

Caracterización de la situación sanitaria de un rodal de *Nothofagus pumilio* afectado por *Notophorina* sp.

MANUELA TARABINI^{1,2,3}; FEDERICO GOMEZ^{1,2,3,4}; LUDMILA LA MANNA^{1,2} & CECILIA GOMEZ^{1,✉}

¹ Centro de Estudios Ambientales Integrados (FI-UNPSJB). ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). ³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEAF Esquel. ⁴ SCTeIP Chubut.

RESUMEN. En un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) en el norte de Chubut, detectamos un rodal afectado por *Notophorina* sp. (Hemiptera, Psyllidae) con sintomatología foliar destacada. Asumimos que se trata de un pico poblacional de este succionador, por primera vez registrado en la Patagonia argentina. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la situación sanitaria del rodal y de los árboles afectados, asociada con el pico poblacional de *Notophorina* sp. El estudio se llevó a cabo en un rodal situado a los 42°41'36.06" S - 71°44'42.26" O, dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Los Alerces (Chubut, Argentina). Se efectuaron dos muestreos en el verano de 2020 (enero-febrero), en un período de dieciocho días (T1, T2); se realizó una prospección sanitaria y se cuantificó la abundancia de *Notophorina* sp. sobre las ramas de los árboles afectados. El 30% de los árboles presentó defoliación en T1, y este valor subió a 50% en T2. Los síntomas registrados consistieron en clorosis, necrosis, arrellamiento de la lámina foliar y defoliación parcial o total. Al momento del segundo monitoreo, los árboles con infestación más antigua presentaron hojas de menor tamaño (1.80±0.38 cm²) que los infestados recientemente (3.79±0.38 cm²), mientras que las hojas de los árboles sanos fueron mucho más grandes (6.99±0.38 cm²). El área foliar específica fue similar entre árboles con infestación antigua y reciente (123.3±20.34 cm²/g vs. 159.27±20.34 cm²/g), pero significativamente menor que en los árboles sanos (289.15±20.34 cm²/g). La densidad poblacional del succionador descendió drásticamente entre ambos muestreos (87%). Este trabajo contribuye a generar antecedentes bioecológicos sobre *Notophorina* sp. en la región de los Andes patagónicos, y a dimensionar el efecto sobre sus hospederos.

[Palabras clave: sanidad forestal, insectos succionadores, bosque andino-patagónico, Chubut]

ABSTRACT. Health condition of a *Nothofagus pumilio* stand affected by *Notophorina* sp. In a forest of *Nothofagus pumilio* (lenga) in northern Chubut, we found a stand affected by *Notophorina* sp. (Hemiptera, Psyllidae) with outstanding foliar symptoms. We assumed that it is about a peak of abundance, which is the first record in Argentinean Patagonia. Our aim was to characterize the stand and the health condition of affected trees related to the peak abundance of *Notophorina* sp. In a stand located at 42°41'36.06" S - 71°44'42.26" W, in the Parque Nacional Los Alerces (Chubut, Argentina), two samplings were carried out in an eighteen day period (T1, T2) during the summer (January and February) of 2020. A health survey was performed and *Notophorina* sp. abundance was evaluated. Thirty percent of the trees showed defoliation in T1 and this value increased to 50% in T2. The symptoms were chlorosis, necrosis, leaves curling and partial or total defoliation. At T2, the previously affected trees had smaller leaves (1.80±0.38 cm²) than those recently affected (3.79±0.38 cm²), while the leaves of the healthy trees were the largest (6.99±0.38 cm²). The specific leaf area was similar for trees with old and recent infestation (123.3±20.34 cm²/g vs. 159.27±20.34 cm²/g) and significantly higher in healthy trees (289.15±20.34 cm²/g). The population density decreased drastically between both samplings (87%). This study contributes to the bioecological background of *Notophorina* sp. in the Patagonian Andean region and assesses the effect on its hosts.

[Keywords: forest health, sup-sucking insects, Patagonian Andean forests, Chubut]

INTRODUCCIÓN

Los bosques del mundo han sufrido las consecuencias de los cambios en los regímenes climáticos a lo largo de la historia (e.g., mortalidad, fragmentación). En el siglo pasado y en el actual, el aumento de la temperatura y el descenso de las precipitaciones a escala global han provocado disminución en el crecimiento, decaimiento y mortalidad de los bosques (Allen et al. 2015). Estos fenómenos de decaimiento del bosque son el resultado de la interacción de múltiples factores a escala global, como el aumento de la sequía asociado al cambio climático y la incidencia o abundancia de agentes de daño. El incremento en la frecuencia y la intensidad de la sequía, y su co-ocurrencia con disturbios tales como los incendios forestales y los estallidos poblacionales de insectos, podrían resultar más perjudiciales para la sanidad forestal que el incremento en sí de la temperatura media (Davi et al. 2020).

