

MORTALIDAD DE ÁRBOLES EN BOSQUES NATIVOS, UN PROCESO CADA VEZ MÁS RELEVANTE

Rodríguez Sabrina A.^{1,2}; Zamboni Pamela³; Aceñolaza Pablo^{1,2,3}

¹Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER); Facultad de Ciencia y Tecnología; Laboratorio de Biología; Ruta Provincial N° 11. Km 10,5 (3100). Oro Verde, Entre Ríos, Argentina

²Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cátedra de Dasonomía, Ruta 11 km 10,5 (3100), Oro Verde, Entre Ríos, Argentina

³Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICyTTP-CONICET), España 149, Diamante (3105), Entre Ríos, Argentina

Autor de correspondencia: sabrinarodriguez78@yahoo.com.ar

RESUMEN

El cambio climático registrado en las últimas décadas afecta la estructura de los bosques y con ello los patrones demográficos, reflejados en las tasas de crecimiento y mortalidad de las especies que componen estos ecosistemas. Estos cambios globales, que modifican indirectamente los regímenes de disturbios como incendios, plagas y sequías, se han intensificado en frecuencia y severidad en muchas regiones del mundo. La mortalidad de árboles y las pérdidas de biomasa por daños mecánicos, es decir, la rotura o la pérdida de ramas o partes del tallo, en los bosques nativos son aspectos cada vez más relevantes a nivel mundial. El aumento de las tasas de mortalidad en bosques nativos está asociado al incremento de la temperatura y el déficit de presión de vapor (DPV), la abundancia de lianas y la sequía y a eventos relacionados con el viento y los incendios, si bien se desconoce la importancia relativa de cada uno de los factores mencionados. La metodología utilizada en los relevamientos de mortalidad de los últimos años está siendo cada vez más precisa para determinar las causas y modos de mortalidad, y también para comparar datos de distintos bosques del mundo, siguiendo protocolos estandarizados. En el Espinal Mesopotámico no hay estudios específicos sobre estos temas, por lo que el objetivo de la presente revisión, es realizar una breve revisión sobre la problemática de la mortandad de árboles, como línea base para el inicio de una investigación sobre el estado sanitario y mortalidad de árboles en bosques nativos del Espinal Mesopotámico en la provincia de Entre Ríos.

Palabras clave: ecología forestal, manejo forestal, modos de mortalidad, relevamientos de mortalidad, cambio climático

SUMMARY

TREE MORTALITY IN NATIVE FORESTS: AN INCREASINGLY RELEVANT PROCESS

The climate change recorded in recent decades affects the structure of forests and, as a consequence, the demographic patterns reflected in the growth and mortality rates of the species that compose these ecosystems. These global changes, which indirectly modify disturbance regimes such as fire, plagues, and droughts, have intensified in frequency and severity in many regions of the world. The significance of tree mortality and biomass losses resulting from mechanical damage—that is, the breaking off or loss of branches or portions

of the stem—in native forests are becoming relevant aspects worldwide. The growth in mortality rates in native forests is associated with the increase in temperature and the vapor pressure deficit (VPD), the abundance of lianas, and drought, as well as events related to wind and fire. However, the relative importance of each of these factors remains unknown. The methodology used in mortality surveys in recent years is becoming increasingly precise to determine the causes and modes of mortality, and also to compare data from different forests in the world, following standardized protocols. In the Mesopotamian Espinal, there are no specific studies on these topics, so the objective of this article is to carry out a brief review of the problems of tree mortality as a starting point for future research on health status and mortality of trees in native forests of the Mesopotamian Espinal in the province of Entre Ríos.

