

USO SOSTENIBLE DEL BOSQUE

Aportes desde la Silvicultura Argentina

argentina.gob.ar

Argentina **unida**



USO SOSTENIBLE DEL BOSQUE

Aportes desde la Silvicultura Argentina

2021

Editores

Pablo L. Peri
Guillermo Martínez Pastur
Tomás Schlichter

Diseño

Carla Rubietti

Fotografías

Emilio White, Hector Gonda y autores de cada capítulo

Peri, Pablo Luis
Uso sostenible del bosque: Aportes desde la Silvicultura Argentina / Pablo Luis Peri ; Guillermo Martínez Pastur ; Tomás Schlichter. - 1ª edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2021.
889 p.; 28 x 20 cm.

ISBN 978-987-46815-4-6

1. Bosques Nativos. 2. Silvicultura. 3. Desarrollo Sustentable.
CDD 577.30982

Autoridades

Presidente de la Nación
Dr. Alberto Fernández

Jefe de Gabinete
Lic. Santiago Cafiero

Ministerio de Ambiente y
Desarrollo Sostenible de la Nación
Lic. Juan Cabandié

Titular de la Unidad
de Gabinete de Asesores
Lic. María Soledad Cantero

Secretaría de Política Ambiental
en Recursos Naturales
Dra. Florencia M. Gloria Gómez

Dirección Nacional de Bosques
Ing. Ftal. Martín Mónaco

Programa Nacional de Protección
de los Bosques Nativos
Ing. Ftal. Ariel Medina

Prólogo

*Por Juan Cabandié,
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.*

El siglo XXI tiene que ser el siglo de la sostenibilidad. El desarrollo económico ya no puede realizarse a costa del ambiente. Necesitamos consolidar un modelo de desarrollo sostenible que armonice el desarrollo económico, la justicia social y el cuidado del ambiente. Es necesario enfrentar grandes desafíos ambientales: la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación ambiental.

La humanidad debe enfrentar estos grandes desafíos y para resolverlos debemos actuar bajo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas. Todos tenemos que hacer nuestro aporte para cuidar el planeta, pero los mayores esfuerzos deben recaer en las naciones desarrolladas, aquellas que avanzan en la industrialización y el desarrollo sin proteger el ambiente de manera adecuada. No debemos perder de vista que nuestro país es un acreedor ambiental y que, por lo tanto, en la búsqueda de soluciones para todo el planeta deben contemplarse los aportes que venimos realizando a través del cuidado de nuestros ecosistemas y bienes naturales.

En el marco de esta estrategia general el cuidado de los sistemas biológicos, como es el caso de los bosques nativos, es fundamental. Los bosques nativos brindan una gran variedad de servicios ecosistémicos como alimentos, agua, madera, regulación del clima a través de la fijación de gases de efecto invernadero, control de la erosión de suelos, actividades recreativas, belleza de paisajes, entre otros.

Nuestra gestión ha definido al cuidado y conservación de los bosques nativos como una prioridad y una política de Estado. Hemos fortalecido la política con más presupuesto nacional, reactivamos la ejecución de los programas con financiamiento externo (como el Proyecto Bosques Nativos y Comunidad) y conseguimos una donación histórica de 82 millones de dólares del Fondo Verde para el Clima. Además, hemos reforzado institucionalmente el sector

con mejoras en el Sistema de Alerta Temprana de Deforestación y en el Servicio Nacional de Manejo del Fuego. En este punto es importante que sigamos fortaleciendo la política para el sector con una modificación de la ley de bosques que impida los desmontes y tipifique como delito ambiental a la deforestación.

Este libro sobre silvicultura es un aporte más a la estrategia que estamos desarrollando. El libro recoge todos los saberes de la silvicultura argentina, herramienta fundamental para las buenas prácticas de aprovechamiento sin comprometer el futuro de nuestros bosques nativos. El mismo está destinado tanto a las autoridades de aplicación de la ley de bosques y los sectores académicos y de la ciencia, tecnología e innovación forestal; como a los productores forestales primarios y productores foresto industriales.