El debilitamiento de los árboles tras episodios sucesivos de sequía produce la disminución de sus mecanismos de resistencia (Allen et al. 2015), favoreciendo el incremento de las poblaciones de insectos asociados a través de modificaciones en su fisiología (i.e., incremento de la tasa de desarrollo [Rouault et al. 2006], cambios genéticos y modificaciones en los sistemas de detoxificación [Mattson and Haack 1987]). En consecuencia, estas alteraciones pueden transformar los ciclos de vida de los insectos propios de los bosques, convirtiéndolos en motores importantes de cambio en los ecosistemas forestales (Alfaro et al. 2010). Tal es el caso de *Perzeliarida* Clarke (Lepidoptera: Depressariidae), una polilla nativa presente en el bosque andino-patagónico, que durante su etapa larval es pegadora y enrolladora de hojas, afectando el desarrollo óptimo de sus plantas hospedadoras. Estudios recientes demostraron que la abundancia de las larvas varía con el gradiente de precipitación, aumentando hacia los sitios más secos (Pietrantuono et al. 2022). En este contexto, los insectos forestales y las enfermedades que en la actualidad son consideradas menores, podrían convertirse en problemas graves, en especial si las poblaciones se encuentran en el límite del rango ecológico de su hospedador (Durand-Gillmann et al. 2012).

En los últimos años se observaron parches con mortalidad agrupada de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poep. et Endl) Krasser) en la provincia

de Chubut, Argentina, una de las especies más importantes a nivel económico y ecológico de la Patagonia argentina. La mortalidad está asociada a dos ecotonos: uno, altitudinal, y otro, longitudinal (Tarabini et al. 2021). Hasta el momento se desconoce la causa de este decaimiento, dado que no se encontraron insectos ni organismos patógenos asociados a la mortalidad (Molina et al. 2020). Se ha hipotetizado que los episodios de sequía acompañados de altas temperaturas ocurridos desde principios de siglo podrían ser los agentes desencadenantes de la declinación de estos bosques (Tarabini et al. 2021).

En el marco de un estudio más amplio sobre factores bióticos y abióticos relacionados con la mortalidad agrupada de lenga en el noroeste de Chubut, detectamos un rodal afectado por *Notophorina* sp. (Hemiptera, Psyllidae), con sintomatología foliar muy destacada. Sobre la base de la experiencia de trabajo en la zona y en bosques de lenga en particular, donde no se había observado este grado de abundancia, asumimos que correspondería a un pico poblacional de este insecto. Se trata de un insecto nativo que pertenece al gremio de succionadores de savia que compiten con el árbol por sus propios productos y que pueden debilitarlo. Junto con el gremio de los insectos defoliadores, son considerados plagas primarias porque vuelven a los árboles más susceptibles y favorecen la ocurrencia de otros agentes de daño (Speight 2016). En infestaciones severas, los succionadores decoloran y reducen el follaje, y provocan pérdidas en el crecimiento, la muerte de brotes y ramas y, en casos extremos, la muerte de plantas.

Con más de 100000 especies descritas, Hemiptera es el quinto orden más grande de insectos a nivel mundial; sin embargo, es uno de los grupos menos estudiados (Burckhardt and Queiroz 2020). La Superfamilia Psylloidea incluye ~4000 especies descritas en todo el mundo (Ouvrard 2019); las regiones Afrotropical y Neotropical son poco conocidas (Burckhardt and Queiroz 2020). La Familia Psyllidae es la más diversa, con más de 1300 especies en todo el mundo. En general son hospedero-específicos y se alimentan de un rango acotado de dicotiledóneas muy relacionadas (Hodkinson 1989; Burckhardt 1994b). En la Argentina se registraron 17 géneros y 56 especies (Baliotte et al. 2021a), entre los que se encuentra *Notophorina*, que es un género exclusivamente neotropical templado y subantártico. Este género incluye 16 especies,

de las cuales cinco están reportadas en nuestro país, dos de ellas en la provincia de Chubut (Burckhardt 1987; Ouvrard 2019; Balianotte et al. 2021b). La mayoría de las especies se desarrollan en *Nothofagus* (Nothofagaceae), y cada especie de *Nothofagus* tiene al menos una especie de psílido asociado (Burckhardt 1987). Las especies reportadas hasta el momento en la provincia son *Notophorina monocentra* (asociada a *Escallonia rubra* [Escalloniaceae]) y *Notophorina* sp. (asociada a *Nothofagus* sp. [Nothofagaceae]) (Balianotte et al. 2021b).

