Distribución espacial de la declinación de los bosques de *Austrocedrus chilensis* en el Valle 16 de Octubre (Chubut, Argentina)

Ludmila La Manna y Francisco Carabelli
Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) - CONICET; C.C. 14 (9200) Esquel, Chubut, Argentina.
ludmila@ciefap.org.ar; francisco.carabelli@gmail.com

RESUMEN

El ciprés de la cordillera [*Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Serm. & Bizarri] es una especie endémica de los Bosques Andino Patagónicos, que constituye un importante recurso económico para la región cordillerana y es una fuente esencial de servicios ecosistémicos. Una de las principales amenazas que sufren los bosques de ciprés es la existencia de una enfermedad conocida como "mal del ciprés", cuya sintomatología externa se manifiesta como un marchitamiento y defoliación progresivos, y finalmente la muerte del árbol. El origen del "mal del ciprés" es aún poco claro, a pesar de los numerosos estudios que han abordado el rol de factores bióticos y abióticos a nivel de micrositio. Aún no existen estudios a escala de paisaje sobre la distribución y progresión del "mal del ciprés" y no se tiene conocimiento de la superficie de bosque afectado. El objetivo de este trabajo fue identificar la distribución espacial del "mal del ciprés" en un área de interés. El estudio se centró en el Valle 16 de Octubre, provincia de Chubut (43º10´S), donde la expansión de la enfermedad se ha acrecentado en la última década. Se trabajó con imágenes satelitales SPOT PAN y XS georreferenciadas del año 2001, con una resolución espacial de 10 m, abarcando un área de 30 x 30 km. En el campo se identificaron 65 grupos de árboles (parches) afectados por el "mal del ciprés" y se determinó su ubicación y perímetro mediante un sistema de posicionamiento global (GPS). En gabinete se determinó la firma espectral correspondiente a ciprés afectado y se aplicó a toda la superficie del área de estudio sobre la imagen satelital. Este procedimiento involucró también 14 firmas espectrales, previamente determinadas, correspondientes a distintos tipos de elementos del paisaje, incluyendo el elemento ciprés (sin discriminación de vitalidad). Se obtuvo así un mapa base preliminar de la distribución del "mal del ciprés". El bosque afectado abarcó una superficie de 1750 ha, equivalente al 25% de la superficie total de *A. chilensis* en el área analizada. La información generada permite cuantificar, por primera vez, la magnitud e importancia del "mal del ciprés". A su vez, sienta las bases para su monitoreo y brinda herramientas para comprender el proceso de la enfermedad. La segunda etapa de este estudio prevé identificar la relación entre la ocurrencia del "mal del ciprés" y variables ambientales (i.e., clima, topografía, suelo) a escala de paisaje.

ABSTRACT

Cordilleran cypress [*Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Serm. & Bizarri] is an endemic species of the Andean forests of Patagonia. It is and economic resource for the cordilleran region and an essential source of ecosystemic services. Widespread mortality of *A. chilensis* occurs and is locally known as "mal del ciprés". External symptoms of this disease are manifested as a progressive withering and defoliation, crown thinning and finally, the death of the tree. The cause of "mal del ciprés" is still unclear, in spite of the numerous studies related to biotic and abiotic factors. Landscape studies on the distribution of "mal del ciprés" do not exist and the surface of affected forest is still unknown. The objetive of this work was to identify the distribution of "mal del ciprés" in an area of interest. The study was carried out in "16 de Octubre" Valley, in Chubut province (43º10´S), where "mal del ciprés" has expanded in the last decade. SPOT PAN and XS satellite images from 2001 were used, with a pixel resolution of 10 m, comprising an area of 30 x 30 km. In the field 65 patches of trees

affected by "mal del ciprés" were identified and their location and perimeter were determined with a global positioning system (GPS). The spectral signature corresponding to affected cypress was determined and it was applied to the whole study area on the satellite image. This procedure also involved 14 spectral signatures previously determined, corresponding to different types of landscape elements, including cypress (without discrimination of health). A preliminar base map with the distribution of "mal del ciprés" was obtained. The affected forest covered 1750 has, representing 25% of the total surface of *A. chilensis* in the study area. This information allows to quantify the magnitude and importance of "mal del ciprés". It also lays the bases for its monitoring and it offers tools for understanding the disease process. The second stage of this study aims to identify the relationship between the ocurrence of "mal del ciprés" and environmental variables (i.e., climate, topography, soil) at a landscape scale.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Austrocedrus chilensis*

