

ARTÍCULOS

Experiencia preliminar en datación de edad con técnicas dendrocronológicas en el olivo (*Olea europaea*). Comunidad de Campos de Jahuel, comuna de Santa María, Valparaíso, Chile

Preliminary experience in age dating with dendrochronological techniques in olive trees (*Olea europaea*). Comunidad de Campos de Jahuel, commune of Santa María, Valparaíso, Chile

Emilio Cuq ^{a*}, Nicolás Lira ^a, Daniela Grimberg ^{b,c}, Francisca González ^a

*Autor de correspondencia: ^a Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Antropología, Laboratorio de Arqueodendrometría, Santiago, Chile, tel.: 56 9 9773 2071, arqueodendro@facso.cl

^b Université Paris 1, Panthéon-Sorbonne, Paris, Francia.

^c Universidad Católica del Norte, Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo R.P.G. Le Paige, San Pedro de Atacama, Chile.

SUMMARY

Dendrochronology is a recognized discipline for the study of chronologies and the evaluation of long-term environmental changes. In Chile, dendrochronological techniques have been used to study different tree species with excellent results. However, there are still species for which we do not know their dendrochronological potential, as is the case for Olive. The interest of the Campos de Jahuel community in knowing the age of their olive trees and the exact time when they were introduced in the valley opened the door for an exploratory study of this species using dendrochronological techniques. From a sampling of 15 specimens and macroscopic analysis of the growth rings, ages of at least 200 years were obtained. This experience was not without methodological difficulties considering the growth characteristics of olive trees.

Keywords: dendrochronology, growth ring, age, olive.

RESUMEN

La dendrocronología es una reconocida disciplina para el estudio de cronologías y la evaluación de cambios medioambientales en el largo plazo. En Chile, a partir de técnicas dendrocronológicas, se han estudiado diferentes especies arbóreas con excelentes resultados. Sin embargo, aún existen especies para las que no conocemos su potencial dendrocronológico, como lo es el caso de olivo. El interés de la comunidad Campos de Jahuel por conocer la antigüedad de sus árboles de olivo y el momento exacto en que estos habrían sido introducidos en el valle, abrió la puerta para un estudio exploratorio de esta especie con la utilización de técnicas dendrocronológicas. A partir de un muestreo de 15 ejemplares y el análisis macroscópico de los anillos de crecimiento, se otorgó edades de al menos 200 años de antigüedad. Esta experiencia no estuvo ajena a dificultades metodológicas considerando las características de crecimiento del olivo.

Palabras clave: dendrocronología, anillos de crecimiento, edad, olivo.

INTRODUCCIÓN

La dendrocronología se basa en la premisa de que el crecimiento radial de las especies leñosas es rítmico y anual, acorde a las condiciones ambientales determinadas por las estaciones del año (Fritts 1976). En este sentido, se espera que un conjunto de árboles viviendo en un ambiente homogéneo, comparta características similares en su crecimiento, es decir, que exista una sincronía en el desarrollo de anillos anuales anchos y delgados (Fritts 1976). Este

patrón de crecimiento se encuentra determinado principalmente por variables ambientales como la precipitación y la temperatura. De esta manera, cada anillo de crecimiento corresponderá a un año calendario específico (Fritts 1976). Esta relación entre la variación del crecimiento y la variabilidad de factores ambientales ha permitido que esta ciencia sea utilizada para reconstruir el clima del pasado en diferentes regiones del mundo (Fritts 1976), además de datar registros arqueológicos y eventos históricos, entre otras aplicaciones.

De esta manera los estudios de dendrocronología son capaces de aportar información cronológica muy fina para periodos recientes (lo que no ocurre con los fechados de radiocarbono (Lira y Lavier 2016)) además de aportar información acerca de la localidad de origen de la madera (se debe contar con curvas de referencia o estas deben ser construidas), los tipos de árboles utilizados (jóvenes o viejos, de crecimiento rápido o lento) y la organización económica y social para la explotación de estos recursos (bosques o áreas de bosques explotadas, transporte de madera, guardado y secado de madera) (Kuniholm 2001, Lavier *et al.* 2005, Lira y Lavier 2016).