Los sitios de alimentación de los psíldos son normalmente característicos de cada especie y están restringidos a aquellas partes del hospedero que poseen crecimiento activo (e.g., hojas nuevas o ramillas, a veces flores o, excepcionalmente, raíces) (Burckhardt 1994b). Algunas especies son vectores de virus, bacterias y micoplasmas que ocasionan enfermedades en plantas cultivadas (Burckhardt 1994b). Entre las especies de psíldos de interés forestal son importantes las que afectan a los eucaliptos; entre ellas se destacan las del género *Ctenarytaina* Ferris y Klyver, presentes en los brotes y las hojas nuevas, donde pasan todos sus estadios de desarrollo (Bouvet and Burckhardt 2008). A pesar de ser un grupo relevante para la agricultura y la silvicultura (Queiroz et al. 2017), existen pocos estudios sobre la biología, la distribución geográfica, los enemigos naturales o las asociaciones de plantas hospederas para muchas especies de psíldos argentinos (Balianotte et al. 2021a). Según Burckhardt (2008), el conocimiento sobre psíldos en la Argentina es fragmentado. El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización de la situación sanitaria de los árboles de un rodal, asociada con un pico poblacional de *Notophorina* sp. Este trabajo registra por primera vez un pico poblacional de *Notophorina* sp. en un rodal de lenga en la Patagonia argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un rodal situado a los 42°41'36.06" S - 71°44'42.26" O, dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Los Alerces (Chubut, Argentina), donde se registró mortalidad agrupada de lenga. Es un rodal joven con 1300 árboles/ha, con alturas dominante y media de 15 y 8 m, respectivamente, y DAP promedio de 11.4 cm. El área afectada cubre una superficie de ~900

m². El rodal se ubica a 1360 m s. n. m., con exposición S-SO, en una pendiente abrupta de 52%. El sitio presenta una buena aptitud edáfica, evidenciada en las propiedades físico-químicas del suelo (Tabla 1).

Caracterización de la situación sanitaria

Se efectuaron dos muestreos en un período de 18 días: 24 de enero y 11 de febrero de 2020. En el sector afectado del rodal se instaló una parcela circular de 8 m de radio, donde se realizó una prospección sanitaria. Se evaluaron todos los árboles incluidos en la parcela, registrando la presencia/ausencia de signos y síntomas relacionados con *Notophorina* sp. Todos los árboles de la parcela fueron identificados y marcados en el primer muestreo (T1), a fin de realizar el seguimiento de su condición sanitaria en el segundo muestreo (T2). En T2, se identificaron tres situaciones: árboles con infestación antigua (i.e., ya infestados en T1), árboles con infestación reciente (i.e., árboles infestados en T2 que no habían sido registrados como infestados en T1), y árboles sanos. Los síntomas y signos evaluados consistieron en la defoliación, disminución del tamaño foliar, clorosis y necrosis en las hojas, exudados de azúcares y presencia de adultos o ninfas.

La intensidad de defoliación en los árboles se evaluó visualmente y fue asignada a una de las cuatro clases de defoliación siguiendo la metodología propuesta en el Manual de la FAO (2014): clase 1 (grado de defoliación leve, 0-25% de defoliación), clase 2 (grado de defoliación moderado, 25-50% de defoliación), clase 3 (grado de defoliación severo, 50-75% de defoliación) y clase 4 (grado de defoliación muy severo, 75-100% de defoliación).

Para identificar y cuantificar la abundancia del psílido, en T1 se colectaron al azar tres ramas accesibles de 40 cm de largo —correspondientes al último período de alargamiento— a ~4 m de altura (Cuello et al. 2014) de tres árboles infestados (una rama por cada árbol). En el laboratorio se extrajeron ninfas y adultos que fueron identificados bajo lupa Leica S8 APO y se contabilizó el número de organismos por rama. La identidad de los ejemplares colectados fue confirmada por el especialista Dr. Daniel Burckhardt (Museo de Historia Natural, Basilea, Suiza).

