



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-228

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Un Sistema para la evaluación cuantitativa del riesgo de caída de árboles en áreas de uso intensivo

CHAUCHARD, L.¹

¹Administración de Parques Nacionales/Universidad Nacional del Comahue, (9730) San Martín de los Andes, Neuquén, Argentina. Correo@: lchauchard@apn.gov.ar, chauchard@smandes.com.ar

Resumen

En importantes zonas boscosas de uso turístico de la Patagonia cordillerana es frecuente que el estado de los árboles genere un riesgo para las personas, los bienes y la infraestructura. El incremento de la cantidad de visitantes a estas áreas recreativas (campings, senderos, miradores), como así también los usos residenciales en zonas boscosas, sumado a la existencia de incidentes viene preocupando cada vez más a las autoridades y a la gente. Desde 2012, se está desarrollando una guía ordenada de clasificación para: a) identificar los criterios e indicadores (C&I) que expresen distintas variables relacionadas con la estabilidad y el riesgo de colapso de los árboles, b) desarrollar un método cuantitativo de evaluación del riesgo que facilite el monitoreo del estado de ciertos árboles y c) promover la minimización de los riesgos de incidentes en las áreas recreativas.

Si bien la Guía se encuentra en evaluación, todos estos años han dado cierta experiencia y aprendizaje en una rama de la ciencia como la estabilidad de los árboles, poco estudiada en relación a los factores de riesgo de colapsos. Efectivamente, son contados los proyectos que generan información y conocimiento que permitan interpretar por un lado, el comportamiento de un árbol para crecer en equilibrio en un ambiente determinado y por el otro, la susceptibilidad a ser afectado dicho equilibrio por los factores externos, normales y extraordinarios, en función de su estado.

Se ha desarrollado un sistema en base al concepto de C&I de riesgo, que permite mediante la puntuación de cada Indicador, obtener una valoración global denominada Índice de Riesgo (IR) para cada árbol evaluado. El IR se calcula mediante una fórmula de multiplicación ponderada con la cual es posible otorgar distinta importancia o peso relativo a cada criterio. Este Índice posibilita segregar los árboles que, en caso de continuar en pie, debieran ser monitoreados en su estado.

El sistema se compone de 3 Criterios y 17 Indicadores y para la elaboración de la Guía se consideraron las principales especies arbóreas presentes en la región patagónica, *Autrocedrus chilensis*, *Nothofagus dombeyi*, *N. nervosa*, *N. pumilio*, *N. antarctica* y *N. nervosa*. Dentro de la gran incertidumbre que existe al momento de intentar predecir colapsos, el sistema desarrollado se considera robusto y de simple aplicación.

Palabras clave

Peligrosidad, estabilidad árbol, recreación, silvicultura preventiva.

1. Introducción

Los servicios recreativos en áreas boscosas contienen valores que atraen a millones de visitantes en todas partes del mundo. Estos servicios se ofrecen desde formas agrestes hasta organizadas, algunos con importantes infraestructuras. Para mantener los servicios ambientales y recreativos de estas áreas es fundamental realizar una planificación integrada de los usos del suelo. Este es el sentido ha nacido el concepto de *infraestructura verde*, que con una lógica económica busca mantener la capacidad de la naturaleza, evitando afectar los servicios de la misma y de tratar de sustituir esta pérdida por soluciones tecnológicas humanas mucho más costosas (Comisión Europea, 2010). La importancia del concepto como herramienta de planificación ha probado ser eficaz ya que aporta beneficios ecológicos, económicos y sociales sostenibles mediante soluciones naturales (Calaza & Iglesias, 2016).

En las zonas boscosas cordilleranas de la Patagonia Argentina se disponen de cientos de áreas recreativas (AR), muchas de las cuales han sido planificadas y son gestionadas sin el componente de evaluación del riesgo de los árboles presentes para la seguridad de las personas y los bienes. Los frecuentes incidentes llevaron a que la Administración de Parques Nacionales

iniciara un proceso de clasificación del peligro de los bosques de las áreas recreativas y residenciales y además, desarrollar un sistema simple y lo más objetivo posible para evaluar el estado de los árboles y de ello inferir el riesgo de colapso parcial o total (Chauchard, 2016).