Keywords: forest ecology, forest management, modes of mortality, mortality surveys, climate change

Introducción

El cambio climático global, se ve reflejado principalmente en un aumento de la temperatura media y en variaciones de las tasas y distribución de las precipitaciones (Camarillo-Naranjo *et al.*, 2019) y en un aumento en la variabilidad climática en el corto plazo (Easterling *et al.*, 2000). En este contexto, se prevé que los eventos extremos serán más frecuentes e intensos y, tienen –y tendrán- impactos directos sobre los sistemas forestales (IPCC, 2014). Estos cambios globales, que modifican indirectamente los regímenes de disturbios como incendios, plagas y sequías, se han intensificado en frecuencia y severidad en muchas regiones del mundo (Allen *et al.*, 2010; Seidl *et al.*, 2020). Asociada a esto, en las últimas décadas, se detectó que la mortalidad de árboles es un proceso demográfico cada vez más relevante (Allen *et al.*, 2010; McDowell *et al.*, 2018). El objetivo de la presente nota, es realizar una breve revisión sobre la mortalidad de árboles en bosques nativos a nivel mundial, y también de los antecedentes observados a nivel local, como línea base para el inicio de una línea de investigación sobre estado sanitario y mortalidad de árboles en bosques nativos del Espinal mesopotámico en la provincia de Entre Ríos.

Tasas de mortalidad de árboles en bosques nativos

Estudios recientes han mostrado que en bosques tropicales la variación en el almacenamiento de carbono depende más del aumento de la mortalidad de los árboles que de su crecimiento (Longo *et al.*, 2019; Hubau *et al.*, 2020; Pugh *et al.*, 2020). En Europa, el cambio climático también se ha relacionado con aumentos de las tasas de mortalidad en eventos de baja gravedad que ocurren de manera constante y en ausencia de eventos catastróficos (Changenet *et al.*, 2021; Taccoen *et al.*, 2022); Se espera que los recientes aumentos en las tasas de mortalidad alteren la estructura y dinámica de los bosques; la composición de la comunidad y los ciclos del carbono y biogeoquímicos. A su vez, el tipo y frecuencia de las alteraciones de los bosques están cambiando en función del cambio climático y el cambio del uso de la tierra, alterando la estructura y la dinámica forestal (McDowell *et al.*, 2020). Estos cambios han modificado los umbrales de supervivencia y la esperanza de vida de numerosas especies. Un estudio reciente analizó los registros de la dinámica de los árboles de los últimos 50 años en bosques maduros en los trópicos húmedos

australianos y observó que el riesgo de mortalidad anual de árboles se duplicó en todas las parcelas y especies durante los últimos 35 años (Bauman *et al.* 2022). Estos investigadores consideran que esto indicaría una posible reducción a la mitad de la esperanza de vida (Bauman *et al.* 2022).

Causas más frecuentes

El aumento de las tasas de mortalidad en bosques nativos está asociado al aumento de la temperatura y al déficit de presión de vapor -DPV-, la abundancia de lianas y la sequía. El DPV se relaciona con el efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua del aire, ya que la transpiración vegetal ocurre cuando la presión del agua en las hojas es mayor que la presión del vapor de aire. Así, eventos relacionados al viento, los incendios y los crecimientos inducidos por la fertilización con CO₂ en el raleo, o la aceleración del crecimiento de los árboles (que alcanzan alturas mayores) los torna mecánicamente más vulnerables (McDowell *et al.*, 2018). Si bien, los impactos directos e indirectos del estrés por sequías y aumentos de la temperatura son los más relacionados al cambio climático (Bauman *et al.* 2022), se desconoce la importancia relativa de cada uno de los factores mencionados y, debido a la falta de precisión en los relevamientos de mortalidad, se han subestimado algunas causas. Por ejemplo, al instalar cámaras para determinar la incidencia de los rayos o descargas eléctricas en un bosque en Panamá, Yanoviak *et al.* (2019), mostraron que los rayos causaban el 40 por ciento de las muertes de árboles >60 cm de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP).