Siguiendo la misma metodología (Cuello et al. 2014), en T2 se colectaron al azar cuatro ramas de cada una de las situaciones

Tabla 1. Variables fisicoquímicas de los horizontes minerales del suelo correspondiente a un bosque de *Nothofagus pumilio* con presencia de *Notophorina* sp.**Table 1.** Physical-chemical soil variables of the mineral horizons corresponding to a *Nothofagus pumilio* forest affected by *Notophorina* sp.

Hz	Prof. (cm)	Dap (g/cm ³)	CC (%)	pH	CE (μS/m)	pH NaF 2'	pH NaF 60'	MO (%)	N (%)	P (μg/g)
A	2-17	0.75	24.89	5.43	57.70	9.80	10.87	8.84	0.33	15.53
AB _w	17-40	0.50	40.51	5.75	19.05	10.55	11.35	10.22		
B _w	40-70+	0.42	58.70	5.87	14.05	10.75	11.49	10.45		

Hz: horizonte. Prof.: profundidad. Dap: densidad aparente. CC: capacidad de campo. CE: conductividad eléctrica. pH NaF 2': pH en fluoruro de sodio, determinado a los 2 minutos. pH NaF 60': pH en fluoruro de sodio, determinado a los 60 minutos. MO: materia orgánica. N: nitrógeno total. P: fósforo disponible

identificadas en T2 (árboles con infestación antigua, árboles con infestación reciente y árboles sanos), totalizando 12 árboles muestreados. En el laboratorio se contabilizó el número de individuos por rama en todos los árboles infestados (en T1 y en T2) y, mediante el software ImageJ, se estimó el tamaño promedio de las hojas (área foliar). Se determinó el peso seco sometiendo las muestras a 70 °C durante 72 horas, a fin de estimar el área foliar específica (Ecuación 1).

$$AFE = AF / Ps \quad \text{Ecuación 1}$$

donde AFE: área foliar específica, AF: área foliar, y Ps: peso seco de las hojas.

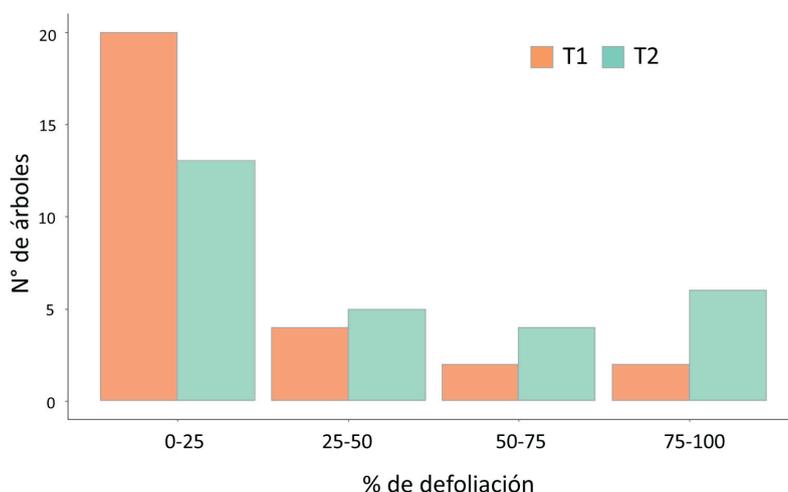
Se comparó el tamaño de las hojas y el área foliar específica de las tres situaciones identificadas en T2 mediante un ANOVA y prueba de Tukey a posteriori ($P < 0.05$). Los análisis estadísticos y gráficos fueron realizados con el software libre R.

RESULTADOS

Caracterización de la situación sanitaria

La parcela incluyó un total de 28 árboles, de los cuales, en T1, el 30% presentó algún porcentaje de defoliación, comprendido mayoritariamente dentro de la clase 1 (0-25%). En T2, el 50% de los árboles presentó defoliación, desplazándose levemente la distribución hacia categorías de mayor grado de defoliación (Figura 1).

Los síntomas registrados en las plantas afectadas consistieron en clorosis, necrosis, arpillamiento de la lámina foliar (Figura 2a, 2b, 2c) y, por último, defoliación parcial o total de las copas (Figura 2f). Los síntomas observados en la lámina foliar fueron más evidentes en los árboles con infestación antigua que en los árboles con infestación reciente. Las hojas, las axilas de hojas y frutos y las ramas de los árboles sanos no mostraron alteraciones.

