Ecología Austral 36:352-364 Diciembre 2026 *Trabajo Original*
Asociación Argentina de Ecología
https://doi.org/10.25260/EA.26.36.3.0.2701

De amenaza a oportunidad: Leña de pino como alternativa para reducir la presión sobre el bosque nativo en Patagonia Norte

Gabriel Moncada[1,2,3,✉]; Camila Mateo[2,3]; Javier Sanguinetti[1] & Hernán Attis Beltrán[1,3]

[1] *Administración de Parques Nacionales, Parque Nacional Lanín.* [2] *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).* [3] *Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario San Martín de los Andes.*

Resumen

1. La madera muerta cumple un rol fundamental en diversos procesos ecológicos y también es fuente esencial de combustible para las poblaciones rurales. Sin embargo, extraerla en exceso compromete la biodiversidad y el funcionamiento ecosistémico. Las plantaciones e invasiones de especies exóticas son alternativas sustentables que integran objetivos de conservación y bienestar social, aunque su aprovechamiento para leña presenta desafíos técnicos y culturales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la factibilidad sociotécnica del uso de leña de pino como alternativa para reducir la presión sobre el bosque nativo en comunidades rurales de Patagonia Norte.

2. Realizamos encuestas a usuarios de leña de la región para evaluar prácticas de uso, percepciones y valoraciones, y llevamos a cabo un ensayo participativo junto a comunidades Mapuche en Villa Pehuenia-Moquehue (Neuquén). Allí coexisten bosques nativos de *Araucaria araucana* y *Nothofagus* spp. con plantaciones e invasiones de *Pinus* spp. Mediante ensayos de combustión, comparamos el rendimiento de la leña de pino bajo distintas condiciones de secado con el de la leña de las especies más usadas por las comunidades.

3. Las encuestas revelaron que las especies más utilizadas son ñire y lenga, y que la leña de pino tiene una valoración mayormente negativa. Usar cobertura de polietileno aceleró el secado de la leña y determinó menores contenidos finales de humedad respecto a la leña no cubierta. En el ensayo de combustión, la leña de pino secada bajo cobertura rindió mejor que el resto de las alternativas.

4. Implicancias. La leña de pino secada de forma adecuada puede constituir una alternativa técnicamente eficiente y operativamente viable para reducir la presión sobre el bosque nativo en Patagonia Norte. No obstante, su implementación dependerá de estrategias de articulación social e institucional y del buen manejo de las plantaciones e invasiones.

[Palabras clave: *Araucaria*, *Nothofagus*, especies exóticas, calefacción a leña, comunidades rurales, ensayos participativos]

Abstract. From threat to opportunity: Pine firewood as an alternative to reduce pressure on native forests in Northern Patagonia

1. Deadwood plays a fundamental role in multiple ecological processes and is also an essential source of fuel for many rural populations. However, its excessive extraction compromises biodiversity and ecosystem functioning. Plantations and invasions of exotic species offer a sustainable alternative that integrates conservation and social well-being objectives, although their use as firewood entails technical and cultural challenges. The aim of this study was to evaluate the sociotechnical feasibility of using pine firewood as an alternative to reduce pressure on native forests in rural communities of Northern Patagonia.

2. We conducted surveys among regional firewood users to assess use practices, perceptions, and valuations, and carried out a participatory trial with Mapuche communities in Villa Pehuenia-Moquehue (Neuquén), where native forests of *Araucaria araucana* and *Nothofagus* spp. coexist with plantations and invasions of *Pinus* spp. Through combustion trials, we compared the performance of pine firewood under different drying conditions with that of the locally used species.

3. User surveys revealed that the most commonly used species are ñire and lenga, and that perceptions of pine firewood are predominantly negative. The use of polyethylene covering accelerated firewood drying and resulted in lower final moisture contents compared to uncovered firewood. In the combustion trial, covered pine firewood showed better performance than the other alternatives.

4. Implications. Properly dried pine firewood may constitute a technically efficient and operationally viable alternative to reduce pressure on native forests in Northern Patagonia. However, its implementation will depend on social and institutional coordination, as well as adequate management of pine plantations and invasions.

[Keywords: *Araucaria*, *Nothofagus*, exotic species, firewood heating, rural communities, participatory trials]

Editora asociada: Rosina Soler
✉ gmoncada@apn.gob.ar
Recibido: 11 de Febrero de 2026
Aceptado: 6 de Agosto de 2026

Introducción

La madera muerta constituye un componente clave en la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas boscosos, al aumentar la complejidad estructural del bosque y contribuir a la retención de humedad, el ciclado de nutrientes y la reducción de la erosión (Szymañski et al. 2017; Sanguinetti et al. 2023). Numerosas poblaciones rurales a nivel global dependen de la madera muerta como fuente esencial de combustible para cocinar y calefaccionarse (FAO 2024). No obstante, su extracción excesiva para uso como leña puede comprometer tanto el funcionamiento ecológico del bosque como la seguridad energética de quienes dependen de este recurso (FAO 2024; Vásquez-Grandón et al. 2018).

El proceso de secado de la leña y el mantenimiento de las instalaciones pertinentes son aspectos fundamentales para la seguridad y la eficiencia energética domiciliaria. La leña húmeda emiten mayores cantidades de compuestos perjudiciales y aumenta el riesgo de incendios domiciliarios por la acumulación de creosotas en los ductos de evacuación de gases (Shelton 1981; Orru et al. 2022). El contenido de humedad de la leña es uno de los aspectos principales que determina su poder calorífico (Latzina 1937; Riquelme Espergue and Hernández Gutiérrez 2019). Se demostró que debe alcanzarse un porcentaje de humedad menor al 25% para asegurar una combustión eficiente y minimizar las emisiones perjudiciales (Reyes and Venegas 2009; Bustos and Ferrada 2017).

En la Patagonia, el uso de la leña tiene un profundo arraigo cultural y continúa siendo una fuente energética fundamental para numerosas comunidades rurales (Cardoso et al. 2012). Históricamente, gran parte de esta demanda fue satisfecha recolectando madera muerta en los bosques nativos (González et al. 2005; Cardoso and González 2019). En particular, el Departamento Aluminé (provincia de Neuquén) concentra la mayor densidad relativa de población indígena de la provincia (INDEC 2024), donde habitan once comunidades Mapuche que dependen en gran medida de la leña como fuente energética. Los bosques nativos utilizados como fuente de leña están bajo jurisdicción provincial (Ley Provincial de Neuquén N° 2780 2011) y nacional, dentro del Parque Nacional Lanín (PNL) (Antoci and Di Martino 2012). Estos bosques se caracterizan por la presencia de *Araucaria araucana* (pewén, en el idioma mapuche: mapuzungun), una especie de alto valor ecológico y cultural que enfrenta diversos problemas de conservación y se encuentra declarada en peligro de extinción (Premoli et al. 2013), formando bosques mixtos con *Nothofagus pumilio* (lenga) y *N. antarctica* (ñire) (Funes et al. 2006; Sanguinetti et al. 2023). En esta región se reportó que la extracción de leña combinada con el aumento en la frecuencia de incendios afectó negativamente el volumen, el tipo y la distribución espacial de madera muerta (Szymañski et al. 2017).

