

## Red Argentina de Parcelas Permanentes de Bosques Nativos para promover colaboraciones científicas en estudios de largo plazo

SERGIO J. CEBALLOS<sup>1,✉</sup>; CECILIA BLUNDO<sup>1</sup>; AGUSTINA MALIZIA<sup>1</sup>; ORIANA OSINAGA ACOSTA<sup>1</sup>; JULIETA CARILLA<sup>1</sup>; H. RICARDO GRAU<sup>1,2</sup>; PAULA I. CAMPANELLO<sup>3</sup>; ANÍBAL CUCHIETTI<sup>1</sup>; IGNACIO GASPARRI<sup>1</sup>; GENOVEVA GATTI<sup>1,18</sup>; DANTE LOTO<sup>1</sup>; GUILLERMO MARTÍNEZ PASTUR<sup>1</sup>; JIMENA SAUCEDO MIRANDA<sup>1</sup>; MARIANO AMOROSO<sup>8,9</sup>; NATALIA ANDINO<sup>10,11,12</sup>; DANIELA ARPIGIANI<sup>8,9</sup>; VALERIA ASCHERO<sup>13,14</sup>; IGNACIO M. BARBERIS<sup>15</sup>; NATALIA A. BEDRIJ<sup>5</sup>; RENATA NICORA CHEQUIN<sup>16</sup>; VERÓNICA CHILLO<sup>17</sup>; BEATRIZ EIBL<sup>18</sup>; PABLO ELIANO<sup>19,20</sup>; ROMINA D. FERNANDEZ<sup>1</sup>; LUCAS A. GARIBALDI<sup>8,9</sup>; STELLA GIANNONI<sup>10,12</sup>; MATÍAS G. GOLDENBERG<sup>8,9</sup>; MARCELO GONZÁLEZ PEÑALBA<sup>21</sup>; YOHANA G. JIMENEZ<sup>1</sup>; SEBASTIÁN KEES<sup>22</sup>; GRACIELA N. KLEKAILO<sup>23</sup>; MARTÍN LARA<sup>21</sup>; PATRICIO MAC DONAGH<sup>18</sup>; LUCIO R. MALIZIA<sup>24</sup>; FLAVIA MAZZINI<sup>24,25</sup>; WALTER A. MEDINA<sup>15</sup>; FACUNDO J. ODDI<sup>8,9</sup>; DARDO PAREDES<sup>26</sup>; PABLO L. PERI<sup>27</sup>; CARLOS PERSINI<sup>28</sup>; DARIÉN E. PRADO<sup>15</sup>; ROBERTO M. SALAS<sup>16</sup>; ANA SRUR<sup>13</sup>; MARIANA VILLAGRA<sup>1</sup>; PATRICIA ZELAYA<sup>29</sup> & PABLO E. VILLAGRA<sup>13,30</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ecología Regional (UNT-CONICET). Yerba Buena, Tucumán, Argentina. \*\*

**RESUMEN.** Las parcelas forestales permanentes son áreas de muestreo donde se registran periódicamente la identidad, abundancia y tamaño de los árboles, para estudiar cómo cambian los bosques en relación con el clima, los disturbios naturales y los usos y manejos. Hasta hoy, los patrones de cambio observados con parcelas permanentes en la Argentina tuvieron alcance local o regional. Para potenciar los vínculos entre los diferentes grupos de trabajo que promuevan colaboraciones a escalas intra- e inter-regionales creamos la Red Argentina de Parcelas Permanentes de Bosques Nativos (RAPP), abarcando las regiones forestales de los Bosques Andino-Patagónicos, Chaco Seco, Chaco Húmedo, Monte de Sierras y Bolsones, Monte de Llanuras y Mesetas, Selva Paranaense y Yungas. Aquí sintetizamos y caracterizamos la información de 317 parcelas permanentes (328.9 ha) incluidas en la RAPP, describiendo su distribución geográfica, objetivos, principales aspectos metodológicos y características de los bosques donde están establecidas (e.g., disturbios, tenencia de la tierra, estructura, riqueza de especies). Asimismo, se discute la complementariedad entre la RAPP y los inventarios nacionales de bosques nativos. Las parcelas se distribuyen entre 22.02° y 54.89° S y entre 19 y 2304 m s. n. m., aunque están concentradas principalmente en el Subtrópico (Chaco Seco, Chaco Húmedo, Selva Paranaense y Yungas) y en los Bosques Andino-Patagónicos. En todas las parcelas se identifica la taxonomía de los árboles y se miden diferentes variables dasométricas, fundamentales para responder preguntas ecológicas a una mayor escala mediante colaboraciones. Esperamos continuar incorporando grupos de trabajo a la RAPP e incentivar el establecimiento de nuevas parcelas permanentes en regiones poco representadas (e.g., Monte, Espinal y Delta e Islas del Paraná). La meta es que la RAPP permita avanzar en el estudio a largo plazo de todos los bosques nativos de la Argentina, aumentando la cobertura nacional y las interacciones entre los grupos de trabajo.

[Palabras clave: metadatos de las parcelas, monitoreo de bosques, regiones forestales]

**ABSTRACT.** Argentine Network of Permanent Native Forest Plots to promote scientific collaborations on long-term studies. Permanent forest plots are sampling areas where tree identity, abundance and size are recorded periodically, in order to study how forests change with climate, natural disturbances, uses and management. So far, patterns of change observed with permanent plots in Argentina have been local or regional. To promote scientific collaborations between different research groups within and among regions of Argentina, we created the Network of Permanent Plots of Native Argentinian Forests (RAPP), which includes the regions of Bosques Andino-Patagónicos, Chaco Seco, Chaco Húmedo, Monte de Sierras y Bolsones, Monte de Llanuras y Mesetas, Selva Paranaense and Yungas. Here we synthesize and characterize the information of 317 permanent plots (328.9 ha) included in the RAPP, describing their geographic distribution, objectives, main methodological aspects, and characteristics of the forests where they are established (e.g., disturbance, land tenure, structure, species richness), and after that, discuss the complementarity between the RAPP and the national inventories of native forests. Permanent plots are established over a wide range of latitude (22.02-54.89° S) and elevation (19 a 2304 m a. s. l.), but they are mainly concentrated in Subtropics (Chaco Seco, Chaco Húmedo, Selva Paranaense, and Yungas) and in Bosques Andino-Patagónicos. In all plots, trees are taxonomically identified and different dasometric variables are remeasured, which are the basis for potential collaborations to answer ecological questions at a larger scale. We hope to continue incorporating working groups in the RAPP and encouraging the establishment of plots, mainly in regions with a low number of permanent plots such as Monte, Espinal, and Delta e Islas del Paraná. The goal is that the RAPP advances in the long-term study of all native forests in Argentina, achieving a greater national cover and more interactions among research teams.

[Keywords: plot metadata, forest monitoring, forest regions]

Editora asociada: Natalia Perez Harguindeguy

Recibido: 31 de Agosto de 2021

Editora junior: Raquel Benavides

Aceptado: 3 de Febrero de 2022

✉ serceballos@gmail.com

<sup>\*\* 2</sup> Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. <sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, CONICET. Esquel, Chubut, Argentina. <sup>4</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS), Dirección Nacional de Bosques (DNB), Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2). Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), Argentina. <sup>5</sup> Instituto de Biología Subtropical (UNAM-CONICET). Iguazú, Misiones, Argentina. <sup>6</sup> Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA-UNSE-CONICET). Santiago del Estero, Argentina. <sup>7</sup> Laboratorio de Recursos Agroforestales, Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET). Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina. <sup>8</sup> Universidad Nacional de Río Negro, Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro, Argentina. <sup>9</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro, Argentina. <sup>10</sup> Centro de Investigaciones de la Geosfera y la Biosfera (CONICET-UNS). Rivadavia, San Juan, Argentina. <sup>11</sup> Gabinete de Servicios Ecosistémicos (GISEZA), Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. Rivadavia, San Juan, Argentina. <sup>12</sup> Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. Rivadavia, San Juan, Argentina. <sup>13</sup> Instituto Nacional de Nitología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CONICET-CCT. Mendoza, Argentina. <sup>14</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. <sup>15</sup> Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) e Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (CONICET-UNR). Zavalla, Santa Fe, Argentina. <sup>16</sup> Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE-UNNE). Corrientes, Argentina. <sup>17</sup> Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Bariloche (INTA-CONICET). Bariloche, Río Negro, Argentina. <sup>18</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Eldorado, Misiones, Argentina. <sup>19</sup> Asociación Forestal Industrial de Jujuy. Jujuy, Argentina. <sup>20</sup> Facultad de Ciencias Agrarias (UNJu). San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. <sup>21</sup> Parque Nacional Lanín, Administración de Parques Nacionales. Neuquén, Argentina. <sup>22</sup> Campo Anexo Estación Forestal Plaza - E.E.A. INTA Sáenz Peña. Presidencia de la Plaza, Chaco, Argentina. <sup>23</sup> Cátedra de Ecología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias (UNR). Zavalla, Santa Fe, Argentina. <sup>24</sup> Centro de Estudios Territoriales Ambientales y Sociales (FCA-UNJu). San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. <sup>25</sup> Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (UNC-CONICET). Córdoba, Córdoba, Argentina. <sup>26</sup> Dirección General de Desarrollo Forestal (DGDGF), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) del Gobierno de Tierra del Fuego. Tolhuín, Tierra del Fuego, Argentina. <sup>27</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. <sup>28</sup> Fundación Huellas para un Futuro, Reserva, Refugio y Estación Biológica Aponapó. Misiones, Argentina. <sup>29</sup> Instituto de Estudios para el Desarrollo Social (FHCSyS-UNSE/CONICET). Santiago del Estero, Argentina. <sup>30</sup> Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tienen un valor ecológico, económico y cultural, brindan servicios ecosistémicos como la protección de cuencas, la regulación hídrica, la provisión de productos (e.g., madera, alimentos, medicinas, forraje, carne, miel y productos aromáticos) y son el hábitat de millones de personas que viven dentro de la matriz de los bosques nativos (e.g., el 13% de la población en la Argentina) (Mónaco et al. 2019; FAO 2020). En nuestro país existen diversos tipos de bosques nativos distribuidos en diferentes regiones forestales, en un amplio rango latitudinal, altitudinal y climático (Burkart et al. 1999; Barros et al. 2015; Oyarzabal et al. 2018). La superficie de bosques abarca 53.6 millones de hectáreas distribuidas en las 23 provincias, lo que representa el 19.2% de la superficie del país (Ordenamientos Territoriales de Bosques Nativos-OTBN) (Mónaco et al. 2019).