**Figura 1.** Porcentaje de defoliación de un bosque de *Nothofagus pumilio* afectado por *Notophorina* sp. en el primer (T1) y el segundo muestreo (T2), considerando las clases de defoliación propuestas en el Manual de FAO (2014).**Figure 1.** Defoliation percentage of a *Nothofagus pumilio* forest affected by *Notophorina* sp. in the first (T1) and the second sampling (T2), according to FAO (2014).

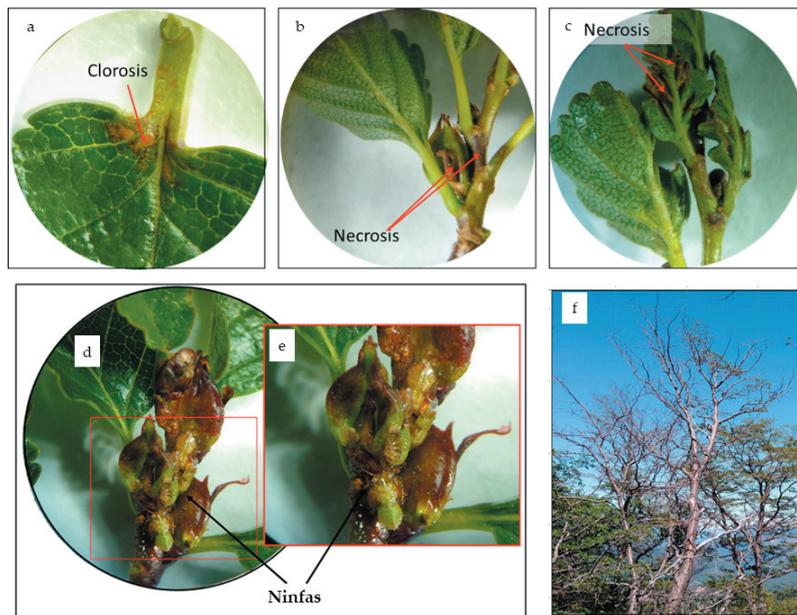


Figura 2. Sintomatología asociada a *Notophorina* sp. a) Clorosis incipiente en hoja. b) Necrosis en frutos. c) Necrosis y arrepolamiento de las hojas. d y e) Ejemplares de *Notophorina* sp. sobre las axilas de hojas y frutos. f) Aspecto general de un árbol defoliado.

Figure 2. Symptomatology associated with *Notophorina* sp. a) Incipient leaf chlorosis. b) Fruit necrosis. c) Necrosis and leaf curling. d and e) Specimens of *Notophorina* sp. located on the axils of leaves and fruits. f) General appearance of a defoliated tree.

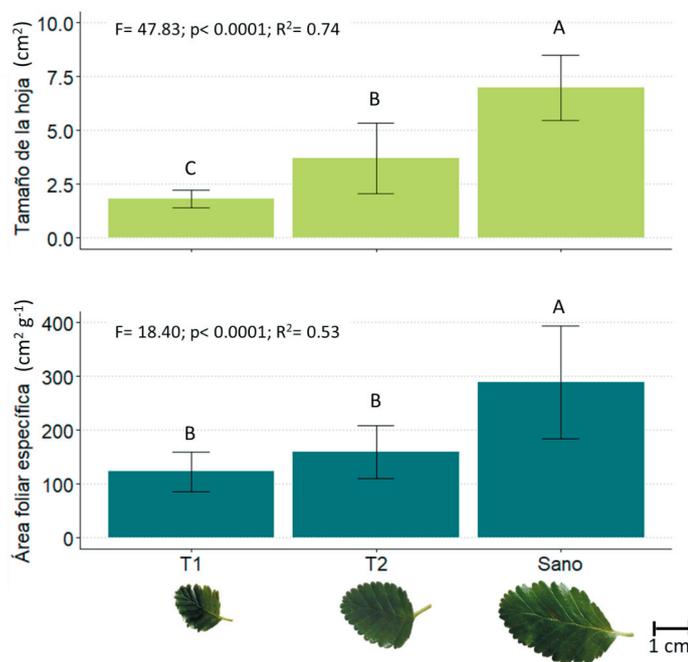


Figura 3. Tamaño y área foliar específica de árboles de *Nothofagus pumilio* afectados por *Notophorina* sp., detectados en el primer muestreo (T1) (i.e., infestación antigua), en el segundo muestreo (T2) (i.e., infestación reciente) y de árboles sanos, todos ellos evaluados durante el segundo muestreo. En el eje x se muestra una representación a escala del tamaño de las hojas. Se indican valores medios \pm 1 error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