Hasta el momento este tema asociado a la estabilidad de los árboles no había tenido en la región la atención de los investigadores y gestores, sin embargo en los últimos años el mismo va cobrando importancia creciente pues, además de los aspectos de la seguridad, posee cierta complejidad por su carácter interdisciplinario. Para comprender cómo un árbol puede colapsar o qué factores inciden en ello, se debe abordar una serie de disciplinas, como las propiedades particulares de las especies arbóreas, aspectos como su arquitectura, sus crecimientos como respuesta al medio, los principios de la mecánica aplicado a las propiedades y estado de sus maderas, las características e incidencias de los factores climáticos, las patologías que afectan sus resistencias, las características edafológicas y en este estudio en particular los aspectos vinculados a las masas arbóreas, sus estados y los comportamientos sociológicos de los árboles, como las respuestas a las competencia entre pares.

Si bien, en los últimos años ha tenido en otros países un desarrollo espectacular el diseño de herramientas de diagnóstico sobre el estado interno de los árboles para con ello inferir su peligrosidad potencial, éstas son cada día más sofisticadas y complejas y con ello caras (Calaza & Iglesias, 2016). De ello se desprenden varios sistemas de valoración (Paine, 1971; Matheny & Clark, 1994; Wessolly, 1995; Johnsen & Skurski, 2003; Ellison, 2003), los cuales poseen cierta complejidad de aplicación, principalmente cuando los destinatarios para la aplicación no poseen una adecuada formación para su cabal entendimiento o no se posee organización para la profundización de los estudios y monitoreo de la gestión del riesgo.

2. Objetivos

El trabajo ha pretendido desarrollar una metodología integral y objetiva de la evaluación del estado de los árboles de un área boscosa en uso con la cual se pueda inferir el riesgo de colapso parcial o total de los mismos. En función de ello se establecieron los siguientes objetivos particulares:

- Identificar una serie de criterios e indicadores vinculados a la estabilidad de los árboles que faciliten la evaluación visual del estado individual y del riesgo de caída parcial o total del mismo.
- Desarrollar un método cuantitativo de evaluación de cada árbol que ayude a clasificarlo y registrar el grado de peligrosidad que representa.

Con ello se pretende promover la minimización de los riesgos de incidentes en las Áreas Recreativas (AR) a la vez de evitar volteos excesivos que perjudiquen el valor natural y de recreación del área.

Para el diseño del sistema se han tenido en cuenta ciertas limitaciones en las organizaciones que deben aplicarlo:

- a) El estudio de la estabilidad de los árboles no ha merecido la atención en los organismos de ciencia y técnica del país. Ello provoca disponer de un conocimiento muy limitado sobre aspectos vinculados a la biología y la mecánica de nuestras especies.
- b) En los organismos que gestionan áreas boscosas es reciente la priorización de la seguridad de las personas y los bienes por caídas de árboles y no disponen de recursos tecnológicos y principalmente humanos necesarios para afrontar el tema convenientemente.

Éstas han sido las razones por las cuales para el presente proyecto se ha seguido una línea de

trabajo sobre el concepto de *valorización visual de los árboles* (Mattheck & Breloer, 1994) y apoyado en ello, se ha desarrollado una guía lo más objetiva, pero a la vez sencilla posible. El sistema es para aplicación en áreas boscosas.

3. Metodología

Se identificaron y listaron los factores de riesgo que pueden afectar la estabilidad de los árboles y para ello se revisaron informes y publicaciones. En base al listado se fueron analizando árboles o parte de ellos que colapsaron en diferentes sitios de la región y de esta manera se fue definiendo el listado final y con ello para cada factor se establecieron grados o escalas de severidad.

A partir de estos factores de riesgo establecidos para valorar la estabilidad o los defectos de las principales especies arbóreas de los bosques en los cuales se asientan actividades humanas, se los clasificaron en externos o internos y luego se los agrupó mediante un sistema de *Criterios e Indicadores de riesgo*, el cual permitió adaptarle un sistema de valoración por puntaje con el cual se obtiene un *Índice de Riesgo (IR)*.

Para el desarrollo de los Indicadores de riesgo se fueron analizando, según sean externos o propios del árbol y en particular de las especies estudiadas, los siguientes factores: características de las especies, ubicación relativa del área en uso, variables climáticas, patologías que afecten la estabilidad y variables dendrométricas y dasométricas.