En Chile, se han estudiado diferentes especies arbóreas con técnicas dendrocronológicas, teniendo excelentes resultados relativos al conocimiento del ambiente en el que crecen y su relación con el cambio climático (Lara y Villalba 1992, Aravena *et al.* 2002, Morales *et al.* 2020, Urrutia *et al.* 2021). Sin embargo, aún existen especies de las cuales no se conoce su potencial dendrocronológico, como el olivo (*Olea europaea* L.). Esta especie comúnmente conocida como olivo, fue introducida en Chile durante el período colonial, y hoy posee un gran valor económico, turístico y social para las comunidades que viven de su cultivo (Galecio 2008, Razeto *et al.* 2019).

En el marco del proyecto “Memoria del Olivo” de la ONG CIEM Aconcagua que desarrolla junto a la Comunidad de Campos de Jahuel de la comuna de Santa María, en la región de Valparaíso, se realiza un estudio para determinar las edades de Olivos, variedad sevillana, que se cultivan en esta zona de Altos de Jahuel. Este estudio fue solicitado a causa del interés de la comunidad por conocer la antigüedad de sus árboles y el momento exacto en que estos habrían sido introducidos en el valle.

Estudios existentes de dendrocronología en olivo se conocen en el mediterráneo europeo, los cuales llegan a conclusiones contradictorias. Por una parte, se plantean dudas respecto a la viabilidad del estudio dendrocronológico para esta especie, ya que la estructura de sus anillos de crecimiento es difusa, dificultando reconocer sus límites debido a fluctuaciones de densidad, variabilidad en su estructura y la restricción de la actividad cambial (Cherubini *et al.* 2013). Por otro lado, una realidad diferente ofrece otro estudio donde se reconocen los anillos de crecimiento de un árbol de olivo y se obtienen fechados entre los años 1600 y 1627, para la erupción volcánica en la isla Santorini, en Grecia (Friedrich *et al.* 2006, Ehrlich *et al.* 2021).

Otros estudios, además de reafirmar las dificultades para determinar edades, plantean la sobreestimación de estas por lo que realzan la importancia de la datación con radiocarbono como complemento en individuos viejos para mejorar su datación o formulan una relación entre el diámetro y la edad (Arnan *et al.* 2012, Camarero *et al.* 2021).

Se debe señalar que en Chile se han realizado intentos preliminares para el estudio dendrocronológico del olivo. El más reciente y único trabajo publicado a la fecha, es una memoria de título en la Universidad de Concepción (Piza-

rro 2018) realizada con olivos del valle del Huasco, en la región de Atacama, donde se plantean grandes dificultades para el reconocimiento de los anillos de crecimiento. No obstante, se logra estimar para estos individuos, edades con un rango de 350 años aproximadamente.

En virtud de estos antecedentes, nuestro objetivo es aportar a esta discusión a partir de la experiencia exploratoria llevada a cabo en la Comunidad de Campos de Jahuel, siendo esta la primera aproximación real realizada en Chile mediante técnicas dendrocronológicas, para la observación del crecimiento anual del olivo con la observación macroscópica de sus anillos de crecimiento, realizada sobre 15 ejemplares. Junto con esto, también esperamos evaluar las posibilidades futuras de desarrollar mediante esta disciplina, un estudio sobre las edades de individuos de olivos en Chile.

MÉTODOS

Durante el mes de mayo del 2022 se visitó en la comuna de Santa María a la Comunidad de Campos de Jahuel con la finalidad de realizar un muestreo dendrocronológico. Esta localidad se encuentra emplazada en la cuenca hidrográfica del río Aconcagua, y conformada por 2 pequeñas subcuencas que dan origen al Estero Jahuel. Comprende alrededor de 8.200 hectáreas de serranías y cordilleras bajas de los Andes, cuyas alturas fluctúan entre los 1.500 y los 3.000 m s.n.m. (Razeto *et al.* 2019) (figura 1).

Este territorio precordillerano, se caracteriza por un ambiente con gran cantidad de cerros dominados por vegetación nativa esclerófila y xerófila. Las zonas más altas poseen ambientes andinos de altura, con vegetación arbustiva baja y herbácea (Galecio 2008). Presenta según la clasificación climática de Köppen clima mediterráneo de lluvia invernal (Csb), clima mediterráneo de lluvia invernal de altura (Csb (h)) y clima semiárido de lluvia invernal (BSk (s)) (Departamento de Geografía Universidad de Chile (2017)). El muestreo consistió en la obtención de muestras de pequeños cilindros de madera de 5 mm de diámetro -también llamados tarugos de incremento - obtenidos con taladros de incremento en árboles vivos en diferentes orientaciones del fuste (figura 2A) y rodelas -secciones de madera- sacadas con motosierra a tocones o árboles caídos (figura 2B).

La observación de los anillos de crecimiento es un ejercicio básico y primordial para un análisis dendrocronológico. Para su correcta aplicación es necesario realizar el procesamiento de las muestras siguiendo los lineamientos indicados por Stokes y Smiley (1968). Las muestras de tarugos de incremento son montadas sobre una moldura de madera para posteriormente ser lijados con papel de lija al agua de distinta granulometría. Mientras que, para las secciones del tronco o rodelas, se selecciona la cara más representativa y se realiza el mismo proceso. Luego, estas muestras son analizadas macroscópicamente bajo una lupa estereoscópica binocular (figura 3) para observar cla-

LIMITE COMUNIDAD DE CAMPO JAHUEL COMUNA DE SANTA MARIA REGION DE VALPARAÍSO



MAPA DE CHILE
Región de Valparaíso.

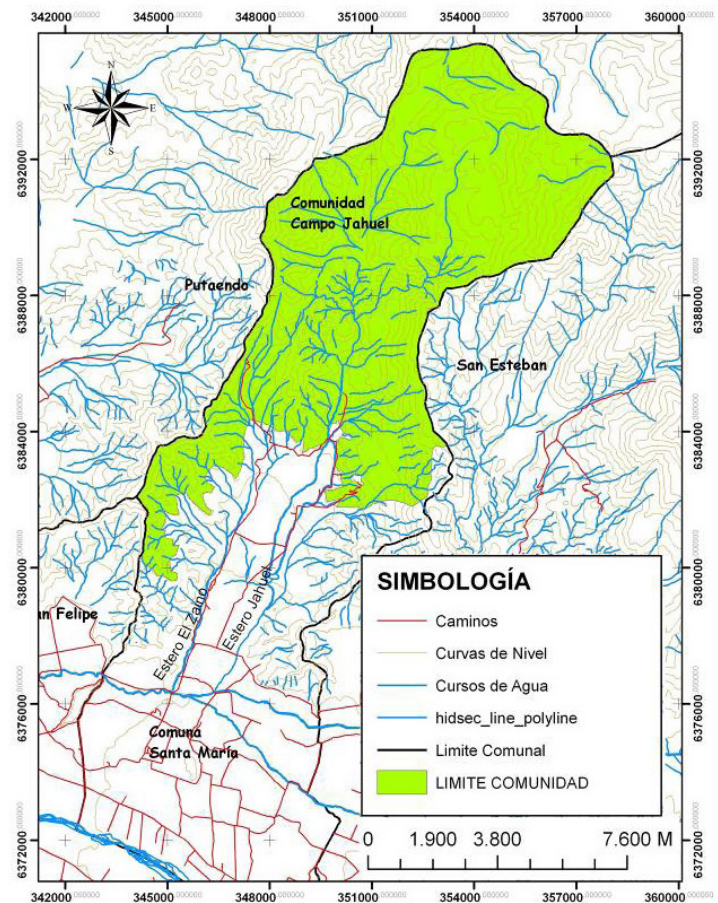


Figura 1. Mapa del área de estudio (Galecio 2008).

Map of the study area (Galecio 2008).



Figura 2. A. Extracción de muestras con taladro de Increment. B. Extracción de muestra con motosierra.

A. Sample extraction with increment borers. B. Sample extraction with a chainsaw.

ramente los límites de los anillos y la dirección de crecimiento de estos en la sección transversal de la madera en todas las muestras bajo estudio.



Figura 3. Análisis macroscópico de muestras a través de lupa estereoscópica.

Macroscopic analysis of samples through a stereoscopic lens.

RESULTADOS

El muestreo dendrocronológico entregó un total de 11 tarugos de incremento de diferentes individuos de olivo donde se obtuvo una muestra por árbol y dos en la medida que estos lo permitiesen. Además, se extrajeron tres rodelas de tocones o árboles cortados previamente, donde el sector AA está representado por dos secciones de una misma rodela (cuadro 1 y 2). Afortunadamente los árboles muestreados

no presentaron problemas mayores, como pudrición central pero sí dificultad en extraer los tarugos de incremento por las irregularidades del fuste y dureza de la madera.

En las muestras de tarugo se presentó una gran dificultad para el reconocimiento de los límites de los anillos de crecimiento durante la observación macroscópica, debido a grandes fluctuaciones en su densidad, a su estructura variable y sus paulatinos cambios interanuales, lo que lleva a una muy difícil visualización de los anchos de anillos de crecimiento (figuras 4A y 4B). Esto impide saber o determinar el número de estos en este tipo de muestras.

Sin embargo, en las muestras de secciones o rodelas el reconocimiento de los límites de los anchos de anillos de crecimiento, a pesar de tener las mismas dificultades que los tarugos de incremento, se pudo lograr la individualización y el conteo de estos. Esto es posible gracias a la mayor superficie que ofrece este tipo de muestras, permitiendo seguir en toda la circunferencia el probable límite de cada uno de los anillos (figura 5) y, por tanto, una mejor observación de estos. Gracias a este método, se logró determinar edades mínimas, por lo que este tipo de muestreo es el que permitiría definir edades de olivos con mayor éxito.

Las tres rodelas colectadas permitieron determinar su edad mínima, fluctuando estas entre 181 y 201 años (cuadro 3). Si bien el estudio se realizó el año 2022, estos árboles habían sido cortados en años previos (4 a 5 años según información local), por tanto, podría inferirse que estos individuos tuvieron sus primeros años de vida a principios del siglo XIX.

Cuadro 1. Número de tarugos de incremento por sector.

Number of samples by sector.

Sector	Número de árboles	Número de tarugos de incremento	Diámetro árbol (cm)
Lo Galdámez	2	4	42 y 45
La Ñipa	1	2	48
Los Rulo	1	1	39
Tabolango	1	1	90
El Velazquino	1	2	55
Santa Filomena	1	1	47

Cuadro 2. Número de secciones por sector.

Number of sections by sector.

Sector	Número de rodelas	Número de secciones	Diámetro árbol (cm)
Tabolango	1	1	63
AA	1	2	58
Lo Galdámez	1	1	59



Figura 4. Visualización macroscópica de tarugos de incremento de Lo Galdámez (A) y Tabolango (B) respectivamente.
Macroscopic visualization of samples from Lo Galdámez (A) and Tabolango (B) respectively.

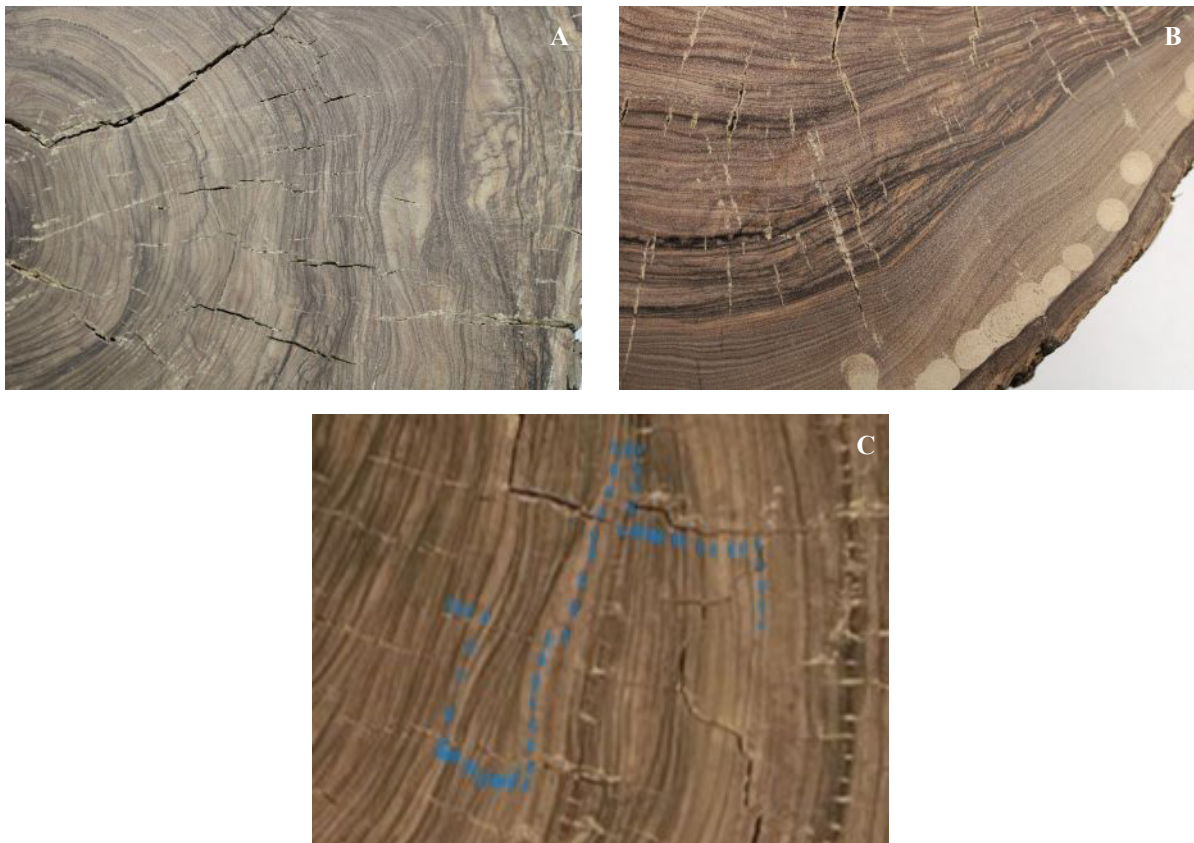


Figura 5. Visualización macroscópica de secciones de olivo: Lo Galdámez (A), Tabolango (B). Ejemplo de delimitación de anillos de incremento Lo Galdámez (C).
Macroscopic visualization of olive tree sections: Lo Galdámez (A), Tabolango (B). Example of delimitation of increment ring Lo Galdámez (C).

Cuadro 3. Resumen de edades mínima obtenidas de las rodela.

Summary of minimum ages obtained from sections.

Sector	Número de anillos (edad mínima)
Tabolango	201
AA	186
Lo Galdámez	181

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre muestras de olivo demuestran la factibilidad de la aplicación del análisis dendrocronológico para determinar edades aproximadas, a partir de muestras de secciones o rodela. Lamentablemente esta alternativa es de alta intervención y posible de desarrollar solo en aquellos olivos que han sido cortados o estén caídos. Para árboles vivos es muy difícil obtener resultados positivos, ya que las muestras de tarugos de incremento visibilizan solo una pequeña porción de la superficie transversal, insuficiente para la observación e individualización de los límites de los anillos, dadas las características mencionadas de la madera de *Oliva europea*.