El ciprés de la cordillera [*Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Serm. & Bizarri] es una especie endémica de los Bosques Andino Patagónicos. Los bosques de *A. chilensis* presentan su mayor desarrollo en la vertiente oriental de los Andes, en Argentina, cubriendo ca. 135.000 ha (Bran et al., 2002). Se ubican en el pedemonte cordillerano entre los 36º30' y los 39º30' S en forma discontinua y, en forma más continua, entre los 39º30' y los 43º35' S, en una franja de hasta 60-80 km de ancho, que incluye un fuerte gradiente pluviométrico (Bran et al., 2002). Hacia el oeste, en sitios con precipitaciones entre 1600 y 2000 mm, forma bosques mixtos con especies del género *Nothofagus* (Dezzotti y Sancholuz, 1991). En sitios de entre 1600 y 600 mm de precipitación anual, *A. chilensis* forma bosques monoespecíficos, más o menos densos. Con la disminución de la precipitación hacia el este, el bosque se torna cada vez más abierto, primero en forma de bosquetes aislados en el ecotono bosque-estepa y, finalmente, con individuos aislados en una matriz de estepa (Veblen et al., 1996).

Los bosques de *A. chilensis* constituyen un importante recurso económico para la región cordillerana. Su madera es noble, de alta calidad y buena forma, apta para múltiples usos (v. gr. construcción, mueblería, artesanías, etc) (Díaz-Vaz, 1985). En relación con el uso maderero, *A. chilensis* es la segunda especie nativa en importancia luego de la 'lenga' [*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krass] (SRNyAH, 1994). Los asentamientos urbanos y peri-urbanos al pie de la cordillera se superponen con el área de distribución de *A. chilensis*. Esta circunstancia realza el trascendental rol ambiental, paisajístico y recreativo que cumplen los bosques de esta especie, constituyendo una fuente esencial de servicios ecosistémicos.

La declinación de los bosques de *A. chilensis*

Una de las principales amenazas para la continuidad de los bosques de *A. chilensis* es la existencia de una enfermedad conocida como "mal del ciprés", que actualmente se extiende por toda el área de distribución de la especie en Argentina. La sintomatología de esta enfermedad se manifiesta como un amarillamiento y defoliación progresivos, disminución del crecimiento radial y finalmente la muerte del árbol (Havrylenko et al., 1989). Aún no es claro el origen de la enfermedad. Causas bióticas han sido sugeridas, principalmente el involucramiento de hongos fitopatógenos como *Phytophthora* y *Phytium* (Pythiaceae, Oomycota) (Rajchenberg et al., 1998; Greslebin et al., 2004, 2005) y basidiomicetes pudridores (Barroetaveña y Rajchenberg, 1996). Sin embargo ninguna de las especies fúngicas aisladas en bosques de ciprés mostró una relación clara con la enfermedad (Barroetaveña y Rajchenberg, 1996, Rajchenberg et al., 1998; Greslebin et al., 2004, 2005).

Factores abióticos también han sido analizados. Calí (1996), utilizando técnicas dendrocronológicas, relacionó la mortalidad con eventos climáticos o geológicos previos al inicio del decaimiento. Baccalá et al. (1998) demostraron que los bosques de *A. chilensis* del Parque Nacional Nahuel Huapi son más propensos a desarrollar síntomas cuando se encuentran en zonas de altas precipitaciones y altitudes medias. La Manna y Rajchenberg (2004 a,b) realizaron estudios a nivel de micrositio y sugirieron que los suelos con drenaje deficiente actuarían como un factor predisponente para el desarrollo del "mal del ciprés".

El "mal del ciprés" se enmarca así dentro de lo que se conoce como enfermedades de declinación forestal (Manion, 1991; Manion y Lachance, 1992). Este tipo de enfermedades son el resultado de interacciones complejas entre factores bióticos y abióticos, que generan el deterioro gradual de la salud de los árboles y su posterior muerte (Sinclair, 1965). Como ocurre con enfermedades forestales en otras partes del mundo (Maciaszek, 1996; Dezzeo et al., 1997; Long et al., 1997; Jung et al. 2000), aún no se ha arribado a un diagnóstico concreto del "mal del ciprés". Esta circunstancia impide un uso planificado y racional de este recurso forestal (Loguercio et al., 1999).