El Departamento Aluminé concentra la mayor superficie forestada de la provincia de Neuquén (Consejo Federal de Inversiones [CFI] et al. 2007), con plantaciones, sobre todo, de *Pinus* spp. promovidas con fines productivos y para limitar procesos de desertificación (Bava et al. 2016). Sin embargo, gran parte de estas plantaciones fueron abandonadas y no se aplicaron los raleos y las podas indispensables para su aprovechamiento forestal (CFI et al. 2007). Además, generaron preocupaciones ambientales debido a su capacidad invasora y a su impacto sobre los ecosistemas nativos, ya que reducen la biodiversidad, compiten con especies autóctonas e incrementan el riesgo de incendios (Franzese et al. 2017; Franzese and Raffaele 2017; Franzese et al. 2022). En este marco, las plantaciones y las invasiones de pino son una posible fuente alternativa de leña que podría reducir la presión sobre el bosque nativo, integrando estrategias de conservación con la satisfacción de las necesidades sociales.

Sin embargo, el uso de pino como combustible en esta región presenta desafíos culturales y técnicos. Por un lado, se reportó una preferencia regional por leña de especies nativas y una baja representación del pino entre las especies utilizadas por las comunidades rurales (Cardoso et al. 2012; 2015; Morales et al. 2017; Doumecq et al. 2023). Sin embargo, se desconocen tanto las preferencias de los usuarios en entornos boscosos de Patagonia Norte como las formas de recolección, el destino de la leña y los problemas percibidos. Por otro lado, si bien el proceso de secado es fundamental para la seguridad y la eficiencia energética domiciliaria (Shelton 1981; Rehfuess and WHO 2006; Bates 2007; Martina et al. 2021; Orru et al. 2022), se desconocen las formas de secado utilizadas por los usuarios y las posibilidades de implementación de técnicas efectivas.

Por lo tanto, el objetivo general de este trabajo fue evaluar la factibilidad sociotécnica del uso de leña de pino como alternativa para reducir la presión sobre el bosque nativo en Patagonia Norte, entendiendo la factibilidad sociotécnica como la integración entre la aceptación social del recurso, su aptitud técnica como combustible y viabilidad de implementación de un método de secado efectivo. Como objetivos específicos nos planteamos: 1) diagnosticar formas de adquisición y uso de la leña por parte de los usuarios regionales, así como preferencias de especies y percepciones, y 2) analizar comparativamente la aptitud técnica de la leña de pino como combustible a partir de un ensayo de secado y combustión situado en el Departamento Aluminé, con carácter participativo y comunitario. Estos objetivos apuntan a cubrir los vacíos de información detectados en pos de desarrollar estrategias de aprovechamiento del pino como leña, con el fin de disminuir las extracciones del bosque nativo a la vez que se satisfacen las necesidades de las comunidades.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La zona de estudio comprende la localidad de Villa Pehuenia-Moquehue (Departamento Aluminé, Neuquén), ubicada en el noroeste de la Patagonia argentina. Allí, el clima presenta características templadas y frías, con marcadas variaciones estacionales y altitudinales (Paruelo et al. 1998; Simon et al. 2024). Los inviernos son fríos, con temperaturas mínimas medias que rondan 0 °C, mientras que en verano, las temperaturas medias oscilan entre 10 y 18 °C. Las precipitaciones son mayormente invernales, con acumulación de nieve en zonas altas. Disminuyen de oeste a este en un gradiente que va desde 2000 mm a 800-600 mm/año. La vegetación predominante incluye bosques de araucaria, ñire y lenga, especies adaptadas a las condiciones climáticas de la región (Veblen et al. 1996; Sanguinetti et al. 2023). El área presenta plantaciones e invasiones de pino (*Pinus contorta var. murrayana* y *Pinus ponderosa*) (Raffaele et al. 2015; Chauchard et al. 2021).

Diseño general del estudio

El estudio se estructuró en cuatro etapas complementarias. En primer lugar, se realizaron encuestas a usuarios regionales de leña para caracterizar percepciones generales y prácticas de uso. Los resultados obtenidos sirvieron de insumo para la formulación participativa de un ensayo de secado de leña de pino junto a actores locales, que después se implementó en el territorio con el objetivo de evaluar métodos de secado operativamente viables. Por último, se realizó un ensayo de combustión para comparar el desempeño de la leña de pino con el de las especies típicamente utilizadas.

Encuestas a usuarios

Para identificar las especies leñateras utilizadas, los principales usos dados a la leña, la valoración de las especies y las formas de adquisición, secado y mantenimiento de instalaciones, realizamos 49 encuestas (presenciales o a través de formularios digitales) a usuarios de leña de localidades de la región sin acceso a gas de red (Villa Pehuenia-Moquehue, Quillén, Epu Pehuen, Ruca choroy, Villa Lago Meliquina y Villa Quilquihue) (Material Suplementario 1). Dado que no existe un registro sistemático de usuarios de leña en la región, el tamaño muestral no respondió a un diseño probabilístico sino a criterios de accesibilidad y participación voluntaria de los usuarios identificados durante el trabajo de campo. Asimismo, se incluyeron preguntas dirigidas a conocer la valoración de la leña de pino como combustible. La importancia de cada especie mencionada fue estimada mediante dos indicadores: la frecuencia de mención (i.e., el número de menciones de una especie respecto al total de menciones, siendo posible que un usuario mencione una o varias especies) y el Consenso de Uso (i.e., el número de informantes que citaron una especie dada respecto al total de encuestados), que se interpreta como un indicador del grado de conocimiento compartido y, por lo tanto, de la relevancia cultural de una especie dentro de un grupo (Albuquerque et al. 2014).

Las encuestas tuvieron un carácter exploratorio y los resultados se analizaron de forma descriptiva. Los datos provenientes de preguntas abiertas fueron procesados mediante un enfoque inductivo, agrupando las palabras en categorías en función de su similitud o referencia a un aspecto común (Miles et al. 2019). De esta forma, los resultados cuantitativos se analizaron para determinar rangos y frecuencias, mientras que los cualitativos se representaron gráficamente mediante una nube de palabras utilizando el paquete Wordcloud (Fellows 2018) del

software R (R Core Team 2025). Los hallazgos se utilizaron como marco general para formular los ensayos posteriores.

Actores involucrados y formulación comunitaria del ensayo

El área de estudio comprende un territorio interjurisdiccional integrado por la Provincia de Neuquén, el PNL y la Corporación Interestadual Pulmarí (CIP), conformada por el Estado Nacional y el Provincial. Este territorio incluye bosques nativos bajo distintas categorías de conservación, que constituyen fuentes de leña para las comunidades locales, así como plantaciones e invasiones de especies del género *Pinus*. Allí, el PNL coordina el Proyecto Pewén, orientado a la gestión integral y conservación del ecosistema biocultural del pewén. Por su parte, la CIP desarrolla actividades agroforestales, ganaderas y turísticas orientadas al desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales de la región. Finalmente, las comunidades Mapuche que habitan el territorio se nuclean en el Consejo Zonal Pewenche, una organización que articula la comunicación y la gestión territorial entre las comunidades y las instituciones. En este marco, y con el fin de asegurar la pertinencia socioterritorial de la propuesta, el estudio se articuló operativamente a través del consorcio Pewen, una instancia de gobernanza territorial integrada por el PNL, la CIP y el Consejo Zonal Pewenche.

El ensayo se llevó a cabo en conjunto con la comunidad Puel, que accedió a colaborar con el proyecto y presenta una situación particular de escasez de leña. Las familias de esta comunidad recolectan leña en sectores del bosque nativo previamente asignados, la agrupan en puntos de acopio y luego un camión municipal la traslada hasta las viviendas. Este sistema demanda mucho tiempo, esfuerzo y coordinación logística, y en ocasiones se puede ver interrumpido por condiciones climáticas adversas.

