Capítulo 8

Localización espacial del bosque Fray Jorge en los Altos de Talinay, IV Región de Coquimbo.

JOSÉ E. NOVOA-JEREZ, JOSÉ M. VIADA-OVALLE, DAVID LÓPEZ & FRANCISCO A. SQUEO

RESUMEN

Se describe los límites espaciales del bosque de Olivillo-Petrillo-Canelo del Parque Nacional Bosque Fray Jorge, a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas del año 1976, el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y validación de terreno. Se delimitó un área de 734 hectáreas en la cima los Altos del Talinay, con altitudes superiores a los 450 y 500 msnm, que contenían toda la formación boscosa. En esta área general de trabajo, se registró un total de 180 bosquetes con una superficie total de 86.8 hectáreas de cobertura boscosa. La mayor proporción de bosque se encontró en el sector central del Parque (Sendero, Solón y Centinela). Los bosquetes se orientan preferentemente hacia el sur y suroeste, exposiciones que reciben mayor humedad proveniente de la condensación costera. El área con mayor potencialidad para el desarrollo de cobertura boscosa (sector centro - sur de los Altos de Talinay), posee un 88,2% de superficie (648 hectáreas) sin presencia de esta formación vegetal. Esta es un área de singular relevancia para el desarrollo de prácticas futuras de recuperación del bosque de Olivillo-Petrillo-Canelo. Estos resultados permiten contar con una base de información para seguimientos de la variación espacio-temporal del bosque, bajo condiciones de transformaciones antrópicas o naturales, referidas a procesos de manejo y de cambio climático a escalas locales.

Palabras Clave: bosque relictual, fragmentación boscosa, cambio climático.

INTRODUCCIÓN

La distribución de las comunidades vegetales son espacial y temporalmente dinámicas. La magnitud de estos desplazamientos varían en función de las escalas de análisis y los factores específicos que los provocan. Al considerar patrones globales de distribución, información de carácter biogeográfico y paleobotánico muestra la importancia de procesos en escalas ecológico – evolutivas como son las migraciones de comunidades completas entre períodos glaciales e interglaciales (Allen & Breshears 1998) y eventos de colonización y extinción local de especies y comunidades (Arroyo et al. 1993). Sin embargo, los patrones de distribución a nivel local y regional pueden haber sido modificadas por la acción del hombre (Ryan 1991, Fisher & Harris 1999).

Ambas perspectivas requieren considerar nociones diferentes de tiempo. La comprensión de los patrones de distribución de carácter global (Davis 1989, Huntley 1990, Henderson & McGuffie 1995, Aitken & Jarvis 1998, Bounoua 1999) se asocian a escalas de tiempo geológico (millones de años), mientras las dinámicas regionales y locales (Bottema et al. 1993, Behling 1995, Bartlein 1998) deben ser abordadas en condiciones de tiempo ecológico (miles de años) e incluso histórico (decenas o cientos de años) (Arroyo et al. 1993, Villagrán & Varela 1990, Maldonado & Villagrán 2001, Villagrán et al. en Capítulo 1).

Bajo tales consideraciones preliminares, la distribución de un ecosistema boscoso se encuentra vinculada a condiciones de establecimiento, crecimiento y regresión complejas derivadas de la interrelación entre factores de dinamismo espaciotemporales (Zeng & Neelin 2000, Novoa et al. en prensa). Para analizar cualquiera de estos estados evolutivos se requiere de un punto de partida conocido, objetivo hacia el cual se encuentra orientado este capítulo.

Estos nuevos antecedentes facilitarían la vinculación de la actual distribución y configuración espacial del bosque con modelos de reconstitución paleoclimática (Heusser 1983, 1987, Maley 1987, Lézine 1989, Overpeck et al. 1990, Kirilenko et al. 2000, Kutiel et al. 2000, Hooghiemstra et al. 1992, Adams & Woodward 1992, Ledru 1992, Anderson & Brubaker 1993, Adams & Faure 1997, Alley et al. 1997, Anderson 1997, Claussen et al. 1998), paleoambiental (Colinvaux et al. 1989, Clapperton 1993, Street-Perrott 1994, Amthor 1995, Benson et al. 1997) y las potencialidades de cambio futuro (Arroyo et al. 1993, Copeland 1996, Kadmon & Harari 1999, Sykes et al. 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

El bosque del Parque Nacional Bosque Fray Jorge se encuentra entre 30°38'S y 30°43'S (9,7 kilómetros de longitud) en la cima del macizo costero de Altos de Talinay, con una elevación que va entre 350 y 660 msnm (ver Capítulo 3, Squeo et al. 2004).

