

**ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN
PAISAJES FRAGMENTADOS DEL SUR DE CHILE EN EL AÑO 2010:
AÑO DEL BICENTENARIO NACIONAL Y AÑO INTERNACIONAL
DE LA DIVERSIDAD ECOLÓGICA*¹**

**ECOLOGY AND CONSERVATION OF THE BIODIVERSITY IN THE FRAGMENTED LANDSCAPES OF
THE SOUTH OF CHILE IN THE 2010 YEAR: YEAR OF THE NATIONAL BICENTENARY AND
INTERNATIONAL YEAR OF THE ECOLOGICAL DIVERSITY**

Jaime Rau Acuña
jrau@ulagos.cl
Universidad de Los Lagos
Osorno, Chile

RESUMEN

En este año 2010 se celebran tanto el Bicentenario de Chile como el año internacional de la diversidad biológica. En este comentario describo a la ecología como una ciencia espacial de la realidad ambiental cuya preocupación debiese ser la conservación de la biodiversidad, el patrimonio natural de una nación. Aunque la eco-región del bosque valdiviano del sur de Chile se encuentra entre los 35 "hotspots" prioritarios del mundo, su actual fragmentación es uno de los más importantes factores del así denominado "cuarteto malvado" que la pone en peligro. Frente a esta situación, postulo que los ecólogos de la conservación de la biodiversidad de esta inmensa región de casi 5 millones de hectáreas tenemos la oportunidad de pasar de ser espectadores a ser actores de nuestra realidad ambiental.

Palabras claves: biología, biodiversidad, bosque, Valdivia

ABSTRACT

In this year 2010 we will celebrate both the bicentennial of Chile as the international year of biodiversity. In this comment I describe the spatial ecology as a science of the environmental reality which ought to be concern about the conservation of biodiversity, the natural heritage of a nation. Although the Valdivian forest ecoregion of southern Chile is among the 35 priority "hotspots" of the world, its current habitat fragmentation is one of the most important factors in the so-called "evil quartet" that endangers it. Faced with this situation, I postulate that we conservation ecologists of the biodiversity of this vast region of nearly 5 million hectares have the opportunity to move from being spectators to become actors of our environmental reality.

Key words: biology, biodiversity, forest, Valdivia

* Artículo recibido el 23 de marzo de 2010; aceptado el 29 de abril de 2010.

¹ Profesor perteneciente al Laboratorio de Ecología, Departamento de Ciencias Básicas y Programa de Educación e Investigación Biológica & Ambiental (Programa IBAM), Universidad de Los Lagos, Campus Osorno, Casilla 933.

Introducción

En este año 2010 coinciden las conmemoraciones de la independencia de Chile –escala local- y del año internacional de la diversidad biológica o biodiversidad –escala global-. Parafraseando el conocido aforismo ambientalista: “pensar global y actuar localmente”, en este comentario me referiré a una de las aplicaciones de la ecología. Esto es, me ocuparé de la conservación de la biodiversidad y de una de sus principales amenazas en el sur de Chile: la fragmentación de la eco-región del bosque valdiviano.

La ecología como una ciencia espacial de la realidad ambiental

Al igual que el nombre de esta revista (*Espacio Regional*), la ecología puede ser considerada una ciencia espacial. En efecto, una de las definiciones más aceptadas por los practicantes de esta disciplina es la de Charles J. Krebs², autor que la define como la “ciencia que estudia experimentalmente la distribución y abundancia de los organismos en la naturaleza”. Al ser uno de los problemas de la ecología y de los ecólogos la distribución de los organismos en el espacio físico (¿Por qué algunos tienen amplias distribuciones y otros las tienen restringidas?), entonces también puede tratársela como una ciencia del espacio. De hecho, ella emerge de la fitogeografía, la ciencia creada por Alexander von Humboldt y que estudia la distribución de las plantas³. Me atrevo incluso a afirmar que la carrera profesional de muchos ecólogos se completa sólo recién cuando ellos cierran el círculo mutando desde la ecología hacia la biogeografía. Tal fue, por ejemplo, el caso de Robert H. MacArthur (1930-1972), líder de la escuela competicionista de la ecología moderna⁴.