Figure 3. Size and specific leaf area of *Nothofagus pumilio* trees affected by *Notophorina* sp., detected in the first sampling (T1) (i.e., old infestation), in the second sampling (T2) (i.e., recent infestation) and of the healthy trees, all of them evaluated during second sampling. The x-axis shows a scale representation of leaves size. Mean values \pm 1 standard error are shown. Different letters indicate significant differences by Tukey test ($P < 0.05$).

Durante el segundo muestreo, los árboles con mayor antigüedad de infestación presentaron hojas de menor tamaño ($1.80 \pm 0.38 \text{ cm}^2$) que aquellos con infestación reciente ($3.79 \pm 0.38 \text{ cm}^2$), mientras que las hojas de los árboles sanos presentaron el mayor tamaño ($6.99 \pm 0.38 \text{ cm}^2$). El área foliar específica fue similar entre árboles con infestación antigua y reciente ($123.3 \pm 20.34 \text{ cm}^2/\text{g}$ vs. $159.27 \pm 20.34 \text{ cm}^2/\text{g}$) y significativamente mayor en los árboles sanos ($289.15 \pm 20.34 \text{ cm}^2/\text{g}$) (Figura 3).

En T1, la densidad promedio del psílido fue de 500 ejemplares de *Notophorina* por rama, mientras que en T2, este valor promedio descendió a 70. Los ejemplares se ubicaron en las brácteas de hojas y frutos, que presentaron una necrosis incipiente (Figuras 2a, 2b, 2c, 2d, 2e). Es importante destacar que en T2 no registramos ninfas ni adultos, ni tampoco exudados azucarados, en los árboles con infestación antigua.

DISCUSIÓN

Los síntomas y los daños registrados en el rodal de *N. pumilio* son consistentes con los descritos para el gremio de los succionadores de savia asociados con distintos cultivos en diferentes partes del mundo (Burckhardt 1994a; Baliotte et al. 2021a; SINAVIMO 2021). La disminución del tamaño y del área foliar específica observados se asemeja a lo descrito por Garibaldi et al. (2011), quienes demostraron que el tamaño de la hoja es el rasgo foliar que muestra la mayor correlación con el daño para el caso de insectos folívoros. Probablemente, este rasgo se relacione con las alteraciones del proceso de fotosíntesis reportadas por Schaffer y Mason (1990) y por Larson (1998), quienes sugieren que la disminución de la tasa fotosintética es provocada por los cambios en el estado de los nutrientes de las hojas como consecuencia de la competencia entre los sitios de demanda de la propia planta y el generado por los insectos succionadores.

Consideramos que es factible que desde el inicio de la temporada, la población de psíidos estuviera afectando al rodal, y su detección en T1 se realizó en un momento avanzado del ataque. Por el contrario, en T2 se detectaron árboles que llevaban un tiempo de infestación menor, correspondiente al período de tiempo entre ambos muestreos. Esto explicaría las diferencias en tamaño y área foliar específica observados en las hojas afectadas entre T1 y T2. A su vez, las hojas crecieron menos en plantas

con ataque antiguo porque la gran abundancia de psíidos generó un consumo elevado de fotosintatos, afectando el crecimiento de las hojas. Por su parte, en los árboles con ataque reciente —con menores niveles de infestación—, el consumo de fotosintatos es menor; esto permite un mejor desarrollo foliar, aunque disminuido con respecto a los árboles sanos. Asumimos que registramos dos momentos puntuales de un proceso en marcha que podría haber comenzado al inicio de la temporada y con importantes cambios a nivel foliar. De hecho, en T1, algunos de los árboles estaban cubiertos por la melaza característica que producen los insectos succionadores de savia, y presentaban, además, un porcentaje de defoliación moderado (25-50%). Esta evolución del daño fue descrita también para otras especies de psíidos; en esos trabajos se demostró que los ataques leves de estos organismos provocan la decoloración de las hojas, mientras que los ataques más severos hacen que las plantas sufran grandes defoliaciones, con pérdida de crecimiento y de vigor (Garrison 1999; Collett 2001; Paine et al. 2006).