En esta obra presentamos los análisis del uso forestal histórico hasta la actualidad, la situación resultante del estado del bosque nativo y las propuestas silviculturales para que, en función de todo ello, proponer alternativas superadoras para tender a modelos de gestión sostenibles. También se presentan aspectos relacionados al cambio climático y a las estrategias silvícolas, incluyendo un análisis inédito sobre la productividad primaria neta de los bosques a nivel país y las tendencias climáticas (precipitación y temperatura) de los últimos 15 años. Se pone en conocimiento, en particular, un análisis del impacto potencial esperado frente al cambio climático y los eventos extremos en las estrategias de manejo y conservación de los bosques nativos.

A partir del conocimiento existente y de las tecnologías disponibles se busca promover modelos de equilibrio entre la producción y la protección que articule desarrollo y conservación. La información presentada debe servir como guía para la toma de decisiones en la gestión de los bosques de las provincias, la formación académica y para orientar la investigación forestal en el país, identificando los principales vacíos de conocimiento para cada tipo forestal y tipo de uso.

Como decía al inicio del prólogo, el siglo XXI tiene que ser el siglo de la sostenibilidad. El tiempo de actuar es ahora. Es momento de accionar con planes e iniciativas concretas y contundentes para cuidar nuestro planeta.

Indice

Capítulo 1	21
Introducción y enfoque del manejo de los Bosques Nativos	
1.1 Introducción	23
1.2 Manejo sostenible y enfoque de uso múltiple de los bosques nativos	26
1.3 Sistemas complejos y escala espacial del manejo silvícola	31
1.4 Base conceptual de la silvicultura: Ecosistemas noveles, estados y transiciones	35
1.5 Organización del libro	00
Cuadro 1	
Agregado de valor a los productos del bosque nativo: El caso de "Leña en Blanco"	001
Bibliografía	45
<hr/>	
Capítulo 2	49
Breve descripción de las regiones forestales de la Argentina	
2.1 Introducción	53
2.2 Región de la Selva Misionera	53
2.3 Región de la Selva Tucumano-Boliviana	55
2.4. Región del Monte	58
2.5 Región del Espinal	61
2.6 Región del Parque Chaqueño	66
2.7 Región de los Bosques Andino-Patagónicos	69
2.8 Consideraciones finales	73
Bibliografía	74
<hr/>	

Capítulo 3

Las regiones forestales de Argentina en el contexto de zonas de vida de Holdridge

79

3.1 Introducción	83
3.2 Metodología	88
3.3 Resultado	88
3.4 Limitaciones	100
3.5 Conclusiones	101

Anexos

S1: Extensión de las regiones forestales establecidas por la UMSEF, Bosque Andino Patagónico (BAP), Selva Misionera (SM), Selva Tucumano Boliviana (STB), Parque Chaqueño, (PC), Espinal (Es), Monter (M), Delta e Islas del Río Paraná (Del RP).	102
S2: Extensión de las fajas altitudinales en las regiones forestales de Argentina (km ²).	102
S3: Extensión de las provincias de humedad en las regiones forestales de Argentina (km ²).	103
S4: Extensión de las zonas de vida en las regiones forestales de Argentina (km ²).	104

Cuadro 1

Información adicional acerca del mapeo de zonas de vida para Argentina	108
--	-----

Cuadro 2

Región forestal del Delta e Islas del río Paraná	109
--	-----

Bibliografía	111
--------------	-----

Capítulo 4

Historia y situación actual del uso del bosque nativo y principales técnicas silvícolas

113

4.1 Historia del uso del bosque nativo	117
4.2 Lineamientos político-legales-institucionales a través de la historia	133
4.3 Descripción de las principales técnicas, prácticas o tratamientos silvícolas	144
4.3.1 Método de reproducción: Cosecha y regeneración	148
4.3.2 Cortas intermedias	151
4.3.3 Regeneración artificial	154
4.3.4 Operaciones silvícolas para la gestión forestal de uso múltiple y silvicultura a escala de paisaje	155

Cuadro 1

Publicaciones pioneras	157
------------------------	-----

Cuadro 2

La producción industrial de soja en Argentina, la pérdida de bosques y las consecuencias socio ambientales	159
--	-----

Bibliografía	163
--------------	-----

Capítulo 5

Beneficios e impactos de la promulgación de la ley n° 26.331, y factores de cambio que influyen sobre su implementación