Se confeccionó una ortofotocarta a escala 1:20.000 a partir de las fotografías aéreas del vuelo CH6-D-SAF del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (escala aproximada 1:60.000) correspondientes al mes de diciembre de 1976 (Aspee & Miranda 1992, Cameron et al. 2000). El área de estudio quedó cubierta con las fotografías números 00180, 00181 y 00182. No se encontró otro vuelo reciente con las condiciones de ausencia de cobertura nubosa necesarias para el trabajo.

La fotointerpretación directa y posterior comprobación de terreno permitió validar un método automatizado (Argialas & Harlow 1990, Bolduc et al.1999) de escaneo en "escala de grises" a una resolución de 300 dpi, resolución que permitió reconocer hasta 260 tipos de coberturas vegetacionales con características específicas. Producto de la fotointerpretación, se seleccionaron sólo 6 rangos de grises para ser validados en terreno.

Estos rangos permitieron determinar condiciones de presencia o ausencia del "bosque", la identificación de la asociación de *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Drimys winteri* (Canelo), *Azara microphylla* (Chin chin), *Myrceugenia correifolia* (Petrillo) y *Raphythamnus spinosus* (Arrayán macho) que caracteriza el área (Squeo et al., Capitulo 9). La resultante analítica se cartografió en forma automatizada en ambiente SIG (Star & Estes 1990, Bosque et al. 1994, Welch et al. 1995, Burrough 1996, Bonham 1997, Star et al. 1997, Lang 1998, Welch et al. 2002), constituyéndose una base de datos que permitió analizar la distribución, orientación y superficie de ocupación a 1976.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de los bosquetes en la cima de los Altos de Talinay (Fig 1), permitió delimitar el área actual de cobertura boscosa sobre los 450 msnm en la ladera de exposición oeste y sobre los 500 msnm en la ladera de exposición este, entre el límite norte del Parque Nacional Bosque Fray Jorge y el río Limarí por el sur (734,8 hectáreas).



Fig. 1. Distribución de las subunidades de bosquetes del Parque Nacional Fray Jorge, conforme a fuente de información aerofotográfica correspondiente al año 1976. Foto de fondo (2001).

A objeto de hacer una caracterización más precisa de los límites espaciales del bosque, se definieron siete unidades, denominadas de norte a sur por la toponimia local como: Norte, El Mineral, Sendero, El Solón, Las Papas, Centinela y Punta del Viento (Tabla 1).

El área analizada presenta 180 bosquetes (Fig.1, Tabla 1) que cubren una superficie de 86,8 hectáreas (11%) y 648 hectáreas sin cobertura boscosa (88%). Los bosquetes se concentran en Sendero y El Mineral (52%). Las unidades Sendero, El Solón y Centinela concentran el 75% de la superficie con bosquetes, aunque esta área representa sólo un 8% de la superficie general con mayor potencialidad.

Las unidades más desprovistas de cobertura boscosa relativa corresponden a Centinela, Sendero y El Mineral (72% de la superficie sin bosquetes), lo que involucra cerca de un 63% del área general con mayor potencialidad para su desarrollo.

Los casos extremos de cobertura y distribución se encuentran representados por las unidades Sendero (mayor cobertura) y Centinela (menor cobertura), es decir en la sección central y sur respectivamente.

La densidad es en general de 0,2 bosquetes por hectárea, con una distribución bastante homogénea en todas las unidades, salvo para los casos emplazados hacia el extremo sur (Punta del Viento y Centinela) que se encuentran bajo el 50% de la densidad general e incluso llegan a quedar bajo el 25% de la densidad mostrada por unidades como Norte y El Solón.

Exposiciones preferentes

La exposición dominante del área de estudio es suroeste (i.e., un cuarto de las laderas tienen esa exposición) (Fig. 2a). Al analizar por sectores, las exposiciones predominantes son sur y suroeste en las secciones Norte y Central, y suroeste sólo en el sector Sur (Fig. 2c, e, g). Dentro del área de estudio, cerca de la mitad de la masa boscosa se localiza en las exposiciones sur y suroeste (24% y 23%, respectivamente).

