

Francisco Carabelli

Doctor en ciencias forestales de la Universidad Ludwig-Maximilians de Munich, Alemania. Trabaja actualmente en el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) como investigador del CONICET en los temas de fragmentación de bosques nativos y planificación territorial de usos de paisajes forestales.

Doctor in forest sciences of the Ludwig-Maximilians University, Germany. He is currently working at the Patagonian Andes Forest Research and Extension Center (CIEFAP) as researcher of CONICET on native forest fragmentation and territorial land use planning of forest landscapes.

Horacio Claverie

Ingeniero forestal y Magíster en sistemas de información geográfica (SIG). Trabaja en la Dirección General de Bosques y Parques de la Provincia de Chubut como responsable del Departamento de SIG.

Forest engineer and Magister on geographic information systems (GIS). He works in the Forest and Parks General Direction of Province Chubut as Head of the GIS Department.

Manuel Jaramillo

Ingeniero forestal, actualmente es becario doctoral en el Centro Iberoamericano de la Biodiversidad de la Univ. de Alicante, España.

CAMBIOS ANTRÓPICOS DE PAISAJES FORESTALES EN LA PATAGONIA ANDINA DE ARGENTINA

ANTHROPIC CHANGES OF FOREST LANDSCAPES IN THE PATAGONIAN ANDES OF ARGENTINA

Francisco Carabelli, Horacio Claverie, Manuel Jaramillo, Ivonne Orellana, Silvio Antequera, Mariano Gómez, Roberto Scoz

INTRODUCCIÓN

Existen en Patagonia dos aspectos que tienen actualmente una gran relevancia en el estudio de los cambios asociados con alteraciones inducidas por el hombre en ambientes de bosque: la variación a través del tiempo a nivel de paisaje y un mayor entendimiento del proceso de fragmentación a escala predial. Una mejor comprensión del primero de tales problemas podría proporcionarnos una indicación de la dirección de las fuerzas antrópicas que amenazan los bosques nativos, para proponer acciones de conservación con base científica. Mientras tanto, una reconstrucción con perspectiva histórica de los usos de la tierra que afectan las áreas forestales en pequeños predios, seleccionados por su representatividad, podría brindarnos un puente entre el nivel de paisaje y el de finca para desarrollar estrategias definidas que apoyasen una planificación más realista de usos de la tierra tendiente a la sostenibilidad de los recursos naturales en Patagonia. En este contexto hemos abordado el análisis cuantitativo de los cambios de la heterogeneidad forestal a nivel de paisaje, para determinar las tasas de reducción y fragmentación de las áreas de bosque nativo y las causas que las producen. A un nivel predial hemos iniciado estudios de la influencia de la profundidad de borde y de modificación de la biodiversidad en ambientes adyacentes a matrices originadas

INTRODUCTION

Two issues in the study of forest environment changes in Patagonia related to human-induced alterations are nowadays of great relevance: the variation at landscape level across time and a better understanding of the fragmentation process at a landownership level. An improved comprehension of the first mentioned problem would get us an overview of the direction of human-related current forces threatening native forests, to propose scientific-based conservation measures. In addition, a reconstruction with historical perspective of land uses affecting forest areas on representative selected small ownerships would give us a bridge between landscape and estate level to develop defined strategies in order to support a more realistic land use planning towards the sustainability of natural resources in Patagonia. In this context, we are dealing with the quantitative analysis of changes of the forest heterogeneity at a landscape level, to determine the rates of decrease and fragmentation of native forest areas and the causes producing them. At a landownership level we also began studies about the depth of edge influence and biodiversity modification in environments adjoining matrix created by forest fires, pine plantations and clear cuts.

Su tema de trabajo es el rol de la heterogeneidad espacial en la conservación y generación de biodiversidad a escala de paisaje.

Forest engineer, he is actually doctoral fellowship at the Iberoamerican Center for Biodiversity at the University of Alicante. His research theme is the role of spatial heterogeneity in the conservation and generation of biodiversity at a landscape scale.