169

5.1 Introducción	173
5.2 La Ley n° 26.331	174
5.3 Significados de los ordenamientos territoriales de los bosques nativos (OTBN)	177
5.4 Cambios en la cobertura forestal de la Argentina en el marco de la implementación de la ley n° 26.331	180
5.5 Inversiones realizadas para el manejo y la conservación de los recursos forestales nativos	197
5.6 Sinergias y conflictos de las actividades productivas que influyen en la persistencia de los bosques nativos	202
5.7 Conclusiones	210

Cuadro 1

¿Se puede considerar que ha fracasado la Ley de Bosques Nativos en la ecorregión Chaco Seco?	212
--	-----

Bibliografía	215
--------------	-----

Capítulo 6

Selva en Misiones

219

6.1 Descripción de la vegetación y relaciones fitogeográficas	223
6.2 Cambios estacionales de la vegetación, aspectos ecológicos y propiedades de la madera relacionadas con el crecimiento y mortalidad de árboles	227
6.3 Aspectos socioeconómicos y políticos del uso y deforestación de los bosques de Misiones	230

6.4. Ordenación forestal y normativa relacionada	233
6.5. Dinámica y funcionamiento del bosque	235
6.5.1 Formación de claros y respuesta de las plantas	235
6.5.2 Interacciones planta-animal y efecto de la defaunación en la estructura del bosque	237
6.6. Manejo silvícola en las selvas de Misiones	239
6.6.1 Extracción selectiva: impactos en la estructura del bosque	239
6.6.2 Manejo poscosecha de lianas y bambúes	249
6.6.3 Enriquecimiento con árboles	251
6.6.4 Plantación de especies nativas: el caso de <i>Araucaria angustifolia</i> .	255
6.6.4.1 Implantación de <i>Araucaria angustifolia</i>	255
6.6.4.2 Factores que inciden en el crecimiento	256
6.6.4.3 Silvicultura de conducción: estudios de crecimiento y producción	257
6.7 Sistemas agroforestales con yerba mate	261
6.8 Ganadería bajo monte y parquizados con uso ganadero	263
6.9. Limitaciones de la silvicultura actual y nuevos paradigmas en la gestión y manejo de bosques del noreste argentino	265
6.9.1 Sostenibilidad del aprovechamiento maderero del bosque	265
6.9.2 Provisión de bienes y servicios y conservación de la biodiversidad como desafíos de la gestión de bosques y el manejo silvícola	268
6.10. Perspectiva del manejo silvícola: presente y futuro	270
6.10.1 Servicios ecosistémicos y su relación con la expansión de la foresto industria y otras tendencias en el uso de la tierra en Misiones	270
6.10.2 Manejo de plantaciones de <i>Araucaria angustifolia</i>	274
6.10.2.1 Conformación de rodales mixtos y sus ventajas	274
6.10.2.2 Silvicultura de rodales mixtos en Misiones: ¿es posible la conversión de plantaciones puras en rodales mixtos mediante regeneración natural?	275
6.10.2.3 Cortas en agregados como alternativa a la tala rasa	277
6.10.3 Liberación de árboles de futura cosecha	278
6.10.3.1 Aspectos ecológicos importantes para el manejo de la regeneración	278
6.10.3.2 Técnicas para la corta de liberación	280
6.10.4. Manejo silvícola en sistemas rurales	283
6.10.5 Restauración de bosques	287
6.11. Conclusiones	292
Cuadro 1	
Bambúes leñosos de la Selva Misionera	295
Cuadro 2	
Bosques subtropicales y fluviales de Corrientes	298

Cuadro 3	
Defaunación, sus causas y sus efectos en la estructura y funcionamiento de la Selva Misionera	331
Cuadro 4	
Biología reproductiva, conservación y mejoramiento de <i>Araucaria angustifolia</i> en Argentina	323
Cuadro 5	
Yerba mate. Breve reseña de su uso e investigaciones realizadas en la EEA Cerro Azul.	326
Cuadro 6	
Con la mirada hacia el suelo: El efecto del reemplazo del bosque nativo y las prácticas de manejo de pinares en Misiones	329
Cuadro 7	
Frutales silvestres manejados en Jardines del Periurbano de Puerto Iguazú.	332
Cuadro 8	
Recuperando los árboles nativos sobre las riberas de los arroyos en la selva Misionera	335
Cuadro 9	
Experiencia de recuperación de bosques de protección de cursos de agua en los arroyos Pomar y Tabay, Misiones.	338
Bibliografía	341