Históricamente, la mayor parte de las regiones forestales de la Argentina fueron transformadas en un 15-50% de su superficie debido al aprovechamiento de sus recursos naturales y al cambio de uso del suelo (principalmente, agricultura), siendo los Bosques Andino-Patagónicos los que presentan la menor superficie transformada (Nanni et al.

2020). En la actualidad, los bosques nativos se siguen modificando por diferentes presiones de uso (e.g., deforestación, ganadería, agricultura, incendios, aprovechamiento forestal, urbanización, invasión por especies no nativas) (Mónaco et al. 2019; Greenpeace 2020; Nanni et al. 2020). Sin embargo, también hay regeneración de superficies boscosas como consecuencia de la migración rural-urbana y la des-intensificación del uso del suelo, sobre todo en regiones montañosas (Gutiérrez Angonese and Grau 2014; Aide et al. 2019). Además, durante las últimas décadas, los ecosistemas forestales han estado expuestos a cambios en el régimen de precipitaciones y al incremento de las temperaturas, cuya influencia sobre los bosques nativos del país aún es poco conocida (Masiokas et al. 2008; Garreaud et al. 2013; Magrin et al. 2014; Ferrero and Villalba 2019). Los cambios en el uso del suelo y el clima con frecuencia alteran la fisonomía, la composición y la estructura de los bosques, así como su capacidad para funcionar como reservorios de carbono y biodiversidad (Lewis et al. 2004; Chazdon 2014; Zaninovich et al. 2017; Zaninovich and Gatti 2020). Una herramienta clave para estudiar estos cambios son los sistemas de monitoreo a largo plazo como las parcelas permanentes forestales (Feeley et al. 2011; Aleixo et al. 2019; Sullivan et al. 2020).

Las parcelas permanentes son porciones de bosque delimitadas y georreferenciadas, donde se registran la identidad taxonómica de los árboles y, periódicamente, variables estructurales (e.g., diámetro de los árboles, área basal, calidad del sitio) según el objetivo por el cual se las estableció (Malhi et al. 2002; Lewis et al. 2004; Anderson-Teixeira et al. 2015). Cómo y dónde establecer una parcela permanente varía en función del objetivo (e.g., dinámica de bosques, conservación, manejo, restauración), de la accesibilidad y de criterios de muestreo sistemático. Para evaluar manejos e impactos antrópicos, las parcelas se pueden instalar en lugares accesibles y transformados por actividades humanas, pero en estudios ecológicos clásicos se busca instalarlas en bosques con buen estado de conservación y lejos de fronteras de deforestación. No obstante, en este último caso, los bosques están igualmente influenciados por factores externos como el cambio climático, los disturbios naturales, por impactos menos visibles como la presión de caza (Malhi et al. 2002; Lewis et al. 2004; Di Bitetti et al. 2008; Paviolo 2010) y por otros más evidentes como el ecoturismo y la invasión de especies exóticas (Malizia et al. 2017; Brandt and Buckley 2018). Las parcelas permanentes cumplen una función clave al proveer la base de los conocimientos actuales sobre la ecología de árboles y la dinámica del bosque, y su capacidad de respuesta a las distintas presiones, por lo que pueden contribuir a desarrollar políticas de manejo, restauración y conservación de los bosques nativos. Por ejemplo, a nivel global, las parcelas permanentes de la Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR) brindan información para evaluar la dinámica de biomasa y carbono, necesaria para implementar políticas de mitigación del cambio climático (e.g., REDD+) y validar productos de sensores remotos (Chave et al. 2019; Schepaschenko et al. 2019). A nivel regional, la Red de Parcelas de Ecología y Biodiversidad de Ambientes Naturales en Patagonia Austral (PEBANPA) genera información para maximizar rendimientos, mejorar estrategias de conservación y adoptar prácticas de gestión forestal sostenible (Peri et al. 2016). A nivel provincial se utilizaron parcelas de la Fundación Huellas para un Futuro como ecosistemas de referencia dentro del Plan Nacional de Restauración de Bosques Nativos ([huellasparaunfuturo.org](http://huellasparaunfuturo.org)).

El monitoreo de parcelas permanentes en los bosques nativos de la Argentina ha

permitido registrar algunos cambios que experimentaron los bosques en las últimas décadas (Mutarelli and Orfila 1969; Grau et al. 1997; Arturi et al. 1998; Carilla and Grau 2011; Campanello et al. 2012; Peri et al. 2016). Por ejemplo, en bosques de Yungas de Tucumán se registró un incremento en el reclutamiento de especies de árboles de hojas blandas y ricas en nutrientes, posiblemente como resultado de la disminución de la presión ganadera (Malizia et al. 2013). En bosques de la Selva Paranaense de Misiones se observó un aumento en la infestación de lianas, probablemente por el aumento de las tasas de disturbios naturales y antrópicos (Campanello et al. 2012), y se documentó la floración, la mortalidad y la recuperación de una especie de bambú (Montti et al. 2011). Grupos de investigación que monitorean parcelas permanentes en la Argentina se asociaron en redes de monitoreo regionales, como la Red Subtropical de Parcelas Permanentes, que estudia la dinámica de los bosques subtropicales de montaña en un contexto de cambio global y la Red PEBANPA, que monitorea el funcionamiento, los servicios ecosistémicos y los cambios en la biodiversidad y las interacciones entre los ambientes naturales y las actividades de uso en el sur de la Patagonia Argentina (Peri et al. 2016). Algunas parcelas también están asociadas a redes internacionales como la Red de Bosques Andinos ([redbosques.condesan.org](http://redbosques.condesan.org)) —creada para investigar, manejar y conservar los bosques en países andinos—, que incluye parcelas de Yungas del noroeste argentino; el *Tropical Managed Forest Observatory* ([tmfo.org](http://tmfo.org)) —una red pantropical destinada a comprender los efectos a largo plazo de la tala en los ecosistemas forestales tropicales y que incluye parcelas de Selva Paranaense de Misiones—; y la Red Florística Latinoamericana del Bosque Tropical Estacionalmente Seco (DRYFLOR) ([dryflor.info](http://dryflor.info)), que incluye parcelas del Chaco. Si bien algunos componentes metodológicos de las parcelas son variables (e.g., difieren en tamaños, formas, número de remediciones, diámetros mínimos de medición) porque se establecieron antes de la creación de las redes, esto no impidió integrar los datos y realizar colaboraciones científicas (Malhi et al. 2002; Malizia et al. 2020).

En este artículo presentamos la Red Argentina de Parcelas Permanentes de Bosques Nativos (RAPP), que resulta de la colaboración entre profesionales e instituciones que monitorean parcelas permanentes en las distintas regiones forestales del país, para investigar

la dinámica y el manejo de los bosques nativos. Si bien estas parcelas hicieron posible avanzar en la comprensión de la estructura y el funcionamiento de los bosques nativos a escala local y regional, la meta de la RAPP es facilitar la colaboración y la articulación entre grupos de trabajo, y permitir un nuevo nivel de análisis de la información. En este artículo se describen aspectos generales de las parcelas permanentes, su distribución en las diferentes regiones forestales del país, los objetivos del monitoreo, la metodología empleada (e.g., tamaño de parcelas, diámetros mínimos de medición) y los tipos de bosques en los cuales se encuentran (e.g., secundarios o primarios). Este artículo representa el paso inicial en la creación de la RAPP y pretendemos que contribuya en diferentes escalas (país, región) con el estudio, el manejo y la conservación de los bosques nativos de la Argentina desde una visión holística. Asimismo, esperamos que sirva de invitación a otros grupos de investigación que mantengan parcelas permanentes forestales a formar parte de la RAPP.

## CREACIÓN DE LA RAPP

La RAPP se originó en un simposio realizado en el marco de la XVIII Reunión Argentina de Ecología en 2018, organizado para presentar y discutir avances en estudios con parcelas permanentes. Como producto de este simposio, en 2019 se publicó un artículo en la Revista Argentina Forestal en el que presentamos la RAPP y planteamos las ventajas de unificar y coordinar esfuerzos entre grupos de investigación que monitorean parcelas permanentes para investigar los cambios ocurridos en el pasado en los bosques nativos de la Argentina (Carilla et al. 2019). Definimos como objetivos de la RAPP: A) generar una base de metadatos de las parcelas permanentes de bosques nativos establecidas en la Argentina, B) fomentar las colaboraciones científicas entre los miembros de la RAPP para estudiar y comprender los cambios a mediano y largo plazo de los bosques nativos del país, y C) funcionar como un foro para discutir sobre el monitoreo de parcelas permanentes (e.g., metodologías, resultados, financiamiento) y su implicancia en la conservación y el manejo de los bosques nativos. Para cumplir con el primer objetivo, invitamos a profesionales interesados en participar de la RAPP a través de la Red Argentina de Ciencia y Tecnología Forestal ([redforestal.conicet.gov.ar](http://redforestal.conicet.gov.ar)), que tiene alcance a profesionales dedicados a

la ciencia, educación y tecnología forestal en todo el país. Compilamos metadatos de parcelas permanentes monitoreadas por 44 profesionales que provienen de más de 20 instituciones, entre ellas el CONICET, el INTA, universidades nacionales, ONG, Parques Nacionales y organismos provinciales.

La RAPP tiene en cuenta la definición de bosque de la Ley Nacional N° 26331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. La definición considera como bosques nativos a los ecosistemas forestales naturales compuestos predominantemente por especies arbóreas nativas maduras, con diversas especies de flora y fauna asociadas, en conjunto con el medio que las rodea —suelo, subsuelo, atmósfera, clima, recursos hídricos—, conformando una trama interdependiente con características propias y múltiples funciones, que en su estado natural le otorgan al sistema una condición de equilibrio dinámico y que brinda diversos servicios ambientales a la sociedad, además de los diversos recursos naturales con posibilidad de utilización económica. Se incluye dentro de la definición a todos los bosques naturales en distinto estado de desarrollo, de origen primario o secundario. Por otra parte, la RAPP considera como parcela permanente a un área de bosque nativo de tamaño variable, monitoreada en el tiempo, con individuos de especies arbóreas identificados taxonómicamente y marcados con etiquetas numeradas. En las parcelas permanentes, al menos se debe medir el diámetro y/o la altura de los árboles en forma periódica. Durante los censos posteriores se registra el estado de los árboles individualizados (e.g., crecimiento o si están muertos) y se identifican, marcan y miden los nuevos individuos reclutados en el periodo intercensal. El establecimiento y las remediciones de las parcelas permanentes siguen protocolos ya establecidos por cada grupo de investigación, que pueden variar según la región y los objetivos del monitoreo. Las parcelas incluidas en la RAPP están establecidas en bosques primarios, secundarios regenerados naturalmente, manejados o restaurados con uno (establecimiento/línea base) o más censos (remediciones).