Llevamos a cabo diversas reuniones y talleres participativos con miembros y autoridades de la Comunidad Puel y representantes del Consorcio Pewen. Los lineamientos metodológicos iniciales del estudio fueron presentados y redefinidos colectivamente en función de los intereses, las necesidades, las posibilidades y los saberes de los actores involucrados. En estas instancias se consolidó el diseño del ensayo de secado y combustión de leña de *Pinus ponderosa*, y se definieron los roles y las familias participantes. Luego realizamos visitas sucesivas para reconocer los lotes con leña trozada, ajustar instrumentos de medición y definir aspectos metodológicos. Estas visitas permitieron incorporar prácticas locales de almacenamiento y uso de leña al diseño del ensayo, orientándolo hacia condiciones cultural y técnicamente pertinentes. El PNL coordinó la implementación del ensayo en conjunto con la comunidad Puel, mientras que la CIP brindó asistencia técnica y logística y aportó la leña de pino necesaria.

Ensayo de secado

Los árboles utilizados para obtener la leña provinieron de un rodal de *Pinus ponderosa* de 40 años (579 m^3/ha) correspondiente a una plantación sin manejo silvícola (i.e., que no fue raleada ni podada). Entre los meses de junio y agosto de 2023 fueron apeados y trozados en largos de 1 m. En enero de 2024 se trozó la leña con motosierra a 30 cm de largo y 15 cm de diámetro, aproximadamente, y se instalaron rumas de ~5 m^3 en los hogares de las familias. Estas permanecerían en el campo hasta el momento de ser usadas (i.e., mayo-junio) bajo dos tratamientos: rumas tapadas con polietileno negro (por encima y por debajo, con dos laterales abiertos para permitir la circulación de aire) y rumas destapadas (sin protección, pero con libre circulación de aire). La elección del tamaño de las rumas se fundamentó en el volumen que usualmente es acopiado por una unidad doméstica. Para evaluar si la eficacia de los métodos varía según el gradiente de precipitación, las rumas se instalaron en tres sitios distribuidos en sentido oeste-este, con tres réplicas en cada caso, totalizando 9 rumas tapadas y 9 destapadas (Figura 1). Los sitios comprendieron el galpón de la CIP y las casas de las familias definidas para alojar los ensayos.

Se realizaron 4 mediciones de humedad de los leños (~1 cada 30 días, desde finales de enero) con xilohigrómetro de resistencia eléctrica (precisión 2%), tomando en cada medición 15 leños por ruma desde distintas partes de la estructura. También se evaluó el estado general de los leños en cada sitio. Los valores de precipitación y temperatura en cada sitio durante el periodo del ensayo se muestran en la Tabla 1.

El contenido de humedad, la proporción de leños con humedad superior al 25% y el

Tabla 1. Variables meteorológicas durante el periodo del ensayo de secado (1/1/24 - 30/6/24). Fuente: AIC (s.f.).
Table 1. Meteorological variables during the drying trial period (1/1/24 - 30/6/24). Source: AIC (w.d.).

	Precipitación (mm)	Temperatura máxima media (°C)	Temperatura mínima media (°C)	Humedad relativa (%)
Este	709.0	16.0	2.1	73.6
Centro	1037.4	13.9	2.2	71.8
Oeste	2163.3	12.7	2.5	76.1

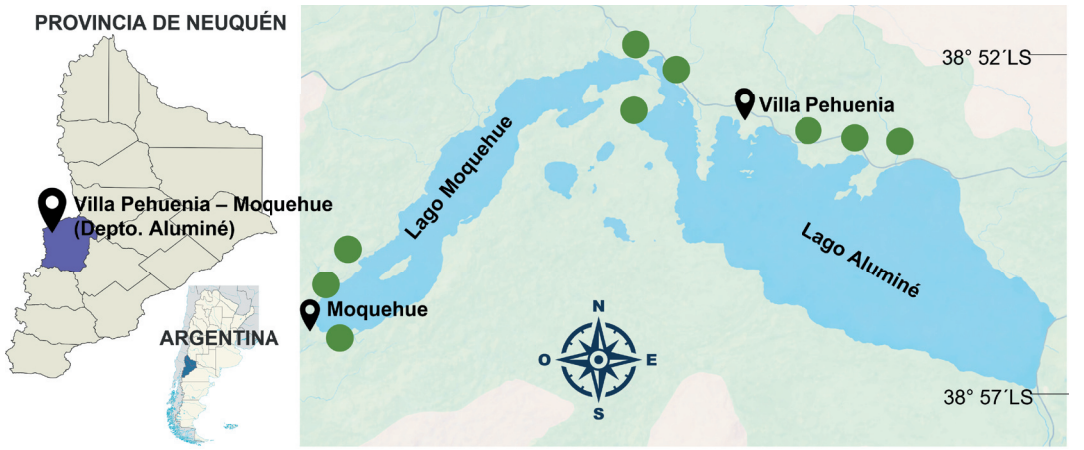


Figura 1. Área de estudio. Los círculos verdes representan la ubicación de las rumas de leña de pino.
Figure 1. Study area. The green circles represent pine firewood stacks locations.

desvío estándar de las muestras se analizaron con modelos lineales mixtos, previa validación de supuestos mediante inspección de residuos (Di Rienzo et al. 2012). Las variables de efectos fijo incluidas en los modelos fueron el tiempo (distribuido en cuatro períodos de medición), el tratamiento de secado (ruma tapada y destapada), el sitio de muestreo (este, centro y oeste) y las interacciones entre el tiempo, el tratamiento y el sitio. Estas interacciones fueron incorporadas con el fin de evaluar si el gradiente de precipitación influye sobre el tiempo de secado, y si dicha respuesta varía según el tratamiento aplicado. La variable familia fue incorporada como una variable de efecto aleatorio, con una estructura anidada dentro de la variable sitio (Di Rienzo et al. 2012) para capturar la variabilidad intrínseca asociada a las familias, considerando la influencia de las distintas ubicaciones de muestreo y la heterogeneidad en las condiciones en que cada familia instaló las rumas.

Ensayo de combustión

La evaluación calórica de la leña se realizó siguiendo metodologías utilizadas en estudios similares (Hassan et al. 2017; Zamora Tobar 2020), luego del ensayo de secado y en un momento que representaba condiciones climáticas típicas de uso de la leña por parte de las familias (temperatura entre 4 y 8°C, Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas [AIC] s.f.). Las pruebas se llevaron a cabo debajo de un cobertizo (sin protección lateral) en un aserradero de la comunidad Puel, utilizando 3 estufas rocket idénticas en forma simultánea: una para leña de pino proveniente de rumas tapadas, otra para pino de rumas destapadas y una tercera para leña obtenida por las familias mediante sus prácticas habituales de abastecimiento en las condiciones en que típicamente las utilizan. Se incluyeron las especies lenga, ñire, sauce y algarrobo (esta última no está presente en la zona y solo se obtiene de forma comercial). Se realizaron en total 9 quemas simultáneas, una para cada conjunto de leñas provenientes de las rumas instaladas en cada vivienda participante.

El desempeño energético de la leña fue evaluado de manera indirecta en una prueba que constó de dos etapas: una de calentamiento (destinada a elevar la temperatura de un litro de agua hasta 80 °C bajo condiciones comunes de encendido, ventilación y reposición de leña entre estufas) y otra de enfriamiento (destinada a evaluar el calor residual de la leña durante 10 minutos). En ambas etapas, la temperatura del agua se registró cada 2

minutos con termómetro digital (precisión 1 °C). La leña fue pesada antes y después del ensayo con balanza mecánica (precisión 10 g) para estimar el consumo volumétrico según la densidad de cada especie (Atencia 2003).