Capítulo 7 219

Yungas

7.1 Descripción general	373
7.2 Descripción de la composición de árboles y otros componentes de la biodiversidad	377
7.3 Estado de conservación	384
7.4 Silvicultura tradicional	386
7.5 Impactos del aprovechamiento forestal tradicional	394
7.6 La ganadería a monte y su impacto sobre las Yungas	398
7.7 Provisión de productos forestales no madereros	400
7.8 Alternativas silvícolas a las prácticas forestales tradicionales	401
7.9 Aspectos genéticos a considerar en las nuevas prácticas silvícolas	411
7.10 La dinámica de disturbios como ejemplo a emular en las prácticas silvícolas	412
7.11 Propuestas para el desarrollo de nuevos modelos silvícolas	415
7.12 Vacíos de información y desafíos futuros para las Yungas	422

Cuadro 1	
Costos operativos del aprovechamiento forestal	425
Cuadro 2	
Abejas melíferas y productos forestales no madereros	427
Cuadro 3	
Identificación de zonas híbridas que afectan la comercialización de especies maderables	429
Cuadro 4	
Sitios de referencia en la selva pedemontana	430
Cuadro 5	
Paisajes Productivos Protegidos (PPP) y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)	431
Bibliografía	432

Capítulo 8 443

Bosques de la región del Monte

8.1. Grandes unidades de paisaje y principales tipos forestales	447
8.1.1 Caracterización ambiental y biogeográfica del Monte	447
8.1.2 Bosques del Monte	448
8.1.3 Otros bosques de tierras áridas	463
8.2 Manejo tradicional e historia de uso del bosque del Monte	463
8.2.1 La generación de conocimiento sobre el bosque nativo en el Monte	463
8.2.2 Etapas del uso de los recursos del bosque nativo	464
8.2.3 La degradación del bosque nativo del Monte	467
8.2.4 Estrategias de conservación y manejo sostenible del bosque nativo	467
8.3. La silvicultura en el Monte	470
8.3.1 Potencial forestal y uso actual de los bosques del Monte	470
8.3.2 Estrategias de uso de los recursos forestales madereros y no madereros del Monte	478
8.4 Propuesta de una nueva silvicultura y de nuevos paradigmas de manejo	488
8.4.1 Consideraciones para el ordenamiento territorial de los bosques	488
8.4.2 Producción de madera de calidad en bosques conservados y de alta productividad	490
8.4.3 Silvicultura de detalle en bosques de menor productividad	494
8.4.4 Restauración de bosques degradados en el Monte	497
8.4.5 Aspectos silviculturales de la chica	502
8.4.6 Manejo de bosque con uso múltiple	503
8.5 Prioridades de generación de conocimiento para el manejo sostenible de los bosques del Monte	507

Cuadro 1	
Agua superficial y subterránea: Servicios hídricos en la cuenca del río Mendoza	510
Cuadro 2	
Regeneración de la especie <i>Bulnesia retama</i> : el ciclo de dispersión de semillas	512
Cuadro 3	
Bosques pedemontanos de chacay y maitén	514
Cuadro 4	
Bosques de <i>Prosopis ferox</i> (churqui)	516
Cuadro 5	
Ocupación territorial, pobladores y usos del bosque en el noreste de Mendoza	519
Cuadro 6	
La rueda de la vida en el algarrobo dulce: ¿qué pasa si hay vacas en el camino?	522
Bibliografía	524

Capítulo 9 543

Región del Espinal

9.1 Introducción	547
9.2 Características generales y composición de la vegetación	547
9.3 Estructura y funcionamiento de los principales tipos de unidades de paisaje que conforman el Espinal	549
9.4 Principales cambios forestales en la región del Espinal	555
9.5 Cambios en el uso de la tierra en el Espinal: factores socioeconómicos y ecológicos	557
9.6 Tratamientos silvícolas y técnicas de manejo silvicultural que se han realizado o se realizan en el Espinal	561
9.7 Éticas ambientales en relación con distintas valoraciones de los bosques del Espinal	562
9.8 ¿Qué beneficios tendrían cambios en los tratamientos y técnicas de manejo silvicultural realizadas en el Espinal y cuáles serían las consecuencias sobre la conservación de los bosques?	565
9.9 Bosque nativo y conservación de la biodiversidad en agro-ecosistemas del Espinal	569
9.10 ¿Qué servicios ecosistémicos se verían afectados negativamente con el manejo silvicultural actual del bosque nativo en el Espinal?	572
9.11 Indicadores y umbrales de respuesta de la biodiversidad en el diseño de estrategias de conservación de los bosques del Espinal	573
9.12. Prioridades en la generación de nuevos conocimientos necesarios para el manejo silvicultural sostenible y conservación de los bosques nativos	577