Para comprender mejor los impactos se fueron analizando colapsos parciales como caída de ramas o parte del árbol o totales de árboles, que consistieron en analizar las condiciones climáticas del momento del colapso y el tipo de caída ocurrido para poder así establecer la causa del colapso. A este proceso se lo denominó *autopsia del árbol* (Chauchard, 2016). De todas formas, muchos de los análisis de formas de colapsos se basaron en recorridas por bosques en distintas condiciones, tanto de desarrollo como ambientales, de manera de percibir las formas más típicas para las especies y esas condiciones.

Para cada Indicador se establecieron grados de severidad, los cuales fueron puestos a prueba a medida que se realizaban evaluaciones de árboles en diferentes condiciones y se analizaban caídas.

Por otro lado, se fue analizando una forma de realizar una valoración por medio de una puntuación de cada Indicador y con que ello se puede obtener un valor final o índice que refleje el estado de riesgo del árbol y con ello se pueda comparar y segregar los árboles con mayores riesgos de caída.

4. Resultados

Las especies analizadas tanto en sus características morfológicas como en sus formas de colapsar fueron: *Nothofagus dombeyi*, *N. nervosa*, *N. antártica*, *N. pumilio* y *Austrocedrus chilensis*.

Como se encontró que los distintos factores de riesgo definidos y listado como Indicadores no tienen la misma incidencia sobre la estabilidad del árbol se los agruparon según Criterios comunes y se estableció un orden de importancia de cada uno.

Se identificaron 16 Indicadores que expresan los distintos factores que inciden sobre la estabilidad de los árboles en áreas naturales, los mismos se agruparon en tres Criterios: Ambiente y entorno, Forma del árbol y Estado del árbol (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Criterios e Indicadores de riesgo establecidos para cinco especies arbóreas nativas patagónicas. Se han establecido los valores de ponderación, sin embargo ellos pueden ser adaptados por el gestor.

CRITERIO		Cantidad de INDICADORES
1.	Entorno y ambiente del árbol	3
2.	Forma del árbol	8
3.	Estado del árbol	5

Tabla 2. Criterios e Indicadores de riesgo del árbol. Cada Indicador es valorado por una puntuación, excepto el Indicador 3.5 que es solo descriptivo.

CRITERIO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
1. Entorno y ambiente	1.1. Profundidad del suelo	Apreciar o inferir algún impedimento.
	1.2. Pendiente del terreno	
	1.3. Exposición al clima	Principalmente al viento.
2. Forma del árbol	2.1. Fase desarrollo	Juvenil, inmaduro, maduro o sobremaduro.
	2.2. Dominancia del árbol	Libre, oprimido, intermedio o dominante.
	2.3. Tamaño de la copa	Pequeña, mediana o grande.
	2.4. Tamaño de las ramas	Atención en las más grandes.
	2.5. Número de troncos	Monopódico, bifurcado, polifurcado.
	2.6. Verticalidad del árbol	Inclinación.
	2.7. Forma de la raíz	Equilibrada, irregular, expuesta y/o disminuida.
	2.8. Estabilidad del árbol	Índice esbeltez/robustez: Según razón entre altura y diámetro.
3. Estado del árbol	3.1. Vitalidad general del árbol	Apariencia general.
	3.2. Vitalidad de la raíz	Inferencia: sana o enferma.
	3.3. Sanidad del tronco	Robustez inferida en función de las señales de afectación.
	3.4. Sanidad de las ramas	Idem 3.3.
	3.5. Localización rama afectada	Es descriptivo: localización en tercio inferior, medio o superior de altura.

Los Indicadores se han listado en función de la importancia de los Criterios que inciden sobre la estabilidad del árbol.

4.1. Valoración de los Indicadores: Índice de Riesgo de colapso del árbol

Se ha diseñado un sistema de calificación o puntuación de los Indicadores que permite

obtener un Índice final que resulte en una valoración general de la situación del árbol, independiente si este represente un peligro o no.