Para el análisis de los datos se ajustaron modelos de regresión simple, previa validación de supuestos mediante inspección visual de residuos (Cuadras 2019), con el fin de describir la relación entre la temperatura y el tiempo para cada etapa y tipo de leña. Los modelos fueron seleccionados según el coeficiente de determinación, el error estándar de la estimación (EEE) y el error absoluto medio (EAM) (Cuadras 2019). En los casos de sauce y algarrobo no se ajustaron modelos debido al bajo número de muestras (n=1), aunque contribuyeron al modelado de la leña alternativa promedio.

Resultados

Encuestas a usuarios de leña

Los hogares encuestados tienen una superficie de entre 20 m^2 y 150 m^2, poseen entre 1 y 3 estufas y están conformados por entre 1 y 6 personas. La especie preferida para uso leñero fue el ñire, con una frecuencia de menciones de 38% y un consenso de uso de 59%, seguida por la lenga, la categoría 'mix de especies' (i.e., que no utilizan una única especie, sino una mezcla de diversas especies sin especificar) y el pino (Figura 2). En menor medida, se reportó el uso de pewen, algarrobo, coihue, quebracho, cañas colihues y sauce, todas con frecuencias de menciones menores al 7%. Entre los motivos por los que prefieren esas especies, las respuestas incluyen la dimensión térmica ("calientan mejor"), la cercanía del recurso y una menor generación de residuos. Con respecto al pino, 55% de los usuarios no utiliza su leña y el 67% no lo recomienda. No obstante, esta tendencia se invierte al analizar los usuarios que utilizan el pino secando la leña, ya que 65% de estos recomienda su uso.

En promedio se usan 26.8 m^3 de leña por hogar por año, sobre todo para calefacción (69%) y cocción (23%). El uso de la leña se hace "casi todo el día" (51%) o "todo el día" (31%), y solo 18% la utiliza exclusivamente de noche.

Con relación a las instalaciones y su mantenimiento, casi la totalidad de los usuarios limpia los conductos (98%) con una frecuencia mayoritaria de una vez por temporada (60%), seguida por frecuencias menores o iguales a un mes (31%). Los métodos de limpieza mencionados son heterogéneos e incluyen el uso de cepillos de metal, deshollinadores, cañas con trapos o querosene en un extremo, y golpes con palos a los conductos.

En cuanto al método de obtención de la leña, 60% de los usuarios menciona que la recolecta por sus propios medios y 26% de ellos lo hace a pie. Entre 2 y 10 personas por grupo familiar se trasladan a juntar leña recorriendo una distancia que oscila entre 1 y 80 km, con una media de 15 km. Entre las dificultades que encuentran los entrevistados en la recolección de leña, la mayoría de ellos remarca la escasez de recursos, la incertidumbre asociada y el esfuerzo necesario para obtenerla (Figura 3).

Casi 80% de los usuarios afirma realizar el almacenamiento tapando la leña. Sin embargo, el tiempo de secado al que someten la leña recolectada es heterogéneo. Algunos mencionan que lo hacen solo unos días antes de su uso, mientras que otros dicen realizarlo

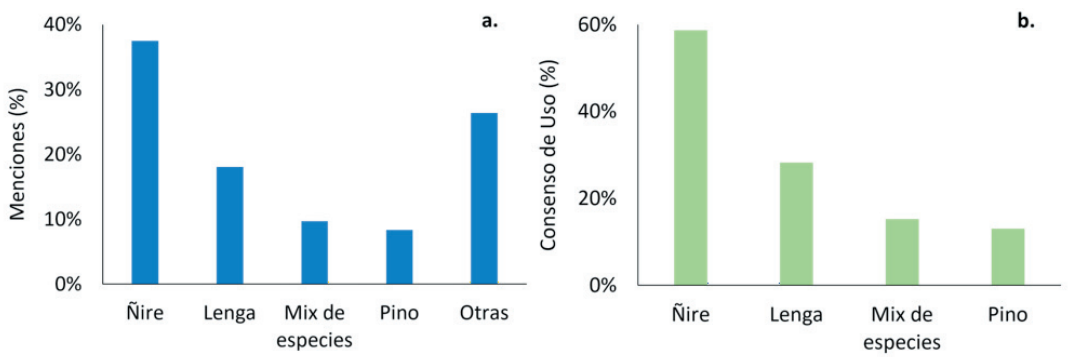


Figura 2. Preferencia de especies para uso leñero. a) frecuencia de menciones (%). b) Consenso de uso (%).
Figure 2. Species preference for firewood use. a) Mention frequency (%). b) Use consensus (%).



Figura 3. Nube de palabras de respuestas referidas a las principales dificultades encontradas por los usuarios al momento de recolectar leña.

Figure 3. Word cloud of responses referring to the main difficulties encountered by users when collecting firewood.

durante un año. El tiempo medio es de 4 meses, y depende en gran medida de la organización, de los lugares asignados y del momento en que comiencen las temperaturas bajas. Finalmente, 79% de los encuestados manifestó estar dispuesto a organizarse comunitariamente para el abastecimiento de leña.

Ensayo de secado

El análisis del contenido de humedad en este estudio reveló patrones significativos a lo largo del tiempo y entre diferentes tratamientos, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los sitios ubicados a lo largo del gradiente ambiental (Material Suplementario 2). Las rumas tapadas mostraron mayor velocidad de secado y menor humedad final promedio (14.3%) en comparación con las destapadas (26.9%) (Figura 4). Solo las rumas tapadas estuvieron por debajo del límite de 25% de humedad, dado que en las destapadas, el contenido de humedad aumentó drásticamente al comenzar el periodo de lluvias (Figura 4). Al finalizar el ensayo, 5.9% de las muestras de las rumas tapadas presentaba un contenido de humedad

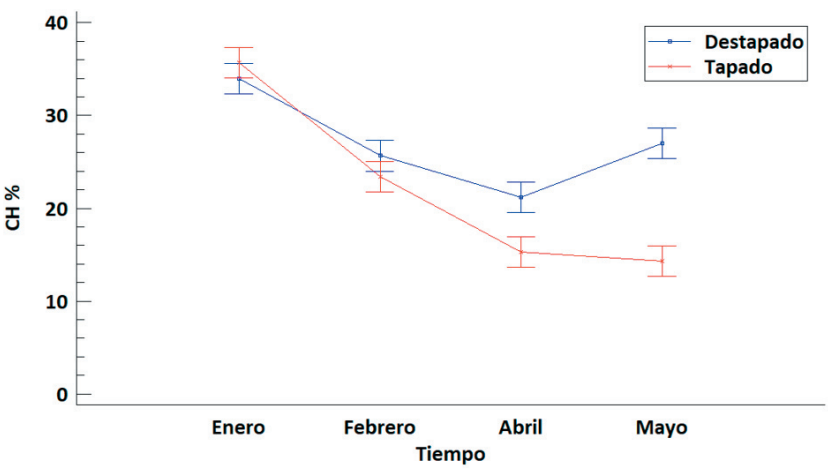


Figura 4. Contenido de humedad promedio (CH%) de las muestras de leña de pino en los meses de medición para los tratamientos destapado y tapado.

Figure 4. Average moisture content (%) of pine firewood samples during the measurement months for the uncovered and covered treatments.