Distribución espacial de la mortalidad de *Austrocedrus chilensis*

Un objetivo central de la ecología es identificar e interpretar las causas de los patrones que se observan en la naturaleza (Tilman, 1988). Si bien los procesos biológicos no pueden ser deducidos directamente de los patrones observados, estos patrones y sus cambios son importantes indicadores de los procesos subyacentes (Turner, 1989; Stoyan y Penttinen, 2000; Wiegand et al., 2003). En particular, estudios sobre la distribución espacial de árboles enfermos han provisto información clave sobre enfermedades forestales de otras partes del mundo (Hennon et al., 1990; Manion, 1991; Shurtleff y Averre, 1997).

La escasa información disponible sobre el patrón de distribución espacial del "mal del ciprés" constituye una limitante para comprender el proceso de la enfermedad. Los estudios realizados hasta el momento han sido puntuales, abarcando un escaso número de rodales (Baccalá et al., 1998; Havrylenko et al., 1989; La Manna y Rajchenberg 2004a, b). A su vez se desconoce la superficie de bosque afectado, i.e., la magnitud de la enfermedad.

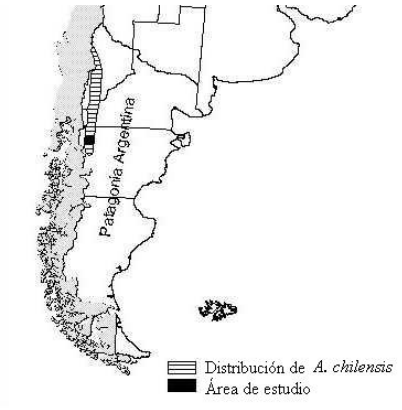
Los objetivos de este trabajo fueron identificar la distribución espacial del "mal del ciprés" y evaluar la superficie afectada en un área de interés, que representa el 9 % de la superficie total de los bosques puros de ciprés en Argentina.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se centró en el área del Valle 16 de Octubre, provincia de Chubut (43º10´S) (Fig. 1). En esta zona el "mal del ciprés" se ha expandido en la última década, constituyendo un área de especial interés.

Fig. 1. Localización del Valle 16 de Octubre, provincia de Chubut, Patagonia, Argentina.



Trabajo en terreno

En el campo se identificaron 65 grupos de árboles (parches) afectados por el "mal del ciprés", abarcando la variabilidad del área analizada. Los sitios de estudio se ubicaron en un gradiente longitudinal, que se corresponde con un gradiente de precipitación. El gradiente pluviométrico abarcó aproximadamente desde 600 a 1300 mm de precipitación anual. Se abarcó también un amplio rango de exposiciones y pendientes, incluyendo diferentes geomorfologías (planicies glaciarias y aluviales, laderas, morros y cañadones).

Mediante un equipo GPS se determinó la ubicación y perímetro de cada parche. Se realizó una caracterización general del parche, incluyendo: número de árboles sanos, enfermos y muertos, pendiente, exposición y posición en la pendiente, cursos de agua, presencia de tocones, presencia de otras especies arbóreas y especies dominantes del sotobosque. Se estimó visualmente la cobertura de arbustos y herbáceas.

Trabajo en gabinete

Se trabajó con imágenes satelitales SPOT PAN y XS georreferenciadas del año 2001, con una resolución espacial de 10 m, abarcando un área de 30 x 30 Km. Con la información obtenida en el campo, se determinó la firma espectral correspondiente a ciprés afectado y se aplicó a toda la superficie del área de estudio sobre la imagen satelital. Este procedimiento involucró también 14 firmas espectrales, previamente determinadas, correspondientes a distintos tipos de elementos del paisaje, incluyendo el elemento ciprés (sin discriminación de vitalidad) (Carabelli, 2004; Carabelli y Claverie, 2005).