El procedimiento establecido para estimar el Índice de Riesgo es el siguiente: cada Indicador será calificado entre 0 (cero) y 3 (tres) según el grado de severidad o afectación de la variable considerada (Chauchard, 2016). Posteriormente con todos los Indicadores valorados, se obtiene un valor promedio para cada Criterio. Pero como cada Criterio tiene una importancia relativa diferente en la incidencia sobre la estabilidad del árbol se estableció un sistema de ponderación para expresar ello.

Para la confección del Índice de Riesgo se diseñó una fórmula aditiva de los valores promedios de los Criterios con una ponderación de la importancia de los mismos (Tabla 3). El valor de ponderación de cada Criterio puede oscilar entre 0,1 y 0,8, de manera que la suma de igual a la unidad (1). Se ha considerado que el factor desestabilizante más importante es el estado del árbol, por ello se le asignó el factor de ponderación de 0,6.

Tabla 3. Ponderación de cada Criterio de evaluación, según la importancia sobre la estabilidad del árbol.

CRITERIO	PONDERACIÓN de Importancia
5. Entorno y ambiente del árbol	0,1
6. Forma del árbol	0,3
7. Estado del árbol	0,6

El Índice consiste en sumar los valores promedios de cada Criterio, los cuales son reducidos por cada factor de ponderación que se aplica en la fórmula, de manera que el *IR* podrá variar su valor entre cero (0) y tres (3), según lo siguiente:

$$IR = (C_1 * P_1) + (C_2 * P_2) + (C_3 * P_3)$$

Donde:

IR: Índice de Riesgo.

C_{1,2,3}: Valores promedios de los Criterios.

P_{1,2,3}: Valores de ponderación de cada Criterio.

De esta manera cada árbol podrá tener una valoración entre cero (0) para aquel sin debilidades visibles y tres (3) para aquel que denota condiciones para el colapso.

A los fines de tener los árboles agrupados según un grado de riesgo de colapso, se estableció una tabla de clasificación en la que los árboles se agrupan en: Alto, medio y bajo riesgo (Tabla 4).

Tabla 4. Rangos de *IR* para agrupar los árboles evaluados. Los árboles de riesgo Alto o que posean alguna debilidad preocupante serían los que deben ser monitoreados.

NIVEL DEL RIESGO	<i>IR</i>
BAJO	< 1,5
MEDIO	< 2,0
ALTO	≥ 2,0

Valoración final: una vez evaluado el árbol con los Indicadores, el técnico tendrá un *IR* y una percepción sobre el riesgo de colapso del árbol, lo cual confrontará con el tipo de uso en la zona de influencia del mismo y en función de ello deberá establecer la medida recomendada de acción. Los riesgos de colapso serán cuatro: descalce, rotura tronco, rotura rama o desgaje (del pie o bifurcación).

5. Discusión

El sistema de evaluación a través de *C&I* ha resultado de sencilla aplicación y considerando un adecuado entrenamiento, el tiempo de aplicación para un árbol no debiera superar los cinco minutos. Es indudable que esta es una consideración relevante habida cuenta que algunas áreas recreativas o de uso suelen tener numerosos árboles (más de 100), por ello la primera actividad a realizarse y previa a la evaluación de los árboles, debe ser la de clasificar los bosques del área en uso y concentrarse en aquellos más peligrosos, en función de su conformación y una evaluación preliminar del estado y el uso de la misma.

Es sumamente importante entender que el *IR* no debe determinar nuestra decisión de actuar o no sobre el árbol, sino que la misma se debe fundamentar en la percepción que le quede al técnico, luego de la evaluación completa del mismo, del riesgo de colapso, en función del estado, de las señales que se identifiquen y del peligro que ello ocasiona. Pero además hay otras cuestiones asociadas a la decisión, como el estado general del bosque en uso y la aptitud del mismo para soportar la actividad que se realiza; en ciertas áreas deben ofrecerse condiciones apropiadas de seguridad pero preservando el valor de conservación y del paisaje. El *IR* se ha encontrado muy útil para identificar y segregarse los árboles de riesgo, los cuales, aquellos que no sean eliminados, deberían constituir el grupo de árboles a monitorear anualmente o periódicamente según ocurran eventos climáticos importantes.