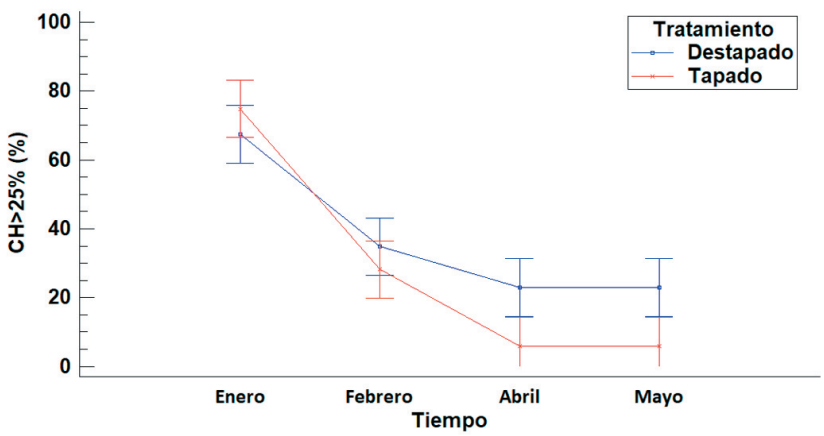


Figura 5. Cantidad porcentual de muestras de madera de pino con contenido de humedad superior a 25% (CH>25%) en los meses de medición para los tratamientos destapado y tapado.

Figure 5. Percentage of pine wood samples with moisture content above 25% (>25%) during the measurement months for the uncovered and covered treatments.

Tabla 2. Resultados del ensayo de combustión para las distintas especies, volumen necesario para alcanzar la meta de 80 °C y porcentaje de muestras que alcanzaron la meta en cada caso ('éxito ensayo').

Table 2. Combustion trial results for the different species, volume required to reach the 80 °C target and percentage of samples that reached the target in each case ('éxito ensayo').

Leña	Éxito ensayo (%)	Volumen promedio utilizado (m^3)	n
Pino tapado	89	0.0020	9
Pino destapado	11	0.0050	9
Lenga	67	0.0023	3
Algarrobo	100	0.0005	1
Sauce	100	0.0023	1
Ñire	67	0.0033	3

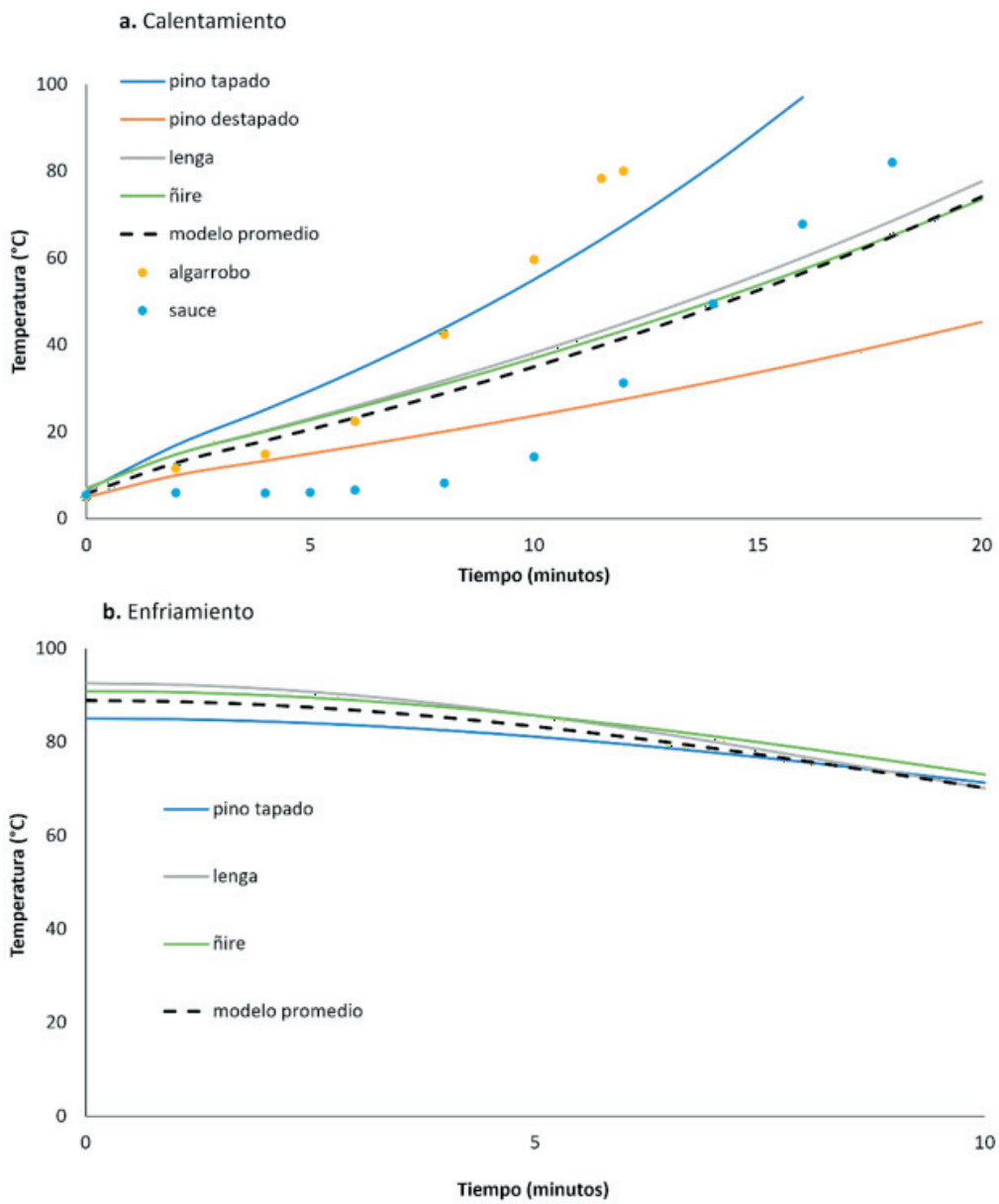


Figura 6. Relación modelizada entre el tiempo y la temperatura para cada especie durante las etapas de a) calentamiento y b) enfriamiento del ensayo de combustión.

Figure 6. Modeled relationship between time and temperature for each species during the a) heating and b) cooling phase of the combustion trial.

superior a 25%, mientras que en las rumas destapadas, este porcentaje correspondía a 22.9% (Figura 5).

Ensayo de combustión

La leña de pino que fue tapada durante el ensayo logró alcanzar la temperatura objetivo (80 °C) en el 89% de los casos, con menor volumen de madera que la leña no tapada (Tabla 2). El pino proveniente de las rumas destapadas presentó dificultades tanto para lograr el encendido como para alcanzar la meta de temperatura, y produjo mucho humo. Los volúmenes de lenga y de pino tapado necesarios para alcanzar 80 °C fueron similares, mientras que el de ñire fue 65% superior al de pino tapado. Solo 1 de las 11 muestras de leña destapada (11% de éxito) alcanzó la temperatura meta; en ese caso se necesitó un volumen 150% mayor al de pino tapado. Es importante considerar que la leña de especies nativas evaluada incluyó unidades con elevada humedad y pudriciones, dado que estas condiciones caracterizan al combustible utilizado habitualmente por las familias.

Las curvas ajustadas a partir del ensayo de combustión (Material Suplementario 3) muestran que la leña de pino tapada alcanzó 80 °C en un tiempo menor al de la lenga y el ñire, mientras que el pino destapado (con valores de humedad por encima de los recomendados) no logró alcanzar la meta de 80 °C (Figura 6a). Por esa razón no se incluyó en la etapa posterior de enfriamiento. En esta última, no se observaron diferencias entre la leña de pino tapada y las alternativas durante los 10 minutos en que se realizaron mediciones (Figura 6b).