Problemática de los métodos

Un error frecuente en los estudios de mortalidad realizados en el siglo pasado fue realizar relevamientos o inventarios en períodos de tiempo muy distanciados entre sí, usualmente cada cinco o diez años, lo que condujo a una subestimación de las tasas de mortalidad. En algunos casos los árboles muertos se descomponen entre un

relevamiento y el siguiente (Gora *et al.* 2019). En relevamientos cada cinco o diez años no se puede establecer de forma precisa el modo de mortalidad de los árboles, es decir, si murieron desarraigados, quebrados, en pie u otros (Arellano *et al.*, 2021; Rodríguez *et al.*, 2021) y se tiende a subestimar o sobreestimar las frecuencias de cada modo de mortalidad. En este sentido, se está comenzando a hacer estudios sobre los modos de mortalidad de los árboles y su relación con las tasas de descomposición de la madera y el almacenaje de carbono en el bosque; ya que los árboles muertos en pie tienen una tasa de descomposición más lenta que los árboles desarraigados o quebrados, que están en contacto con la humedad del suelo (Gärtner *et al.* 2023). Otro error frecuente en la determinación de las causas de mortalidad fue la falta de seguimiento de protocolos estandarizados para analizar y comparar sets de datos provenientes de distintos sitios o estudios (Das *et al.*, 2016). En los últimos años comenzaron a usarse protocolos como el de The Forest Global Earth Observatory (ForestGEO) para la realización de censos anuales de mortalidad y daños en bosques tropicales y subtropicales (AMS) (Anderson-Teixeira *et al.*, 2015; Arellano *et al.*, 2021).

Crecimiento y los daños mecánicos en tallo y copa

El daño del tallo principal y/o la copa de los árboles; es decir el quiebre o la pérdida de ramas o partes del tallo causadas por la caída de otros árboles, ramas, rayos, inundación, deslizamientos de tierra; también afecta el crecimiento y la supervivencia de los mismos debido a la pérdida de soporte estructural, de conductividad hidráulica, de capacidad fotosintética, la anaerobiosis radicular y a la mayor exposición a los patógenos (Arellano *et al.*, 2019). Las pérdidas de biomasa causadas por daños mecánicos en los árboles vivos contribuyen significativamente a la pérdida de biomasa en los bosques tropicales (Chave *et al.*, 2003). Se ha observado una estrecha relación entre el mantenimiento de la integridad estructural de la copa, y

las tasas de crecimiento y mortalidad en árboles subtropicales (Rutishauser *et al.*, 2011; Arellano *et al.* 2019). Las tasas de crecimiento son un predictor no estocástico de la mortalidad, ya que un decaimiento en el vigor, o una disminución progresiva de las tasas de crecimiento podrían sugerir que se está iniciando el proceso de mortalidad de un árbol (Chao *et al.*, 2009).

Martínez Pastur *et al.* (2021) señalan que es necesario cambiar los paradigmas silvícolas, desde esquemas estáticos a dinámicos, para adaptarse a los posibles cambios que, en su mayoría son poco predecibles en el mediano y largo plazo. Además, estos autores afirman que las propuestas silvícolas deben considerar los eventos extremos, así como las modificaciones en las dinámicas de poblaciones naturales de insectos y/o enfermedades diversas que puedan convertirse en plagas. Una revisión de estrategias de conservación y manejo silvicultural de bosques frente al cambio climático, entre las que se encuentra “profundizar los estudios sobre la respuesta de las especies a conservar respecto de cambios fisiológicos, comportamiento o demografía, e incluir dichos estudios dentro de las planificaciones de los planes de manejo”.

Situación actual del Espinal mesopotámico

El Espinal es una de las ecorregiones de Argentina que más se ha transformado por el cambio de uso de la tierra y la expansión de la frontera agrícola-ganadera (Maldonado *et al.* 2012; Sabattini 2015; Cabido *et al.*, 2018), lo que llevó a la fragmentación, a la disminución del área ocupada por el bosque y a la introducción de especies exóticas invasoras (Matteucci 2012; Calamari 2014; Dussart *et al.*, 2015). Actualmente parte de los bosques del Espinal han desaparecido y quedan fragmentos en una matriz de cultivos, plantaciones forestales, campos ganaderos y construcciones urbanas (Lewis *et al.*, 2009; Guida-Johnson & Zuleta, 2013; Garachana *et al.*, 2018). Los bosques del Espinal Mesopotámico (comprende los