La clasificación de la distribución del mal del ciprés fue sucesivamente depurada de acuerdo con las siguientes consideraciones:

Inicialmente, se eliminó el sector del valle inferior que no presenta formaciones boscosas, para disminuir el error de clasificación. Luego se incluyeron todos los polígonos catalogados como "mal del ciprés" resultantes de la clasificación supervisada (cobertura **mdcclasif1**).

Seguidamente se eliminaron los polígonos en aquellos sectores con vegetación de ñire, en razón del conocimiento de terreno de tales sitios (cobertura **mdcclasif2**). También se eliminaron los polígonos incorrectamente clasificados en varios de los lugares donde, de acuerdo con la cobertura de *A. chilensis* de referencia, no podía tratarse de bosques de esta especie.

El tercer paso en la depuración consistió en restar los polígonos con superficie menor a 400 m^2 (cobertura **mdcclasif3**), que era la superficie mínima de los parches muestreados en terreno.

El cuarto y último paso consistió en suprimir los polígonos con superficie menor a 900 m^2 (cobertura **mdcclasif4**) que es la superficie mínima de polígono (3x3 píxeles de 10 m^2 de superficie unitaria) que podría estar representando de manera plausible áreas afectadas por mal del ciprés. Conjuntos de menor cantidad de píxeles (2x2) resultaban demasiado afectados por los valores de reflectancia de los píxeles vecinos, enmascarando así el valor medio de reflectancia y reduciendo consecuentemente la confiabilidad de la clasificación.

Para el procesamiento se utilizó el software ERDAS Imagine 8.4 y para la generación de las coberturas temáticas el software ArcView 3.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los parches

Vitalidad del bosque

Los grupos de árboles muestreados incluyeron en la mayoría de los casos más de 20 árboles, aunque hubo 5 parches con sólo 5 individuos de gran grosor. Los grupos de árboles presentaron diferencias en la manifestación de la enfermedad: desde parches con todos los individuos muertos, parches con mayoría de árboles enfermos (i.e., con síntomas de defoliación), y grupos de árboles con individuos de distinta vitalidad entremezclados (asintomáticos, enfermos y muertos) (Fig. 2). Estas distintas manifestaciones estarían asociadas con la intensidad de la enfermedad (Rosso et. al, 1994) y con el tipo de suelo (La Manna y Rajchenberg, 2002).

Fig. 2. Formas de manifestación del "mal del ciprés". a) todos los individuos muertos; b) individuos de distinta vitalidad entremezclados.





Características de la vegetación

Todos los bosques correspondieron a bosques puros de *A. chilensis*. *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels [n.v. radal] estuvo presente como especie acompañante en la mayoría de los sitios muestreados, y en algunas zonas también *Maytenus boaria* Mol. [n.v. maitén]. Ejemplares de *Nothofagus antarctica* (Forst.) Oerst [n.v. ñire] y *Nothofagus dombeyi* (Mirb. Oers.) [n.v. coihue] fueron raramente registrados.

La cobertura del estrato arbustivo fue muy variable, desde áreas prácticamente sin arbustos hasta un 80 % de cobertura. El estrato arbustivo bajo estuvo dominado por *Aristotelia chilensis* L´Hér. Stirp [n.v. maqui] y *Schinus patagonicus* (Phil.) Johnst. [n.v. laura]. En algunas zonas se registraron *Rosa eglanteria* L. [n.v. rosa mosqueta], *Maytenus chubutensis* (Speg.) Lourt., O´Don. & Sleum [n.v. chaurilla] y distintas especies del género *Berberis*.

La cobertura del estrato herbáceo fue superior a 40 % en todos los casos, con valores de hasta 95 %. Los ejemplares dominantes del estrato herbáceo correspondieron principalmente a distintas especies de gramíneas. Fueron frecuentes también *Acaena ovalifolia* (Ruiz y Pavón) y *Acaena pinnatifida* (Ruiz y Pavón). Se registraron frecuentemente helechos de la especie *Ruhmora adiantiformis* (Forst.) Ching.

En algunas áreas se registraron tocones que, según la información obtenida, fueron cortados después del año 2001 (i.e., año de obtención de la imagen con la cual se realizó el trabajo).