El cuociente entre la superficie cubierta por bosque y el área total según exposición, previamente normalizadas en función del área total de cada variable, evidencia situaciones de sobre o sub-representación del bosque. Un valor 1 de este cuociente indicaría una distribución relativa del bosque igual a la superficie total para esta exposición. Valores inferiores a 1 indican sub-representación y mayores que 1 una sobre-representación del mismo. En el área de estudio, las exposiciones sur y suroeste poseen dos veces más cobertura boscosa de lo esperado para estas orientaciones, mientras que las exposiciones más ecuatoriales (noroeste a este) poseen cerca de la mitad de áreas de bosque respecto a lo esperado (Fig. 2b). Este patrón de exposición preferencial se relacionaría directamente con el vector de desplazamiento de las masas de aire húmedo marítimo de dominancia oeste (i.e., que resulta en una entrada de agua al sistema por condensación) y con la menor radiación incidente en las laderas de exposición sur (i.e., que resulta en una menor pérdida de agua del sistema por evapotranspiración). Este patrón es más evidente en los sectores Norte y Sur del sistema, los que presentan exposición preferente suroeste. El sector Norte tiene más bosque en las exposiciones suroeste (2,5 veces más de lo esperado), oeste (1,5) y sur (1,4), con casi nula cobertura en las laderas con orientación noroeste a sureste (Fig. 2d). En el sector Sur, el bosque tiene clara preferencia por las laderas de exposición suroeste (3,0) y sur (1,5), y está sub-representado en las laderas

	Superficie	Unidad	Númer Bosque	o de etes	Densidad	Superf	ície de Bos	sque	Superfi	cie sin Bo	sque
Unidad	ha	% (1)	N	% (1)	N/ha	ha	% (1)	% (2)	ha	% (1)	% (2)
Norte	37,7	5,1	16	9,0	0,4	1,3	1,5	0,2	36,4	5,6	5,0
El Mineral	140, 1	19,1	39	21,7	0,3	8,3	9,5	1,1	131,9	20,4	17,9
Sendero	164,5	22,4	57	31,7	0,3	27,7	31,9	3,8	136,8	21,1	18,6
El Solón	70,3	9,6	25	13,9	0,4	21,8	25,1	3,0	48,5	7,5	6,6
Las Papas	44,4	6,1	15	8,3	0,3	4,9	5,6	0,7	39,6	6,1	5,4
Centinela	218,7	29,8	23	12,8	0,1	15,4	17,8	2,1	203,3	31,4	27,7
Punta del Viento	59,1	8,1	5	2,8	0,08	7,5	8,6	1,0	51,6	0,8	7,0
TOTAL	734,8	100,0	180	100,0	0,2	86,8	100,0	11,8	648,0	100,0	88,2

Tabla 1. Distribución espacial de bosquetes en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge (1976)

(1) respecto a la unidad
(2) respecto al total



Fig. 2. Patrones de exposición para toda el Área de Estudio (a, b), sector norte (c, d), central (e, f), y sur (g, h). A la izquierda de la figura (a, c, e, g), se muestra el área total (gris) y la cubierta por bosque (negro), expresadas en km². A la derecha (b, d, f, h) se muestra la proporción de área boscosa estandarizada por la proporción de área total (en porcentaje) (según Squeo et al. 2004).

166

noroeste a este (Fig. 2h). La existencia de bosque con orientación sureste en este sector puede ser explicada por la penetración de neblina desde el valle inferior del Río Limarí hacia el norte, por detrás del cordón montañoso. El bosque del sector Central, el cual es el mejor conservado y también el más abundante (63% del total de bosque), abarca un rango más amplio de exposiciones, con preferencia por sobre lo esperado en las laderas de exposición sur (2,0), suroeste (1,7) y oeste (1,5), y está sub-representado en las exposiciones noroeste a este (Fig. 2f).

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la distribución espacial del bosque en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge es relativamente homogénea para el área que presenta una mejor potencialidad de desarrollo vegetacional, salvo en su extremo sur. Esta situación permitiría coincidir y reforzar las conclusiones alcanzadas por Squeo et al. (Capitulo 9), cuando se plantea a la unidad Centinela como el área más favorable para implementar programas de reforestación, al concentrar la mayor superficie potencial sin cobertura arbórea y una de las menores densidades de ocupación.

La implementación de un programa de reforestación, al menos permitiría cuadruplicar la densidad boscosa de Centinela y Punta del Viento, para alcanzar las densidades que actualmente muestran unidades ubicadas más al norte del Parque Nacional Bosque Fray Jorge.

