



FICHA TÉCNICA:

Evaluación de la defoliación producida por insectos en *Nothofagus obliqua* (roble)

Eduardo Molina Rademacher¹Registro de Propiedad Intelectual N°2025-A-8355
ISBN N° 978-956-318-296-5

Introducción

Debido al cambio climático y la globalización, los bosques del mundo se ven cada vez más afectados por plagas forestales (Ramsfield *et al.*, 2016), por lo que la sanidad forestal es uno de los grandes problemas que enfrentan los bosques en el siglo XXI (Pérez *et al.*, 2024).

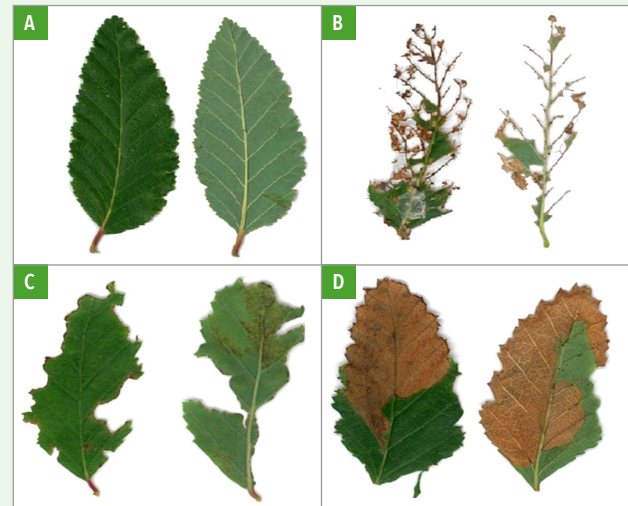
A nivel mundial, los insectos defoliadores son unos de los agentes más importantes que causan daños a los árboles (Elkinton y Roehrig, 2023). Los cuales en alguna de sus etapas de desarrollo se alimentan del follaje, provocando la pérdida de este y el debilitamiento de los árboles (Lanfranco, 2010).

El cambio climático trae consigo un aumento en la temperatura media, una disminución en las precipitaciones y una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, lo que genera nuevas condiciones ambientales que afectan tanto la biología como la distribución de los insectos (Hudges, 2000).

En el presente documento se propone un método para evaluar, de manera práctica y en terreno, la defoliación en árboles de roble.

Tipificación de daño

El tipo de daño que causan los insectos defoliadores depende de la forma en que estos se alimentan del follaje de los árboles. En un mismo árbol se pueden encontrar varios tipos de daño. De acuerdo con esto, los tipos de daño se pueden clasificar en Esqueletizadores, Masticadores y Minadores (Gara *et al.*, 1980) (Figura 1).



A) Hoja sana, **B)** hoja atacada por insectos esqueletizadores, **C)** hoja atacada por insectos masticadores y **D)** hoja atacada por insectos minadores.

Figura 1. Tipos de Daños que Causan los Insectos Defoliadores.

- **Esqueletizadores:** Son insectos que se alimentan de los tejidos blandos de las hojas, dejando intacta la nervadura principal y en algunos casos también las secundarias (Lanfranco, 2010) (Figura 1B).
- **Masticadores:** Son insectos que se alimentan de todos los tejidos de la hoja incluyendo la nervadura, por lo que consumen toda la hoja o la mayor parte de ella (Lanfranco, 2010) (Figura 1C).
- **Minadores:** Son insectos pequeños que consumen el tejido foliar entre la cutícula superior e inferior, respetando las capas epidérmicas y la nervadura principal de la hoja (Lanfranco, 2010) (Figura 1D).

También existen insectos que se llaman enrolladores y juntadores de hojas que, como su nombre lo indica, enrollan o juntan las hojas, pero se alimentan como minadores o masticadores (Lanfranco, 2010; Cerda y Angulo, 2002).

Síntomas y Signos

El ataque de insectos defoliadores se puede reconocer por la presencia de los siguientes síntomas o signos (Lanfranco, 2010):

- Observación de clorosis progresiva en el follaje.
- Pérdida acumulativa del follaje.
- Presencia de restos de insectos y/o posturas de huevos, exuvias larvales, cámaras púpales, restos de seda, fecas.
- Presencia de follaje con perforaciones, masticaduras parciales o totales, esquelitización y minaduras de las hojas.