Distribución espacial del "mal del ciprés"

Los resultados de la depuración de la clasificación del mal del ciprés, que fue detallada en la sección Metodología, son presentados en la Tabla 1. Los resultados preliminares indican que el bosque afectado abarcó una superficie de 1750 ha, que equivalen al 25% de la superficie total de *A. chilensis* en el área de estudio. Las observaciones de campo proporcionadas por numerosos estudios sugerían que la enfermedad tenía una distribución significativa (Hranilovic, 1988; Baccalá et al., 1998; Filip y Rosso, 1999), no obstante se desconocía la magnitud de la declinación a escala de paisaje. La información generada en este estudio permite cuantificar, por primera vez, la importancia del "mal del ciprés" y sienta las bases

para su monitoreo. El mapa base preliminar de la distribución del "mal del ciprés" en el área de estudio es presentado en la Figura 3.

Tabla 1: Valores de cantidad de parches, superficies y varianza y desviación estándar de las coberturas de terreno y de gabinete obtenidas para generar una clasificación de la distribución del "mal del ciprés" en el área de estudio.

Nombre cobertura	Nº Parches	Superficie (ha)				Varianza
		Máx.	Mín.	Media	Suma	
Terreno[a]	65	2,025	0,04	0,4	20,4	0,217
Mdcclasif1[b]	74509	17,75	0,01	0,5	3806	0,207
Mdcclasif2[c]	56861	17,75	0,01	0,5	2976	0,023
Mdcclasif3[d]	14573	17,75	0,04	0,15	2177	0,073
Mdcclasif4[e]	6869	17,75	0,09	0,254	1750	0,135

[a] Parches identificados en terreno.
[b] Eliminando el sector del valle inferior e incorporando la clasificación supervisada.
[c] Eliminando los polígonos en sectores sin *A. chilensis* (de acuerdo a la cobertura de referencia).
[d] Eliminando los polígonos con superficie menor a 400 m^2

[e] Eliminando los polígonos con superficie menor a 900 m^2

Figura 3 a. Distribución de *Austrocedrus chilensis* y del "mal del ciprés" en el Valle 16 de Octubre, provincia de Chubut, Patagonia, Argentina.