Formalmente, la ecología es una rama de las ciencias ambientales y también de las ciencias evolutivas⁵. Además, su estudio incluye varios niveles de organización^{3,5}, los que incluyen desde los organismos hasta los ecosistemas. Sin embargo, ya que en la actualidad nos encontramos viviendo en la época de la así denominada “sexta extinción”⁶, creo que la ecología tiene el imperativo de ser una ciencia de la realidad ambiental⁷. Por lo tanto, su principal preocupación en la actualidad debiese ser la conservación de la diversidad biológica.

Conservación de la biodiversidad

En adición a los patrimonios culturales, la biodiversidad representa el patrimonio biológico de una nación siendo de esta manera su patrimonio natural⁸. Considera la variabilidad de organismos vivos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad

² C. J. Krebs, *Ecology: The Experimental analysis of distribution and abundance*, New York, Harper and Row, 1972.

³ P. Acot, “Cómo nació la ecología”, en *Mundo Científico*, vol. 10, 1990.

⁴ M. L. Cody y J. M. Diamond (editores), *Ecology and evolution of communities*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1975. La escuela competicionista sostiene que en la naturaleza los recursos son limitados y que si las especies tienen requerimientos muy parecidos las especies dominantes terminan por excluir a las subordinadas (nótese la similitud con el concepto de economía global).

⁵ P. Colinvaux, *Ecology*, New York, John Wiley and Sons, 1986.

⁶ R. E. Leakey y R. Lewin, *The sixth extinction: biodiversity and its survival*, London, 1996.

⁷ A. Muñoz-Pederos y J. Rau, “Ecología aplicada y ciencias ambientales”, en *Gestión Ambiental*, vol. 8, 2002.

⁸ En Chile sólo se celebra el día del patrimonio cultural (este año 2010 se conmemorará el día domingo 30 de mayo). No es de extrañar, entonces, que tanto el huemul y el cóndor –nuestros animales heráldicos- se encuentren catalogados como especies en Peligro de Extinción y Vulnerable, respectivamente (véase A. Glade (ed.), *Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile*, Santiago de Chile, Corporación Nacional Forestal, 1993).

dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas⁹. Además de los niveles genéticos, de especies y de comunidades, es posible distinguir los aspectos de composición, estructura y función de los sistemas biológicos⁸. La composición se refiere a la identidad y variedad de genes, poblaciones, especies, comunidades y paisajes. La estructura es la manera en que están organizados los componentes, desde la genética y demografía de las poblaciones, hasta la fisonomía a nivel de paisaje. La función se refiere a los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren entre los componentes, tales como flujo génico, interacciones interespecíficas y ciclo de nutrientes⁸.

En lo que se refiere a las colecciones científicas, la biodiversidad supraespecífica, taxonómica o filética¹⁰, resulta ser de particular relevancia. Esta se calcula midiendo la proporción relativa de la abundancia de especies –el nivel de resolución taxonómica más fino- dentro de géneros (diversidad genérica), familias entre órdenes (diversidad familiar), y así hasta clases entre phyla –el nivel de resolución taxonómica más grueso- (diversidad filética). De esta manera, se podrán distinguir grupos taxonómicos poco (baja diversidad) o muy especiosos (alta diversidad). En otras palabras, la extinción de un género politépico (con más de una especie) produce comparativamente menos pérdidas de biodiversidad, en términos del número de recombinaciones genéticas, que la desaparición de un género monotípico (con sólo una especie). Lamentablemente, más de un tercio de las aves nativas de los bosques chilenos se encuentran en esta última situación.¹¹

Así como hay países con alta megabiodiversidad; por ejemplo, los de la cuenca amazónica en nuestra región biogeográfica Neotropical, en Chile predomina el componente “unicidad filogenética” de la biodiversidad¹², destacándose las especies endémicas (reptiles en las zonas desérticas del país y anfibios, en las zonas boscosas con más de un 70% de endemismos) y las singularidades taxonómicas. Por ejemplo, entre los vertebrados terrestres el mamífero marsupial monito del monte (*Dromiciops gliroides*), es el único representante viviente del orden Microbiotheria y representa así a una especie singular de los bosques del sur de Chile y áreas adyacentes de Argentina.