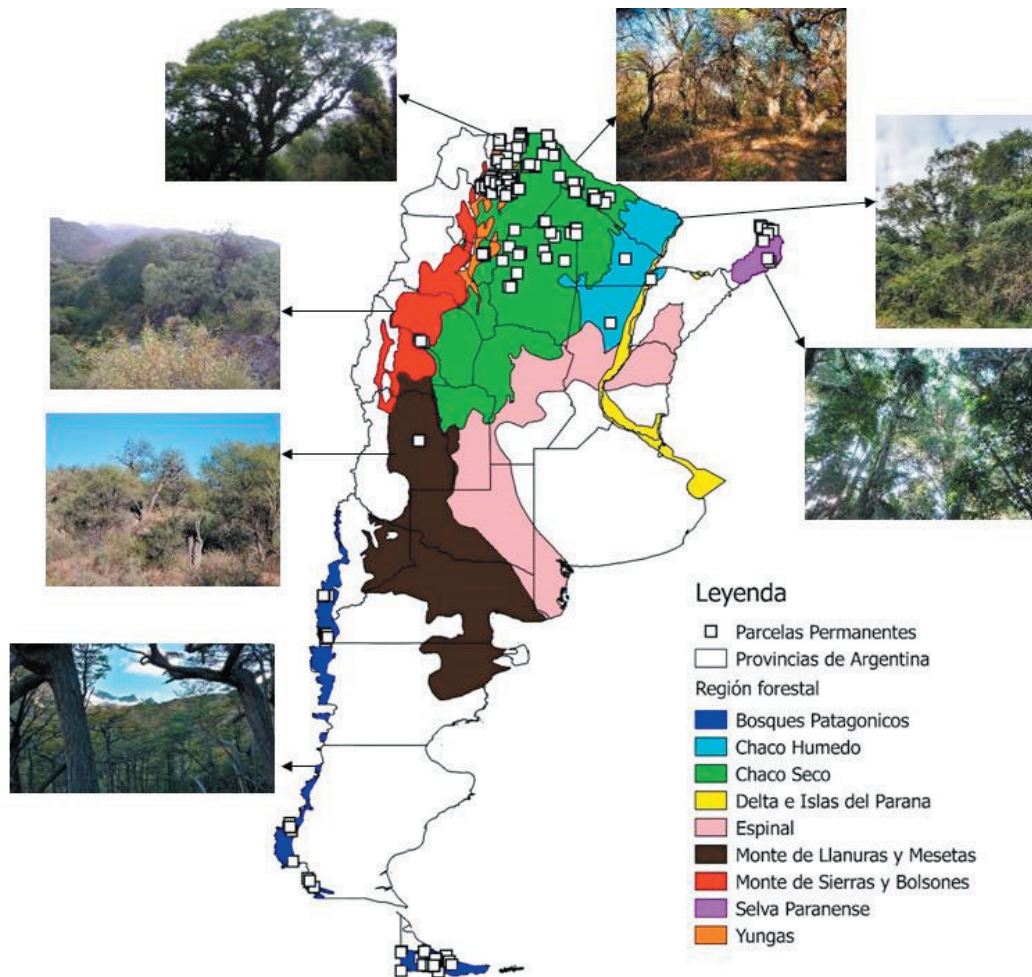
La base de metadatos de cada parcela cuenta con la siguiente información: ubicación (i.e., coordenadas geográficas, región forestal, provincia), objetivo de monitoreo, aspectos metodológicos (i.e., tamaño y forma de la parcela, diámetro mínimo de inclusión, años en los que fueron realizados los censos),



bosque donde fue establecida (e.g., tipo según regeneración, altitud, ocurrencia de disturbios pasados y actuales, tenencia de la tierra y especie arbórea dominante), clima (e.g., temperatura media anual, precipitaciones anuales obtenidas de datos instrumentales o de Worldclim), riqueza de especies y dasometría (e.g., densidad y área basal, considerando únicamente las mediciones de árboles con diámetro a la altura del pecho  $\geq 10$  cm) (Material Suplementario). También incluimos información y observaciones sobre otros relevamientos biológicos o ambientales dentro de las parcelas, particularidades metodológicas, investigadores a cargo e instituciones responsables.

## NÚMERO, DISTRIBUCIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LAS PARCELAS

Hasta la fecha, la RAPP incluye 317 parcelas que cubren 328.9 ha de bosque, están distribuidas en 15 provincias y en siete de las nueve regiones forestales de Argentina (Bosques Andino-Patagónicos, Chaco Húmedo, Chaco Seco, Monte de Sierras y Bolsones, Monte de Llanuras y Mesetas, Selva Paranaense, Yungas) (Tabla 1), quedando sin representación las ecorregiones del Espinal y Delta e Islas del Paraná. Las regiones forestales con mayor número de parcelas son las Yungas, Chaco Seco y Bosques Andino-Patagónicos



**Figura 1.** Distribución de las parcelas permanentes incluidas en la RAPP en regiones forestales de Argentina. La capa de regiones forestales fue extraída de la web de Parques Nacionales. Las fotos pertenecen a: Genoveva Gatti (Selva Paranaense), Pablo Villagra (Monte de Llanuras y Mesetas), Renata Nicora Chequin (Chaco Húmedo), Dante Loto (Chaco Seco), Julieta Carilla (Bosques Andino-Patagónicos) y Sergio Javier Ceballos (Monte de Sierras y Bolsones y Yungas).

**Figure 1.** Distribution of permanent plots included in the RAPP by Argentinian forest region. The map of forest regions was downloaded from the web of National Parks. Photos belong to Genoveva Gatti (Selva Paranaense), Pablo Villagra (Monte de Llanuras y Mesetas), Renata Nicora Chequin (Chaco Húmedo), Dante Loto (Chaco Seco), Julieta Carilla (Bosques Andino-Patagónicos), and Sergio Javier Ceballos (Monte de Sierras y Bolsones y Yungas).

**Tabla 1.** Distribución geográfica por región forestal de las 317 parcelas permanentes incluidas en la RAPP. Se detallan las provincias con parcelas, el rango altitudinal (m s. n. m.) que ocupan en cada región, el número total de parcelas y el total de hectáreas, las especies dominantes encontradas en las parcelas, los objetivos de monitoreo y las instituciones responsables.

**Table 1.** Geographic distribution of the 317 permanent plots included in the RAPP, by forest region. We included information of the provinces with permanent plots, elevation range (m a. s. l.), number of permanent plots (ha), dominant tree species by forest region, forest monitoring goals and responsible institutions.

Región forestal	Provincias	Rango altitudinal (m s. n. m.)	Número de parcelas (ha)	Especies dominantes en las parcelas	Objetivos del monitoreo (número de parcelas)	Instituciones
BPA	Neuquén Río Negro Santa Cruz T. del Fuego	19-1040	64 (171)	<i>Nothofagus pumilio</i> <i>Nothofagus antarctica</i> <i>Nothofagus dombeyi</i> <i>Austrocedrus chilensis</i>	Manejo: 44 Ecología (dinámica, demografía, comunidades): 20	APN CONICET DGDF-TdF IANIGLA INTA IRNAD PNL-APN UNLP UNPA
CHH	Chaco Corrientes Santa Fe	58-75	18 (5.8)	<i>Myrcianthes cisplatensis</i> <i>Acacia praecox</i> <i>Achatocarpus praecox</i>	Ecología (dinámica, demografía): 18	CONICET IBONE-UNNE INTA IICAR-UNR
CHS	Chaco Formosa Jujuy Salta S. del Estero	134-688	76 (33.7)	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> <i>Schinopsis lorentzii</i> <i>Ziziphus mistol</i>	Ecología (dinámica, demografía): 76	IER-UNT UNJU INDES
MLLM	Mendoza	559-561	2 (2)	<i>Prosopis flexuosa</i>	Ecología (dinámica, demografía): 2	IANIGLA
MSB	San Juan	1252-1372	3 (1.5)	<i>Bulnesia retama</i> <i>Ramorinoa girolae</i>	Ecología (dinámica, demografía): 3	CIGEOBIO
SPA	Misiones	160-473	36 (35)	<i>Nectandra angustifolia</i> <i>Trichilia catigua</i> <i>Guarea kunthiana</i>	Manejo: 18 Ecología (dinámica, demografía): 9 Restauración: 9	FCF-UNaM FHF IBS (UNaM - CONICET) UBA
YUN	Jujuy Salta Tucumán	396-2304	118 (79.9)	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> <i>Podocarpus parlatorei</i> <i>Anadenanthera colubrina</i>	Ecología (dinámica, demografía): 118	CETAS-UNJU FPY IER (UNT-CONICET) UNJU

Siglas. Ecorregión: Bosques Patagónicos (BPA), Chaco Húmedo (CHH), Chaco Seco (CHS), Monte de Sierras y Bolsones (MSB), Monte de Llanuras y Mesetas (MLLM), Selva Paranaense (SPA), Yungas (YUN). Instituciones: APN (Administración de Parques Nacionales), CETAS-UNJU (Centro de Estudios Territoriales Ambientales y Sociales - Universidad Nacional de Jujuy), CIGEOBIO (Centro de Investigaciones de la Geósfera y Biósfera), CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), DGDF-TdF (Dirección General de Desarrollo Forestal - Tierra del Fuego), Dir. Rec. Forestales TDF (Dirección de Recursos Forestales Tierra del Fuego), FCF-UNaM (Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones), FHF (Fundación Huellas para un Futuro), FPY (Fundación ProYungas), IANIGLA (Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales), IBONE-UNNE (Instituto de Botánica del Nordeste - Universidad Nacional del Nordeste), IBS-UNaM (Instituto de Biología Subtropical - Universidad Nacional de Misiones), IER UNT-CONICET (Instituto de Ecología Regional - Universidad Nacional de Tucumán, CONICET), IICAR-UNR (Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario - Universidad Nacional de Rosario), INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), IRNAD (Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural), UBA (Universidad de Buenos Aires), UNJU (Universidad Nacional de Jujuy), UNLP (Universidad Nacional de La Plata), UNPA (Universidad Nacional de la Patagonia Austral), PNL-APN (Parque Nacional Lanín - Administración de Parques Nacionales), INDES (Instituto de Desarrollo Social).