bosques del Espinal distrito del Ñandubay, se ubican entre los 28° y los 40° de latitud Sur y se extienden por el Oeste, rodeando el pastizal pampeano en forma de arco) también han sido parte de este proceso (Maldonado *et al.*, 2012), aunque todavía existen fragmentos en un buen estado de conservación (Rodríguez, 2013). También se han estudiado las interacciones entre el cambio de uso de la tierra, la fragmentación y distintos grupos funcionales, de plantas y aves (Sione *et al.*, 2006; Calamari 2014; Pairo *et al.*, 2021).

Galetto *et al.* (2021) presenta una lista de recomendaciones para mejorar la conservación y el manejo silvicultural del Espinal, entre las que mencionan realizar estudios a largo plazo para definir los factores de riesgo más importantes y la evaluación continua de las estructuras poblacionales de árboles. Estos autores también afirman que es urgente la evaluación y el monitoreo del estado de los bosques nativos del Espinal. Dentro de las recomendaciones de manejo y conservación para esta región forestal afirman que el principal desafío es mantener los relictos de bosques que aún quedan y proponer un ordenamiento del territorio que mantenga el funcionamiento de los bosques existentes y los servicios ecosistémicos (Peri *et al.*, 2021).

En los últimos años, se han observado árboles muertos de ñandubay (*Neltuma affinis* (Spreng.) C.E. Hughes & G.P. Lewis) y de otras especies de árboles en grupos o de pequeños parches de bosque en el Espinal Mesopotámico (Figura 1) (Aceñolaza, com. pers.), que conjeturalmente podrían estar asociados a ciclos continuos de precipitación y sequía que actúan sobre el anegamiento. Sin embargo, las causas específicas y las tasas de mortalidad aún no han sido estudiadas.

Consideraciones finales

En las últimas décadas, la frecuencia y severidad de disturbios como incendios, plagas y sequías se han intensificado en frecuencia y severidad en muchas regiones del mundo. Estos cambios impactan en la



Figura 1. . Mortalidad en grupo de individuos de *N. affinis* en bosques del Espinal mesopotámico (Foto: Aceñolaza, P.)

estructura de los bosques y con ello en los patrones demográficos cómo las tasas de crecimiento y mortalidad de las especies que los componen. Las tasas de mortalidad de árboles están aumentando en distintas regiones del mundo. Si bien se desconoce la importancia relativa de cada factor o causa de mortalidad en distintas regiones forestales; la metodología utilizada en los relevamientos de mortalidad está siendo cada vez más precisa para determinar causas y modos de mortalidad, y también para comparar datos de distintos bosques del mundo, siguiendo protocolos estandarizados. En el Espinal mesopotámico, las tasas y causas de mortalidad no están determinadas. Los autores de esta nota hemos observado la mortalidad de numerosos árboles en grupos en bosques de Entre Ríos. Sumado a esto, en

el libro más relevante publicado en los últimos años sobre bosques nativos de Argentina -Uso sostenible del bosque: Aportes desde la Silvicultura Argentina, Eds: Peri.; Martínez Pastur; Schlichter-, los investigadores afirman que es urgente la evaluación y el monitoreo del estado de los bosques nativos del Espinal (Galletto *et al.*, 2021)

En este contexto, los autores de esta nota, desde el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencia y Tecnología (UADER) y CONICET, estamos iniciando una línea de investigación en bosques nativos del Espinal mesopotámico en la provincia de Entre Ríos, centrada en el estudio de las características funcionales de las especies arbóreas y arbustivas que aporte técnicas de manejo forestal basadas en la sostenibilidad ambiental. El objetivo general de esta línea

es generar información que contribuya al ordenamiento territorial del Espinal como región forestal, e información a nivel local que aporte recomendaciones específicas de manejo a nivel de rodal y de paisaje para el Espinal Mesopotámico. La comunicación pública de los productos científicos obtenidos, el diálogo con los distintos sectores y actores relacionados, tanto a nivel local como nacional, son ejes transversales dentro de esta línea de investigación.