Aquellos puntos de la tierra con alta biodiversidad puntual –pero también con muchas amenazas- se denominan “hotspots”¹³. Entre ellos, destacan en Chile el matorral mediterráneo de la zona central de nuestro país (alta biodiversidad vegetal) y la ecorregión del bosque valdiviano del sur de Chile (entre los 37-42° LS). En particular, destaca el bosque de la Cordillera de La Costa, de superficie muy reducida y baja representatividad en el Sistema de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), pero con más de 60 especies de plantas vasculares¹⁴. En comparación con otros bosques templados continuos del mundo, la mayoría de estas plantas necesitan de vectores animales para su polinización y dispersión de semillas y, por su discontinuidad geográfica, forman parte de los últimos “archipiélagos” remanentes de este particular tipo de ambientes¹⁴.

⁹C.E. Moreno, *Métodos para medir la biodiversidad*, Zaragoza, M & T-Manuales y tesis SEA, vol. 1, 2001.

¹⁰J.R. Rau, “Biodiversidad y colecciones científicas”, en *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. 78, 2005.

¹¹J. Rau y A. Gantz, “Fragmentación del bosque nativo del sur de Chile: Efectos del área y la forma sobre la biodiversidad de aves”, en *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, vol. 72, 2001.

¹²J.A. Simonetti, M.T.K. Arroyo, A. E. Spotorno, E. Lozada, C. Weber, L.E. Cornejo, J. Solervicens y E.R. Fuentes, “Hacia el conocimiento de la diversidad biológica en Chile”, en G. Halffter (editor), *Diversidad biológica en Iberoamérica*, México, D.F., Acta Zoológica Mexicana, 1992.

¹³N. Myers, “Threatened biotas: Hotspots in tropical forests”, en *The Environmentalist*, vol. 8, 1988.

¹⁴J. Armesto, C. Villagrán y M. Arroyo (editores), *Ecología de los bosques nativos de Chile*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria, 1996.

Lamentablemente, la biodiversidad mundial y nacional se enfrenta a los peligros del denominado “cuarteto malvado”¹⁵. Este se encuentra compuesto por los siguientes jinetes del apocalipsis: la sobreexplotación y el comercio ilegal de especies amenazadas, la destrucción del hábitat y su fragmentación, las invasiones biológicas por especies introducidas y las cadenas de extinciones. De estas cuatro amenazas, en lo que sigue me referiré a aquella que tiene que ver con el espacio. Esto es, a la fragmentación del bosque nativo.

