDD+: Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques

SNMBN: Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques Nativos

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DNB: Dirección Nacional de Bosques

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [5]

PCH: Parque Chaqueño

YUN: Yungas

BAP: Bosque Andino Patagónico

NA: sin dato [5]

IFN: Inventario Forestal Nacional

[5] por sus siglas en inglés

República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2021 - Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein

Nota

Número: NO-2021-07088870-APN-DNB#MAD

CIUDAD DE BUENOS AIRES
Martes 26 de Enero de 2021

Referencia: Autorización uso de datos

A: Ivan Rost (DNB#MAD),

Con Copia A:

De mi mayor consideración:

Por la presente, se autoriza a Egon Iván Rost (CUIT 20-33574759-4) a utilizar la información dasométrica de 110 unidades de muestreo del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos para realizar el procesamiento, análisis y publicación del Trabajo Final de Máster con el título de "Fundamentos sobre la elaboración de un programa de control de calidad para la medición en campo de variables que estiman la biomasa aérea de especies forestales en el inventario nacional de bosques nativos de la República Argentina"; bajo la dirección del Dr. José Francisco Sanz Requena (UNEATLANTICO) en el marco de la carrera académica Máster de Cambio Climático ofrecida por la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER), Universidad Europea del Atlántico (UNEATLANTICO), y Universidad Internacional Iberoamericana - UNINI Puerto Rico (UNINI).

Los insumos consisten en dos archivos formato CSV embebidos a la presente nota, uno que corresponde a la información colectada por las brigadas del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos, y otro de información colectada por los técnicos de la Dirección Nacional de Bosques (DNB) encargados de las auditorías para supervisar las operaciones sobre las mismas unidades de muestreo.

Sin otro particular saluda atte.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica
Date: 2021.01.26 14:47:59 -03:00

Martin Monaco
Director
Dirección Nacional de Bosques
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible