

Parte I

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1

Presentación Científica del Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo

FRANCISCO A. SQUEO & MARY T.K. ARROYO

RESUMEN

Se presentan algunas nociones del concepto de biodiversidad, destacando que la región de Coquimbo se inserta en una de las 25 zonas con mayor biodiversidad del mundo. Se describe los objetivos principales del proyecto que entrega como resultado principal, este libro. Finalmente, se entrega una reseña breve de los contenidos del libro.

Palabras Clave: Biodiversidad, flora nativa regional, riesgo de extinción.

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad ecológica del planeta es altamente dependiente de la mantención de la biodiversidad. A nivel global, regional y local, en conjunto, los organismos vivos, desde los microorganismos hasta las plantas y animales superiores, determinan la productividad de los ecosistemas, controlan los ciclos de nutrientes y afectan la estabilidad climática (Lubchenco et al. 1991). Algunos autores sostienen que la funcionalidad y sustentabilidad de los ecosistemas dependen del nivel de diversidad de especies *per se* (por ej. Tilman et al. 1996, 1997, Grime 1997, Naeem & Li 1997). Experimentalmente se ha mostrado que la composición funcional y la diversidad funcional son los principales factores que explican la productividad vegetal (Tilman et al. 1997); a su vez la pérdida de especies amenaza la funcionalidad y sustentabilidad (Tilman et al. 1996). Utilizando microcosmos microbianos, Naeem & Li (1997) sugieren que la redundancia de especies dentro de un grupo funcional daría mayor estabilidad a un ecosistema, y sería una razón importante para preservar la biodiversidad en términos de especies. En la misma línea, Hooper & Vitousek (1997) muestra que la composición de especies de plantas explica más la variación en producción y la dinámica del nitrógeno que el número de grupos funcionales presentes.

Además de proveer numerosos servicios ecosistémicos de gran envergadura, al nivel de especies, la biodiversidad proporciona una incalculable fuente de bienes a la humanidad que tiene la potencialidad de contribuir a la

consolidación y expansión de las economías locales. Tales bienes incluyen fibras, madera, colorantes, medicinas, especies de valor en la floricultura y horticultura. Las especies de plantas y animales de una región, a su vez, imprimen un carácter particular a sus ecosistemas, determinando paisajes muy característicos y frecuentemente únicos, lo que es de gran relevancia en los países cuyas economías se apoyan en el turismo convencional y eco-turismo, como es el caso de Chile.

Formalmente, la diversidad biológica o “biodiversidad” se define como la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los cuales estos organismos se encuentran” (OTA 1987). La biodiversidad comprende tres atributos: composición, estructura y funcionamiento. Estos atributos fundamentales se expresan a cuatro niveles jerárquicos de organización: genético, poblacional, específico y ecosistémico (Noss 1990). De esta forma, la biodiversidad incluye la diversidad entre y dentro de las especies tanto al nivel de taxa, como al nivel de poblaciones y genes, y entre y dentro de los ecosistemas, considerando sus respectivas comunidades y agrupaciones mayores, tales como las eco-regiones y biomas. En términos simples, la biodiversidad es la suma total de toda la variación biológica desde el nivel de genes individuales a ecosistemas (Purvis & Hector 2000). Dado el carácter multidimensional y jerárquico del concepto de biodiversidad, los estudios de la biodiversidad abarcan un amplio espectro, desde microcosmos microbianos artificiales (Naeem & Li 1997) hasta estudios de patrones globales basados en la respuesta a nivel de ecosistemas (Chapin et al. 2000, Gaston 2000). Incluyen la definición de las áreas con excepcional concentración de especies y endemismos (“hotspots” de biodiversidad) (Myers et al. 2000). A su vez, los atributos de la biodiversidad en los distintos niveles de organización pueden ser caracterizados por una serie de indicadores (Noss 1990). La identificación y riqueza de alelos, especies y ecosistemas son indicadores adecuados de la composición. El grado de polimorfismo, distribución geográfica de las especies, y configuración de los paisajes son indicadores utilizados para caracterizar la estructura de la biodiversidad. Las tasas de flujo génico, procesos demográficos, interacciones entre especies y ciclaje de nutrientes son algunos de los indicadores del componente funcional de la biodiversidad (Noss 1990, Simonetti 2000).

La biodiversidad se ha acumulado paulatinamente sobre la tierra desde la aparición de las primeras bacterias hace 3.500 millones de años (Schopf 1994). La variedad de genes, poblaciones y especies es el resultado de la evolución orgánica, mientras que la variedad de ecosistemas es el producto de numerosos procesos ecológicos e interacciones entre organismos que conducen a la organización de las especies en complejos funcionales. Para aproximadamente 2/3 de la historia de la tierra, la biodiversidad consistía en organismos unicelulares organizados en comunidades muy simples. Los organismos multicelulares aparecieron en el mar hace unos 1.700 millones de años (Shixing & Huineng 1995), y posteriormente colonizaron los ambientes terrestres. La evolución de organismos de creciente complejidad, en especial en el medio terrestre (por ej. las plantas y animales superiores), conllevó al desarrollo de comunidades y ecosistemas cada vez más estructurados y complejos en cuanto a las interacciones entre sus diversos componentes. Se estima que el número total de especies que se encuentra actualmente sobre la

tierra es del orden de 14 millones (Heywood 1995); sin embargo, solo unos 1,75 millones de especies han sido descritas por los científicos. Según el “Global Biodiversity Assessment” comisionado por la UNEP, la biodiversidad conocida a nivel de especies consiste en 4.000 especies de bacteria, 80.000 de protistas, 270.000 de plantas, 72.000 de hongos, y 1.320.000 de animales (Heywood 1995). A estos números, algunos expertos agregan unas 4.000 virus. Hasta el presente, se han descrito unas 29.000 especies en Chile (Simonetti et al. 1995), un número que sin duda subestima la real riqueza biológica del país.

Numerosos autores consideran que la biodiversidad está fuertemente amenazada por alteraciones antrópicas y que las acciones del hombre serían responsables del sexto mayor evento de extinción en la historia de la vida (por ej. Chapin et al. 2000). De allí la importancia de desarrollar estrategias nacionales y regionales para conservar la biodiversidad en todos los niveles jerárquicos. A la alteración del hábitat, hay que sumar los efectos del cambio global en temperatura y los patrones de precipitación, los que están ocurriendo a tasas más rápidas que la capacidad biológica de las especies de responder (Arroyo et al. 1993). De hecho, algunos autores sostienen que tal vez la principal razón para mantener la biodiversidad se relaciona con la adaptabilidad futura (Arroyo et al. 1996). Como resultado de la combinación de cambios en el clima y la alteración de hábitat, están apareciendo nuevas de condiciones ambientales que no existían en el pasado. Generalmente, los procesos evolutivos son demasiado lentos para la generación de nuevas especies capaces de ocupar estos nuevos ambientes. La mantención de la biodiversidad regional otorga mayor seguridad de que habrá grupos de organismos funcionales para acomodarse a las nuevas condiciones a través de la dispersión y migración.

En cuanto a su biodiversidad, la IV Región de Chile es indudablemente una de las Regiones más interesantes del país. Arroyo et al. (1999) mostraron que el sector de Chile comprendido entre 25°-40° S (incluyendo la franja costera hasta 19,5° S) contiene 3.429 especies de plantas (sin contar variedades) de las cuales 1.605 (46,8%) son enteramente restringidas (es decir endémicas) en su distribución a esta zona. Para animales, más de 50% de los anfibios y reptiles están restringidas a esta zona. En base a la caracterización anterior, Myers et al. (2000) reconocieron a esta zona de Chile entre los 25 “World Biodiversity Hotspots for Conservation Priority”. La alta diversidad y endemismo de plantas vasculares en el “hotspot” chileno se relaciona con la alta heterogeneidad climática y topográfica, cambios climáticos recurrentes en el pasado, y la naturaleza de Chile como una isla biogeográfica (Cowling et al. 1996, Arroyo et al. 1999). Dentro del hotspot chileno, la IV Región ocupa una posición central, a la vez, muy particular. Situado en la zona transicional entre la región mediterránea propiamente tal, y las áreas más desérticas hacia el norte, la IV Región reúne un amplio espectro de elementos biogeográficos, numerosos géneros que han experimentado radiaciones evolutivas significativas y, al mismo tiempo, comunidades relictas que contienen especies más típicas de los bosques del sur del país. A la vez, pueden esperarse en la IV Región muchas especies representadas por sus límites norte y sur de distribución. Estas últimas características, sumada a una geografía muy heterogénea determinarían un gran nivel de endemismo a nivel regional y muchas especies susceptibles a reducciones de hábitat.

La protección y conocimiento de la biodiversidad representa una tarea prioritaria de las naciones comprometidas en alcanzar un desarrollo sustentable que asegure el bienestar humano y de los recursos y sistemas naturales con los que interactúa (World Commission on Environment and Development 1987, Lubchenco et al. 1991, Clark 1995, Marquet 2000). La promulgación en 1994 de la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente (CONAMA 1998), sumado a la firma de varios convenios internacionales para la protección del medioambiente, ha puesto Chile dentro de los países líderes en la conservación de la biodiversidad a nivel mundial. Dentro de éste contexto el **Gobierno Regional de Coquimbo**, a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional financió el estudio: "Actualización de la Flora Nativa en Categoría de Conservación, código B.I.P. 20146564-0" en la cual la Corporación Nacional Forestal – IV Región actuó como Unidad Técnica, y la Universidad de La Serena como Unidad Ejecutora.

La conservación de la biodiversidad implica tanto la mantención de las especies que conforman los ecosistemas, como la preservación de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Estos dos objetivos son complementarios en el sentido que la conservación de las especies es esencial para la mantención de la integridad de los ecosistemas, mientras que la mantención de la integridad de los ecosistemas, es fundamental para prevenir la extinción local y global de las especies. Dada la naturaleza de la tarea encomendada, este estudio es enfocado al conocimiento y definición del estado de conservación de las especies, y detección de áreas de riqueza y centros de endemismo. El objetivo original era actualizar la información del Libro Rojo de la Flora Terrestre y de los sitios prioritarios para la conservación de la flora nativa leñosa y suculenta de la Región de Coquimbo. Sin embargo, el contar con una buena base de datos de colectas de especies de plantas y un equipo de expertos en la flora chilena, permitió ampliar este objetivo para incluir a toda la flora vascular nativa regional.

Además del presente libro, el proyecto ha producido una página Web (<http://www.uls.cl/biologia/conaf/lrojo.html>) y un disco compacto, donde están reunidos los principales resultados y conclusiones de este trabajo.

CONTENIDOS DEL LIBRO

Este Libro esta dividido en 5 partes, la primera parte constituye una introducción a la temática (Capítulo 1) y a la región de estudio (Capítulo 2). La segunda parte se focaliza en establecer el estado de conservación de la flora regional (Capítulos 3 al 7), la tercera parte se centra en determinar las áreas generales y sitios específicos donde se concentra la mayor diversidad, endemismos y especies con riesgo de extinción, para llegar finalmente a la proposición priorizada de las áreas que deberían ser incluidas en una red de conservación de la biodiversidad regional (Capítulos 8 al 12). En la cuarta parte de este libro, se presentan 8 capítulos específicos relevantes para el entendimiento de los patrones de biodiversidad regional. Por último, en la quinta parte se presentan 5 anexos con información complementaria al objetivo de este libro y un glosario de los términos científicos utilizados.

En el Capítulo 2, Novoa & López hacen una reseña sobre las características del escenario geográfico físico de la región, destacando la existencia de los cordones transversales que aumenta la heterogeneidad espacial con respecto a Chile Central.

Dentro de la segunda parte del libro, en el Capítulo 3 se hace una revisión de los enfoques para establecer el riesgo de extinción de las especies. Se establece una metodología operacional basada en la inferencia de un riesgo de extinción de las especies a una escala regional. En este análisis sólo se considera el nivel de especies, excluyendo los taxa infra-específicos. Siguiendo las propuestas de la IUCN (1994), las cuales fueron recogidas por el reglamento actualmente en elaboración por CONAMA (Marquet 2000, Estados 2001) y lo establecido en la Ley 19.300, se usan las siguientes categorías de conservación (riesgo de extinción) para la flora regional: a) Extinta (EX), b) En Peligro (EP), c) Vulnerable (VU), d) Fuera de Peligro (FP), e) Insuficientemente conocida (IC) y, f) No Evaluada (NE). Cada especie de la flora nativa regional queda en una de estas 6 categorías.

En el Capítulo 4 se presenta un listado de las especies que están en las categorías: Extinta, En Peligro y Vulnerable, indicando las comunas que ellas están presentes. Esta lista permite una revisión rápida de las especies con riesgo de extinción, la que se complementa con el Capítulo 6.

En el Capítulo 5 se realiza un análisis del estado de conservación de la flora regional. Se muestra que el 14,0% de las especies nativas se encuentran en las categoría EP o VU, valor comparable a otras zonas del mundo. También se destaca que 2/5 de la flora regional se encuentra en categorías IC (o NE), lo que implica la necesidad de profundizar estos estudios en el futuro cercano.

En el Capítulo 6 se hace una descripción de la mayoría de las especies con problemas de conservación a nivel regional, indicando el nombre común (cuando existe), una breve descripción taxonómica y de las causas que estarían determinando su actual estado de conservación.

En el Capítulo 7 se presenta un catálogo completo de la flora nativa y naturalizada, con información sobre la forma de vida, distribución en Chile y en la IV Región. Este catálogo es el referente más actualizado que se dispone; sin embargo, hay que considerar que la taxonomía y sistemática son disciplinas muy dinámicas, por lo que no es raro pensar que este catálogo sufrirá modificaciones en el futuro.

En la tercera parte de este libro, el Capítulo 8 muestra el enfoque metodológico que se siguió para establecer las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad vegetal de la región.

En el Capítulo 9 se presenta un análisis de la biodiversidad regional, mostrando las áreas de mayor concentración de especies y endemismos. Se destaca que las formas de vida dominantes son las hierbas perennes (44,7%), seguida por los arbustos (27,2%) y las hierbas anuales o bi-anuales (23%). El 40,8% de las especies endémicas al centro-norte de Chile son arbustos. Las áreas con mayor concentración de diversidad vegetal y de especies con problemas de conservación se ubican hacia el oeste de la región.

En el Capítulo 10 se muestran los resultados del análisis de parsimonia de endemismos. Este análisis permitió localizar las áreas de la región con concentración de especies endémicas únicas, antecedente fundamental para definir aquellas áreas que tendrían prioridad para ser conservadas.

En el Capítulo 11 se integra la información de los dos capítulos precedentes, sumada a la información de sitios prioritarios propuestos en literatura y a las proposiciones específicas realizadas por investigadores y funcionarios públicos consultados. Finalmente se establece la prioridad, con el objetivo de lograr la mayor concentración de especies con riesgos de extinción en la menor cantidad de sitios. Sumados a las dos principales unidades del SNASPE regional (P.N. Fray Jorge y R.N. Las Chinchillas), se propone establecer una red de protección de la biodiversidad regional.

En el Capítulo 12 se presenta una descripción de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad vegetal de la IV Región de Coquimbo.

En la cuarta parte de este libro hay ocho capítulos. En el Capítulo 13, Torres et al. hacen una reseña del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y su rol en la conservación de la diversidad biológica del país. Además realizan un diagnóstico y proyección de este sistema para el caso regional.

El Capítulo 14, Jorquera hace un análisis histórico de la producción agropecuaria regional, mostrando el desarrollo que ha tenido esta actividad humana desde la llegada del hombre primitivo hasta nuestros días.

En el Capítulo 15, Jorquera analiza los impactos sobre la vegetación regional causados por la agricultura y ganadería, destacando a un grupo importante de especies que han sido o están siendo afectadas directamente por la actividad agropecuaria. Como alternativas a esta situación, la autora plantea la adecuada planificación territorial, un mayor control sobre el uso de los recursos bióticos y del suelo, la definición de planes de educación y capacitación en el medio rural y estímulos especiales a la implementación de prácticas conservacionistas, la intensificación de la difusión de las Buenas Prácticas Agrícolas y la promoción de prácticas ambientalmente sustentables como la producción orgánica.

En el Capítulo 16, Gutiérrez plantea que los arbustos junto a las cactáceas representan formas de vidas características de las zonas áridas y semiáridas de Chile. Contribuyen significativamente a mantener la integridad física de los ecosistemas, a través de evitar o aminorar la erosión de los suelos. Hacen contribuciones importantes a la constitución orgánica de los suelos y bajo sus copas existen condiciones más favorables para el reclutamiento de plántulas de arbustos y de plantas herbáceas.

En el Capítulo 17, Maldonado y Villagrán presentan un estudio de la historia de los bosques pantanosos de la costa de Los Vilos, el que se basa en el análisis de polen fósil contenidos en los sedimentos del bosque. Estos autores muestran una secuencia de eventos climático-vegetacionales con alternancia de fases secas y húmedas durante los últimos 5.300 años antes del presente (A.P.).

En el Capítulo 18, Pezoa realiza un análisis de los criterios que deben ser usados en la implementación de políticas de conservación de la diversidad biológica. Plantea que una conservación efectiva y eficiente, requiere aplicar la conservación *ex situ*, en bancos de germoplasma, con la conservación *in situ*, en los hábitats de las especies. La conservación *ex situ* aseguraría la variabilidad genética de las especies en el tiempo y la conservación *in situ*, permitiría la evolución y la coevolución natural de las especies.