Ivonne Orellana

Bióloga, se halla actualmente iniciando sus estudios de doctorado en la Universidad del Comahue, Argentina. Su tema de trabajo es el efecto de borde y biodiversidad en comunidades vegetales naturales adyacentes a plantaciones exóticas en la zona andina.

Biologist, she is actually beginning her doctoral studies at the Comahue University of Argentina. His research theme is the edge effect on biodiversity and vegetal natural communities adjoining exotic plantations in the Andes region.

Silvio Antequera

Ingeniero forestal y Magister en ciencias forestales de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Göttingen, Alemania. Actualmente trabaja como investigador en el CIEFAP.

Forest engineer and Magister in forest sciences from the Faculty of Forest Sciences, University of Göttingen, Germany. He is actually working as researcher in CIEFAP.

por incendios forestales, plantaciones de pino y talas rasas. Los estudios tendientes a reconstruir la historia de usos de la tierra para establecer relaciones causales entre los cambios de uso y la eventual fragmentación del bosque constituyen la tercera línea de trabajo que ha sido recientemente iniciada.

Tomando en consideración estas circunstancias, seleccionamos finalmente la especie *Austrocedrus chilensis*, dado que sus características microclimáticas más favorables y sus ubicaciones muy accesibles hicieron posible un desarrollo primordialmente no planificado de asentamientos humanos y de usos de la tierra que han afectado severamente los patrones de distribución de estos bosques (Carabelli et al., 2002).

Austrocedrus es una especie forestal endémica de los bosques templados fríos de la región andina patagónica de Argentina y Chile. En Argentina forma rodales puros, relativamente densos, en un gradiente de precipitación que pasa de 1700 mm/año en el oeste a 500 mm/año en el este, siendo la conífera nativa de mayor dispersión geográfica -37° 08' a 43° 43' L.S.- (Bran et al., 2002). Se ubica en altitudes entre 300 y 1000 m.s.n.m. según la latitud, en una franja de hasta 60-80 km de ancho, representando hacia el este el límite arbóreo con la estepa patagónica y al oeste con los bosques húmedos de *Nothofagus* (Dezzotti y Sancholuz, 1991), donde suele formar bosque mixtos cerrados con la latifoliada perenne *Nothofagus dombeyi*. Actualmente, los bosques puros de *Austrocedrus* y las áreas mixtas de *Austrocedrus-Nothofagus* ocupan un territorio de 135.400 hectáreas (Bran et al., 2002).

MÉTODOS

Para estudiar algunos de los cambios principales inducidos por el hombre que afectan a estos bosques, seleccionamos dos áreas de estudio en el sector noroeste de la provincia de Chubut: la primera de ellas, denominada Laguna Brycham, ocupó un área de 2000 hectáreas mientras que la

Studies aimed to reconstruct the land use history to set up causal relationships between land use changes and the eventual forest fragmentation represent the third research line just initiated.

Taking into account such circumstances, we finally considered the species *Austrocedrus chilensis* since her most favourable microclimatic characteristics and very accessible locations made possible a most unplanned development of human settlements and land uses severely affecting the patterning of these forests (Carabelli et al., 2002).

Austrocedrus is a forest endemic species of the cold temperate forests of the Patagonian Andes region in Argentina and Chile. In Argentina it forms relatively dense pure stands in a precipitation gradient between 1600-1700 mm/year in the west and 500 mm/year in the east, being the coniferous with the largest geographical distribution, from 37° 08' up to the 43° 43' L.S. (Bran et al., 2002). It is preferably located at altitudes between 300 and 1000 m according to the latitude, in a belt of up to 60-80 km width, representing the forest limit with the Patagonian steppe to the east and with the humid forests of *Nothofagus* to the west (Dezzotti & Sancholuz, 1991), where it usually develops dense mixed forests with the evergreen *Nothofagus dombeyi*. At present the pure *Austrocedrus* forests and the mixed *Austrocedrus-Nothofagus* areas occupy an area of 135,400 hectares (Bran et al., 2002).

METHODS

To study some of the main human-induced changes affecting these forests we selected two study areas located in the northwest sector of Province Chubut: the first one, called Laguna Brycham encompassed an area of 2,000 hectares, whereas the second

Mariano Gómez

Es actualmente un estudiante avanzado de Ingeniería Forestal en la Universidad Nacional de la Patagonia.

He is actually an advanced student of Forest Engineering at Patagonia National University.

Roberto Scoz

Doctor en ciencias forestales de la Universidad Albert-Ludwigs de Friburgo, Alemania. Trabaja actualmente en el Departamento de Biometría Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de esa universidad, como asistente científico del director del departamento.

Doctor in forest sciences from the Albert-Ludwigs University in Freiburg, Germany. He is actually working at the Department of Forest Biometry from the Faculty of Forest and Environmental Sciences of this University as scientific assistant of the Chief department.

segunda, denominada Epuyén involucró 7000 hectáreas.

Se realizó un análisis detallado de elementos del paisaje sobre dos fotomosaicos de 1970. La identificación de alteraciones inducidas por el hombre se efectuó sobre una imagen multispectral SPOT-PAN-XS de 2000-2001 en el área de estudio Laguna Brycham y sobre una imagen IKONOS multispectral de 2001 en el área de estudio Epuyén. Dos modelos digitales de terreno especialmente elaborados apoyaron la ortorectificación de este material. Para todas estas tareas se emplearon diferentes módulos de los programas Erdas Imagine y ArcView. Los elementos del paisaje definidos se delimitaron como parches según distintos tipos forestales y se distinguieron posteriormente en tres clases de densidad: denso, semidenso y ralo. El cálculo de áreas para las diferentes clases y el análisis de los cambios en el paisaje se realizaron con los programas Xtools y Fragstats que trabajan como extensiones del software ArcView.

Asimismo, seleccionamos tres situaciones de borde originadas hace 10 años sobre la imagen SPOT de 2001 previamente mencionada, para intensificar la investigación sobre situaciones de borde de los parches de *Austrocedrus* como consecuencia de las alteraciones causadas por el hombre. En estos lugares, el bosque de *Austrocedrus* fue afectado por la enfermedad conocida como 'mal del ciprés', por fuego y más tarde se cortaron con el propósito de limpiar las áreas quemadas –y simultáneamente para usar la madera de los árboles muertos o quemados- para utilizarlas como terrenos de pastura para el ganado. Para detectar la variación en los atributos de la comunidad relacionados con la distancia al borde y estimar la profundidad del mismo sobre la regeneración de *Austrocedrus*, la diversidad de especies, la abundancia y la distribución específica, localizamos transectas de 100 m de longitud -30 m hacia el hábitat adyacente y 70 m hacia el interior del bosque- perpendiculares a la línea de borde.

one, named Epuyén, involved 7,000 hectares.

A detailed analysis of landscape elements on two photomosaics from 1970 was carried out. The identification of human-induced alterations was carried out on an SPOT-PAN-XS multispectral image from 2000-2001 in the study area Laguna Brycham and one IKONOS multispectral image from 2001 in the study area Epuyén. Two specially developed digital terrain models supported the orthorectification of this material. For all these tasks different modules of Erdas Imagine and ArcView computational packages were used. The defined landscape elements were delimited as patches according to different forest types and later distinguished into three classes of density: dense, semidense and sparse. The area calculation for the different classes and the analysis of the landscape changes were carried out with the programs Xtools and Fragstats, both working as extensions of the ArcView program.

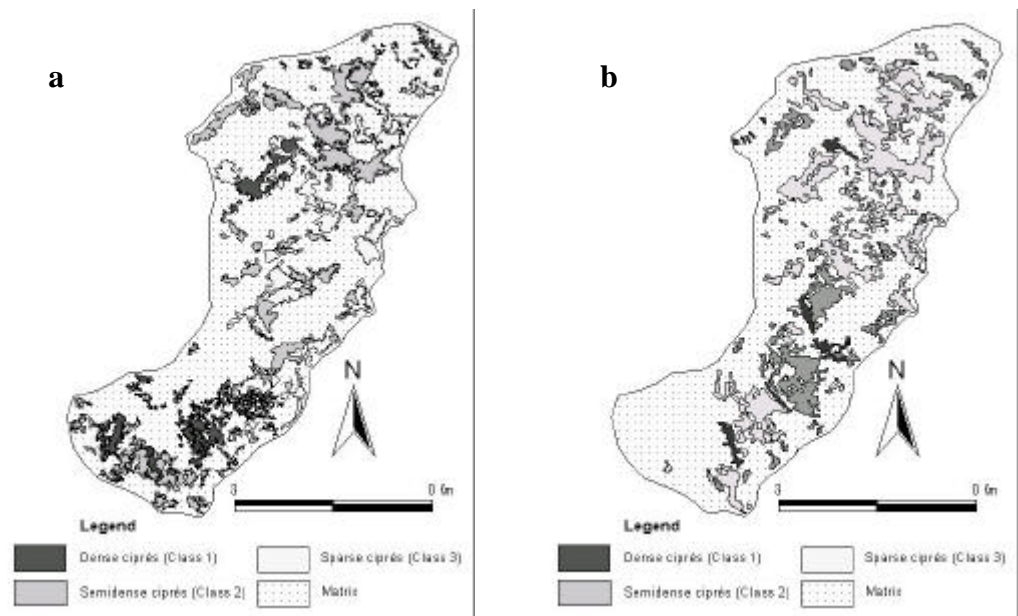
In addition, we selected three edge situations originated ten years ago over the above mentioned 2001 SPOT image to intensify the research on edge situations of *Austrocedrus* patches as a consequence of some human-caused alterations. In these places *Austrocedrus* forest was affected by the 'mal del ciprés' disease and fires, and later harvested with the aim of cleaning the damaged areas –and simultaneously for using timber of dead or burned trees-, to employ them as pastures for cattle grazing. To detect the variation on community attributes related to distance to edge and to estimate the depth of edge over *Austrocedrus* regeneration, species diversity, abundance and specific distribution we located transects of 100 m length -30 m towards the adjacent habitat and 70 m to the forest interior- perpendicular to the edge line.

RESULTADOS

En la unidad de paisaje de 2000 hectáreas donde habitan 34 diferentes propietarios cuyas fincas varían entre 4 y 650 hectáreas hallamos cambios cualitativos en la heterogeneidad del paisaje entre 1970 y 2000-2001 (Fig. 1). Estos cambios son principalmente negativos debido a fuegos forestales, corta de madera seguida de pastoreo y reemplazo de bosques de *Austrocedrus* con plantaciones de pino. Asimismo, el crecimiento de jóvenes bosques de *Austrocedrus*, que tal vez no estaban presentes o no eran discernibles en 1970 se consideró como un cambio “positivo” de la heterogeneidad.

Fig. 1. a) Distribución de los parches de *Austrocedrus* en la unidad de paisaje Laguna Brycham en 1970; b) Distribución de los parches de *Austrocedrus* en la unidad de paisaje Laguna Brycham en 2001.

Fig. 1. a) Distribution of *Austrocedrus* patches on landscape unit Laguna Brycham in 1970; b) Distribution of *Austrocedrus* patches on landscape unit Laguna Brycham in 2001.



En Epuyén los sitios dominados por *Austrocedrus* conformaban en 1970 una superficie mayormente continua o interconectada y ocupaban una superficie de casi 3400 hectáreas. Esta situación se modificó drásticamente al ser 475 hectáreas reemplazadas por plantaciones y 360 hectáreas afectadas por incendios. La reducción neta de superficie de 24% estuvo acompañada por un fuerte cambio negativo en la heterogeneidad del paisaje forestal debido a la fragmentación del bosque de *Austrocedrus* -34% en el período de tiempo considerado-. La reducción de área y el aumento de la fragmentación fueron más intensos en las clases densas y ralas (Fig. 2).