9.13 ¿Cómo conservar los bosques del Espinal y seguir produciendo?	578
Cuadro 1	
Dendrocronología y silvicultura del bosque de caldén: estudiar el pasado para comprender el presente y planificar el futuro	581
Cuadro 2	
Los bosques de caldén y el agua subterránea	584
Cuadro 3	
Etnoecología y conservación biocultural: diversidad de culturas, diversidad de bosques	587
Cuadro 4	
Escenarios futuros de cambios en el uso de la tierra y potenciales impactos sobre la biodiversidad del Espinal	592
Bibliografía	595

Capítulo 10 543

Parque Chaqueño

10.1 Introducción	611
10.2. Grandes unidades de paisaje y descripción del bosque nativo.	
Principales tipos forestales	611
10.3. Beneficios y compensaciones respecto a ecosistemas de referencia	614
10.4. Manejo tradicional o histórico	616
10.4.1 Manejo forestal tradicional	616
10.4.2 Manejo forestal a nivel rodal en el Chaco Semiárido	617
10.4.3 Aprovechamiento de la vegetación natural del Chaco: ganadería y silvicultura	625
10.4.3.1 Ganadería tradicional a monte	625
10.4.3.2 Sistemas Silvopastoriles - Rolado Selectivo de Baja Intensidad (RBI)	627
10.4.3.3 Sistemas Silvopastoriles - Manejo del estrato arbóreo	635
10.5. Propuestas de una nueva silvicultura y de nuevos paradigmas de manejo	637
10.5.1 Herramientas prácticas de silvicultura en el Chaco Semiárido	637
10.5.2 Manejo sostenible de sistemas complejos, escala espacial, resiliencia y manejo adaptativo	647
10.5.3 Manejo adaptativo y modelo de estados y transiciones en Bosques Nativos	652
10.5.4 Umbrales y escalas: particularidades del Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI) en ecosistemas del Chaco Seco	653
10.5.5 Rehabilitación de áreas degradadas con especies nativas	657
10.6. Vacíos de conocimiento y desafíos a resolver	661

10.7. Conclusiones	662
Cuadro 1	
Reclutamiento y mortalidad de las principales especies arbóreas del Chaco Semiárido como herramienta de gestión	663
Cuadro 2	
Descripción de los Procesos planta-animal-ambiente que intervienen en el Parque Chaqueño	666
Cuadro 3	
Síntesis de los conceptos clave sobre Sitios Ecológicos y Modelo de Estado y Transición (MET)	669
Cuadro 4	
Efectos de la actividad de rolado y cambios en el suelo	673
Bibliografía	680

Capítulo 11 693

Región Patagónica (Bosques Andino Patagónicos)

11.1 Grandes unidades del paisaje, descripción del bosque nativo y principales tipos forestales	697
11.2. Manejo tradicional o histórico a gran escala	716
11.2.1. Uso y manejo forestal maderero	718
11.2.2. Uso ganadero del bosque	738
11.3.2. Biodiversidad	740
11.3.3. Provisión de servicios ecosistémicos	741
11.3. Beneficios y compensaciones de la silvicultura tradicional o histórica respecto de los ecosistemas de referencia	746
11.3.1. Estructura forestal, regeneración, microclima y ciclos naturales	752
11.4. Propuesta para una nueva silvicultura e identificación de nuevos paradigmas de manejo forestal	754
11.4.1. Producción de productos madereros	757
11.4.1.1. Sistemas silvícolas atendiendo variaciones espaciales a nivel de paisajes	758
11.4.1.2. Retención variable en agregados: importancia del tamaño de las retenciones a diferentes escalas del paisaje	760
11.4.1.3. Manejo silvícola con énfasis en el mantenimiento de la biodiversidad	761
11.4.1.4. Raleos alternativos para mejorar la calidad o la estabilidad de los árboles	762
11.4.1.5. Implementación de podas para la obtención de madera aserrada de calidad	763