(Figura 1, Tabla 1). Las regiones forestales con menor número de parcelas son el Monte de Sierras y Bolsones, y el Monte de Llanuras y Mesetas, con 3 y 2 parcelas, respectivamente,

lo que en parte refleja su menor superficie de bosques en comparación con las otras regiones (Figura 1). Debido a la amplia distribución latitudinal (22.02° - 54.89° S) y altitudinal (19 a

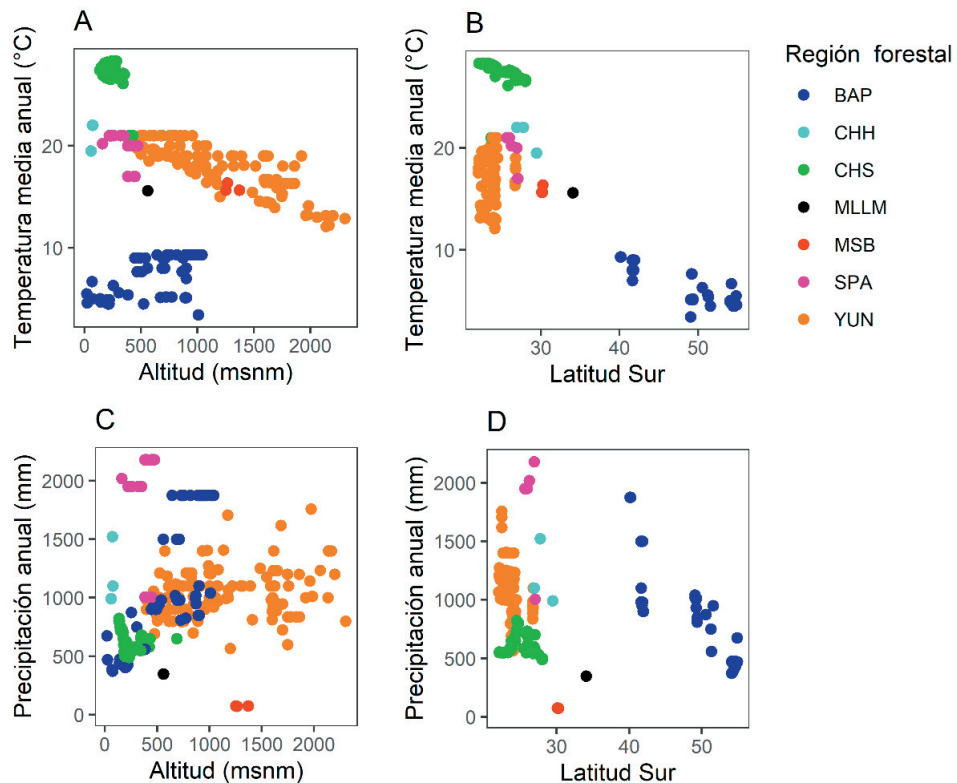
2304 m s. n. m.), las parcelas están establecidas en un amplio rango de temperaturas medias anuales (3.4-28.3 °C) y precipitaciones anuales (74.2 - 2020 mm/año) (Figura 2). Sin embargo, la mayoría de las parcelas están establecidas en bosques con temperaturas cálidas en latitudes menores a 30° S, y en bosques con temperaturas medias bajas en latitudes mayores a 40° S (Figura 2b).

Para evaluar la representatividad del monitoreo con parcelas permanentes, tanto el número total de parcelas como la suma del área de las parcelas fueron divididas en el área de bosques de cada región forestal. El área de bosques de cada región forestal se obtuvo del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2 2021). Los valores resultantes de las divisiones se multiplicaron por 1000 para representar cuántas parcelas y cuántas hectáreas hay en cada región forestal cada 1000 hectáreas de bosque. Las regiones forestales con mayor número de parcelas en relación al área total de bosques fueron

las Yungas (0.032 parcelas cada 1000 ha de bosque), la Selva Paranaense (0.023) y los Bosques Andino-Patagónicos (0.020) y las que tuvieron valores más bajos fueron el Chaco (0.003; incluyendo el Chaco Seco y Húmedo) y el Monte (0.006; incluyendo el Monte de Sierras y Bolsones y el Monte de Llanuras y Mesetas). Considerando que las parcelas varían en tamaño, las regiones forestales con mayor área de parcelas en relación al área de bosques fueron los Bosques Andino-Patagónicos (0.053 ha de parcelas cada 1000 ha de bosque), seguidos por la Selva Paranaense (0.023) y las Yungas (0.022); las que tuvieron valores más bajos fueron el Chaco (0.001) y el Monte (0.004).

### ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS

La primera parcela permanente en la Argentina se estableció en 1965 (Parcela Aguas Blancas en Tierra del Fuego de la red PEBANPA) (Martínez-Pastur et al. 2016), y transcurrieron 20 años hasta que se



**Figura 2.** Distribución altitudinal y latitudinal de las parcelas permanentes incluidas en la RAPP en relación con gradientes de temperatura media anual y precipitación anual. Regiones forestales: Bosques Andino-Patagónicos (BAP), Chaco Húmedo (CHH), Chaco Seco (CHS), Monte de Llanuras y Mesetas (MLLM), Monte de Sierras y Bolsones (MSB), Selva Paranaense (SPA) y Yungas (YUN).

**Figure 2.** Altitudinal and latitudinal distribution of permanent plots included in the RAPP in relation to gradients of mean annual temperature and annual precipitation. Forest regions: Bosques Andino-Patagónicos (BAP), Chaco Húmedo (CHH), Chaco Seco (CHS), Monte de Llanuras y Mesetas (MLLM), Monte de Sierras y Bolsones (MSB), Selva Paranaense (SPA), and Yungas (YUN).

establecieron de nuevas parcelas permanentes en el país (Figura 3A), sobre todo en los Bosques Andino-Patagónicos. A partir de la década de 1990 empezaron a establecerse parcelas permanentes en otras regiones forestales, con un promedio de 5.4 parcelas/año en el período 1990-1999, 12.5 parcelas/año en 2000-2009 y 13 parcelas/año en 2010-2019 (Figura 3A). Los mayores establecimientos ocurrieron en los años 2007 y 2019 (Figura 3A). Debido a la acumulación en el número de parcelas establecidas, el número de remediciones (i.e., censos periódicos realizados en las parcelas después de su establecimiento) exhibió una tendencia creciente en las últimas tres décadas (Figura 3B). La media de parcelas con remediciones creció desde 7 parcelas/año entre 1990-1999, 26 parcelas/año entre 2000-2009, a 41.4 parcelas/año entre 2010-2019 (Figura 3B).

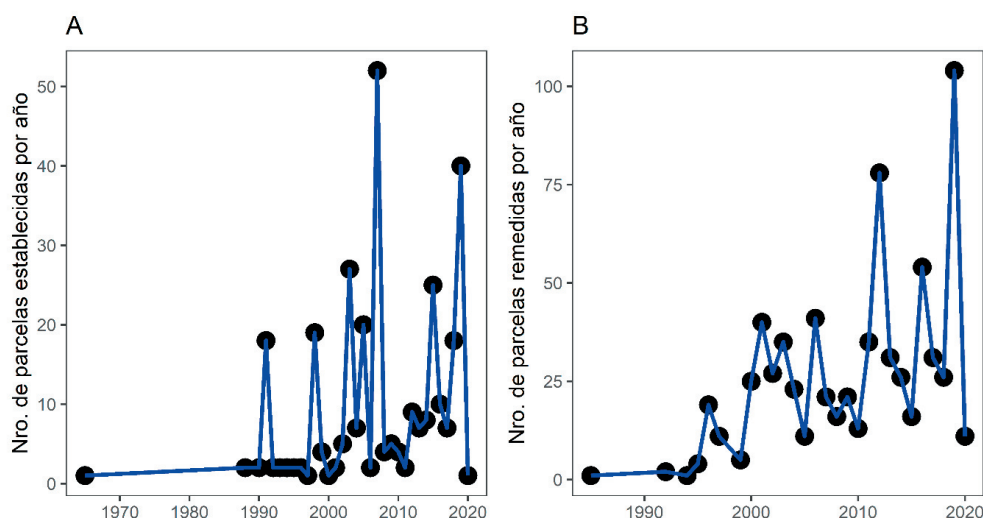
Las parcelas fueron establecidas para realizar estudios ecológicos de la dinámica, la demografía, la estructura, la diversidad, la composición y los efectos de los disturbios antrópicos en bosques nativos (78% de las parcelas), y evaluar diferentes tipos de manejo (e.g., cortas de regeneración, raleos, talas rasas, podas, extracción selectiva) (20% de las parcelas). Sólo 2% de las parcelas se estableció para evaluar la restauración ecológica. En los Bosques Andino-Patagónicos y en la Selva Paranaense, la mayoría de las parcelas se establecieron para monitorear los tipos de manejo, mientras que en las otras regiones, para monitorear en particular la dinámica y la demografía de los bosques (Tabla 1).

## CARACTERIZACIÓN METODOLÓGICA DE LAS PARCELAS

El tamaño de las parcelas varía desde 0.01 a 12 hectáreas. El 41% de las parcelas tiene entre 0.25 y 0.5 ha (Figura 4A), y un 29% tiene entre 0.5 y 1 ha, con predominio de formas rectangulares, circulares o cuadradas (Figura 4B). En general, se consideran para ser censados los árboles que miden  $\geq 10$  cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) (69% de las parcelas), aunque en varias parcelas se monitorean renovales con un DAP  $< 5$  cm (Figura 4C). El 60% de las parcelas fueron remedidas más de dos veces desde su instalación (Figura 4D). El tiempo medio entre remediciones es de 4.7 años, aunque varía desde remediciones anuales hasta un máximo de 29 años.

## DISTURBIOS PASADOS Y ACTUALES

El 69% de las parcelas permanentes se establecieron en bosques que en el pasado fueron disturbados principalmente por la tala selectiva y el uso ganadero (Figura 5). En el 59% de las parcelas, los disturbios continúan ocurriendo en el presente o de forma recurrente. Luego de la instalación de las parcelas se registró que la ganadería continúa siendo el principal disturbio, seguido por la tala selectiva (Figura 5). En especial, la ganadería es considerada una de las presiones de uso más importantes en las regiones forestales de la Argentina (Nanni et al. 2020), ya que genera cambios en la estructura, la composición y la dinámica de los bosques (Mazzini et al. 2018).