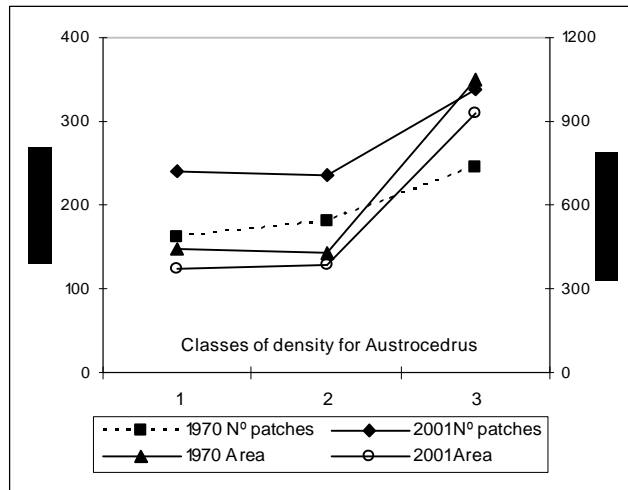
RESULTS

On the 2,000 hectares landscape unit inhabited by 34 different owners whose areas oscillate between 4 and 650 hectares, we found several qualitative changes on landscape heterogeneity between 1970 and 2000-2001 (Fig. 1). These changes are mainly negative due to forest fires, timber cutting followed by grazing and replacement of *Austrocedrus* forests with pine plantations. On the other hand, the growth of young *Austrocedrus* forests probably not present or indiscernible in 1970 where considered “positive changes” on heterogeneity.

In Epuyén the places dominated by *Austrocedrus* forests constituted in 1970 a predominantly continuous or interconnected area and occupied almost 3400 hectares. This situation was drastically modified being 475 hectares replaced by plantations and 360 hectares affected by forest fires. The net area reduction of 24% was accompanied by a strong negative change in the heterogeneity of the forest landscape due to the fragmentation of the *Austrocedrus* forest area -34% in the considered time period-. Area decrease and fragmentation increase were more intense in dense and sparse classes.

Fig. 2. Aumento de la fragmentación y reducción de la superficie de bosques puros de *Austrocedrus* en Epuyén, Chubut.

Fig. 2. Area decrease and fragmentation increase in pure *Austrocedrus* forest in Epuyén, Chubut.



Concerning the depth of edge influence, preliminary results showed that the original composition of the vegetal community was strongly modified. The high proportion of exotic species regarding the total present species constituted an evidence of the negative impact of non-planned land use for grazing. As for the identification of attributes that provided information about the edge

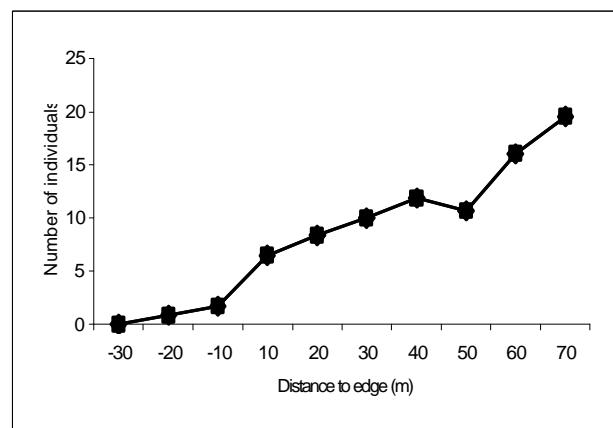
Respecto a la influencia de la profundidad de borde, los resultados preliminares muestran que la composición original de la comunidad vegetal se modificó fuertemente. La alta proporción de especies exóticas considerando todas las especies presentes constituyó una evidencia del impacto negativo del uso pastoril no planificado. En cuanto a la identificación de atributos que brindaran información acerca del efecto de borde, los más útiles fueron diversidad de especies leñosas, abundancia específica de *Holcus lanatus*, una gramínea introducida cosmopolita de escaso valor forrajero y la especie nativa *Acaena ovalifolia*, ampliamente distribuida en la región patagónica. La diversidad de especies leñosas varió con la distancia al borde, al igual que la riqueza de especies

effect, the most useful was diversity of woody species, general specific abundance of *Holcus lanatus* an introduced and cosmopolitan gramineous of scarce forage value, and the native *Acaena ovalifolia*, widely distributed in the Patagonian region. Diversity of woody species varied with distance to edge. Richness of native species also varied with distance to edge, being greater in the interior forest plots. For the distribution of woody species the number of individuals varied with distance to edge. For herbs abundance was bigger on 'interior' plots against the 'exterior' ones. The number of *Austrocedrus* seedlings increased with distance from the edge towards the forest interior (Fig. 3)

Fig. 3. Variación de la cantidad de plántulas de *Austrocedrus* con la distancia al borde.

Fig. 3. Variation of the quantity of *Austrocedrus* seedlings with distance to edge.

nativas, que fue mayor en las parcelas hacia el interior del bosque. El número de individuos de la distribución de especies leñosas varió con la distancia al borde. Para las herbáceas, la abundancia fue mayor en las parcelas 'interiores' respecto de las 'exteriores'. El número de plantas de *Austrocedrus* se incrementó desde el borde hacia el interior del bosque (Fig. 3).



CONCLUSIONES

En este breve artículo hemos puesto de manifiesto mediante una caracterización cuantitativa cómo se han modificado por la acción de procesos de origen antrópico los bosques nativos, principalmente de *Austrocedrus*, en dos sectores de su área de distribución. Creemos que las comprobaciones realizadas tienen un ámbito de validez que excede las áreas que nuestros sitios de estudio han abarcado, esencialmente por dos razones: la primera de ellas es que *Austrocedrus* ocupa la menor superficie entre aquellas especies de bosque nativo que han sido históricamente y hasta el presente objeto de una amplia gama de usos por parte del hombre.

La segunda razón, estrechamente emparentada con la primera es que actúan sobre esta especie, conjunta o disociadamente, un complejo de alteraciones que continúa amenazando estos singulares ecosistemas forestales (Carabelli et al., 2004). Tales circunstancias acentúan la necesidad de considerar integralmente los paisajes y de desarrollar acciones de manejo con sólidos fundamentos técnico-científicos y aceptación en los distintos sectores de la comunidad, para que las prácticas de uso de los ambientes de bosque en nuestra región contribuyan a atenuar los procesos de deterioro –por lo menos aquellos que tienen manifestaciones visibles y cuantificables en el corto plazo- de los ecosistemas nativos.

LITERATURA CITADA

BRAN D., A. PÉREZ, D. BARRIOS, M. PASTORINO, J. AYESA. 2002. Eco-región valdiviana: distribución actual de los bosques de “ciprés de la cordillera” (*Austrocedrus chilensis*) - escala 1:250.000. Informe Preliminar. INTA-APN-FVSA. 12 p

DEZZOTI A., L. SANCHOLUZ. 1991. Los bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina: Ubicación, estructura y crecimiento. *Bosque* 12 (2):43-52.

CARABELLI F., R. SCOZ, H. CLAVERIE, M. JARAMILLO, M. GÓMEZ. 2002. Detection and assessment of positive and negative changes on the heterogeneity of forest landscapes: Fragmentation analysis of “ciprés de la

CONCLUSIONS

In this short article we have shown with a quantitative characterization how native forests, mainly of *Austrocedrus*, have been modified by anthropic processes, in two sectors of its distribution area. We believe that our checking has a wider area of validity exceeding the places that our studies involved, essentially for two reasons: the first one is that *Austrocedrus* occupies the smallest surface among those native forest species that have been historically and actually involved into a wide range of human uses.

The second reason, narrowly related to the first one is that a complex of alterations is affecting the integrity of this species, threatening these unique forest ecosystems (Carabelli et al., 2004). Such circumstances highlight the need for an integral insight of landscapes and for developing management actions with sound technical and scientific bases and acceptance in the different sectors of the community, so that land use practices on forest environments in our region are able to contribute diminishing the deterioration processes of our native ecosystems -at least those that have visible manifestations and are quantifiable in the short term-.

cordillera” forests in Patagonia Andina, Argentina. International Conference “Disturbed landscapes: Analysis, Modeling and Valuation”. Cottbus, Alemania. 107-108.

CARABELLI F., S. ANTEQUERA, H. CLAVERIE 2004. Cambios negativos en la heterogeneidad de bosques de ciprés de la cordillera a escala de paisaje. *Patagonia Forestal*. Año X N° 2: 9-12.

DONOSO C. 1995. Estado actual y posibilidades de manejo del bosque nativo andino-patagónico. IV Jornadas Forestales Patagónicas. San Martín de los Andes.