Por otro lado, el sistema de asignar importancia a cada Criterio por una ponderación numérica facilita que dichas importancias cambien con el mejor conocimiento que se adquiera por la mayor experiencia. Es importante comprender que el Criterio Entorno y Ambiente del Árbol, ponderado en importancia con un 10% (0,1), contendría uno de los factores más importantes vinculados a los colapsos de los árboles como lo es el viento, sin embargo, el mismo no es valorado aquí por su imposibilidad de hacerlo, quedando su referencia en un Indicador que expresa la situación de exposición del árbol a su impacto. Por esta razón es sumamente importante conocer las condiciones climáticas medias y extremas posibles en relación a la ubicación geográfica del área en evaluación, como así también a la ubicación topográfica de la misma. La localización topografía del área y cada árbol es un aspecto particularmente importante, puesto que incide sobre el impacto de ciertos factores climáticos, en particular el viento.

Sin lugar a dudas que para contener medidas efectivas de seguridad en el uso de áreas boscosas se requiere insertar la actividad de evaluación de los árboles propiamente dicha en un protocolo más amplio de gestión, porque además la evaluación del árbol no es la única medida que debe incluir dicho protocolo. La evaluación del riesgo de colapso no debe ser una medida aislada, sino parte de un proceso continuo de monitoreo de aquellos árboles a los que se les debe prestar especial atención.

La evaluación de la estabilidad de los árboles como parte de la gestión del uso de áreas boscosas requiere, además de atención particularizada, entrenamiento, estudio y experiencia y ello, como se expuso, en un marco de organización; de poco valdrá que alguien se perfeccione si no tiene una organización que respalde y aplique dicho perfeccionamiento a la gestión del área boscosa en uso. En algunas jurisdicciones de Estados Unidos la calificación, la certificación de habilidades y eventualmente una licencia son requeridas para guiar la valoración del riesgo de colapsos de árboles (Smiley, Matheny y Lilly, 2011).

Si bien el sistema se apoya en una guía que se concentra en algunas especies nativas de la región, el mismo podría ser aplicado a otras, inclusive podría ser factible su aplicación en áreas urbanas realizando la adaptación por modificación o incorporación de algunos Indicadores o simplemente “no aplicar” algunos vinculados a áreas boscosas.

6. Bibliografía

CALAZA M., P; IGLESIAS D., M.; 2016. El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación. Ed. Mundi-Prensa. 503. Madrid, España.

CHAUCHARD, L.M.; 2016. Guía para la evaluación de riesgo de caída de árboles en áreas recreativas. En proceso de publicación por Ed. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, 137 p. Argentina. https://drive.google.com/file/d/OB1nkOkARlq_CTl8zQlJvLVBDbmc/view - https://drive.google.com/file/d/OB1nkOkARlq_CMWxCVmM3MWkzUHc/view

COMISIÓN EUROPEA, 2010. Una infraestructura verde. Of. Pub. C.E. 4 p. http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/green_infra/es.pdf

ELLISON, M.J.; 2005. Quantified risk assessment used in the management of amenity trees. Journal of Arboriculture, vol. 31(2): 57-65. Disponible en internet.

JOHNSEN, K.; SKURSKI, T.; 2003. Forest health protection Alaska region. Hazard tree management in Alaska. http://www.fs.usda.gov/detail/r10/forest-grasslandhealth/?cid=fsbdev2_038339

MATHENY, N.; BRELOER, H.; 1994. Field guide for visual tree assessment. Arboricultural Journal, vol. 18(1): 9-12.

MATHENY, N.; CLARK, J.; 1994. Photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas. International Society of Arboriculture. 85 p. Champaign, EE.UU.

PAINE, L.A.; 1971. Accident hazard evaluation and control decisions on forested recreation sites, USDA For. Sev. Rep. PSW-68, 10 p. Berkeley, EE.UU. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=umn.31951d02964799r:view=1up:seq=1>

SMILEY, E.T.; MATHENY, N.; LILLY, S.; 2011. Tree risk assessment. International Society of Arboriculture. Ed. Sharon Lilly and Rachel Leibowitz. 81 p. Champaign, EE.UU.

WESSOLLY, L. 1995. Fracture diagnosis of trees Part 2: Static-Integrated Methods – Statically-Integrated Assessment (SIA), the Practitioner’s Method of Diagnosis. Stadt und Gruen, vol. 8: 570-573. Disponible en internet.