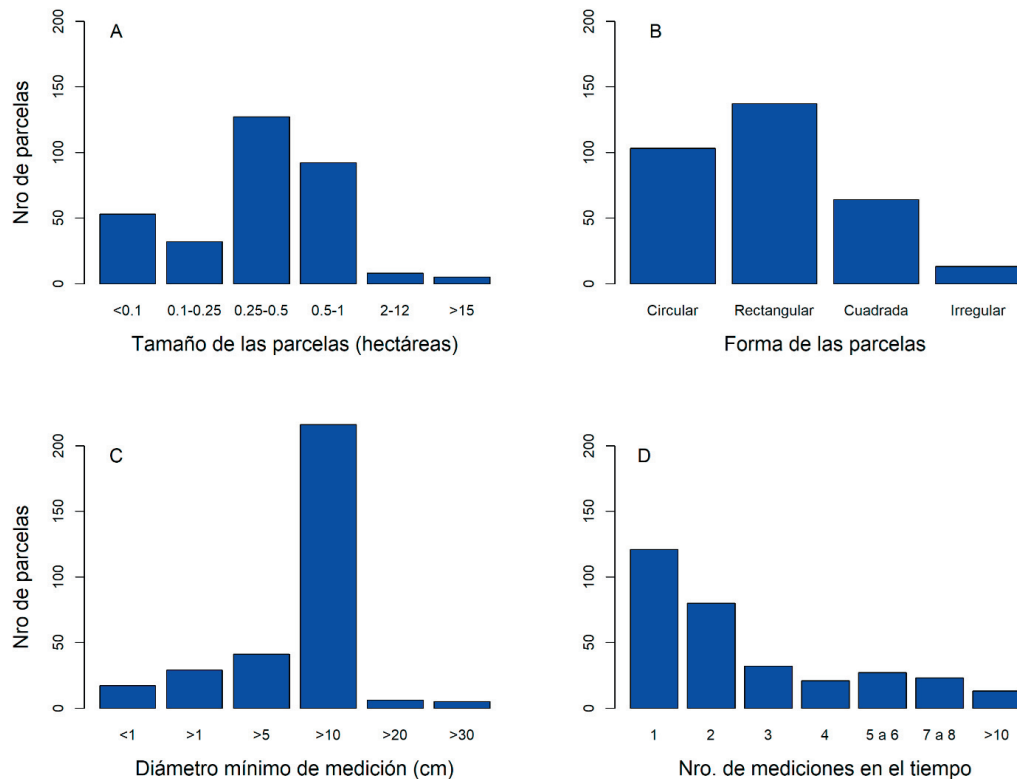


**Figura 3.** Número de parcelas permanentes establecidas (A) y remedidas (B) por año, incluidas en la RAPP.

**Figure 3.** Number of permanent plots established and re-measured each year, included in the RAPP.



RED ARGENTINA DE PARCELAS PERMANENTES DE BOSQUES NATIVOS



**Figura 4.** Número de parcelas permanentes incluidas en la RAPP según el tamaño de parcela (A), la forma de la parcela (B), el diámetro mínimo de medición de los árboles (C) y el número de mediciones realizadas (se considera también el establecimiento como una de las mediciones) (D).

**Figure 4.** Number of permanent plots included in the RAPP by: plot size (A), plot shape (B), minimum tree diameter (C), and number of censuses (plot establishment is considered as one of the censuses) (D).

Las diferentes presiones de uso sobre los bosques (Nanni et al. 2020) son aspectos claves para decidir dónde instalar una parcela permanente (Anderson-Teixeira et al. 2015). Es posible que con el objetivo de ‘garantizar’ la continuidad de los monitoreos en el tiempo, el 40% de las parcelas se estableció dentro de áreas protegidas, donde se reduce la probabilidad de vandalismo (e.g., daño o robo del material que delimita las parcelas e identifica a los árboles) y pérdida del bosque. El 60% restante se instaló en tierras privadas, fiscales o comunitarias cuyo uso o manejo no necesariamente garantiza la protección frente a disturbios antrópicos o el mantenimiento del bosque a largo plazo. Sin embargo, este aspecto no siempre representa un problema, en especial cuando el objetivo del monitoreo de una parcela es evaluar el impacto de los disturbios antrópicos.

**ESTRUCTURA Y RIQUEZA DE ESPECIES DE LAS PARCELAS**

Los bosques monitoreados con parcelas incluidas en la RAPP difieren en su estructura,

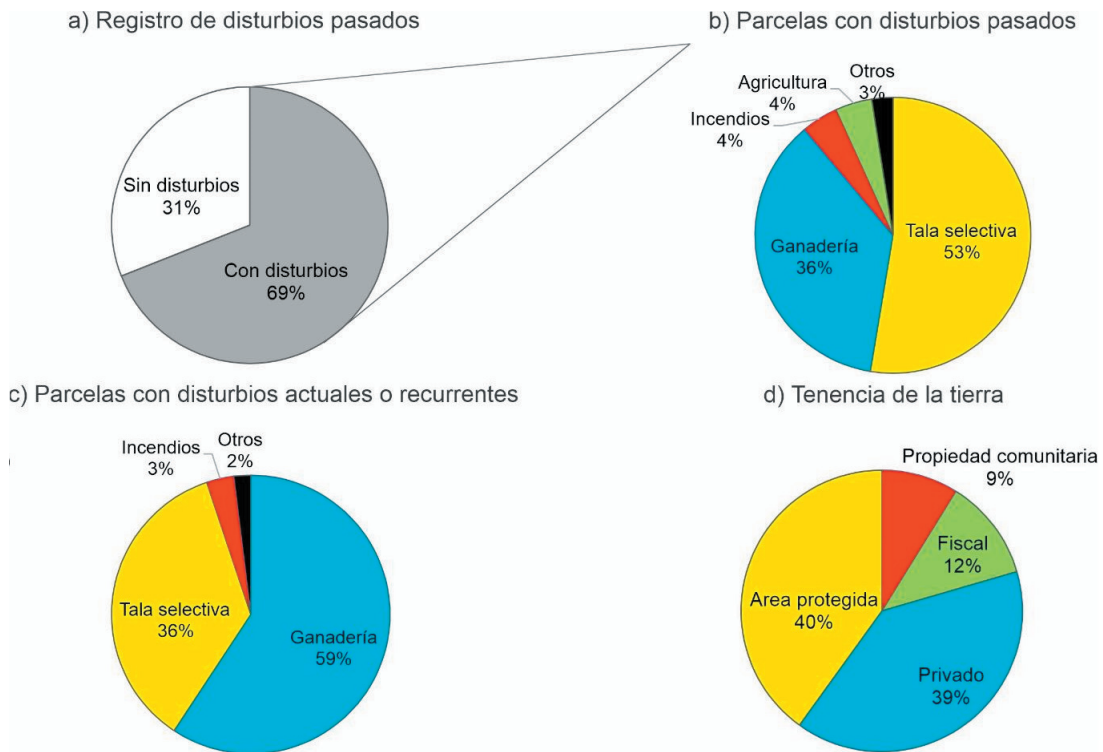
dependiendo de la región forestal y del modo de regeneración (i.e., secundarios vs. primarios). Las parcelas con mayor número de árboles por hectárea se encuentran en la Selva Paranaense, las Yungas y el Chaco Húmedo, tanto en bosques primarios como secundarios (Tabla 2). Sin embargo, las parcelas establecidas en bosques secundarios tienen en general mayor número de árboles que en bosques primarios (Tabla 2). Las parcelas con mayor área basal por hectárea se encuentran en los Bosques Andino-Patagónicos, seguidos de las Yungas, la Selva Paranaense y el Chaco Húmedo (Tabla 2). En comparación con el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos, las parcelas incluidas en la RAPP tienen en general menor número de árboles (con excepción de las Yungas) y mayor área basal (con excepción de los Bosques Andino-Patagónicos) (Tabla 2). Las diferencias probablemente se deben a sesgos en la distribución de las parcelas incluidas en la RAPP, que se encuentran sobre todo en bosques primarios y en áreas protegidas. En cambio, por su diseño sistemático, el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos incluye parcelas que cubren una mayor

**Tabla 2.** Estructura del bosque por región forestal en parcelas permanentes incluidas en la RAPP tanto en bosques primarios como secundarios y en parcelas del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2 2021). Los valores de número de árboles y área basal corresponden a la media de árboles con  $\geq 10$  cm de DAP por hectárea.

**Table 2.** Forest structure by forest regions in the permanent plots included in the RAPP (including primary and secondary forests) and in plots of the Second National Inventory of Native Forests (INBN2 2021). Number of trees and basal area correspond to the mean value per ha of trees with DBH  $\geq 10$  cm.

	Región forestal						
	BAP	CHH	CHS	MLLM	MSB	SPA	YUN
<b>Bosques primarios</b>							
N° parcelas (0.1 a 12 ha)	13	1	70		2	27	51
N° árboles (ha)	155±22	404	229±14		175±165	316±15	452±18
Área basal (ha)	33.3±3.2	21	8.3±0.3		26.7	23.5±1.2	27.1±11
<b>Bosques secundarios</b>							
N° parcelas (0.1 a 12 ha)		2	6	2		1	55
N° árboles (ha)		455±57	297±61	84±1		742	379±16
Área basal (ha)		21.5±7.3	14±1.9	6.35±0.5		22	21.7±1.5
<b>Segundo INBN</b>							
	BAP	P. Chaqueño*		Monte*		SPA	YUN
N° parcelas (0.1 ha)	230	2754		80		165	296
N° árboles (ha)	480±355	487±309		387±252		353±203	313±297
Área basal (ha)	39.5±23.1	9.2±6.4		4.8±3		17.4±9.4	16.7±14.8

(\*) En el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (2021): CHH y CHS conforman el Parque Chaqueño y MLLM y MSB conforman el Monte.



**Figura 5.** Ocurrencia de disturbios pasados (a, b), disturbios actuales o recurrentes (c) y tenencia de la tierra (d) de los bosques donde están establecidas las parcelas permanentes incluidas en la RAPP. Los registros de disturbios pasados (a) se encuentran segregados por tipo de disturbio (b).

**Figure 5.** Past disturbances (a, b), actual or recurrent disturbances (c), and land tenure (d) of the forests where permanent plots (included in the RAPP) were established. Past disturbances (a) are discriminated by disturbance type (b).