Esta línea de investigación se realizará dentro del marco teórico de la ecología funcional, que puede proporcionar una comprensión mecanicista de cómo los rasgos funcionales –densidad de la madera, la altura máxima del árbol adulto, el área foliar específica (AFE) afectan el rendimiento de los árboles y, por lo tanto, de la estructura y la dinámica forestal.

Referencias bibliográficas

- ALLEN, C.D., MACALADY, A.K., CHENCHOUNI, H., BACHELET, D., MCDOWELL, N., VENNETIER, M., KITZBERGER, T., RIGLING, A., BRESHEARS, D., HOGG, E.H., GONZÁLEZ, P., FENSHAM, R., ZHANG, Z., CASTRO, J., DEMIDOVA, N., LIM, J., ALLARD, G., RUNNING, S., SEMERCI, A., COBB, N., (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660-684.
- ANDERSON-TEIXEIRA, K.J., DAVIES, S.J., BENNETT, A.C., GONZALEZ-AKRE, E.B., MULLER-LANDAU, H.C., JOSEPH WRIGHT, S. *ET AL.* (2015). CTFS- ForestGEO: A worldwide network monitoring forests in an era of global change. *Global Change Biology*, 21, 528–549.
- ARELLANO, G., MEDINA, N., TAN, S., MOHAMAD, M. AND DAVIES, S. (2019). Crown damage and the mortality of tropical trees. *New Phytologist*, 221, 169–179.
- ARELLANO, G, ZULETA, D, DAVIES, SJ. (2021). Tree death and damage: A standardized protocol for frequent surveys in tropical forests. *J Veg Sci.*; 32: e12981.
- BAUMAN, D., FORTUNEL, C., DELHAYE, G. *ET AL.* (2022). Tropical tree mortality has increased with rising atmospheric water stress. *Nature* 608, 528–533.
- CABIDO, M., ZEBALLOS, S. R., ZAK, M., CARRANZA, M. L., GIORGIS, M. A., CANTERO, J. J., ACOSTA, A. T., (2018). Native woody vegetation in central Argentina: Classification of Chaco and Espinal forests. *Applied Vegetation Science*; 21:298–311.
- CALAMARI, N.C., (2014). Influencias del tamaño de parche y configuración espacial del bosque nativo sobre poblaciones de aves, en Entre Ríos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba.
- CAMARILLO-NARANJO JM, ÁLVAREZ-FRANCOSO JI, LIMONES-RODRÍGUEZ N, PITA-LÓPEZ MF, AGUILAR-ALBA M. (2019). The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination, *International Journal of Digital Earth*, 12:4, 394-414.
- CHAO, K.J., PHILLIPS, O.L., MONTEAGUDO, A., TORRES-LEZAMA, A., AND VÁSQUEZ MARTÍNEZ, R. (2009). How do trees die? Mode of death in northern Amazonia. *J. Veg. sci.* 20(2): 260–268.
- CHAVE, J., CONDIT, R., LAO, S.S., CASPERSEN, J.P., FOSTER, R.B. AND HUBBELL, S.P. (2003). Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *Journal of Ecology*, 91, 240–252.
- DAS, A. J., STEPHENSON, N. L., & DAVIS, K. P. (2016). Why do trees die? Characterizing the drivers of background tree mortality. *Ecology*, 97(10), 2616–2627.
- DUSSART, E., MEDINA, A., BOGINO, S., (2015). Dendroecología en la pampa Argentina: investigaciones actuales, pasadas y futuros desafíos. *Ecosistemas*. 24(2): 51-59.
- EASTERLING, D.R., MEEHL, G., CHANGNON, S., PARMESAN, C., KARL, T.R., MEARNES, L.O., (2000). Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289, 2068–2074.
- GALETTO, L, BARBERIS, I, CALAMARI N, DARDANELLI S, GAVIER-PIZARRO G, IGLESIAS R, LEZANA L, TORRES C, VESPRINI J. (2021). Región del Espinal. En:

- Uso sostenible del bosque: Aportes desde la Silvicultura Argentina. Editores: Peri P. L.; Martínez Pastur G.; Schlichter T. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- GARACHANA, D. M., R. ARAGÓN & G. BALDI. (2018). Estructura espacial de remanentes de bosque nativo en el Chaco Seco y el Espinal. *Ecología Austral* 28: 553-564.
- GÄRTNER, A.; JÖNSSON, A.M.; METCALFE, D.B.; PUGH, T.A.M.; TAGESSON, T.; AHLSTRÖM, A. (2023) Temperature and Tree Size Explain the Mean Time to Fall of Dead Standing Trees across Large Scales. *Forests*, 14, 1017.
- GORA, E.M., KNEALE, R.C., LARJAVAARA, M. AND MULLER-LANDAU, H.C. (2019). Dead wood necromass in a moist tropical forest: stocks, fluxes, and spatiotemporal variability. *Ecosystems*, 22, 1189–1205.
- GUIDA-JOHNSON, B. & G. A. ZULETA. 2013. Land-use land-cover change and ecosystem loss in the Espinal ecoregion, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181: 31-40.
- HUBAU, W., LEWIS, S.L., PHILLIPS, O.L., AFFUMBAFFOE, K., BEECKMAN, H., CUNÍ-SANCHEZ, A. ET AL. (2020) Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature*, 579, 80–87.
- IPCC (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA.
- LEWIS, J.P.; S. NOETINGER; D.E. PRADO Y I.M. BARBERIS. (2009). Woody vegetation structure and composition of the last relicts of Espinal vegetation in subtropical Argentina. *Biodiversity Conservation* 18: 3615-3628.
- LONGO, M., KNOX, R.G., MEDVIGY, D.M., LEVINE, N.M., DIETZE, M.C., KIM, Y. ET AL. (2019). The biophysics, ecology, and biogeochemistry of functionally diverse, vertically and horizontally heterogeneous ecosystems: The Ecosystem Demography model, version 2.2. -Part 1: Model description. *Geoscientific Model Development*, 12, 4309–4346.
- MALDONADO, F.D.; SIONE, W.F. Y P.G. ACEÑOLAZA. (2012). Mapeo de desmontes en áreas de bosque nativo de la Provincia de Entre Ríos. *Ambiència* 8: 523-532. Guarapuava (PR). ISSN 1808-0251.
- MARTÍNEZ PASTUR, G; HUERTAS HERRERA, A.; ROSAS, Y.; BARRERA, M.; AMOROSO, M; ALCOBÉ M. F.; DÍAZ DELGADO R., ROIG F.A.; MATTEUCCI S. D; PERI P. (2021). Influencia del cambio climático y variaciones en el clima sobre los bosques nativos de Argentina: ¿qué estrategias de manejo y conservación deberían considerarse? En: *Uso sostenible del bosque: Aportes desde la Silvicultura Argentina.* Editores: Peri P. L.; Martínez Pastur G.; Schlichter T. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- MATTEUCCI, S. D., (2012). Ecorregión Espinal. En: Morello, J., Matteucci, S.D., Rodríguez, A.F., Silva, M.E. (eds.), *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos.* pp. 349-390.
- MCDOWELL N, ALLEN CD, ANDERSON-TEIXEIRA K, BRANDO P, BRIENEN R, CHAMBERS J, CHRISTOFFERSEN B, DAVIES S, DOUGHTY C, DUQUE A ET AL. (2018). Drivers and mechanisms of tree mortality in moist tropical forests. *New Phytologist* 219: 851–869.
- MCDOWELL, N.G., ALLEN, C.D., ANDERSON-TEIXEIRA, K., AUKEMA, B.H., BOND-LAMBERTY, B., CHINI, L. ET AL. (2020) Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. *Science*, 368, 1–10.
- PAIRO, P. E., RODRIGUEZ, E. E., BELLOCQ, M. I., & ACEÑOLAZA, P. G. (2021). Changes in taxonomic and functional diversity of plants in a chronosequence of *Eucalyptus grandis* plantations. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89988-6>.
- PERI, P.L.; GALETTO L.; VILLAGRA P, POLITI N.; CAMPANELLOP; AMOROSOM.; SARMIENTO M.; LÓPEZ D. R.; EASDALE M.; SCHLICHTER T.; CHAUCHARD L.; FERMANI S.; MARTÍNEZ