El descenso drástico de la densidad poblacional entre ambos muestreos (87%) se podría asociar con un temporal de viento y lluvia ocurrido entre ambos muestreos, a principios de febrero, que ejerció un efecto de ‘barrido’ sobre la población y obró como regulador poblacional. Por otro lado, podría vincularse con un problema de muestreo (puesto que en T1 contabilizamos ninfas y escasos adultos de tres ramas infestadas y en T2, de ocho ramas infestadas).

Nos planteamos nuevos interrogantes, tales como si este pico poblacional es parte del ciclo natural de la especie, y si existió algún evento de transmisión de alguna enfermedad vectorizada por los psíidos que desencadenó los efectos que observamos. En la bibliografía no existen antecedentes bioecológicos sobre *Notophorina* sp. en la región de los Andes patagónicos. Por ello, enfatizamos la importancia de este trabajo y la necesidad de continuar con este estudio, en el marco de un monitoreo sanitario tendiente a generar antecedentes específicos sobre la relación *Notophorina* sp.-*N. pumilio*.

AGRADECIMIENTOS. Especial agradecimiento al PhD. Daniel Burckhardt por la identificación del género del insecto hallado. A Marcos Antilef por su colaboración en laboratorio.

REFERENCIAS

- Alfaro, R. 2010. Forest Health in a Changing Environment. Pp. 113-134 *en* G. Mery, P. Katila, G. Galloway, R. Alfaro, M. Kanninen, M. Lobovikov and J. Varjo (eds.). Forests and Society - responding to global drivers of change. IUFRO, IUFRO World Series Volume 25. Vienna, Austria.
- Allen, C. D., D. D. Breshears, and N. G. McDowell. 2015. On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere* 6(8):1-55. <https://doi.org/10.1890/ES15-00203.1>.
- Baliotte, C., D. Aquino, J. Bouvet, and G. Dellapé. 2021a. Primer registro de *Heteropsylla tenuata* en Argentina (Hemiptera: Psyllidae), y notas adicionales de otras especies de psílidos. *Rev Soc Entomol Argent* 80(4):142-144.
- Baliotte, C., G. Dellapé, J. Bouvet, and D. Aquino. 2021b. Psylloidea (Hemiptera: Sternorrhyncha) species from Argentina and Uruguay. URL: biodar.unlp.edu.ar/psylloidea.
- Bouvet, J., and D. Burckhardt. 2008. Primer registro para la Argentina de una especie de chicharrita, *Ctenarytaina spatulata* (Hemiptera: Psyllidae), en plantaciones de eucalipto en Entre Ríos. *Rev Soc Entomol Argent* 67(1-2):183-184.
- Burckhardt, D. 1987. Jumping plant lice (Homoptera: Psylloidea) of the temperate neotropical region. Part 2: Psyllidae (subfamilies Diaphorininae, Acizziinae, Ciriacreminae and Psyllinae). *Zool J Linn Soc Lond* 90(2):145-205. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1987.tb01353.x>.
- Burckhardt, D. 1994a. Generic key to Chilean jumping plant-lice (Homoptera Psylloidea) with inclusion of potential exotic pests. *Rev Chilena Ent* 21:57-67.
- Burckhardt, D. 1994b. Psyllid pests of temperate and subtropical crop and ornamental plants (Hemiptera, Psylloidea): A review. *Entomol Trends in Agric Sci* 2:173-186.
- Burckhardt, D. 2004. Homoptera: Psyllidae. Pp. 388-392 *en* H. Cordo, G. Logarzo, K. Braun and O. Di Iorio (eds.). Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. Sociedad Entomológica Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- Burckhardt, D. 2008. Psylloidea. Pp. 189-200 *en* L. Claps, G. Debandi and S. Roig-Juñent (eds.). *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*. Sociedad Entomológica Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- Burckhardt, D., and D. Queiroz. 2020. Neotropical jumping plant-lice (Hemiptera, Psylloidea) associated with plants of the tribe Detarieae (Leguminosae, Detarioideae). *Zootaxa* 4733:1-73.
- Collet, N. 2001. Biology and control of psyllids, and the possible causes for defoliation of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (river red gum) in south-eastern Australia - a review. *Aust For* 64:88-95.