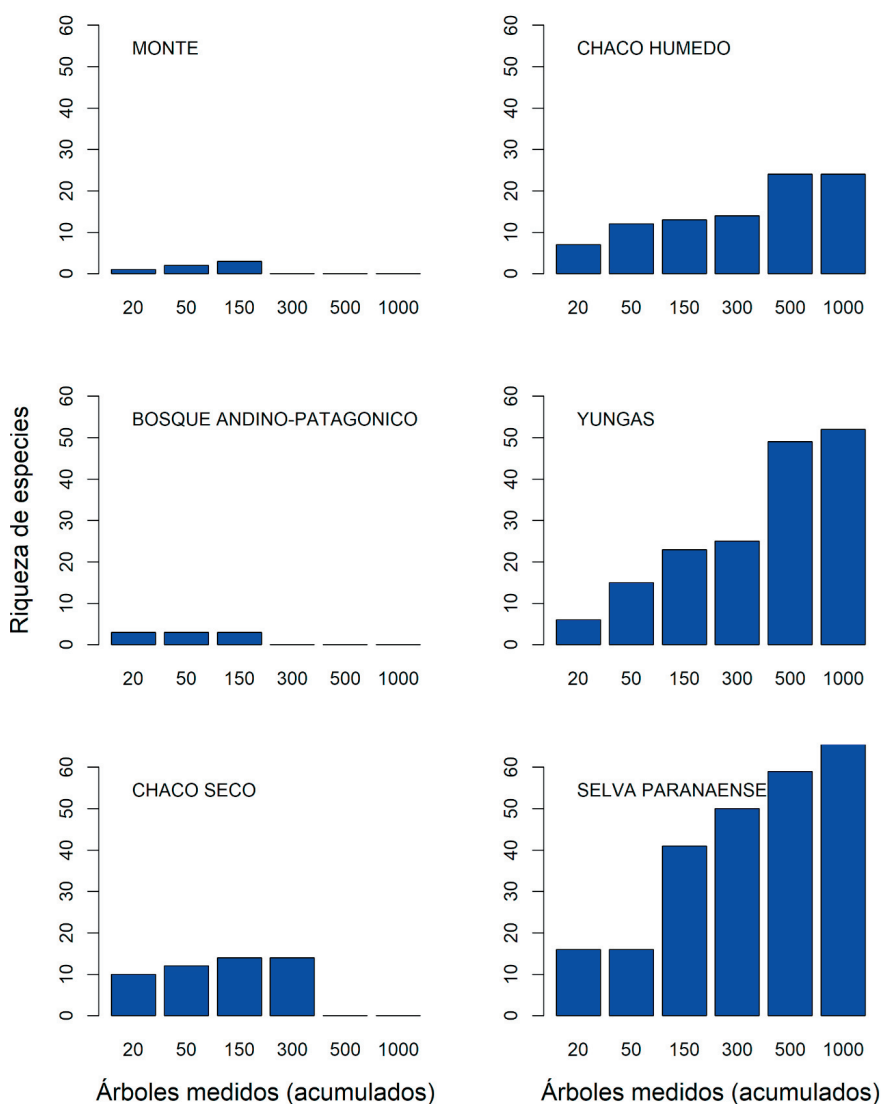
extensión de las ecorregiones, abarcando bosques tanto dentro como fuera de áreas protegidas.

Para describir la riqueza de especies arbóreas de las parcelas realizamos gráficos entre la riqueza y el número de árboles por ecorregión. Para esto dividimos las parcelas en base al número de árboles medidos, en categorías de densidad (desde 20 hasta 1000 individuos), considerando sólo aquellos con DAP  $\geq 10$  cm. Luego, para cada categoría seleccionamos la riqueza máxima registrada en una parcela para cada región forestal. Encontramos que la riqueza de especies es menor en los Bosques Andino-Patagónicos y en el Monte, mientras que las parcelas de la Selva Paranaense tienen la mayor riqueza, seguidas por las Yungas, el Chaco Húmedo y el Chaco Seco (Figura 6).

Estos patrones de riqueza siguen la tendencia de una curva de acumulación de especies (i.e., riqueza en función del incremento en el número de individuos muestreados), pero no representa una riqueza o diversidad verdadera porque para obtener los gráficos no se utilizaron abundancias relativas de las especies. Por ello, los patrones observados sólo sirven para describir la distribución de las parcelas con mayor riqueza, y no se deben utilizar con fines comparativos como una muestra de la diversidad real de las regiones forestales.

### ESPECIES Y UNIDADES DE VEGETACIÓN

Las parcelas permanentes incluidas en la RAPP monitorean poblaciones de las especies



**Figura 6.** Riqueza de especies máxima registrada por región forestal, en relación con el número de árboles muestreados en las parcelas permanentes incluidas en la RAPP.

**Figure 6.** Maximum species richness recorded by forest region, in relation to the number of surveyed trees in permanent plots included in the RAPP.

arbóreas más abundantes y representativas de las regiones forestales de la Argentina (Material Suplementario 2). *Helietta apiculata* es la única excepción porque, de acuerdo con el Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2 2021), es abundante en la Selva Paranaense y no en las parcelas incluidas en la RAPP porque las parcelas se encuentran mayormente en el norte y la especie es más común en el centro y el sur de esta región (Fontana 1996). Las parcelas incluidas en la RAPP monitorean nueve de las 15 unidades de vegetación boscosa de la Argentina (Material Suplementario 2) (Oyarzabal et al. 2018). Las unidades de vegetación boscosas que no son monitoreadas con parcelas permanentes son el bosque y humedal deltaico de la Selva Paranaense, el bosque de xerófitas con *Schinopsis marginata* del Chaco y cuatro unidades boscosas del Espinal (Oyarzabal et al. 2018). Además, algunas parcelas están establecidas en unidades de vegetación donde el bosque no es la formación dominante, como estepas y mosaicos con variedad de comunidades vegetales, en particular en las ecorregiones de Bosques Andino-Patagónicos y en el Monte (Material Suplementario 2).

### MUESTREOS Y MEDICIONES ADICIONALES

Aunque el censo de los árboles es el principal componente de medición dentro de las parcelas, también se incluyeron otros tipos de mediciones (Material Suplementario 3). En el 60% de las parcelas se tomaron datos adicionales de suelo (63 parcelas), sotobosque (35 parcelas), lianas (35 parcelas), renovales (23 parcelas), claros (19 parcelas), herbáceas (16 parcelas), topografía (15 parcelas), ganado (10 parcelas), epífitas (10 parcelas), herbivoría (9 parcelas), artrópodos (7 parcelas), palmeras (7 parcelas), hojarasca (6 parcelas), aves (2 parcelas), semillas (2 parcelas), mamíferos (1 parcela) y frutos (1 parcela). En la mayoría de los casos estos muestreos han sido puntuales (i.e., realizados una sola vez), y en pocos casos fueron realizados monitoreos permanentes (e.g., 2 parcelas permanentes de lianas en Yungas y 6 en la Selva Paranaense). Los muestreos fueron realizados a diferentes escalas temporales y espaciales, con distintas metodologías y en diferentes tipos de bosque, lo que dificulta su uso para hacer comparaciones entre regiones forestales. Sin embargo, sería interesante identificar variables que se podrían obtener de forma extensiva en las distintas parcelas incluidas en la RAPP para fomentar

las colaboraciones científicas. Incorporar relevamientos ambientales y biológicos en las parcelas (e.g., variables microclimáticas y edáficas, disturbios naturales y antrópicos, historia del sitio, interacciones interespecíficas) podría permitir una visión ecosistémica de la dinámica de los bosques nativos mediante el análisis de las interacciones entre sus distintos componentes.

### COMPLEMENTARIEDAD ENTRE LA RAPP Y LOS INVENTARIOS NACIONALES DE BOSQUES NATIVOS

Los inventarios nacionales de bosques nativos y la RAPP son dos sistemas de monitoreo de bosques a largo plazo que coexisten en la actualidad en la Argentina. Los inventarios nacionales, publicados en 2005 y 2021, tienen el objetivo de generar información de los bosques nativos de la Argentina (e.g., composición, conservación, atributos del bosque y de los individuos arbóreos registrados). La RAPP tiene el objetivo de fomentar la vinculación y las colaboraciones científicas entre los profesionales que monitorean parcelas permanentes en el país. Ambos sistemas de monitoreo se basan en parcelas permanentes para obtener información dasométrica de los bosques y, aunque presentan similitudes, son sistemas complementarios que se enfocan en objetivos distintos.

La metodología implementada para relevar información en el campo es una de las principales diferencias entre los inventarios nacionales y la RAPP. A grandes rasgos, el INBN2 se basa en un diseño sistemático de parcelas concéntricas y equidistantes cada 10 km, distribuidas sobre todo el territorio continental de la Argentina, donde coincide la distribución del bosque nativo al momento de realizar el inventario forestal (Manual de Campo del INBN2 2019) (Material Suplementario 4). Los resultados permiten obtener indicadores de los bosques nativos a escala regional y nacional, y comparar las distintas regiones forestales. La RAPP es más heterogénea que el INBN2 en relación con la metodología de monitoreo forestal debido a que las parcelas fueron establecidas con objetivos distintos y su distribución en el país es reducida en comparación con las parcelas de los inventarios nacionales por diferentes motivos (e.g., selección del sitio de monitoreo, disponibilidad de recursos, falta de centralización). Sin embargo, las parcelas de la RAPP concentran más información, ya



que contemplan distintos grupos biológicos y características ambientales.

Aunque existen diferencias y semejanzas, ambos sistemas tienen la meta de conocer el estado de los bosques nativos del país y de contribuir a la conservación de sus recursos naturales. Además, los dos sistemas tienen particularidades que destacan para conocer el estado y funcionamiento de los bosques nativos. Por ejemplo, los inventarios nacionales funcionan mejor para conocer la estructura, la riqueza y el estado de los bosques nativos del país a escala regional debido a su amplia extensión y estandarización metodológica. En comparación con los inventarios nacionales, la RAPP se destaca por su mayor extensión temporal, por el menor tiempo intercensal y, en general, por identificar todos los individuos arbóreos con etiquetas numeradas; por esto tiene más potencial para investigar la demografía de las especies arbóreas (i.e., mortalidad, crecimiento, reclutamiento).

Debido a las diferencias metodológicas entre los dos inventarios nacionales realizados hasta el momento y a que los individuos arbóreos fueron etiquetados por primera vez en la última edición del inventario, no se pudo obtener información demográfica de las especies. En este sentido, la RAPP cuenta con parcelas remedidas cuyos datos pueden promediarse por región para obtener tasas demográficas de las especies arbóreas. Esta información, que es de utilidad para el manejo de especies forestales, podría proveer una primera aproximación de la demografía de árboles en la Argentina siendo útil para el próximo Inventario Nacional de Bosques Nativos.