Discusión

La madera muerta es fundamental para sostener los procesos ecosistémicos de los bosques. A la vez, es una fuente esencial de combustible para numerosas poblaciones rurales. En Patagonia Norte, las plantaciones y las invasiones de pinos son una fuente alternativa de leña, pero su aprovechamiento presenta desafíos técnicos y culturales.

Los resultados de este trabajo muestran que los usuarios de la región tienen una percepción negativa de la leña de pino, en comparación con la leña de especies nativas. A la vez, reconocen un escenario de escasez del recurso en el bosque nativo o dificultades crecientes para obtenerla. No obstante, los ensayos demostraron que el pino se presenta como una alternativa técnicamente apta para su uso como leña en tanto se someta a un adecuado proceso de secado.

Las encuestas revelaron que los usuarios prefieren las especies nativas ñire y lenga, sobre todo por percibir en ellas una mayor capacidad calorífica, por la cercanía del recurso y porque generan menos residuos. La abundancia del recurso es un factor que incide mucho en la selección de la leña, lo que determina que no siempre las especies preferidas en términos de calidad térmica sean las más utilizadas (Medeiros and Albuquerque 2011). Esto podría explicar, en gran medida, la preferencia generalizada por el ñire y la lenga, ya que los pobladores pueden encontrarlas con facilidad cerca de sus viviendas. No obstante, el pino ofrece la ventaja múltiple de encontrarse cerca y de que es posible aprovechar un gran volumen de leña en una pequeña porción del terreno. Otros estudios realizados en regiones semiáridas de la Patagonia argentina destacaron la preferencia por especies nativas, aun cuando existe disponibilidad cercana de especies exóticas (Cardoso et al. 2012, 2015; Morales et al. 2017), pero no existen antecedentes para esta región en entornos boscosos.

En este estudio, la leña de pino destapada (i.e., sin cobertura durante el proceso de secado) fue la que mostró el peor rendimiento en el ensayo de combustión. Esto es consistente con las diferencias de percepción encontradas entre los usuarios, dado que el rendimiento depende del proceso de secado (Latzina 1937; Riquelme Espergue and Hernández Gutiérrez 2019), que fue heterogéneo entre los encuestados. De esta forma, quienes secan la leña de pino tienen una percepción mayormente positiva, y es esperable que esta percepción mejore aun más si el secado de la leña se realiza bajo algún tipo de cobertura.

La cobertura de las rumas con polietileno constituye una estrategia de bajo costo y sencilla implementación que contribuye a la viabilidad operativa de la propuesta. No obstante, es fundamental asegurar la cobertura de las rumas para evitar las roturas por viento, así como elevar la leña sobre pallets o estructuras similares para evitar la acumulación de agua en la base.

A la viabilidad operativa se suma la alta disposición de los usuarios a organizarse colectivamente en torno al abastecimiento

de leña. Este aspecto podría contribuir a la reducción de costos y esfuerzos de recolección y distribución, así como al intercambio de experiencias, contribuyendo al sostenimiento de la actividad en el tiempo.

La leña de pino secada bajo cobertura mostró un mejor rendimiento térmico que el ñire, la lenga y otras especies típicamente utilizadas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Solórzano (2017), quien señaló que el pino presenta un mayor poder calorífico que la lenga y el ñire, debido, sobre todo, a la composición química de la madera. Si bien el pino presenta una densidad levemente menor que todas las especies de *Nothofagus* (Atencia 2003), el poder calorífico no depende solo de este atributo, sino también del contenido de lignina, resina y aceites (Latzina 1937). Asimismo, Solórzano (2017) destacó que el ñire presenta un alto contenido de cenizas, superando a la lenga e, incluso, al pino, siendo poco recomendable como fuente energética en estufas domiciliarias. Por lo tanto, la percepción negativa del pino en cuanto a la generación de residuos podría deberse a la acumulación de residuos en los conductos. En este sentido, diversos estudios demostraron que la humedad de la leña es el componente principal que determina tanto la eficiencia de la combustión como la acumulación de creosota y la generación de residuos gaseosos perjudiciales (Shelton 1981; Price-Allison et al. 2023; Lai et al. 2024). Esto resalta la importancia del proceso de secado en el rendimiento integral de la leña. Al respecto, docentes de la Escuela Provincial de Educación Técnica N° 21 de San Martín de Los Andes desarrollaron experiencia en la fabricación y la prueba de estufas a leña, y encontraron que para quemar las resinas es necesario que la cámara de combustión genere entre 800 y 900 °C (EPET N° 21 2017). Este valor se puede alcanzar con la leña de pino mientras que el contenido de humedad sea adecuado. Así, el pino secado bajo cobertura de polietileno presenta una aptitud técnica similar o superior a la de las especies típicamente utilizadas.

En cuanto al mantenimiento de la temperatura, si bien no se encontraron diferencias entre las especies en la etapa de enfriamiento, es necesario ampliar el tiempo de análisis para obtener resultados más concluyentes. Además, es necesario profundizar en aspectos relacionados con la seguridad y eficiencia del uso domiciliario de la leña; en particular, en torno al tipo de instalaciones utilizadas y su mantenimiento, con el fin de proponer alternativas viables en términos de costos y efectividad que garanticen la seguridad domiciliaria en el uso de leña de pino.

No se observaron diferencias en el contenido de humedad de la leña entre sitios a lo largo del gradiente de precipitación. Esto puede deberse a que las condiciones particulares en las que cada familia instaló las rumas fueron heterogéneas, dado que buscamos emular situaciones reales de secado domiciliario. En este sentido, la incorporación de la variable "familia" anidada en sitio incorporada como efecto aleatorio en los modelos permitió corregir de forma parcial el agrupamiento de los datos, aunque la prueba de Durbin-Watson (Material Suplementario 3) sugiere cierta autocorrelación temporal residual, por lo que los resultados deben interpretarse considerando esta limitación.

Los resultados de este estudio sugieren que los mayores desafíos se presentan en torno a la aceptación social del recurso. Sin embargo, la valoración mayormente negativa de la leña de pino estaría vinculada, en gran medida, a las condiciones en las que fue usada tradicionalmente en la región, más que a su aptitud técnica. Por ello cobran una relevancia especial las estrategias de educación ambiental y comunicación institucional. En este sentido, los resultados de este proyecto se presentaron en diversas instancias locales y se generó material de difusión con información clave para el secado y la utilización de la leña, con el fin de promover un uso eficiente, sustentable y seguro del recurso (Material Suplementario 4). Como resultado de este proceso, la municipalidad de Villa Pehuenia-Moquehue decidió promover el uso de leña de pino para calefacción, avalada por la Comisión de Medioambiente de la Legislatura de Neuquén y en el marco de un acuerdo con la CIP, la Dirección Provincial de Bosques y el PNL. Por esto, en la temporada 2024/2025, las comunidades locales comenzaron a utilizar esta leña. Asimismo, las comunidades Hiengueihual y Catalán, también presentes en el norte del PNL, optaron por comenzar a utilizar leña de pino a partir de este proyecto.

Cabe destacar que la apropiación de los resultados del estudio se sustenta en aspectos sociales e institucionales locales. Las comunidades rurales enfrentan dificultades crecientes para abastecerse de leña nativa, asociadas tanto a la escasez del

recurso como a restricciones por parte de la CIP y el PNL, que buscan preservar el funcionamiento ecosistémico del bosque. En este contexto, la preexistencia de un esquema de gobernanza consolidado progresivamente entre los diversos actores involucrados generó condiciones propicias para el desarrollo del ensayo y la implementación local de los resultados.