Impacto de los insectos defoliadores


La pérdida de follaje conlleva una disminución de la capacidad fotosintética, lo cual se traduce en una reducción del crecimiento de los árboles, alteración en la transpiración normal y en la translocación de alimentos, desde el follaje a otras partes de la planta y el debilitamiento de los árboles afectados (Cerda y Angulo 2002; Lanfranco, 2010; Gara *et al.*, 1980).

Cuando este debilitamiento es repetitivo puede incluso causar mortalidad en los árboles afectados. A veces la mortalidad ocurre también de manera indirecta, ya que aumenta la susceptibilidad de los árboles a insectos secundarios y enfermedades (Elkinton y Roehrig, 2023).

Propuesta de evaluación de árboles afectados por defoliación

Evaluar la defoliación permite hacer un seguimiento de este fenómeno, lo que facilitara determinar si es necesario implementar medidas de control. Se recomienda que la evaluación, independiente de su origen, se realice de manera visual (Bussotti *et al.*, 2024; Meining *et al.*, 2007). De esta manera se puede contar con una apreciación directa y rápida del estado del follaje.

Para esto se debe observar la copa de cada árbol desde varias direcciones (Eichhorn y Roskmans, 2013), para finalmente asignar una categoría de defoliación en lo que se conoce como copa evaluable.



Copa Evaluable

El análisis del estado del follaje debe considerar la copa presente en el momento de la visita al bosque, independiente de la copa potencial o teórica que pueda haber existido en temporadas anteriores. La evaluación se realizará solo en la Copa Evaluable, la cual comienza desde la primera rama viva, hasta la punta del árbol (Lakatos *et al.*, 2014; Eichhorn y Roskmans, 2013; Meining *et al.*, 2007) y no considera las ramas inferiores secas que puedan haber muerto por poda natural (Figura 2).



Figura 2. Copa Evaluable.

Categorías de defoliación

El método de evaluación visual consiste en inspeccionar cada árbol y estimar un porcentaje de defoliación en relación con la cantidad total de follaje que tendría un árbol sano (árbol de referencia).

De esta manera, es posible asignar al árbol una categoría de defoliación, entre 0% a 100% (Cuadro 1). En caso de ser necesario se deben utilizar binoculares para poder observar de mejor manera la copa del árbol.

Lakatos *et al.* (2014) propusieron un método de evaluación visual de defoliación que sirva para estandarizar el monitoreo de la salud de los árboles y facilitar la comparación de datos. Para el caso de roble, se utilizarán las primeras 4 categorías de defoliación propuestas por los autores, excluyendo la categoría de árbol muerto, debido a que la muerte de un árbol no se puede atribuir a la defoliación del año de estudio (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Categorías Utilizadas para Evaluar la Defoliación en Roble.

Categorías de Defoliación	Porcentaje de Defoliación (%)	Nombre de la Categoría
0	0-10	Árbol sano
1	11-25	Defoliación Leve
2	26-60	Defoliación Moderada
3	61-100	Defoliación Severa

Cuadro 2. Descripción de las Categorías de Defoliación.

<p>Árbol Sano (0 - 10%)</p>	<p>En esta categoría, se aprecia a simple vista que los árboles conservan su follaje. No es posible observar daño en el follaje a no ser que se esté muy cerca de él.</p>	
<p>Defoliación Leve (11 - 25%)</p>	<p>El árbol conserva gran parte de su follaje, presentando una leve defoliación y/o decoloración. Si bien el árbol conserva una apariencia sana, la defoliación se puede notar. Las copas presentan zonas con follaje poco denso y/o también se presenta una pérdida del color verde del follaje.</p>	
<p>Defoliación Moderada (26 - 60%)</p>	<p>La defoliación es significativa y se hace evidente. El árbol ya no presenta una apariencia sana. El follaje se ve menos denso que en la categoría anterior y las zonas con defoliación y/o decoloración de follaje se hacen más evidentes.</p>	
<p>Defoliación Severa (61 - 100%)</p>	<p>La defoliación es evidente y se puede apreciar claramente que el árbol ha perdido más de la mitad de su follaje, pudiendo presentar una defoliación y/o decoloración en gran parte o en el total de su copa. Si bien la apariencia no es de un árbol sano, este aún se mantiene vivo y no hay desprendimiento de corteza.</p>	

Verificación del daño

La defoliación es un indicador considerado "inespecífico" (Bussotti *et al.*, 2024), que puede ser causada tanto por agentes bióticos como abióticos. Para verificar que el daño observado corresponde a la acción de insectos, es necesario observar ramas de cerca. En este caso se toma una muestra de ramillas y se analiza el daño presente en el follaje. De esta manera se corrobora si la defoliación fue producida por la acción de insectos y si estos actuaron como esqueletizadores, masticadores y/o minadores.