Futuros proyectos de actualización y seguimiento de la cobertura boscosa podrían utilizar técnicas de sensores remotos (fotografías aéreas o imágenes de satélite de alta resolución). La dificultad del uso de las fotos aéreas radica en las características ambientales del sitio, ya que normalmente muestra una abundante nubosidad (motivo por el cual fueron desechadas para este análisis fotografías más recientes). El beneficio del uso de imágenes satelitales radica en la periodicidad que poseen (Jensen et al. 1993), pero esta técnica deberá alcanzar un detalle que permita correlacionar la resolución que entregan las fotografías aéreas, que en este análisis alcanzó los 9 metros cuadrados (Baulies 1989, García & Felicísimo 1989, Barrett & Curtis 1992, Franklin 1994, Chuvieco 1995, Pinilla 1995, Lang 1998, Robin 1998, Rutchey & Vilchek 1999, Boone et al. 2000, Bird et al. 2000, Coulter et al. 2000, Jakubauskas et al. 2002).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada por el ingeniero Iván R. Hernández y al personal de CONAF del Parque Nacional Fray Jorge por el apoyo logístico y valiosos comentarios a este trabajo. Este estudio forma parte del proyecto "Investigación de Tratamientos Silviculturales Rescate Parque Nacional Fray Jorge" financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo (B.I.P. 20092545-0). Esta es una contribución del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Aridas (CEAZA).

LITERATURA CITADA

- ADAMS J & H FAURE (1997) Review and atlas of palaeovegetation: preliminary land ecosystem maps of the world since the last glacial maximum. Oak Ridge National Lab., TN, USA. http://www.esd.ornl.gov/projects/qen/adams1.html
- ADAMS J & F WOODWARD (1992) The past as a key to the future: the use of palaeoenvironmental understanding to predict the effects of man on the biosphere. Advances in Ecological Research 22:257-314.
- AITKEN A & P JARVIS (1998) European forests and global change: the likely impacts of rising CO2 and temperature. Cambridge University Press, New York, 380 pp.
- ALLEN C & D BRESHEARS (1998) Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: rapid landscape response to climate variation. Proceedings National Academy Sciences of United States 95(25):14839-14842.
- ALLEY R, P MAYEWSKI, T SOWERS, K TAYLOR & P CLARK (1997) Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago. Geology 25:483-486.
- AMTHOR J (1995) Terrestrial higher-plant, response to increasing atmospheric (CO₂) in relation to the global carbon cycle. Global Change Biology 1:243-274.
- ANDERSON D (1997) Younger dryas research and its implications for understanding abrupt climatic change. Progress in Physical Geography v:230-240.
- ANDERSON P & L BRUBAKER (1993) Holocene vegetation and climate histories of Alaska. En: HE Wright, JE Kutzbach, T Webb, WF Ruddiman, FA Street-Perrott & P Bartlein (eds) Global Climates Since the Last Glacial Maximum: 385-400. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- ARGIALAS DP & CA HARLOW (1990) Computational image interpretation models: an overview and a perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56:871-886.
- ARROYO MKT, JJ ARMESTO, FA SQUEO & JR GUTIÉRREZ (1993) Global change: flora and vegetation of Chile. En: H Mooney, R Fuentes & B Kronberg (eds) Earth system responses to global change: contrast between North and South America: 239-263. Academic Press, New York.
- ASPEE M & J MIRANDA (1992) Control planimétrico de una ortofoto. II Congreso Ciencias de la Tierra, Instituto Geográfico Militar: 221-242, Santiago.
- BARRETT E & L CURTIS (1992) Introduction to environmental remote sensing. Chapman & Hall, New York, 426 pp.
- BARTLEIN P (1998) Future climate in the Yellowstone National Park region and its potential impact on vegetation. Conservation Biology 11:782-792.
- BAULIES X (1989) Cartografía de la vegetación alpina de los Pirineos catalanes por fotointerpretación de imágenes TM. III Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección, Asociación Española de Teledetección, Ediciones del Instituto Tecnológico GeoMinero de España: 105-112., Madrid.
- BENSON L, J BURDETT, S LUND, M KASHGARIAN & S MENSING (1997) Nearly synchronous climate change in the northern hemisphere during the last glacial termination. Nature 388:263-265.
- BEHLING H. (1995) Investigations into the late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). Vegetation History & Archaeobotany 4:127-152.
- BIRD AC, JC TAYLOR & TR BREWER (2000) Mapping National Park landscape from ground, air and space. International Journal of Remote Sensing 21:2719-2736.