Por otro lado, si bien el pino se presenta como una alternativa eficiente para uso leñero, es necesario abordar aspectos referidos a los requerimientos técnicos y logísticos del aprovechamiento de árboles en pie en relación con las posibilidades de las comunidades. Resulta fundamental, a su vez, considerar estrategias de manejo que permitan aprovechar el recurso sin favorecer procesos invasivos ni incrementar el riesgo de incendios (Franzese and Raffaele 2017; Paritsis et al. 2018; Torres et al. 2018).

En conjunto, los resultados indican que la leña de pino puede constituir una alternativa técnicamente eficiente para reducir la presión sobre el bosque nativo en Patagonia Norte, aunque su implementación dependerá de estrategias de articulación social e institucional y de un manejo adecuado de las plantaciones e invasiones. El estudio permitió cubrir vacíos de información vinculados a las percepciones de los usuarios, las prácticas de secado y el desempeño de la leña de pino en condiciones territoriales reales, aportando insumos relevantes para la planificación territorial del uso de leña y el desarrollo de estrategias que articulan objetivos de conservación con necesidades sociales.

Agradecimientos. Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto "Intercultural and intersectoral partnership approach to address *Araucaria araucana* threats" (project number: 2021-20) financiado por Franklinia Foundation y administrado por el Consorcio conformado por la Asociación Civil Propatagonia, el Consejo Zonal Pewenche, la Subsecretaría de Producción del Neuquén, la CIP y el PNL. El trabajo se logró gracias a la participación de los pobladores de la Comunidad Mapuche Puel y a la coordinación interinstitucional entre los miembros del Consorcio. Se agradece el trabajo y la participación de los pobladores Maitén, Hugo, Cristian, Roke, Eugenia, Juan Carlos, Ana y a quienes trozaron la madera, manejaron y cuidaron las rumas durante el ensayo.

Referencias

Albuquerque, U. P., L. V. F. Cruz Da Cunha, R. F. P. Lucena, and R. R. N. Alves. 2014. Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology. New York: Springer/Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7.

Antoci, V., and S. Di Martino (eds.). 2012. Plan de Gestión - Parque Nacional Lanín. Parque Nacional Lanín, San Martín de los Andes, Neuquén, Argentina. URL: goo.su/HzfYI34.

Atencia, M. E. 2003. Densidad de maderas (kg/m3) ordenadas por nombre común. INTI, CITEMA, Argentina. Pp. 1-8. URL: goo.su/lLJV.

Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas. S.f. Clima y Ambiente - Mediciones. URL: aic.gob.ar/sitio/estaciones.

Bates, L. 2007. Smoke, health and household energy - Volume 2. Researching pathways to scaling up sustainable and effective kitchen smoke alleviation. Boiling Point 54:26-27. URL: goo.su/UUazub.

Cardoso, M. B. 2023. Eficiencia energética para lograr mejor calidad de vida y cuidar el ambiente. Macroscopia. Pp. 5. URL: goo.su/UmXgs.

Cardoso, M. B., A. H. Ladio, S. Dutrus, and M. Lozada. 2015. Preference and calorific value of fuelwood species in rural populations in northwestern Patagonia. Biomass and Bioenergy 81:514-520. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.08.003.

Cardoso, M. B., A. Ladio, and M. Lozada. 2012. The use of firewood in a Mapuche community in a semi-arid region of Patagonia, Argentina. Biomass and Bioenergy 46:155-164. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.008.

Cardoso, M. B., and A. D. González. 2019. Residential energy transition and thermal efficiency in an arid environment of northeast Patagonia, Argentina. Energy for Sustainable Development 50:82-90. https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.03.007.

Consejo Federal de Inversiones, Dirección General de Bosques y Parques Provinciales del Neuquén, and Fundación para el Desarrollo Forestal Ambiental y del Ecoturismo Patagónico. 2007. Inventario del bosque implantado de la provincia del Neuquén (Período de trabajo: 27 de octubre de 2006 - 26 de diciembre de 2007). URL: goo.su/Je61.

Chauchard, L., H. Attis Beltrán, R. González Musso, G. Stecher, A. Mortoro, et al. 2021. Diagnóstico ambiental socio-económico de cuencas forestales: Cuenca Forestal Aluminé Provincia de Neuquén. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Argentina. Pp. 148. URL: goo.su/549LKWw.

Cuadras, C. M. 2019. Nuevos métodos de análisis multivariante (Vol. 20). Barcelona: CMC editions. Pp. 308. URL: goo.su/poAbeWY.

Di Rienzo, J. A., R. Macchiavelli, and F. Casanoves. 2012. Modelos lineales mixtos. Aplicaciones en InfoStat. Grupo

InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: goo.su/gycJGS.

Donoso, P. J., A. Promis, G. A. Loguercio, H. Attis Beltrán, M. Caselli, et al. 2022. Silviculture of South American temperate native forests. New Zealand Journal of Forestry Science 52. https://doi.org/10.33494/nzjfs522022x173x.

Doumecq, M. B., N. D. Jiménez-Escobar, D. Morales, and A. Ladio. 2023. Much more than firewood: woody plants in household well-being among rural communities in Argentina. Journal of Ethnobiology 43(2):101-114. https://doi.org/10.1177/02780771231176065.

Escuela Provincial de Educación Técnica N° 21. 2017. Estudio Técnico de estufas a combustión por biomasa forestal Patagonia Andina Norte. Departamento de Energía. San Martín de los Andes, Neuquén. Inédito.

FAO. 2024. El estado de los bosques del mundo 2024: Innovaciones en el sector forestal para lograr un futuro más sostenible. Roma. https://doi.org/10.4060/cd1211es.

Fellows, I. 2018. Wordcloud: Word Clouds. R package version 2.6. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.wordcloud.

Franzese, J., J. Urrutia, R. A. García, K. Taylor, and A. Pauchard. 2017. Pine invasion impacts on plant diversity in Patagonia: invader size and invaded habitat matter. Biological Invasions 19:1015-1027. https://doi.org/10.1007/s10530-016-1344-6.

Franzese, J., and E. Raffaele. 2017. Fire as a driver of pine invasions in the Southern Hemisphere: a review. Biological Invasions 19(8):2237-2246. https://doi.org/10.1007/s10530-017-1435-z.

Franzese, J., E. Raffaele, M. C. Chiuffo, and M. Blackhall. 2022. The legacy of pine introduction threatens the fuel traits of Patagonian native forests. Biological Conservation 267:109472. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109472.

González, A. D., S. Gortari, and E. Crivelli. 2005. Uso racional de energía y conservación de bosques en la Patagonia Andina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 9:1-6. URL: goo.su/wUdkt.

Hassan, L. G., N. A. Sani, A. M. Sokoto, and U. G. Tukur. 2017. Comparative studies of burning rates and water boiling time of wood charcoal and briquettes produced from carbonized *Martynia annua* woody shells. Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences 25(2):21-27. https://doi.org/10.4314/njbas.v25i2.4.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2024. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022: resultados definitivos: población indígena o descendiente de pueblos indígenas u originarios, 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos. URL: goo.su/IUDg8Y.

Funes, M. C., J. Sanguinetti, P. Laclau, L. Maresca, L. García, et al. 2006. Diagnóstico del estado de conservación de la biodiversidad en el Parque Nacional Lanín: su viabilidad de protección en el largo plazo. Informe final. Parque Nacional Lanín, San Martín de los Andes, Neuquén. Pp. 282. URL: goo.su/pUaWovM.