Métricas para caracterizar el rodal

Para caracterizar la defoliación de los árboles de roble, se propone establecer 3 parcelas circulares de 500 m² (radio de 12,62 m), siguiendo el método señalado por Martin (2009). En donde se utilizarán los conceptos de incidencia y Severidad (Cooke, 2006). Entendiendo como Incidencia (I) la cantidad de árboles atacados con respecto a la totalidad de los árboles muestreados y Severidad (S) como la proporción de daño que se presenta a nivel de rodal. Para su cálculo se utilizarán las siguientes formulas:

$$I = \frac{\text{Número de árboles afectados}}{\text{Total de árboles muestreados}} \times 100$$

$$S = \frac{\sum (n \times v)}{N (V-1)} \times 100$$

Donde:

n: número de árboles por categoría de defoliación.

v: categorías de defoliación.

N: número total de árboles.

V: número total de categorías de defoliación.

Consideraciones Finales

La presente pauta de evaluación constituye una herramienta que permitirá evaluar y monitorear la defoliación provocada por insectos en árboles de roble, de forma visual, práctica y estandarizada. Su aplicación facilitará el determinar la necesidad de adoptar medidas de control, las cuales deben ser exploradas a través de la silvicultura.

Referencias

Bussotti, F.; Potočić, N.; Timmermann, V.; Lehmann, M. M. and Pollastrini, M. (2024). Tree crown defoliation in forest monitoring: Concepts, findings and new perspectives for a physiological approach in the face of climate change. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(2), 194-212.

Cerda, L. y Angulo, A. (2002). Insectos asociados a bosques del centro sur de Chile. En: Baldini, A. y Pancel, L. (Eds.), *Agentes de daño en el bosque nativo*. (pp. 201-268). Editorial Universitaria.

Cooke, B. (2006). Disease assessment and yield loss. En: Cooke, B.; Jones, G. y Kaye, B. (Eds.), *The Epidemiology of Plant Diseases* (2ª ed., pp. 43-80). Springer.

Eichhorn, J. y Roskams, P. (2013). Assessment of tree condition. En: Ferret, M. y Fischer, R. (Eds.), *Forest monitoring: Methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia* (pp. 139-167). Elsevier.

Elkinton, J. y Roehrig, A. (2023). Foliage Feeders. En: Allison, J.; Paine, T.; Slippers, B. y Wingfield, M. (Eds.), *Forest Entomology and Pathology* (Vol. 1, pp. 237-298). Springer.

Gara, R.; Cerda, L. y Donoso, M. (1980). *Manual de entomología forestal*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent? - *Trends in Ecology and Evolution* 15: 56-61.

Lakatos, F.; Mirtchev, S.; Mehmeti, A. and Shabanaj, H. (2014). *Manual for visual assessment of forest crown condition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Pristina. 17p.

Lanfranco, D. (2010). Insectos defoliadores y sus efectos sobre los sistemas forestales presentes en Chile. En: Lanfranco, D. y Ruiz, C. (Eds.), *Entomología Forestal en Chile*. (pp. 181-197). Ediciones Universidad Austral de Chile.

Martin, M. (2009). *Inventario de los ecosistemas forestales. Manual de operaciones en terreno*. Santiago, Chile: INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17358>

Meining, S. (2007). *Waldbäume. Bilderserie zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen*. Kassel: Printec Offset medienhaus. Germany. 126 p.

Pérez, J.; Mesas, J. y Navarro, R. (2024). Google Earth Engine aplicado a ciencias forestales. En: Navarro, R.; González, P.; Varo, M. y Ariza, A. (Eds.), *Geociencias aplicadas a la gestión forestal*. (pp. 189-220). Editorial Universidad de Córdoba.

Ramsfield, T.; Bentz, B.; Faccoli, M.; Jactel, H. and Brockerhoff, E. (2016). Forest health in a changing world: Effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry*, 89(3), 245-252.