El estudio dendrocronológico de especies de dificultades como las que presenta esta especie debe complementarse con información de la anatomía celular de la madera, como la distribución de los elementos vasos o poros y la disposición de las fibras leñosas, que permitiría definir con mayor claridad los límites de los anillos de crecimiento, sobre todo en el caso de muestras de tarugos de incremento (Gutiérrez 2009).

Por otro lado, gracias a la inquietud de la Comunidad de Campos de Jahuel por datar los árboles de olivo que crecen en el área, se plantea una oportunidad de explorar la dendrocronología para datar esta especie y obtener información acerca de la historia de la zona y su relación con el cultivo del olivo. Para esto, habría que contar con un conjunto de árboles para este estudio y realizar un análisis riguroso de los anillos de crecimiento, teniendo en cuenta las particularidades de la especie y la región. Es crucial la elaboración de curvas de referencia que nos entreguen patrones de crecimiento que permitan interpretar los resultados obtenidos, y que también permitan comparar estos con los realizados por otros investigadores en el mediterráneo europeo, relacionando o diferenciando el comportamiento en su crecimiento, así como también realizar los estudios y análisis que sugieren otros autores (Arnan *et al.* 2012, Camarero *et al.* 2021).

Finalmente, de ser exitoso, este estudio podría aportar valiosos datos acerca del pasado agrícola de la zona y de la evolución del cultivo del olivo en Chile; además de entregar información ambiental de la ecorregión donde se distribuye *Oliva europea*, lo que permitiría establecer estrategias de conservación y manejo más efectivas.

CONCLUSIONES

Las técnicas dendrocronológicas nos permitieron datar muestras de olivo, pero también nos indicaron la necesidad de complementarse con conocimientos y análisis de anatomía celular para el reconocimiento de los límites de anchos de anillos, así como también de otros análisis propuestos por otros autores (Arnan *et al.* 2012, Camarero *et al.* 2021).

La dendrocronología podría entregar información de la historia ambiental del lugar donde se cultiva así también de su evolución como cultivo en la zona, esto para un mejor manejo y aprovechamiento del recurso.

La positiva respuesta encontrada abre las puertas para un posible estudio dendrocronológico que entregue mayor conocimiento de esta especie, de gran importancia social, cultural y económica para las comunidades que la cultivan.

CONTRIBUCION DE AUTORES

EC diseñó el estudio, realizó la toma de datos en terreno, el análisis en laboratorio y la discusión de los resultados; NL realizó la toma de datos en terreno y contribuyó en la discusión de resultados; DG colaboró en la toma de datos en terreno y contribuyó con la discusión de los resultados; FG realizó la toma de datos en terreno. Los cuatro autores prepararon el manuscrito.

FINANCIAMIENTO

ONG CIEMAconagua. Proyecto FONDECYT 11191146.

AGRADECIMIENTOS

A la Comunidad de Campos de Jahuel de la comuna de Santa María en la región de Valparaíso. A la ONG CIEMAconagua en su proyecto Memoria del Olivo. A Proyecto FONDECYT 11191146.

REFERENCIAS

- Aravena JC, Lara A, Wolodarsky A, Villalba R, Cuq E. 2002. Tree-ring growth patterns and temperature reconstruction from *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) forest in the upper tree line of Southern Chilean Patagonia. *Revista Chilena de Historia Natural* 75(2):361-376. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000200008>
- Arnan X, BC López, J Martínez-Vilalta, M Estorach, R Poyatos. 2012. The age of monumental olive trees (*Olea europaea*) in northeastern Spain. *Dendrochronologia* 30(1):11-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2011.02.002>.
- Camarero J, M Colangelo, A Gracia-Balaga, MA Ortega-Martínez, U Büntgen. 2021. Demystifying the age of old olive trees. *Dendrochronologia* 65: 125802. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2020.125802>.
- Cherubini P, T Humbel, H Beeckman, H Gartner, D Mannes, C Pearson, W Schoch, R Tognetti y S Lev-Yadun. 2013. Olive