11.4.1.6. Raleos en ñirantales con condición hídrica	764
11.4.1.7. Cortas de selección grupales en rodales de ciprés de la cordillera con decaimiento forestal	764
11.4.2. Productos forestales no madereros	766
11.4.3. Restauración	767
11.5. Necesidades y vacíos de información para mejorar la gestión y los desafíos para el manejo sostenible de los bosques nativos	771
Cuadro 1	
El manejo biocultural de los bosques de <i>Araucaria araucana</i>	778
Cuadro 1	
El factor genético en la regeneración asistida	781
Cuadro 3	
Silvicultura adaptativa aplicada a los bosques de ciprés de la cordillera	783
Cuadro 4	
La etnoagroforestería patagónica como desafío para una nueva SILVICULTURA	786
Cuadro 5	
Aspectos genéticos del manejo y restauración de ecosistemas boscosos en el bosque mixto de <i>Nothofagus</i>	788
Bibliografía	790

Capítulo 12 811

Influencia del cambio climático y variaciones en el clima sobre los bosques nativos de Argentina: ¿qué estrategias de manejo y conservación deberían considerarse?

12.1 Introducción	815
12.2 Cambios en las temperaturas de la superficie terrestre y precipitación de acuerdo a las regiones forestales de Argentina	818
12.3 Tendencias de la productividad primaria neta (PPN) de acuerdo a las regiones forestales de Argentina	825
12.4 ¿Cómo se pueden interpretar los cambios observados en relación con la cobertura actual de los bosques nativos y su interacción con los principales factores socioeconómicos de cada región forestal de la Argentina	829
12.5 Recomendaciones de estrategias de conservación y manejo silvícola	832
12.6 Conclusiones	836

Cuadro 1	
Efectos del cambio climático sobre paisajes forestales del NO de Patagonia mediados por regímenes alterados de fuego	837
Cuadro 2	
La deforestación en la ecorregión del Chaco seco: implicancias sobre el cambio climático	840
Cuadro 3	
Determinación de sitios potenciales para la implantación de ciprés de la cordillera en el noroeste de la Patagonia en el contexto de cambio climático	843
Cuadro 4	
Modelado de distribuciones futuras del <i>Nothofagus pumilio</i> en un contexto de cambio climático	845
Cuadro 5	
Cambio climático pasado y escenarios futuros en las Yunga	849
Bibliografía	852

Capítulo 13 860

Recomendaciones generales para el manejo y la conservación futura del bosque nativo en la Argentina

13.1 Estrategias para mejorar la implementación del manejo sostenible de los bosques nativos	865
13.2 Principales desafíos para el futuro	872
13.3 Recomendaciones para los tomadores de decisiones	878
Bibliografía	887

productivo (figura 6.48). Es importante avanzar en la búsqueda de alternativas, y generar mayor información como por ejemplo, en la respuesta productiva de la yerba mate asociada a

especies arbóreas (nativas y exóticas) que pudiesen resultar promisorias, además de su efecto sobre las plagas e insectos benéficos, o en la degradación de los suelos.



Figura 6.48. Sistema de cultivo tradicional de yerba mate con prácticas tendientes a mejorar el manejo del suelo (cubiertas verdes y curvas de nivel). (Foto de los autores).

CUADRO 6

Con la mirada hacia el suelo: el efecto del reemplazo del bosque nativo y las prácticas de manejo de pinares en Misiones

Carolina P. Trentini¹, Diego Gómez Pámies¹, Paula I. Campanello²

¹Instituto de Biología Subtropical, Universidad Nacional de Misiones - CONICET

²Centro de Estudios Ambientales Integrados, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

El reemplazo de bosques naturales por plantaciones forestales monoespecíficas es controversial, especialmente en regiones en donde aún quedan bosques primarios (Gibson *et al.*, 2011), comprometiendo la conservación de la diversidad por la pérdida de hábitats y modificando el funcionamiento de estos ecosistemas (e.i., Gatti *et al.*, 2019; Zurita *et al.*, 2006; Rocha *et al.*, 2007). Si bien algunos trabajos sugieren que la transformación de un sistema forestal por otro es menos agresivo que, por ejemplo, un sistema agrícola, en términos de la similitud de su estructura vegetal (Fillooy *et al.*, 2010), el cambio de muchas especies leñosas a una es radical, por lo que la coexistencia con especies nativas, por ejemplo, en el sotobosque podría contribuir a atenuar el impacto y conservar algunas funciones ecológicas (e.g., Trentini *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2015). En Misiones, el 13,6% de la superficie provincial a sido convertida para uso forestal, siendo las coníferas las representantes del 86% de esa superficie (MA, 2017; SIFIP, 2016). Los bosques que son reemplazados forman parte de la ecorregión del Bosque Atlántico (BA), también denominada Selva Misionera, reconocida como uno de los *hotspots* de biodiversidad a nivel mundial (Myers *et al.*, 2000). Si bien Argentina representa la parte minoritaria de la superficie original del BA, contiene uno de sus remanentes más conservados (Galindo-Leal y Cámara, 2003), ya que solo queda una pequeña porción de su superficie original (FVS y WWF, 2017). En