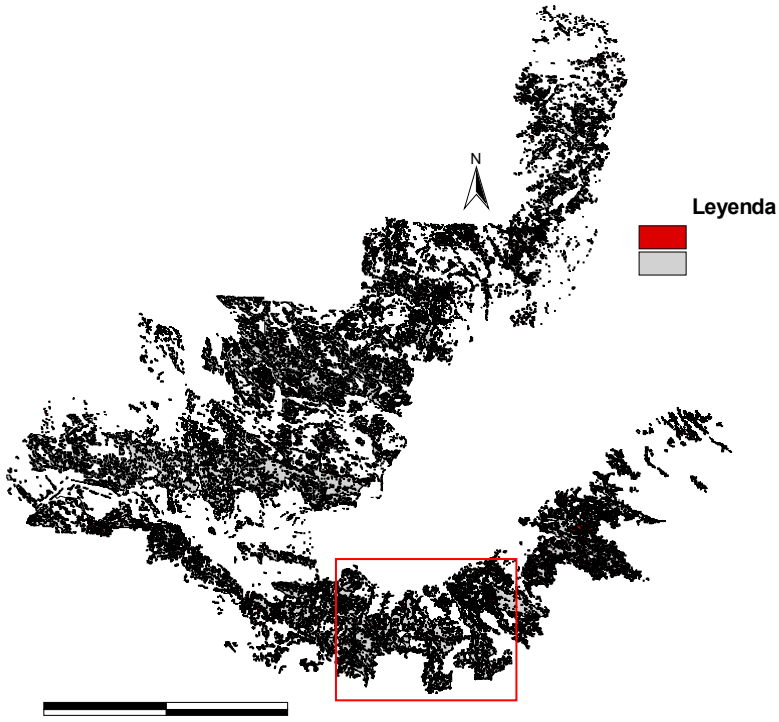
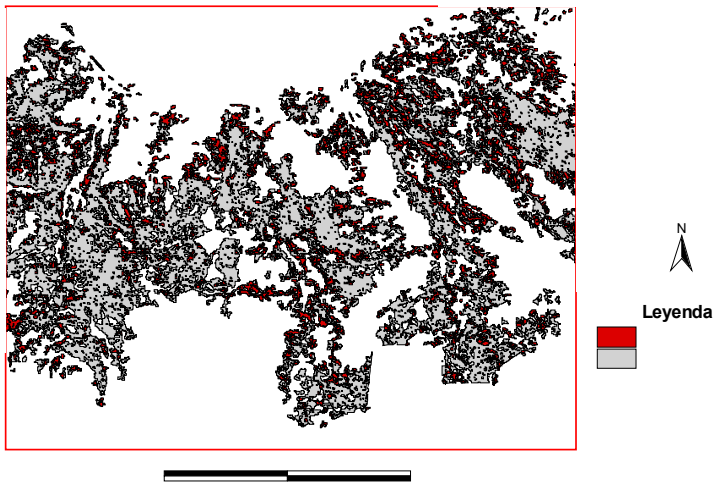
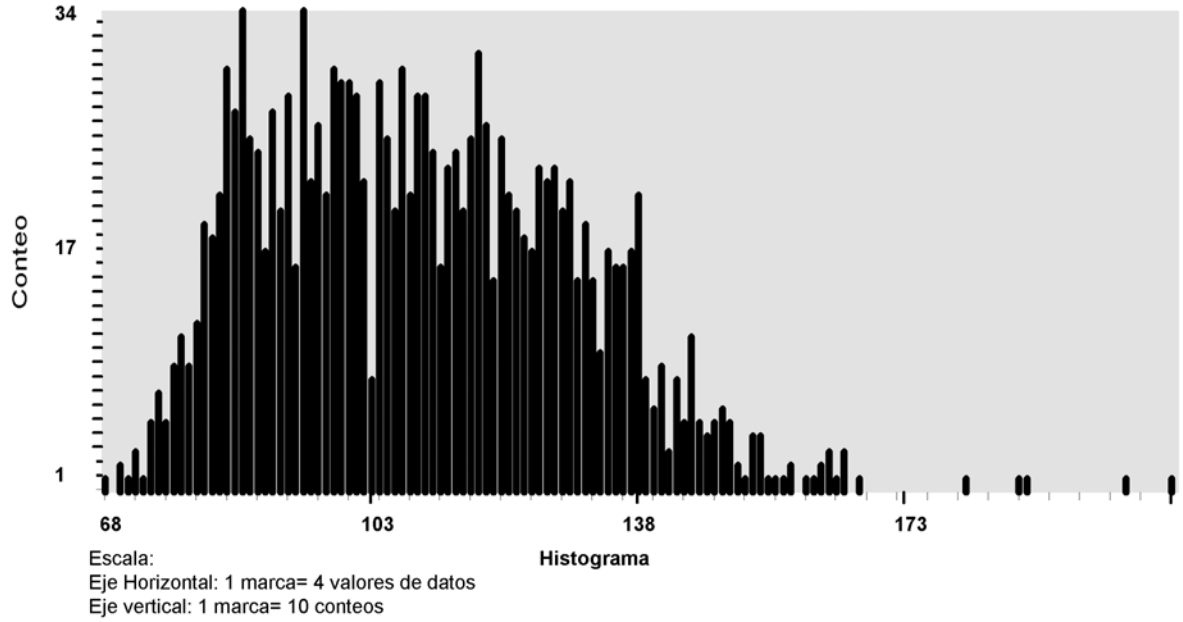


Figura 3 b. Detalle de un sector.



La gran variabilidad de cobertura del sotobosque y las diferencias en la topografía hicieron más amplio el espectro de valores de reflectancia para las distintas intensidades de manifestación de la enfermedad (Fig. 4). Esta circunstancia conlleva la exigencia de efectuar un intenso control de terreno para ajustar la distribución de la enfermedad, analizando la correspondencia entre los sectores efectivamente enfermos y los sectores caracterizados como tales en la clasificación supervisada de gabinete.

Figura 4: Distribución de los valores de reflectancia correspondientes a píxeles potencialmente representativos de áreas con "mal del ciprés".



Este estudio constituye la primer etapa de un proyecto cuyo objetivo principal es identificar la relación entre la ocurrencia del "mal del ciprés" y variables ambientales (i.e., clima, topografía, suelo) a escala de paisaje.