- Tree-Ring Problematic Dating: A Comparative Analysis on Santorini (Greece). *PLoS ONE* 8(1): e54730. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054730>
- Departamento de Geografía Universidad de Chile. 2017. «Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000». Catálogo Nacional de Información Geoespacial.
- Ehrlich Y, L Regev, E Boaretto. 2021. Descubrimiento del crecimiento anual en una rama de olivo moderna basado en isótopos de carbono e implicaciones para la erupción volcánica de Santorini en la Edad del Bronce. *Scientific Reports* 11:704. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79024-4>
- Friedrich W, B Kromer, M Friedrich, J Heinemeier, T Pfeiffer, S Talamo. 2006. Santorini eruption radiocarbon dated to 1627–1600 B.C. *Science* 312: 548. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1125087>
- Fritts HC. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, New York. USA. 567 p.
- Galecio B. 2008. Concepciones de mundo y expectativas de dos generaciones contemporáneas de comuneros en el marco de la nueva ruralidad. El caso de la comunidad de Campos de Jahuel, comuna de Santa María, V región de Valparaíso. Memoria de título para optar al grado de Antropóloga Social, Universidad de Chile. 123 p. Consultado el 25 sept. 2024. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/106113/cs-galecio_b.pdf?sequence=3
- Gutiérrez E. 2009. La dendrocronología: métodos y aplicaciones. In *Arqueología náutica mediterránea X Nieto, MA Cau* (eds.). Monografies del CASC. Generalitat de Catalunya, España. p. 309-322.
- Kuniholm PI. 2001. Dendrochronology and Other Applications of Tree-ring Studies in Archaeology. In Brothwell DR, AM Pollard eds. *The Handbook of Archaeological Sciences*, London, UK. John Wiley. p. 36–46.
- Lara A, R Villalba. 1992. A 3620-year temperature record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science* 260:1104-1106. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.260.5111.1104>
- Lavier C, C Locatelli, D Pousset. 2005. De l'artefact en bois a la nature forestière: quelques histoires parlantes – le bois de ses origines à nos jours. *Revue Forestière Française* 56 (sp):17-29. DOI : <https://doi.org/10.4267/2042/5138>
- Lira N, C Lavier. 2016. La madera en las embarcaciones de tradición indígena en la Patagonia septentrional. In F Mena (ed.). *Arqueología de la Patagonia: de Mar a Mar*, CIEP ediciones Ñire negro. p. 460-465.
- Morales MS, ER Cook, J Barichivich, DA Christie, R Villalba, C LeQuesne. 2020. Six hundred years of South American tree rings reveal an increase in severe hydroclimatic events since mid-20th century. *PNAS* 117(29): 16816-16823. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2002411117>
- Pizarro D. 2018. Estudio dendrocronológico en olivares del Valle del Huasco región de Atacama, Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo. Chillán, Chile. Facultad de Agronomía, campus Chillán, Universidad de Concepción. 56 p. Consultado el 25 sept. 2024. Disponible en: <https://repositorio.udec.cl/handle/11594/1631>
- Razeto J, E Catalán, JC Skewes. 2019. Soberanía territorial, conservación ambiental y comunidades de campo común en Chile central. *Polis* 54:75-89. DOI: <https://doi.org/10.32735/S0718-6568/2019-N54-1403>
- Stokes M, T Smiley. 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. USA. 73 p.
- Urrutia-Jalabert R, J Barichivich, V Rosas. 2021. Climate response and drought resilience of *Nothofagus obliqua* secondary forests across a latitudinal gradient in south-central Chile. *Forest Ecology and Management* 485:118962. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118962>

Recibido: 14.10.23

Aceptado: 23.11.24