La fragmentación del bosque nativo del sur de Chile

El concepto fragmentación proviene del latín “fragmentum”, término que hace referencia a una parte o porción pequeña de algunas cosas quebradas o partidas. Aparte de los efectos negativos del área y la forma sobre la riqueza de especies, existen otros descriptores del proceso de fragmentación¹⁶ del hábitat (el lugar físico donde los organismos viven; por ejemplo, un fragmento o remanente de bosque). Uno de ellos es la distancia que puede ser aparente y efectiva, ya que ésta va a estar mediada por el grado de “amigabilidad u hostilidad” de la matriz(ces) circundante(s) –otro descriptor del proceso de fragmentación- a los remanentes derivados de hábitats originalmente continuos. Estos atributos cualitativos de la matriz son un indicador de su grado de similitud o diferencia estructural entre ella y los fragmentos. Si la matriz es hostil puede ser que dos fragmentos contiguos estén aislados y viceversa. A los descriptores originales pueden agregarse, entre otros, la abundancia, densidad y distribución (configuración) espacial de los fragmentos (pueden tener la misma densidad, pero diferente configuración) y la distribución estadística de las frecuencias de clases de tamaños de los fragmentos. Por ejemplo, en remanentes boscosos cercanos a Osorno hemos encontrado¹⁷ que el tamaño mínimo que sostiene la riqueza máxima de especies de aves terrestres no rapaces corresponde a 50 hectáreas. Sin embargo, en la actualidad cerca de las tres cuartas partes de los fragmentos boscosos varían sólo entre 1 a 20 hectáreas. De hecho, un estudio reciente efectuado en esta misma zona por investigadoras estadounidenses¹⁸, ha demostrado que sólo el 17% de su superficie presenta cobertura boscosa, que el tamaño promedio de los fragmentos no supera las 2 hectáreas, que existe baja conectividad entre ellos y que más del 80% de su superficie corresponde a una matriz abierta (sin regeneración ni renovals del bosque original). De acuerdo a estas autoras, en comparación con el bosque de Chiloé, en Osorno no sería viable la persistencia en el tiempo de una especie de ave endémica de ecosistemas boscosos (el chucao) con capacidad limitada para volar y, por lo tanto, para moverse entre fragmentos y colonizar nuevas áreas. Combinando diferentes enfoques teóricos, observacionales y experimentales, las mismas autoras encontraron en un trabajo posterior¹⁹ -efectuado en Chiloé, Puerto Montt y Osorno y agregando a otra especie endémica de baja dispersión (el huet-huet) -que sólo el paisaje mejor conectado es aquel que puede permitir la persistencia de estas aves (de la familia de los rinocriptidos,) y no será así en paisajes fragmentados, aunque tengan o no tengan corredores²⁰. En otras palabras, existe un umbral de

¹⁵ J. Diamond, “Overview of recent extinctions”, en D. Western y M.C. Pearl (editores), *Conservation for the twenty-first century*, New York, Oxford University Press, 1989.

¹⁶ Remito al lector interesado en este tema a observar con atención la Figura 1 en el trabajo pionero de R.O. Bustamante y A. A. Grez, “Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos”, en *Ambiente y Desarrollo*, vol. 11, 1995.

¹⁷ A. Gantz y J. Rau, “Relación entre el tamaño mínimo de fragmentos boscosos y su riqueza de especies de aves en el sur de Chile”, en *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, vol. 24, 1999.

¹⁸ T.D. Castellón y K.E. Sieving, “Landscape history, fragmentation, and patch occupancy: Models for a forest bird with limited dispersal”, en *Ecological Applications*, vol. 16, 2006.

¹⁹ T.D. Castellón y K.E. Sieving, “Patch network criteria for dispersal-limited endemic birds of South American temperate rainforest”, en *Ecological Applications*, vol. 17, 2007.

²⁰ Esta es una tecnología ambiental que busca aumentar la conectividad –y también el área- entre fragmentos de hábitat aislados. Pueden protegerse los que ya existen en forma natural (por ejemplo,

fragmentación (intermedia) que permite que los corredores sean efectivos o no. De esta manera, las consecuencias más evidentes de la fragmentación serían la reducción del área y el cambio en la forma original de los fragmentos. Una revisión del estado del arte acerca de los estudios sobre fragmentación en Chile puede consultarse en Bustamante y Grez.²¹

Efectos negativos de la disminución del área sobre la riqueza de especies en paisajes fragmentados