## PERSPECTIVAS FUTURAS

Si bien las parcelas incluidas en la RAPP tienen una amplia distribución en el territorio nacional, están concentradas sobre todo en el Subtrópico (Chaco Seco, Chaco Húmedo, Selva Paranaense y Yungas) y en los Bosques Andino-Patagónicos. Es posible que el establecimiento mayoritario de parcelas en estas regiones forestales haya ocurrido por la historia forestal de extracción de recursos y por el interés en la conservación de sus paisajes y su biodiversidad (Brown et al. 2006; Peri et al. 2016; Blundo et al. 2018). Otras regiones forestales muy transformadas (e.g., el Espinal) (Nanni et al. 2020), que cubren una amplia extensión del territorio nacional (e.g., el Monte) (Oyarzabal et al. 2018), tienen un

número bajo de parcelas representadas en la RAPP. Por ello, una de las perspectivas a futuro de la RAPP es incorporar parcelas permanentes que ya estén establecidas en esas regiones forestales o fomentar la instalación de nuevas parcelas, con el objetivo de incrementar la representación de los bosques que hasta el momento no están incluidos en la red. En particular, existen bosques en regiones donde predominan otras formaciones vegetales, como bosques de queñoa en el Altiplano del noroeste argentino (Cuyckens et al. 2016), y bosques secundarios en las Pampas (Fernandez et al. 2017; Oyarzabal et al. 2018; Apodaca and Guerrero 2019) donde podría incentivarse la instalación de parcelas. El establecimiento estaría motivado no sólo por ser áreas vacías de parcelas permanentes, sino por la información que se puede obtener; por ejemplo, para conocer dinámicas de bosques en situaciones ambientales extremas (por su altitud, clima) o aportar conocimiento para una posible restauración de áreas degradadas o invadidas.

Establecer nuevas parcelas representa un compromiso institucional a largo plazo debido a que tienen que ser monitoreadas periódicamente. Entre las limitantes más importantes para su establecimiento y monitoreo a largo plazo se encuentran las dificultades logísticas y económicas si no se cuenta con apoyo institucional o de agencias de financiamiento. Por ello, una de las perspectivas futuras de la RAPP es funcionar como un foro para evaluar cómo direccionar esfuerzos en el monitoreo de parcelas permanentes. Por ejemplo, dado que los recursos son limitantes, se fomenta el establecimiento de nuevas parcelas o se focaliza en mantener parcelas que funcionen como 'supersitios' (i.e., aquellas que ya cuentan con remediciones y con el compromiso local para su mantenimiento en el largo plazo) (Chave et al. 2019).

A futuro, además, se busca integrar la información generada a partir de las parcelas permanentes monitoreadas por los grupos de investigación. Una primera aproximación fue compilar metadatos, que resumen información general de las parcelas permanentes, en una única base de datos presentada en este artículo (Material Suplementario 1). Asimismo, cada parcela tiene información detallada —no publicada— con datos de la identificación y medición de cada uno de los árboles; esta información puede servir como insumo para colaboraciones científicas. La

variabilidad metodológica de las parcelas no necesariamente es una dificultad para realizar trabajos entre grupos de investigación, ya que en la mayoría de ellas se registran variables similares (e.g., la identificación de especies y abundancia) con las que se pueden obtener curvas de rarefacción o estimadores de diversidad para comparar entre regiones forestales, entre gradientes ambientales o entre formaciones (e.g., bosques primarios y secundarios).

### RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES

Debido a que uno de los objetivos de la RAPP es incentivar el monitoreo de parcelas permanentes, es apropiado brindar recomendaciones generales para su establecimiento. Si bien existen varios protocolos publicados para el establecimiento de parcelas permanentes (Malhi et al. 2002; Osinaga-Acosta et al. 2014; Manual de Campo del INBN2 2019), las recomendaciones de esta sección atienden principalmente a aspectos metodológicos compartidos por la mayoría de las parcelas incluidas en la RAPP, con el fin de facilitar comparaciones entre parcelas y colaboraciones entre grupos de investigación a futuro.

Antes de establecer una parcela de monitoreo permanente, se recomienda considerar los siguientes puntos. 1) Seleccionar el sitio donde será establecida la parcela teniendo en cuenta su viabilidad a largo plazo y considerar la logística para futuras remediciones (e.g., caminos de acceso). Debido a que las parcelas son establecidas para ser medidas cada cierto período, es recomendable seleccionar bosques que no sean vulnerables a la fragmentación o deforestación. De esta manera, disminuye la probabilidad de pérdida de individuos arbóreos entre mediciones sucesivas. 2) Considerar un diámetro mínimo de remediación de 10 cm o menos. Alrededor del 70% de las parcelas incluidas en la RAPP y otras redes de monitoreo internacionales consideran este diámetro mínimo para marcar y medir un árbol dentro de una parcela (Osinaga-Acosta et al. 2014; Phillips et al. 2016). 3) Establecer parcelas de 0.5 ha (o más grandes) debido a que parcelas más pequeñas pueden sobreestimar el área basal y subestimar la riqueza de especies de árboles cuando se extrapolan sus datos a escalas mayores (Malizia et al. 2020). 4) Subdividir

las parcelas en cuadrantes internos de 10x10 o 20x20 m, que son dimensiones estándar para dividir parcelas permanentes porque facilitan el trabajo de encontrar y medir los árboles en el campo y provee beneficios relacionados con el almacenamiento y análisis posterior de los datos (Osinaga-Acosta et al. 2014). 5) Remedir las parcelas permanentes como mínimo cada 5 años, teniendo en cuenta que la media de remediación de parcelas incluidas en la RAPP es de 4.7 años.

Es importante tener en cuenta que estas recomendaciones son generales y que puede haber otras consideraciones metodológicas al momento de establecer una parcela. Por ejemplo, una parcela puede establecerse en sitios vulnerables a la fragmentación, disturbados o en bosques protegidos teniendo en cuenta el objetivo de monitoreo. Otros aspectos como el diámetro mínimo de medición también pueden cambiar considerando la distribución de árboles en clases de tamaño (e.g., sería recomendable medir desde diámetros menores a 10 cm si en un bosque predominan las clases de tamaño bajas).

### CONCLUSIONES

Este artículo es el paso inicial en la creación de la Red Argentina de Parcelas Permanentes de Bosques Nativos (RAPP) y resume la información general (i.e., metadatos) de las 317 parcelas (328.9 ha) que hasta la fecha forman parte de la red. Además de nuclear las parcelas permanentes y describir su extensión geográfica y temática, el objetivo de la RAPP es fomentar las colaboraciones entre los profesionales que las monitorean, para responder preguntas de mayor potencia o alcance. A partir de la integración de los datos de las parcelas pueden contestarse preguntas sobre la dinámica de bosques a largo plazo (e.g., biomasa, recambio de especies), análisis integrado de variables que condicionan el funcionamiento de los bosques (e.g., variables edáficas, climáticas, uso del suelo), demografía de especies arbóreas a lo largo de gradientes ambientales, entre otras.

La RAPP nuclea a profesionales que trabajan en diversas áreas y parcelas distribuidas en siete de las nueve regiones forestales de la Argentina, por lo que tiene potencial de incorporar diferentes visiones y responder preguntas sobre la dinámica, manejo y conservación de los bosques nativos con un alcance regional o nacional. Aunque los

objetivos y metodología de monitoreo de las parcelas son diferentes entre los grupos, el desafío será encontrar posibilidades de interacción para analizar cómo cambian los bosques nativos a largo plazo en relación a diferentes factores (e.g., disturbios naturales, usos, manejos, cambio climático, tenencia de la tierra).

Además de fomentar colaboraciones, la meta es funcionar como red abierta para seguir incorporando grupos de trabajo que monitorean parcelas e incorporar nuevos datos, lo cual es fundamental para disminuir los sesgos e incrementar la representatividad de los bosques nativos en los datos disponibles; así se puede mejorar nuestra capacidad para analizar sus cambios a largo plazo y hacer aportes para su estudio, manejo y conservación.

Esperamos que este artículo sirva para poner en valor el aporte fundamental que hacen las parcelas permanentes para el conocimiento de la composición, estructura y dinámica de los bosques nativos a corto, mediano y largo plazo.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos a todas las personas, instituciones y fuentes de financiamiento que contribuyeron en el establecimiento y monitoreo de las parcelas permanentes a lo largo de los años; a la Red Argentina de Ciencia y Tecnología Forestal por haber provisto el medio de contacto entre los grupos de investigación y profesionales que monitorean parcelas en el país; y a los revisores y editores de *Ecología Austral* que contribuyeron a mejorar la calidad de este artículo.

## REFERENCIAS

- Aide, T. M., H. R. Grau, J. Graesser, M. J. Andrade-Núñez, E. Aráoz, A. P. Barros, M. Campos-Cerqueira, E. Chacon-Moreno, F. Cuesta, R. Espinoza, M. Peralvo, M. H. Polk, X. Rueda, A. Sánchez, K. R. Young, L. Zará, and K. S. Zimmerer. 2019. Woody vegetation dynamics in the tropical and subtropical Andes from 2001 to 2014: Satellite image interpretation and expert validation. *Global Change Biology* 25(6):2112-2126. <https://doi.org/10.1111/gcb.14618>.
- Aleixo, I., D. Norris, L. Hemerik, A. Barbosa, E. Prata, F. Costa, and L. Poorter. 2019. Amazonian rainforest tree mortality driven by climate and functional traits. *Nature Climate Change* 9(5):384-388. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0458-0>.
- Anderson-Teixeira, K. J., S. J. Davies, A. C. Bennett, E. B. González-Akre, et al. 2015. CTFs-Forest GEO: a worldwide network monitoring forests in an era of global change. *Global Change Biology* 21(2):528-549. <https://doi.org/10.1111/gcb.12712>.
- Apodaca, M. J., and E. L. Guerrero. 2019. ¿Por qué se expande hacia el sur la distribución geográfica de *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae)? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 54(2):255-261. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n2.24371>.
- Arturi, M. F., H. R. Grau, P. G. Aceñolaza, and A. D. Brown. 1998. Estructura y sucesión en bosques montanos del Noroeste de Argentina. *Revista de Biología Tropical* 46(3):525-532. <https://doi.org/10.15517/rbt.v46i3.19721>.
- Barros, V. R., J. A. Boninsegna, I. A. Camilloni, M. Chidiak, G. O. Magrín, and M. Rusticucci. 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *WIREs Climate Change* 6:151-169. <https://doi.org/10.1002/wcc.316>.
- Blundo, C. M., N. I. Gasparri, A. Malizia, M. Clark, M. G. Gatti, P. I. Campanello, H. R. Grau, L. Paolini, L. R. Malizia, S. E. Chediack, P. MacDonagh, and G. Goldstein. 2018. Relationships among phenology, climate and biomass across subtropical forests in Argentina. *Journal of Tropical Ecology* 34:93-107. <https://doi.org/10.1017/S026646741800010X>.
- Brandt, J. S., and R. C. Buckley. 2018. A global systematic review of empirical evidence of ecotourism impacts on forests in biodiversity hotspots. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 32:112-118. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.04.004>.
- Brown, A., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi, and J. Corcuera. 2006. *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- Burkart, R., N. O. Bárbaro, R. O. Sánchez, and D. A. Gómez. 1999. *Eco-regiones de la Argentina*. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, Argentina.
- Campanello, P. I., M. Villagra, J. F. Garibaldi, L. J. Ritter, J. J. Araujo, and G. Goldstein. 2012. Liana abundance, tree crown infestation, and tree regeneration ten years after liana cutting in a subtropical forest. *Forest Ecology and Management* 284:213-221. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.043>.
- Carilla, J., and R. Grau. 2011. Tendencias sucesionales de los bosques montanos subtropicales del noroeste argentino. *Bosque* 32(2):97-111. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000200001>.
- Carilla, J., A. Malizia, C. Blundo, S. Ceballos, O. Osinaga Acosta, R. Fernández, R. Grau, M. G. Gatti, G. Martínez Pastur, D. Loto, P. Villagra, and P. Campanello. 2019. Sistemas de monitoreo a largo plazo, una deuda para la conservación y manejo de los bosques nativos. *Argentina Forestal*. URL: [tinyurl.com/bdd3jcrz](http://tinyurl.com/bdd3jcrz).
- Chave, J., S. J. Davies, O. L. Phillips, S. L. Lewis, P. Sist, D. Schepaschenko, J. Armston, T. R. Baker, D. Coomes, M. Disney, L. Duncanson, B. Hérault, N. Labrière, V. Meyer, M. Réjou-Méchain, K. Scipal, and S. Saatchi. 2019. Ground data are essential for biomass remote sensing missions. *Surveys in Geophysics* 40(4):863-880. <https://doi.org/10.1007/s10712-019-09528-w>.