CONCLUSIONES

En el Valle 16 de Octubre, provincia de Chubut, Argentina, la distribución de *A. chilensis* representa el 9 % de la superficie total de los bosques puros de esta especie, constituyendo así un área representativa. El bosque afectado por "mal del ciprés" abarcó una superficie de 1750 ha, que equivalen al 25% de la superficie total de ciprés en el área analizada. Por primera vez, aunque de forma preliminar, pudo cuantificarse la magnitud e importancia del "mal del ciprés".

Los bosques afectados evidenciaron una gran variabilidad en la manifestación de la enfermedad (i.e., grandes grupos de árboles muertos vs. árboles de diferentes vitalidad entremezclados), cobertura del sotobosque y diferentes situaciones de topografía y geomorfología. Esta variabilidad estuvo asociada con un amplio espectro de valores de reflectancia para las distintas situaciones de enfermedad. Esta circunstancia conlleva la exigencia de efectuar un intenso control de terreno para ajustar la distribución del "mal del ciprés".

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Juan Monjes, Darío Arquero, Marcos Menger, Luis Epele y Danilo Hernández Otaño por su asistencia en las tareas de campo. El Prof. Miguel Calderón, de la Cátedra de Topografía y Fotointerpretación de la Sede Esquel de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco facilitó el uso del software ERDAS Imagine 8.4. El Ing. Ftal. Horacio Claverie de la Dirección General de Bosques y Parques de la Provincia de Chubut proporcionó el acceso al software ArcView 3.2. A ambos les expresamos también nuestro agradecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Baccalá, N.; P. Rosso y M. Havrylenko. 1998. *Austrocedrus chilensis* mortality in the Nahuel Huapi National Park (Argentina). Forest Ecology and Management 109: 261-269.

Barroetaveña, C. y M. Rajchenberg. 1996. Hongos *Aphyllophorales* (*Basidiomycetes*) que causan pudriciones en *Austrocedrus chilensis* en pie. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 31: 201-216.

Bran, D.; A. Pérez.; D. Barrios; M. Pastorino y J. Ayesa. 2002. Eco-región valdiviana: distribución actual de los bosques de "ciprés de la cordillera" (Austrocedrus chilensis) – Escala 1:250.000. INTA, APN, FVSA. Informe preliminar, Bariloche, Argentina. 12 p.

Calí, S. 1996. *Austrocedrus chilensis*: estudio de los anillos de crecimiento y su relación con la dinámica del "Mal del Ciprés" en el P.N. Nahuel Huapi, Argentina. Tesis de Lic. Cs. Biol., UNC, Bariloche. 143 p.

Carabelli, F. 2004. Quantitative analysis of forest fragmentation in Patagonia, Argentina. En: Proceedings of the IUFRO 2004 International Workshop of Landscape Ecology: Conservation and Management of Fragmented Forest Landscapes. Tsukuba, Ibaraki, Japan, 83-87.

Carabelli F. y H. Claverie. 2005. Análisis de cambios en los paisajes de bosques de ciprés de la cordillera en el noroeste de la Provincia de Chubut. En: Libro de Actas de la I Reunión sobre ecología, conservación y uso de los bosques de ciprés de la cordillera, Esquel, Chubut, Argentina, 61-66.

Dezzeo, N.; L. Hernández y H. Fölster. 1997. Canopy dieback in lower montane forests of Alto Urimán, Venezuelan Guayana. Plant Ecology 132: 197-209.

Dezzotti, A. y L. Sancholuz. 1991. Los bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina: ubicación, estructura y crecimiento. Bosque 12: 43-52.

Díaz-Vaz, J. 1985. *Austrocedrus chilensis*. Descripción anatómica. Bosque 6(1): 49-50.

Filip, G. y P. Rosso. 1999. Cypress mortality (mal del ciprés) in the Patagonian Andes: comparisons with similar forest diseases and declines in North America. European Journal of Forest Pathology 29: 89-96.

Greslebin, A.; E. Hansen; L. Winton y M. Rajchenberg. 2004. "Mal del ciprés" (Austrocedrus chilensis decline) in Patagonia: are Phytophthora species involved? Proceedings 3rd Workshop of IUFRO Working Party 7.02.09 "Phytophthora in forests and natural ecosystems". Freising, Germany. p. 33.