En lo que se refiere al área y su relación con la riqueza, o número de especies, se pueden plantear a lo menos tres hipótesis. La primera (hipótesis nula) es aquella que se refiere al muestreo pasivo y postula que cuando el área es más grande así también lo será la riqueza de especies debido simplemente a un artefacto de muestreo: un área más grande tiene una mayor probabilidad de ser colonizada si las especies son raras y se distribuyen al azar. Las otras dos (hipótesis alternativas) son aquellas que tienen que ver con la heterogeneidad del hábitat y el área "per se". En el caso de áreas grandes (por ejemplo, parques nacionales) es esperable una mayor diversidad de hábitats y, en consecuencia, más especies asociadas a ellos. Sin embargo, de esas tres es la hipótesis del área per se la que ha recibido una mayor atención teórica y empírica¹¹. Estudiando diferentes hábitats y grupos de especies se ha encontrado que la pendiente de la relación entre el área y la riqueza de especies varía estrechamente (entre 0,12 y 0,35 con un valor medio cercano a 0,30; el logaritmo decimal de 2, véase más adelante). En general, se ha observado que las áreas crecen o decrecen de acuerdo a una progresión geométrica y su riqueza de especies también aumenta o disminuye multiplicativamente (por eso se usan logaritmos para el cálculo de la pendiente de la relación entre el área y la riqueza de especies). El biogeógrafo Philip J. Darlington fue uno de los primeros en notar que "si el área se reduce 10 veces entonces también su flora o fauna se reducirán a la mitad" (y al revés, si el área aumenta 10 veces su biodiversidad se duplicará; pero, en la práctica, esto no ocurre debido a la actual fragmentación de los hábitats). Esta relación se cumple cuando el valor de la pendiente entre el área y la riqueza de especies es igual al logaritmo decimal de 2. Como la pendiente de la relación entre el área y el número de especies se encuentra relacionada con la probabilidad de extinción de especies (pendientes más elevadas implican menor área y mayor riesgo de extinción), cuando el valor de la pendiente es máximo (0,35) puede predecirse un porcentaje de extinción igual a un 55%. Al comparar aves terrestres y acuáticas, plantas terrestres (arbustos y árboles) y pequeños caracoles terrestres endémicos de Chile (micromoluscos), hemos encontrado pendientes más altas para estos últimos. Lamentablemente, estas especies recién están comenzando a ser estudiadas y descritas para la ciencia, pero su riesgo de extinción es alto, debido a la fragmentación de su hábitat: el bosque nativo del centro-sur de Chile.²² Puesto que estos son caracoles endémicos, sus probabilidades de extinción, además de ser locales, también pasan a ser globales o planetarias.

rodeando a los cursos de aguas) o utilizarse programas de restauración, naturalmente implicando un mayor costo para aquellos países que apuestan a la conservación de su biodiversidad.

²¹ R.O. Bustamante y A. A. Grez, "Fragmentación del bosque nativo: ¿En qué estamos?", en *Ambiente y Desarrollo*, vol. 20, 2004.

²² J. Rau, A. Gantz, L. Montenegro, A. Aparicio, P. Vargas-Almonacid, M. E. Casanueva, J. Stuardo y J. E. Crespo, "Efectos de la fragmentación del hábitat sobre la biodiversidad de aves terrestres y acuáticas, árboles y micromoluscos terrestres del centro-sur de Chile", en A. A. Grez, J.A. Simonetti y R.O. Bustamante (editores), *Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: Patrones y procesos a diferentes escalas*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria, 2006.

La forma también importa

En general, sólo el área de los fragmentos explica más de la mitad de la variación (varianza explicada) de la relación (modelo de regresión) entre el área y la riqueza de especies. Sin embargo, la forma también importa. Cuando la forma de los fragmentos se aleja de la del círculo euclidiano ideal, se pierde hábitat interior disminuyendo así su núcleo (compacto) y aumentando el contacto con el hábitat exterior y la matriz de uso antrópico. En otras palabras, disminuye el área y aumenta su perímetro. Esta última consecuencia geométrica hace que aumente el así denominado “efecto de borde”. Esto es, las malezas y las especies invasoras y generalistas de la matriz pueden invadir hasta el mismo núcleo de los remanentes (habitualmente aislados, debido al efecto de la distancia entre los fragmentos). Cuando el paisaje está conformado por hábitats de área reducida, aislados (no conectados) y amorfos, los ecólogos de la conservación de la biodiversidad lo denominamos un paisaje fragmentado. En éstos, los paisajes actuales del Bicentenario, los fragmentos de hábitat se comportan como objetos fractales.²³ En el caso del bosque nativo del sur de Chile, hemos encontrado una relación negativa entre el coeficiente perímetro/área (índice perimetral) y la riqueza de especies de aves terrestres no rapaces.²⁴ Utilizando una medida más robusta aún, la dimensión fractal¹⁸, también hemos observado que la forma de los parches de bosque se relaciona de manera negativa con su riqueza de especies de plantas trepadoras (que llegan desde el suelo hasta la copa de los árboles) y epífitas (que usan otros árboles como soporte), aunque el área per se fue la que explicó casi el 70% de la variabilidad total encontrada.²⁵ Recientemente, se ha demostrado por primera vez para los bosques chilenos la importancia que tienen las plantas trepadoras que viven en las copas de árboles emergentes para la captura de carbono y fotosíntesis, la acumulación de agua y el reciclaje de los nutrientes.²⁶ Como se señaló anteriormente, en Osorno más del 80% de la matriz corresponde a un hábitat abierto. Una aplicación práctica de este estudio sería la protección de los grandes árboles emergentes que aún sobreviven en los que actualmente son praderas (campos) dedicadas a la ganadería y la agricultura industrializada y que otrora fueron bosques continuos.

Un ruego para que los ecólogos de la conservación de la biodiversidad pasemos de espectadores a ser los actores en nuestros hotspots

Pese a lo expresado en los párrafos anteriores, el concepto biodiversidad tiene poca representatividad, tanto en términos del número de artículos publicados como de las revistas científicas donde estos se publican, si uno hace una comparación entre las contribuciones efectuadas en países desarrollados y en vías de desarrollo.²⁷ Más aún, sólo un 37% de los autores de países en vías de desarrollo participan en las publicaciones sobre conservación y

²³ Se entiende por fractal a un objeto cuya forma compleja se mantiene inalterada frente a distintas escalas de magnificación. El índice de forma más invariante de escala y uno de los más robustos descriptores del proceso de fragmentación es la dimensión fractal. La geometría fractal fue desarrollada por el matemático Benoît Mandelbrot. Véase G. Sugihara y R. M. May, “Application of fractals in ecology”, en *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 5, 1990.

²⁴ J. Rau, A. Gantz y G. Torres, “Estudio de la forma de fragmentos boscosos sobre la riqueza de especies de aves al interior y exterior de áreas silvestres protegidas”, en *Gestión Ambiental*, vol. 6, 2000.

²⁵ J. Pincheira-Ulbrich, J.R. Rau y F. Peña-Cortés, “Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos”, en *Phyton*, vol. 78, 2009.

²⁶ I. A. Díaz, K. E. Sieving, M. E. Peña-Foxon, J. Larraín y J. J. Armesto, “Epiphyte diversity and biomass loads of canopy emergent trees in Chilean temperate rain forests: A neglected functional component”, en *Forest Ecology and Management*, vol. 259, 2010.

²⁷ J. R. Rau, “En el 2010, año internacional de la biodiversidad biológica: un ruego para que los científicos latinoamericanos pasemos de ser espectadores a ser actores”, en *Boletín de Biodiversidad de Chile*, vol. 2, 2010. Disponible en Web <<http://bbchile.wordpress.com/>>

manejo de recursos naturales realizadas en sus respectivos países, mientras que más del doble (el 88%) lo hace en el caso de sus propios países.²⁸ La marcada asimetría entre los países productores (países en vías de desarrollo) y consumidores y transformadores de recursos naturales (países) es patente. Lo paradójico es que mientras los países tropicales (gran parte de Latinoamérica lo es) representan apenas el 10% de la superficie continental terrestre mundial ellos albergan, no obstante, la mitad (50%) de la biodiversidad del mundo.²⁹

Para finalizar este comentario, vuelvo a insistir en mi ruego para que en este año 2010, coincidentemente el año del Bicentenario de Chile y el año internacional de la biodiversidad, los científicos latinoamericanos dejemos de ser espectadores y ocupemos el papel de actores que por derecho propio nos corresponde²¹. De hecho, en el sur de Chile tenemos el privilegio de habitar en uno de los hotspots correspondiente a la eco-región del bosque valdiviano, el cual se encuentra priorizado entre los 35 más importantes para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial³⁰. Pese a la fragmentación ya mencionada de este paisaje, y sus efectos negativos sobre la probabilidad de persistencia de su propia flora y fauna, el futuro se vislumbra con cierto optimismo³¹: parece que en el año internacional de la diversidad biológica los latinoamericanos seremos los únicos que cumpliremos la meta de aumentar en más de un 10% el número y superficie de nuestras eco-regiones.³² Una fortaleza y oportunidad, a mi juicio, es la reciente creación por los gobiernos de Argentina y Chile de la Reserva de Biósfera Transfronteriza Andina Norpatagónica, la cual implica la conservación de casi 5 millones de hectáreas, casi equitativamente repartidos entre ambos países. Espero que su manejo y gestión ayuden a la integración de ambas naciones y a la de las ciencias naturales con las ciencias sociales para conservar a nivel local nuestra rica biodiversidad y desarrollarnos sustentablemente a nivel global. Esto es, evitando que la tasa de extinción por causas antrópicas supere a su propia tasa de renovación natural y –pensando homocéntricamente–³³ legándola a nuestras futuras generaciones.

Bibliografía

- Armesto, J., C. Villagrán y M. Arroyo (editores). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1996.
- Acot, P. "Cómo nació la ecología". *Mundo Científico* 10 (1990).
- Beever, E. "The roles of optimism in conservation biology". *Conservation Biology* 14 (2000).
- Bustamante, R. O. y A. A. Grez. "Fragmentación del bosque nativo: ¿En qué estamos?". *Ambiente y Desarrollo* 20 (2004).
- Bustamante, R. O. y A. A. Grez. "Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos". *Ambiente y Desarrollo* 11 (1995).
- Castellón, T. D. y K.E. Sieving. "Patch network criteria for dispersal-limited endemic birds of South American

²⁸ E. J. Milner-Gulland, M. Fisher, S. Browne, K. H. Redford, M. Spencer y W. J. Sutherland, "Do we need a more relevant conservation literature?", en *Oryx*, vol. 44, 2009.

²⁹ E. O. Wilson, "La biodiversidad amenazada", en *Investigación y Ciencia*, vol. 158, 2004.

³⁰ D.M. Olson, E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao y K.R. Kassem, "Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth", en *BioScience*, vol. 51, 2001.

³¹ Comparto aquí los criterios entregados por E. Beever, "The roles of optimism in conservation biology", en *Conservation Biology*, vol. 14, 2000.

³² C. N. Jenkins y L. Joppa, "Expansion of the global terrestrial protected area system", *Biological Conservation*, vol. 142, 2009.

³³ Postura a la que adhiero, porque considera tanto a las visiones antropocéntricas (centradas en el hombre) como a las biocéntricas (centradas en la biodiversidad). Interpreto de esta forma el concepto Itrofil Mogen, proveniente del mapudungun, que nos legó nuestra etnia originaria.