¹⁶⁸

- BOLDUC P, K LOWELL & G EDWARDS (1999) Automated estimation of localized forest volume from large-scale aerial photographs and ancillary cartographic information in a boreal forest. International Journal of Remote Sensing 20:3611-3624.
- BONHAM G (1997) Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Pergamon Press, Ontario, 398 pp.
- BOONE R, K GALVIN, N SMITH & S LYNN (2000) Generalizing El Nino Effects Upon Maasai Livestock Using Hierarchical Clusters of Vegetation Patterns. Journal Photogrammetry & Remote Sensing 66:737-745.
- BOSQUE J, F ESCOBAR, E GARCÍA & M SALADO (1994) Sistemas de informción geográfica: prácticas con PC ArcInfo e Idrisi. Ediciones Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, 478 pp.
- BOTTEMA S, H WOLDRING & B AYTG (1993) Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Acta et communicationes Institut Bio-Archaeologici Universitatis Groninganae. 35:13-72.
- BOUNOUA L (1999) Interactions between vegetation and climate: radiative and physiological effects of doubled atmospheric CO2. Journal of Climate 12:309-324.
- BURROUGH P (1996) Principles of geographical information systems for land resources assessment. Clarendon Press, Oxford, 194 pp.
- CAMERON AD, DA MILLER, F RAMSAY, I NIKOLAOU & GC CLARKE (2000) Temporal measurement of the loss of native pinewood in Scotland through the analysis of orthorectified aerial photographs. Journal of Environmental Management 58:33-43.
- CHUVIECO E (1995) Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones RIALP, Madrid, 453 pp.
- CLAPPERTON C (1993) Quaternary geology and geomorphology of South America. Elsevier, London, 800 pp.
- CLAUSSEN M, V BROVKIN, A GANOPOLSKI, C KUBATZKI & V PETOUKHOV (1998) Modeling global terrestrial vegetation-climate interaction. Philosophical Transactions Royal Society of London 353:53-63.
- COLINVAUX P, M BUSH, K LIU, P DE OLIVIERA, M STEINITZ, M REIDINGER & M MILLER (1989) Amazon without refugia: vegetation and climate change of the Amazon basin through a glacial cycle. En: International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary:99-105, Sao Paulo, Brazil.
- COPELAND J, R PIELKE & T KITTEL (1996) Potential climatic impacts of vegetation change: a regional modeling study. Journal of Geophysical Research 101:7409-7418.
- COULTER LL, D STOW, A HOPE, J O'LEARY, D TURNER, P LONGMIRE, S PETERSON & J KAISER (2000) Comparison of high spatial resolution imagery for efficient generation of GIS vegetation layers. Journal Photogrammetry & Remote Sensing 66:1329-1336.
- DAVIS M (1989) Lags in vegetation response to greenhouse warming. Climatic Change 15:75-82.
- FISHER AM & SJ HARRIS (1999) The dynamics of tree cover change in a rural Australian landscape. Landscape and Urban Planning 45:193-207.
- FRANKLIN SE (1994) Discrimination of sub-alpine forest species and canopy density using digital casi, Spot pla, and Landsat tm data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 60:1233-1241.
- GARCÍA P & A FELICÍSIMO (1989) Uso de imágenes Landsat-TM para la identificación de la vegetación en el Parque Natural de Somiedo (Asturias). III Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección, Asociación Española

de Teledetección, Ediciones del Instituto Tecnológico GeoMinero de España: 15-22, Madrid.