- PASTUR, G. (2021). Recomendaciones generales para el manejo y la conservación futura del bosque nativo en la Argentina. En: *Uso sostenible del bosque: Aportes desde la Silvicultura Argentina*. Editores: Peri P. L.; Martínez Pastur G.; Schlichter T. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- POORTER, L., WRIGHT, S., PAZ, H. & ACKERLY, D. (2008). Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. *Ecology* 89: 671908–1920.
- PUGH, T.A.M., RADEMACHER, T.T., SHAFER, S.L., STEINKAMP, J., BARICHIVICH, J., BECKAGE, B. ET AL. (2020). Understanding the uncertainty in global forest carbon turnover. *Biogeosciences Discussions*, 17, 3961–3989.
- RODRÍGUEZ, E. (2013). Heterogeneidad de la vegetación en una porción del Espinal Mesopotámico. *Disertación Doctoral*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta (UNSA), Salta. 350 pp.
- RODRÍGUEZ, S. A, CRISTIANO, P. M, LEZCANO, O. A, SUIREZS, T. M, DÍAZ VILLA, M. VIRGINIA E, BUCCI, S. J, GOLDSTEIN, G., & CAMPANELLO, P. I. (2021). Crown structural properties, wood density, and liana load: influence on growth and mortality in subtropical forests. *Canadian journal of forest research*, 51, 111-121.
- RUTISHAUSER, E., BARTHÉLÉMY, D., BLANC, L. AND ERIC-ANDRÉ, N. (2011) Crown fragmentation assessment in tropical trees: Method, insights and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 261, 400–407.
- SABATTINI, J.A., (2015). Land cover and land use changes of native forests categories: the case of the Atencio District, Argentina, in the period from 1984 to 2013. *Forest Systems*. 24(2), 028.
- SEIDL, R., HONKANIEMI, J., AAKALA, T., ALEINIKOV, A., ANGELSTAM, P., BOUCHARD, M., BOULANGER, Y., BURTON, P.J., DE GRANDPRÉ, L., GAUTHIER, S., HANSEN, W.D., JEPSEN, J.U., JÖGISTE, K., KNEESHAW, D.D., KUULUVAINEN, T., LISITSYNA, O., MAKOTO, K., MORI, A.S., PURESWARAN, D.S., SHORHOVA, E., SHUBNITSINA, E., TAYLOR, A.R., VLADIMIROVA, N., VODDE, F. AND SENF, C. (2020), Globally consistent climate sensitivity of natural disturbances across boreal and temperate forest ecosystems. *Ecography*, 43: 967-978.
- SIONE, S., SABATTINI, R., LEDESMA, S., DORSCH, A., FORTINI, C. (2006). Caracterización florística y estructural del estrato arbustivo de un monte en pastoreo (Las Garzas, Entre Ríos). *Revista Científica Agropecuaria*. 10, 59-67.
- TACCOEN, A., PIEDALLU, C., SEYNAVE, I. ET AL. (2022). Climate change-induced background tree mortality is exacerbated towards the warm limits of the species ranges. *Annals of Forest Science* 79, 23.
- YANOVIK, S. P., GORA, E. M., BITZER, P. M., BURCHFIELD, J. C., MULLER-LANDAU, H. C., DETTO, M., PATON, S., & HUBBELL, S. P. (2019). Lightning is a major cause of large tree mortality in a lowland Neotropical forest. *New Phytologist*, October 2019, 0–1.

Original recibido (14/06/23)
Original aceptado (01/12/23)