- temperate rainforest". *Ecological Applications* 17 (2007).
- Castellón, T. D. y K. E. Sieving. "Landscape history, fragmentation, and patch occupancy: Models for a forest bird with limited dispersal". *Ecological Applications* 16 (2006).
- Cody, M. L. y J. M. Diamond (editores). *Ecology and evolution of communities*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1975.
- Colinvaux, P. *Ecology*. New York: John Wiley and Sons, 1986.
- Diamond, J. "Overview of recent extinctions". *Conservation for the twenty-first century*, editores D. Western y M. C. Pearl. New York: Oxford University Press, 1989.
- Díaz, I. A., K. E. Sieving, M. E. Peña-Foxon, J. Larrain y J. J. Armesto. "Epiphyte diversity and biomass loads of canopy emergent trees in Chilean temperate rain forests: A neglected functional component". *Forest Ecology and Management* 259 (2010).
- Gantz, A. y J. Rau. "Relación entre el tamaño mínimo de fragmentos boscosos y su riqueza de especies de aves en el sur de Chile". *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso* 24 (1999).
- Glade, A. (editor). *Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile*. Santiago de Chile: Corporación Nacional Forestal, 1993.
- Jenkins, C. N. y L. Joppa. "Expansion of the global terrestrial protected area system". *Biological Conservation* 142 (2009).
- Krebs, C. J. *Ecology: The Experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harper and Row, 1972.
- Leakey, R. E. y R. Lewin. *The sixth extinction: biodiversity and its survival*. London, 1996.
- Milner-Gulland, E. J., M. Fisher, S. Browne, K. H. Redford, M. Spencer y W. J. Sutherland. "Do we need a more relevant conservation literature?". *Oryx* 44 (2009).
- Moreno, Claudia. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M & T-Manuales y tesis SEA, vol. 1, 2001.
- Muñoz-Pederos, A. y J. Rau. "Ecología aplicada y ciencias ambientales". *Gestión Ambiental* 8 (2002).
- Myers, N. "Threatened biotas: Hotspots in tropical forests". *The Environmentalist* 8 (1988).
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao y K. R. Kassem. "Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on earth". *BioScience* 51 (2001).
- Pincheira-Ulbrich, J., J.R. Rau y F. Peña-Cortés. "Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos". *Phyton* 78 (2009).
- Rau, J. R. "En el 2010, año internacional de la biodiversidad biológica: un ruego para que los científicos latinoamericanos pasemos de ser espectadores a ser actores". *Boletín de Biodiversidad de Chile* 2 (2010). Consulta en línea: <http://bbchile.wordpress.com/>
- Rau, J., A. Gantz, L. Montenegro, A. Aparicio, P. Vargas-Almonacid, M. E. Casanueva, J. Stuardo y J. E. Crespo. "Efectos de la fragmentación del hábitat sobre la biodiversidad de aves terrestres y acuáticas, árboles y micromoluscos terrestres del centro-sur de Chile". *Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: Patrones y procesos a diferentes escalas*, A. A. Grez, J.A. Simonetti y R.O. Bustamante (editores). Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2006.
- Rau, J. "Biodiversidad y colecciones científicas". *Revista Chilena de Historia Natural* 78 (2005).
- Rau, J. y A. Gantz, "Fragmentación del bosque nativo del sur de Chile: Efectos del área y la forma sobre la biodiversidad de aves". *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 72 (2001).
- Rau, J., A. Gantz y G. Torres. "Estudio de la forma de fragmentos boscosos sobre la riqueza de especies de aves al interior y exterior de áreas silvestres protegidas". *Gestión Ambiental* 6 (2000).
- Simonetti, J. A., M. T. K. Arroyo, A. E. Spotorno, E. Lozada, C. Weber, L. E. Cornejo, J. Solervicens y E. R. Fuentes. "Hacia el conocimiento de la diversidad biológica en Chile". *Diversidad biológica en Iberoamérica*, G. Halffter (editor), México, D.F.: Acta Zoológica Mexicana, 1992.
- Sugihara, G. y R. M. May. "Application of fractals in ecology". *Trends in Ecology and Evolution* 5 (1990).
- Wilson, E. O. "La biodiversidad amenazada". *Investigación y Ciencia* 158 (2004).