- HENDERSON A & K MCGUFFIE (1995) Global climate models and "dynamic" vegetation changes. Global Change Biology 1:63-75.
- HEUSSER C (1983) Late glacial and Holocene vegetation and climate of subantarctic South America. Review of Palaeobotanic & Palynology 65:9-15.
- HEUSSER C (1987) Quaternary vegetation of southern South America. En: J Rabassa (ed) Quaternary of South America and the Antarctic Peninsula: 197-221. AA Balkema, Rotterdam.
- HOOGHIEMSTRA H, H STALLING, C AGWU, & L DUPONT (1992) Vegetational and climatic changes at the northern fringe of the Sahara 250.000-5.000 years BP. Review of Palaeobotanic & Palynology 74:1-53.
- HUNTLEY B (1990) European post-glacial forests: compositional changes in response to climatic change. Journal of Vegetation Science 1:507-518.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (s/a) Listado de nombres geográficos. Ediciones Instituto Geográfico Militar, Santiago, 780 pp.
- JAKUBAUSKAS M, D PETERSON, J KASTENS & D LEGATES (2002) Time Series Remote Sensing of Landscape-Vegetation Interactions in the Southern Great Plains. Journal Photogrammetry & Remote Sensing 68:1021-1031.
- JENSEN JR, S NARUMALANI, O WEATHERBEE & HE MACKEY (1993) Measurement of seasonal and yearly cattail and waterlily changes using multidate Spot panchromatic data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 59:519-525.
- KADMON R & R HARARI-KREMER (1999) Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs. Remote Sensing of Environment 68:164-176.
- KIRILENKO A, N BELOTELOV & B BOGATYREV (2000) Global model of vegetation migration: incorporation of climatic variability. Ecological Modelling 132:125-133.
- KUTIEL P, H KUTIEL & H LAVEE (2000) Vegetation response to possible scenarios of rainfall variations along a Mediterranean-extreme arid climatic transect. Journal of Arid Environments 44:277-290.
- LANG L (1998) Managing natural resources with GIS. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Redlands, California, 117 pp.
- LEDRU M (1992) Modifications de la végétation du Brésil central entre la dernière époque glaciaire et l'interglaciaire actuel. C.R. Acad. Sci. Paris série II 314:117-123.
- LÉZINE A (1989) Late Quaternary vegetation and climate of the Sahel.Quaternary Research 32:317-334.
- MALDONADO A & C VILLAGRÁN (2001) Historia del bosque pantanoso de Ñague, costa de Los Vilos (IV Región, Chile) y sus relaciones con los cambios paleoambientales de los últimos 5.300 años A.P. En: FA Squeo, G Arancio & JR Gutiérrez (eds) Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo: 261-272. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- MALEY J (1987) Fragmentation de la foret dense humide africaine et extension des biotopes montagnards et chronologiques: implications palaeoclimatiques et biogeographiques. Palaeoecology of Africa 18:307-334.
- NOVOA JE, FA SQUEO, G ARANCIO, JM VIADA & D LÓPEZ (en prensa) Distribución espacial del bosque de los Altos de Talinay, Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Revista Ciencias Forestales: en prensa.
- OVERPECK J, D RIND & R GOLDBERG (1990) Climate-induced changes in forest disturbances and vegetation. Nature 343:51-53.

170

PASKOFF R (1993) Geomorfología de Chile semiárido. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, 323 pp.

PINILLA C (1995) Elementos de teledetección. Ediciones RA-MA, Madrid, 313 pp.

- ROBIN M (1998) La télédétection: des satellites aux systèmes d'information géographiques. Ediciones Nathan Université, París, 319 pp.
- RUTCHEY K & L VILCHEK (1999) Air photointerpretation and satellite imagery analysis techniques for mapping cattail coverage in a northern Everglades impoundment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 65:185-191.
- RYAN K (1991) Vegetation and wildland fire: implications of global climate change. Environ.Int. 17:169-178.
- SQUEO FA, G ARANCIO & JE NOVOA (2004) Distribución espacial y caracterización florística del bosque relicto de Fray Jorge, IV Región de Coquimbo. En: C Smith-Ramírez, JJ Armesto & C Valdovinos (eds) Biodiversidad y Ecología de los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- STAR J & J ESTES (1990) Geographic information systems: an introduction. Prentice Hall, New Jersey, 303 pp.
- STAR J, J ESTES & K MCGWIRE (1997) Integration of geographic information systems and remote sensing. Cambridge University Press, Cambridge, 225 pp.
- STREET-PERROTT F (1994) Palaeo-perspectives: changes in terrrestrial ecosystems. Ambio 23:37-43.
- SYKES M, I PRENTICE & F LAARIF (1999) Quantifying the impact of global climate change on potential natural vegetation. Climatic Change 41:37-52.
- VILLAGRÁN C & J VARELA (1990) Palynological evidence for increased aridity on the Central Chilean Coast during the Holocene. Quaternary Research 34: 198-207.
- WELCH R, M MADDEN & T JORDAN (2002) Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation databases of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 57:53-68.
- WELCH R, M REMILLARD & RF DOREN (1995) Gis database development for south Florida national-parks and preserves. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 61:1371-1381.
- ZENG N & J NEELIN (2000) The role of vegetation-climate interaction and interannual variability in shaping the African savanna. Journal of Climate 13:2665-2670.