el año 2010, en Misiones, se sancionó la ley de ordenamiento territorial de bosque nativo (XVI n° 105) restringiendo las áreas autorizadas a realizar conversiones; sin embargo, su superficie remanente, junto al estado de conservación de algunos de sus fragmentos, hacen que esta medida no sea suficiente para garantizar la conservación en el largo plazo. En este contexto, en áreas que ya fueron transformadas, es indispensable pensar en realizar manejos forestales permeables y compatibles con el desarrollo de especies nativas que contribuyan a la conservación de la biodiversidad (Hartley, 2002).

El suelo es un componente esencial del sistema como fuente de múltiples servicios ecosistémicos, como la nutrición vegetal y el soporte estructural, su rol como filtro y reservorio de agua, como secuestrador de carbono y gases de efecto invernadero, así como la conservación de los organismos que viven y se desarrollan en él (Dominati *et al.*, 2010). El reemplazo de bosques naturales por plantaciones altera su estructura, al incrementar la compactación y la temperatura al ras del suelo y disminuir el contenido de agua (Trentini *et al.*, 2017). El incremento de la compactación en plantaciones se asocia especialmente al uso de maquinarias (Håkansson *et al.*, 1988; Hutchings *et al.*, 2002; Batey, 2009) lo que, en algunos casos, puede tener consecuencias en la retención de agua y nutrientes, el intercambio de gases, el desarrollo

de la vegetación y la abundancia de meso y microorganismos del suelo (Battigelli *et al.*, 2004; Unger y Kaspar, 1994; Conlin y Driessche, 2000).

El desarrollo vegetal en el sotobosque de plantaciones en Misiones de conversión reciente se asoció más con el recurso lumínico, ya que cuando se implementan manejos (como el raleo) que incrementan la radiación, aumenta la cobertura y riqueza vegetal a pesar de aumentar también la compactación del suelo (Trentini *et al.*, 2017). En la figura 6.49 se ilustran los cambios en la composición de especies de plantas del sotobosque en bosque nativo y parcelas en pinares con y sin raleo en el norte de Misiones, siendo las parcelas de bosque aquellas más relacionadas con la riqueza y cobertura vegetal.

Los cambios en la composición vegetal generan modificaciones en las propiedades físicoquímicas y biológicas del suelo, debido a los exudados liberados a nivel de la rizósfera (Barrios *et al.*, 2012; Broeckling *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 2004) y por la influencia de la composición del mantillo en los primeros centímetros del suelo (por ej. Finzi *et al.*, 1998; Kara y Bolat, 2008). En los bosques y plantaciones en

Misiones, las características físico-químicas y biológicas del suelo difieren, y algunos de estos valores se relacionan con la conformación de sotobosque en cada sitio. En el caso del bosque, el contenido de agua, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno y magnesio del suelo son las variables que se relacionan positivamente con estos ambientes. En contraparte, la densidad aparente se relaciona con las parcelas en pinares y químicos, en su conjunto, contribuyen a modificar la estructura y funcionalidad de las comunidades del suelo (e.g., Faoro *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2015; Mendes y Tsai, 2018). En este caso, la riqueza de bacterias del suelo y la abundancia de los microartropodos en el mantillo, especialmente del orden Collembola, se asocian con las parcelas en los pinares, mientras que la riqueza de hongos y de colémbolos con las del bosque (figura 6.49). Interpretar los cambios que se dan en el ecosistema nos permite detectar las variables que son más sensibles al disturbio y que están afectando en cascada a otros componentes, de manera de poder pensar en estrategias para revertirlas en pos de la conservación de la diversidad y sus funciones.