- Chazdon, R. L. 2014. Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation. University of Chicago Press, Chicago, Estados Unidos. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226118109.001.0001>.
- Cuyckens, G. A. E., D. A. Christie, A. I. Domic, L. R. Malizia, and D. Renison. 2016. Climate change and the distribution and conservation of the world's highest elevation woodlands in the South American Altiplano. *Global and Planetary Change* 137:79-87. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.12.010>.
- Di Bitetti, M. S., A. Paviolo, C. Ferrari, C. de Angelo, and Y. Di Blanco. 2008. Differential responses to hunting in two sympatric species of brocket deer (*Mazama americana* and *Mazama nana*). *Biotropica* 40(5):636-45. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00413.x>.
- FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Roma, Italia. <http://doi.org/10.4060/ca9825en>.
- Feeley, K. J., S. J. Davies, R. Pérez, S. P. Hubbell, and R. B. Foster. 2011. Directional changes in the species composition of a tropical forest. *Ecology* 92(4):871-882. <https://doi.org/10.1890/10-0724.1>.
- Fernández, R. D., S. J. Ceballos, A. Malizia, and R. Aragón. 2017. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: a review of its invasion. *Australian Journal of Botany* 65(3):203-213. <https://doi.org/10.1071/BT16147>.
- Ferrero, M. E., and R. Villalba. 2019. Interannual and long-term precipitation variability along the subtropical mountains and adjacent Chaco (22-29° S) in Argentina. *Frontiers in Earth Science* 7:148. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00148>.
- Fontana, J. L. 1996. Los pajonales mesófilos seminaturales de Misiones. *Phytocoenologia* 26(2):179-271. <https://doi.org/10.1127/phyto/26/1996/179>.
- Garreaud, R., P. López, M. Minvielle, and M. Rojas. 2013. Large-scale control on the Patagonian climate. *Journal of Climate* 26(1):215-230. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00001.1>.
- Grau, H. R., M. F. Arturi, A. D. Brown, and P. G. Aceñolaza. 1997. Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinean subtropical montane forests. *Forest Ecology and Management* 95(2): 161-171. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00010-8).
- Greenpeace. 2020. Deforestación en el Norte de Argentina. Informe Anual 2019. Greenpeace, Buenos Aires, Argentina.
- Gutiérrez Angonese, J., and H. R. Grau. 2014. Assessment of swaps and persistence in land cover changes in a subtropical periurban region, NW Argentina. *Landscape and urban Planning* 127:83-93. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.021>.
- INBN2. 2021. URL: [tinyurl.com/2p9hhn3u](https://tinyurl.com/2p9hhn3u).
- Lewis, S. L., O. L. Phillips, T. R. Baker, J. Lloyd, Y. Malhi, S. Almeida, N. Higuchi, W. F. Laurence, D. A. Neill, J. N. M. Silva, J. Terborgh, A. Torres Lezama, R. Vázquez Martínez, S. Brown, J. Chave, C. Kuebler, P. Núñez Vargas, and B. Vinceti. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 359(1443):421-436. <https://doi.org/10.1098/rstb.2003.1431>.
- Magrin, G. O., J. A. Marengo, J. P. Boulanger, M. S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, et al. 2014. Central and South America. Pp. 1499-1566 *en* Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge, UK; New York, NY: Cambridge University Press).
- Malhi, Y., O. L. Phillips, J. Lloyd, T. Baker, J. Wright, S. Almeida, L. Arroyo, T. Frederiksen, J. Grace, N. Higuchi, T. Killeen, W. F. Laurance, C. Leão, S. Lewis, P. Meir, A. Monteagudo, D. Neill, P. Núñez Vargas, S. N. Panfil, S. Patiño, N. Pitman, C. A. Quesada, A. Rudas-LI., R. Salomão, S. Saleska, N. Silva, M. Silveira, W. G. Sombroek, R. Valencia, R. Vásquez Martínez, I. C. G. Vieira, and B. Vinceti. 2002. An international network to monitor the structure, composition and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). *Journal of Vegetation Science* 13(3):439-450. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02068.x>.
- Malizia, A., T. A. Easdale, and H. R. Grau. 2013. Rapid structural and compositional change in an old-growth subtropical forest: Using plant traits to identify probable drivers. *PLoS ONE* 8(9):e73546. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073546>.
- Malizia, A., O. Osinaga-Acosta, P. A. Powell, and R. Aragón. 2017. Invasion of *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in subtropical secondary forests of NW Argentina: declining growth rates of abundant native tree species. *Journal of Vegetation Science* 28(6):1240-1249. <https://doi.org/10.1111/jvs.12572>.
- Martínez Pastur, G., P. L. Peri, M. V. Lencinas, R. M. Soler Esteban, H. A. Bahamonde, A. Valenzuela, J. L. Cabello, and C. B. Anderson. 2016. Investigación socio-ecológica a largo plazo en la Patagonia Austral: Estrategias interdisciplinarias para lograr la conservación de los recursos naturales a través de un manejo sustentable bajo escenarios de cambio global. *Ecosistemas* 25(1):49-57. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.06>.
- Masiokas, M. H., R. Villalba, B. H. Luckman, M. E. Lascano, S. Delgado, and P. Stepanek. 2008. 20th-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. *Global and Planetary Change* 60(1-2):85-100. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.07.031>.
- Mazzini, F., M. A. Relva, and L. R. Malizia. 2018. Impacts of domestic cattle on forest and woody ecosystems in southern South America. *Plant Ecology* 219(8):913-925. <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0846-y>.
- Mónaco, M. H., P. L. Peri, F. A. Medina, H. P. Colomb, V. A. Rosales, F. Beron, E. Manghi, M. L. Miño, J. Bono, J. R. Silva, J. J. González Kehler, L. Ciuffoli, F. Presta, A. García Collazo, M. Navall, C. Carranza, D. López, and G. G. Campero. 2019. Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Buenos Aires, Argentina.
- Montti, L., P. I. Campanello, and G. Goldstein. 2011. Flowering, die-back and recovery of a semelparous woody bamboo



RED ARGENTINA DE PARCELAS PERMANENTES DE BOSQUES NATIVOS

- in the Atlantic Forest. *Acta Oecologica* 37:361-368. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.04.004>.
- Mutarelli, E., and E. Orfila. 1969. Los bosques de Tierra del Fuego y los primeros ensayos de tratamientos para su regeneración, conducción y organización. *Revista Forestal Argentina* 13(4):125-137.
- Nanni, A. S., M. Piquer Rodríguez, D. Rodríguez, M. Nuñez Regueiro, M. E. Periago, et al. 2020. Presiones sobre la conservación asociadas al uso de la tierra en las ecorregiones terrestres de la Argentina. *Ecología Austral* 30(2):304-320. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.2.0.1056>.
- Oyarzabal, M., J. Clavijo, L. Oakley, F. Biganzoli, P. Tognetti, I. Barberis, H. M. Maturo, R. Aragón, P. I. Campanello, D. Prado, M. Oesterheld, and R. J. C. León. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral* 28(1): 40-63. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399>.
- Paviolo, A. 2010. Densidad de yaguararé (*Panthera onca*) en la Selva Paranaense: su relación con la abundancia de presas, presión de caza y coexistencia con el puma (*Puma concolor*). Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Peri, P. L., M. V. Lencinas, J. Bousson, R. Lasagno, R. Soler, H. Bahamonde, and G. Martínez Pastur. 2016. Biodiversity and ecological long-term plots in Southern Patagonia to support sustainable land management: The case of PEBANPA network. *Journal for Nature Conservation* 34:51-64. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.09.003>.
- Phillips, O. T. Baker, and R. Brienen. 2016. RAINFOR Manual de campo para el establecimiento y la remediación de parcelas. URL: [tinyurl.com/2p8naup9](http://tinyurl.com/2p8naup9).
- Roig, F. A., E. Martínez Carretero, and E. Méndez. 1996. Mapa de Vegetación de la Provincia de Mendoza. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas - CRICYT, Mendoza, Argentina.
- Manual de Campo del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos. 2019. Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, Argentina.
- Schepaschenko, D., J. Chave, O. L. Phillips, S. L. Lewis, S. J. Davies, M. Réjou-Méchain, et al. 2019. The Forest Observation System, building a global reference dataset for remote sensing of forest biomass. *Scientific Data* 6:198. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0196-1>.
- Sullivan, J. P., S. L. Lewis, K. Affum-Baffoe, C. Castilho, F. Costa, et al. 2020. Long-term thermal sensitivity of Earth's tropical forests. *Science* 368(6493):869-874. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7578>.
- Zaninovich, S. C., and M. G. Gatti. 2020. Carbon stock densities of semi-deciduous Atlantic forest and pine plantations in Argentina. *Science of the Total Environment* 747:141085. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141085>.
- Zaninovich, S. C., L. F. Montti, M. F. Álvarez, and M. G. Gatti. 2017. Replacing trees by bamboos: Changes from canopy to soil organic carbon storage. *Forest Ecology and Management* 400:208-217. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.047>.