Lai, Y., X. Liu, M. Davies, C. Fisk, M. Holliday, et al. 2024. Characterisation of wood combustion and emission under varying moisture contents using multiple imaging techniques. Fuel 373:132397. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.132397.

Latzina, E. 1937. Calorimetría de maderas pertenecientes a especies existentes en la provincia de Tucumán. Lilloa 235-248. URL: goo.su/8ErM1X.

Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Neuquén N° 2780. 2011. Boletín Oficial de la Provincia de Neuquén N° 2277, ciudad de Neuquén. URL: goo.su/zuJLEr.

Loguercio, G. A., P. J. Donoso, S. Müller-Using, A. Dezzotti, M. F. Urretavizcaya, et al. 2018. Silviculture of Temperate Mixed Forests from South America. Pp. 271-317 en A. Bravo-Oviedo, H. Pretzsch and M. del Río (eds.). Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests. Managing Forest Ecosystems. Vol 31. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91953-9_8.

Martina, P., M. Aeberhard, and J. Corace. 2016. Pino y eucalipto: poder calorífico en función del contenido de humedad. Análisis inmediato y elemental. Memorias del Encuentro Argentino y Latinoamericano de Ingeniería. Pp. 867-873. URL: goo.su/hvBzBv.

Medeiros, M. F. T., O. S. Silva, and U. P. Albuquerque. 2011. Quantification in ethnobotanical research: an overview of indices used from 1995 to 2009. Sitientibus série Ciências Biológicas 11(2):211-230. https://doi.org/10.13102/scb108.

Miles, M. B., A. M. Huberman, and J. Saldaña. 2019. Qualitative data analysis: A methods sourcebook. Cuarta edición. Sage Publications, California, USA. URL: goo.su/C9iNxzX.

Morales, D. V., S. Molares, and A. H. Ladio. 2017. Firewood resource management in different landscapes in NW Patagonia. Frontiers in Ecology and Evolution 5:111. https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00111.

Orru, H., H. Olstrup, J. Kukkonen, S. López-Aparicio, D. Segersson, et al. 2022. Health impacts of PM2.5 originating from residential wood combustion in four nordic cities. BMC Public Health 22(1):1286. https://doi.org/10.1186/s12889-022-13622-x.

Paritsis, J., J. B. Landesmann, T. Kitzberger, F. Tiribelli, Y. Sasal, et al. 2018. Pine plantations and invasion alter fuel structure and potential fire behavior in a Patagonian forest-steppe ecotone. Forests 9(3):117. https://doi.org/10.3390/f9030117.

Paruelo, J., A. Beltrán, E. Jobbágy, O. Sala, and R. Golluscio. 1998. The climate in Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. Ecología Austral 8:85-101. URL: https://goo.su/JAjUGZk.

Price-Allison, A., P. E. Mason, J. M. Jones, E. K. Barimah, G. Jose, et al. 2023. The impact of fuelwood moisture content on the emission of gaseous and particulate pollutants from a wood stove. Combustion Science and Technology 195(1):133-152. https://doi.org/10.1080/00102202.2021.1938559.

Premoli, A., P. Quiroga, and M. Gardner. 2013. *Araucaria araucana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T31355A2805113. https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T31355A2805113.en.

Raffaele, E., M. A. Núñez, and M. A. Relva. 2015. Plantaciones de coníferas exóticas en Patagonia: los riesgos de plantar sin un manejo adecuado. Ecología Austral 25(2):89-92. https://doi.org/10.25260/EA.16.25.2.0.153.

R Core Team. 2025. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: goo.su/Ix4UU.

Rehfuess, E., and World Health Organization. 2006. Fuel for life: household energy and health. World Health Organization. Switzerland. Pp. 23. URL: https://goo.su/sdM8mx.

Reyes, R., and A. Venegas. 2009. Lineamientos para una política dendroenergética. Estado del arte, objetivos y propuestas. V Cumbre de Leña Castro-Chiloé: Corporación de Certificación de Leña. Pp. 35. URL: goo.su/aDTNy.

Richeri, M., M. Cardoso, and A. H. Ladio. 2013. Soluciones locales y flexibilidad en el conocimiento ecológico tradicional frente a procesos de cambio ambiental: estudios de caso en Patagonia. Ecología Austral 23:184-193. https://doi.org/10.25260/EA.13.23.3.0.1173.

Riquelme Espergue, F., and M. Hernández Gutiérrez. 2019. Buenas Prácticas para la Producción de Leña de Calidad en la Región de Aysén. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 46. Pp. 54. https://doi.org/10.52904/0718-4646.2019.518.

Saha, U. K., L. Sonon, and M. Kane. 2017. Prediction of calorific values, moisture, ash, carbon, nitrogen, and sulfur content of pine tree biomass using near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy 25(4):242-255. https://doi.org/10.1177/0967033517689981.

Sanguinetti, J., R. G. Ditgen, S. R. Donoso-Calderón, M. A. Hadad, L. Gallo, et al. 2023. Información científica clave para la gestión y conservación del ecosistema biocultural del Pewén en Chile y Argentina. Bosque (Valdivia) 44(1): 179-190. https://doi.org/10.4067/s0717-92002023000100179.

Shelton, J. W. 1981. Creosote accumulation as a function of moisture content, wood species, and fire intensity in an airtight stove, and chimney fire experiments (No. SERI/TR-00192-1). Solar Energy Research Inst., Golden, CO (USA). URL: goo.su/GSLhYgf.

Simon, A., J. Fierke, E. J. Reiter, G. A. Loguercio, S. Heinrichs, et al. 2024. The interior climate and its microclimatic variation of temperate forests in northern Patagonia, Argentina. International Journal of Biometeorology 68(4):719-730. https://doi.org/10.1007/s00484-024-02617-5.

Solórzano, S. 2017. Herramienta para negocios sustentables en biomasa forestal, Región de Aysén. Informe Técnico N° 214. Instituto Forestal - Chile. Pp. 79. URL: goo.su/3sdnzcE.

Szymañski, C., G. Fontana, and J. Sanguinetti. 2017. Natural and anthropogenic influences on coarse woody debris stocks in *Nothofagus-Araucaria* forests of northern Patagonia, Argentina. Austral Ecology 42(1):48-60. https://doi.org/10.1111/aec.12400.

Torres, A., P. A. Alarcón, M. A. Rodríguez-Cabal, and M. A. Núñez. 2018. Secondary invasions hinder the recovery of native communities after the removal of nonnative pines along a precipitation gradient in Patagonia. Forests 9(7): 394. https://doi.org/10.3390/f9070394.

Vásquez-Grandón, A., P. J. Donoso, and V. Gerding. 2018. Degradación de los bosques: Concepto, proceso y estado—Un ejemplo de aplicación en bosques adultos nativos de Chile. Pp. 175-196 en Silvicultura en bosques nativos. Experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. URL: goo.su/zBRUhUu.

Veblen, T. T., C. Donoso, T. Kitzberger, and A. Rebertus. 1996. Ecology of southern Chilean and Argentinean Nothofagus forests. Pp. 293-353 en T. T. Veblen, R. Hill and J. Read (eds.). The ecology and biogeography of *Nothofagus* forests. Yale University Press, New Haven. URL: goo.su/FP4V.

Zamora Tobar, D. A. 2020. Evaluación de la eficiencia energética de una estufa ahorradora de cámara tipo Rocket a través del protocolo prueba ebullición de agua (WBT) variando el contenido de humedad de encino blanco (*Quercus subspathulata*, trel). Tesis de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Pp. 120. URL: goo.su/qGqL4e.