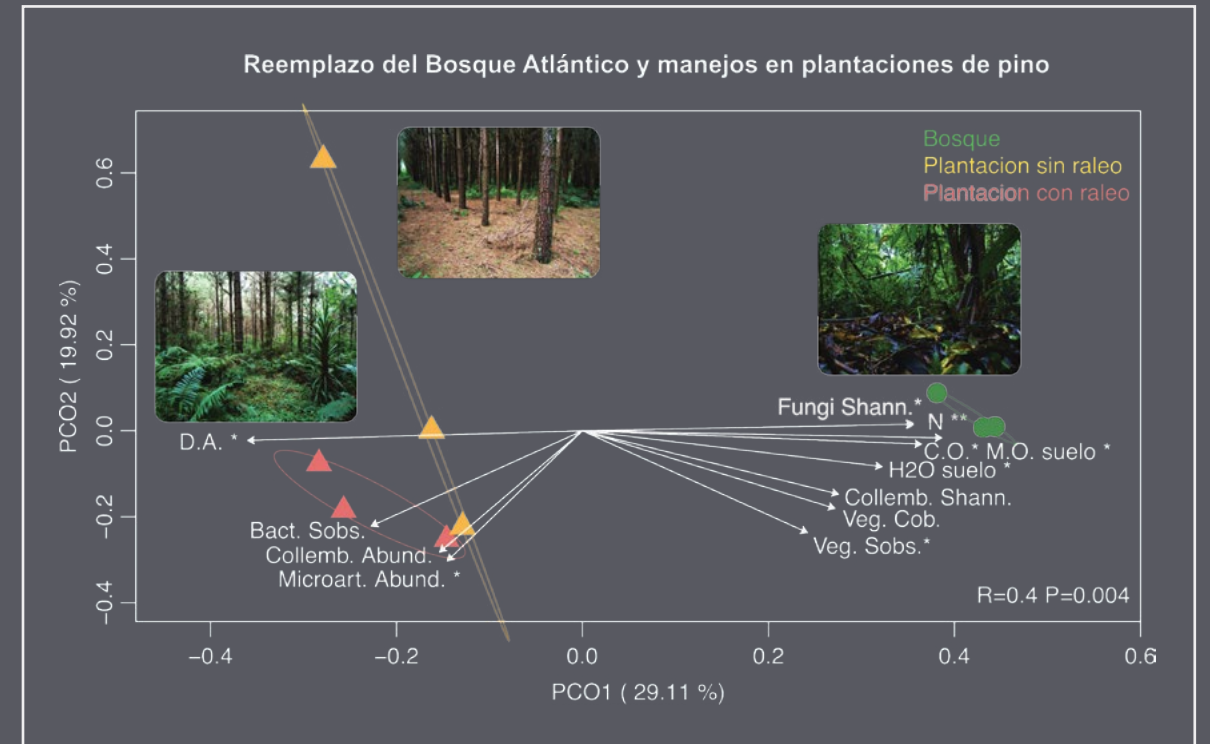


Figura 6.49. Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) de sitios en plantaciones con raleo, sin raleo y en franjas de bosque nativo, ordenados por la composición de especies vegetales del sotobosque. Los colores representan diferentes tratamientos (n=3) y los elipses a ajustes del 95% confianza. En la parte inferior derecha del gráfico se muestran los valores R y P del Análisis PERMANOVA (9999 permutaciones). Las flechas indican la relación de las variables con el ordenamiento ($P < 0,1$) del Análisis de Ajuste Ambiental (Envfit, R package). variables representadas: cobertura vegetal (Veg. Cob.), número de especies vegetales del sotobosque (Veg. Sobs.), contenido de carbono (C.O.), contenido de materia orgánica del suelo (M.O. suelo), nitrógeno total (N), contenido de agua del suelo (H2O suelo), densidad aparente (D.A.), índice de Shannon-Wiener para las unidades taxonómicas de hongos (Fungi Shann.) y de colémbolos (Collemb. Shann.), abundancia de microartrópodos (Microart. Abund.), abundancia de colémbolos (Collemb. Abund.) y número de unidades taxonómicas observadas de bacterias (Bact. Sobs.). Los asteriscos indican valores de P del análisis de ajuste ambiental inferiores a 0,05 (** $P < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $P < 0,05$). Estos estudios fueron realizados en plantaciones pertenecientes a la empresa Pindo S.A.