Greslebin, A.; E. Hansen; L. Winton y M. Rajchenberg. 2005. Phytophthora species from declining Austrocedrus chilensis forests in Patagonia, Argentina. Mycologia 97: 218-228.

Havrylenko, M.; P. Rosso y S. Fontenla. 1989. *Austrocedrus chilensis*: contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. Bosque 10: 29-36.

Hennon, P.; E. Hansen y C. Shaw III 1990. Dynamics of decline and mortality in *Chamaecyparis nootkatensis* in southeast Alaska. Canadian Journal of Botany. 68: 651-662.

Hranilovic, S. 1988. Informe histórico sobre el mal del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis).* Revista de la Asociación Forestal Argentina 42: 58-62.

Jung, T.; H. Blaschke y W. Oβwald. 2000. Involvement of soilborne Phytophthora species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. Plant Pathology 49: 706-718.

La Manna, L. y M. Rajchenberg. 2002. Patrones espaciales del "Mal del ciprés" y su relación con las características del suelo. Actas XVIII CACS, Pto. Madryn, 16 al 19 de abril de 2002. Comisión 1 no. 38.

La Manna, L. y M. Rajchenberg. 2004a. The decline of *Austrocedrus chilensis* forests in Patagonia, Argentina: soil features as predisposing factors. Forest Ecology and Management 190: 345-357.

La Manna, L. y M. Rajchenberg. 2004b. Soil properties and *Austrocedrus chilensis* forest decline in Central Patagonia, Argentina. Plant and Soil 263: 29-41.

Loguercio, G.; P. Burschel y M. Rey. 1999. El bosque de ciprés de la cordillera: su conservación y uso. Foll. Div. Nº 14, CIEFAP, Esquel.

Long, R.; S. Horsley y P. Lilja. 1997. Impact of forest liming on growth and crown vigor of sugar maple and associated hardwoods. Canadian Journal of Forest Research 27: 1560-1573.

Maciaszek, W. 1996. Pedological aspects of oak decline in south-eastern Poland. Prace Instytutu Badawczego Lésnictwa 824: 89-109.

Manion, P. 1991. Tree disease concepts. 2º ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York. 402p.

Manion, P. y D. Lachance. 1992. Forest Decline Concepts. APS Press, St. Paul. 249p.

Rajchenberg, M.; C. Barroetaveña; P. Cwielong; M. Rossini; D. Cabral y A. Sívori. 1998. Fungal species associated with the decline of *Austrocedrus chilensis* in Patagonia, Argentina: preliminary results. En: Delatour, L.; J. Guillaumin; B. Lung-Escarmant y B. Marçais (Eds.). Actas IX International Conference on Root & butt Rots, Carcans, France. Les Colloques 89: 235-244.

Rosso, P.; M. Baccalá; M. Havrylenko y S. Fontenla. 1994. Spatial pattern of *Austrocedrus chilensis* wilting and the scope of autocorrelation analysis in natural forests. Forest Ecology and Management 67: 273-279.

Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano (SRNyAH). 1994. Anuario de Estadística Forestal. Presidencia de la Nac. Bs.As.

Shurtleff, M. y C. Averre III. 1997. The plant disease clinic and field diagnosis of abiotic disease. APS Press, St. Paul. 245 p.

Sinclair, W. 1965. Comparisons of recent declines of white ash, oak, and sugar maple in northeastern woodlands. Cornell Plant 20:62-67.

Stoyan, D. y A. Penttinen. 2000. Recent Aplications of Point Process Methods in Forestry Statistics. Statistical Science 15: 61-78.

Tilman, D. 1988. Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities. Princeton Univ. Press.

Turner, M. 1989. Landscape Ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecological Systems 20: 171-197.

Veblen, T.; T. Kitzberger; B. Burns y A. Rebertus. 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En: Armesto, J.; C. Villagrán y M. Arroyo (Eds.). Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. p. 169-198.

Wiegand, T.; F. Jeltsch; I. Hanski.y V. Grimm. 2003. Using pattern-oriented modeling for revealing hidden information: a key for reconciling ecological theory and application. Oikos 100: 209-222.