- Cuello, E., A. Andorno, C. Hernández, E. Botto, and V. Dell' Arciprete. 2014. Primeros estudios sobre asociaciones tróficas de interés para la sanidad forestal en *Eucalyptus* spp. *Rev Soc Entomol Argent* 73(3-4):183-186.
- Davi, H., M. Durand-Gillmann, C. Damesin, S. Delzon, C. Petit, P. Rozenberg, S. Sabatier, J. Chadoeuf, B. Boutte, and T. Boivin. 2020. Distribution of endemic bark beetle attacks and their physiological consequences on *Pinus halepensis*. *Forest Ecol Manag* 469:118187. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118187>.
- Durand-Gillmann, M., M. Cailleret, T. Boivin, L. M. Nageleisen, and H. Davi. 2012. Individual vulnerability factors of Silver fir (*Abies alba* Mill.) to parasitism by two contrasting biotic agents: mistletoe (*Viscum album* L. ssp. *Abietis*) and bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) during a decline process. *Ann For Sci* 71(6):659-673. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0251-y>.
- FAO. 2014. Manual for visual assessment of forest crown condition. First edition. FAO. Roma, Italia.
- Garibaldi, L., T. Kitzberger, and A. Ruggiero. 2011. Latitudinal decrease in folivory within *Nothofagus pumilio* forests: dual effect of climate on insect density and leaf traits? *Global Ecol Biogeogr* 20:609-619. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00623.x>.
- Garrison, R. 1999. Imported Pest Defoliates. Redgum *Eucalyptus* in West. *Entomology* 11-14.
- Hodkinson, I. 1989. The Biogeography of the Neotropical Jumping Plant-Lice (Insecta: Homoptera: Psylloidea). *J Biogeogr* 16(3):203-217. <https://doi.org/10.2307/2845257>.
- Larson, K. C. 1998. The impact of two gall-forming arthropods on the photosynthetic rates of their hosts. *Oecologia* 115:161-166. <https://doi.org/10.1007/s004420050503>.
- Mattson, W. J., and R. A. Haack. 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience* 37:110-118. <https://doi.org/10.2307/1310365>.
- Molina, L., M. Rajchenberg, A. de Errasti, M. C. Aime, and M. B. Pildain. 2020. Sapwood-inhabiting mycobiota and *Nothofagus* tree mortality in Patagonia: Diversity patterns according to tree species, plant compartment and health condition. *Forest Ecol Manag* 462:117997. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117997>.
- Ouvrard, D. 2019. Psyllid list. The World Psylloidea Database. URL: tinyurl.com/2cuezvvcv.
- Paine, T. D., S. H. Dreistadt, R. W. Garrison, and R. J. Gill. 2006. Eucalyptus red gum lerp psyllid. University of California, Agriculture and Natural Resources, Statewide IPM Program, Davis, US, Pest Notes Publication 7460:1-4.
- Pietrantuono, A. L., C. Soliani, J. C. Corley, and P. Marchelli. 2022. Avances en la caracterización genética de la larva defoliadora del roble pellín en la cuenca del Lago Lácar. VI Jornadas Forestales Patagónicas, Bariloche, 2022.
- Queiroz, D., D. Burckhardt, and M. Garrastazu. 2017. Protocolo de coleta e montagem de psílideos. *Embrapa Florestas-Comunicado Técnico* 393.
- Rouault, G., J. N. Candau, F. Lieutier, L. M. Nageleisen, J. C. Martin, and N. Warzée. 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Ann For Sci* 63:613-624. <https://doi.org/10.1051/forest:200604>.
- Schaffer, B., and L. J. Mason. 1990. Effects of scale insect herbivory and shading on net gas exchange and growth of a

- subtropical tree species (*Guaiaacum sanctum* L.). *Oecologia* 84:468-473. <https://doi.org/10.1007/BF00328162>.
- SINAVIMO. 2021. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas. Argentina. URL: sinavimo.gob.ar.
- Speight, M. 2016. Insects and Other Animals in Tropical Forests. Pp. 2607-2657 *en* L. Pancel and M. Köhl (eds.). *Tropical Forestry Handbook*. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54601-3_200.
- Tarabini, M., F. Gómez, M. A. Calderón, and L. La Manna. 2021. Role of abiotic factors in *Nothofagus pumilio* forest mortality: the sensitivity of ecotones. *Forest Ecol Manag* 494:119316. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119316>.