El Capítulo 19 es un extracto de una carta dirigida por Don Claudio Gay al Ministro del Interior, en donde relata su informe sobre la antigua provincia de Coquimbo (actual región de Coquimbo), y que fuera publicada en el Diario El Araucano el año 1838. Gay nos da la visión histórica de un naturalista que visita nuestra región. El valor de este documento está en lo certero del diagnóstico que realiza Gay respecto al impacto que está produciendo el hombre en el primer tercio del siglo XIX.

El Capítulo 20, Brown presenta las bases para el diseño curricular de intervenciones pedagógicas a nivel de aula que promuevan aprendizajes significativos en torno al tema de la conservación de la flora nativa regional.

La quinta parte de este libro incluye, en el Anexo 1, fotos de algunas de las especies con problemas de conservación. Estas se presentan en orden alfabético del nombre científico.

En el Anexo 2 se presentan los criterios operacionales y los valores de los índices utilizados para establecer el estado de conservación. Junto con hacer explícita la metodología empleada, nos pareció transparente detallar los valores de estos índices. Aún cuando se siguió la filosofía de la IUCN (1994) y del proyecto de reglamento de CONAMA, en el futuro pueden haber cambios de criterios o de categorías, por lo que los valores básicos de estos índices podrían ser re-interpretados. De la misma forma, nuevos antecedentes podrían hacer variar la información que sirvió de base para realizar este estudio. Esta posición no relativiza los resultados del estudio, pero reconoce que el conocimiento científico sobre las especies regionales debería aumentar en el futuro.

En el Anexo 3 se presenta una lista de los participantes en los talleres de Validación, a los cuales se reitera nuestro agradecimiento por la disposición que mostraron en colaborar con esta obra.

En el Anexo 4 se presenta las conclusiones y recomendaciones originadas en los Talleres de Validación, las que fueron integradas al análisis, interpretación y presentación de los resultados.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a todas las instituciones y personas que hicieron posible la realización de este proyecto. Esta investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), código B.I.P. 20146564-0.

REFERENCIAS

- ARROYO, MTK, JJ ARMESTO, FA SQUEO & J GUTIÉRREZ (1993) Global change: The flora and vegetation of Chile. En: (HA Mooney, ER Fuentes & BI Kronberg, eds.) "Earth System Response to Global Change: Contrasts between North and South America", Págs 239-263. Academic Press, San Diego.
- ARROYO MTK, C DONOSO, R MURÚA, E PISANO, R SCHLATTER & I SEREY (1996) "Toward an Ecologically Sustainable Forestry Project. Concepts, Analysis and Recommendations. Protecting Biodiversity and Ecosystem Processes in the Río Cóndor Project - Tierra del Fuego. Departamento de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile. 253 pp.
- ARROYO MTK, R ROZZI, JA SIMONETTI, P MARQUET, M SALABERRY (1999) Central Chile. En: (RA Mittermeier, N Myers, P Robles Gil & C Goettsch Mittermeier, eds) Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecosystems, Págs. 161-171. Cemex, Conservation International.
- CHAPIN III FS, ES ZAVALA, VT EVINER, RL NAYLOR, TM VITOUSEK, HL REYNOLDS, DU HOOPER, S LAVOREL, OE SALAS, SE HOBBIE, MC MACK & S DÍAZ (2000) Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- CLARK, J.G. (1995) Economic development vs. sustainable societies: Reflections on the players in a crucial contest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26: 225-248.
- CONAMA (1998) Una política ambiental para el desarrollo sustentable. Santiago, Chile.
- COWLING RM, PW RUNDEL, BB LAMONT, MTK ARROYO & M ARIANOUTSOU (1996) Plant diversity in mediterranean-climate regions. *TREE* 11:362-366.
- ESTADES CF (2001) Informe sobre Validación Técnica del Procedimiento Proyecto "Validación de Procedimientos Técnico-Administrativos para Listar Especies en Categorías de Conservación", Enero 2001, CONAMA, Santiago, Chile.
- GASTON KJ (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature* 405: 220-227.
- GRIME JP (1997) Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science* 277: 1260-1261.
- HEYWOOD VH (ed) (1995) *Global Biodiversity Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge.
- HOOPER DU & PM VITOUSEK (1997) The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science* 277: 1302-1305.
- IUCN (1994) *Categorías de las Listas Rojas de la IUCN*. IUCN, Gland, Switzerland.
- LUBCHENCO J, AM OLSON, LB BRUBAKER, SR CARPENTER, MM HOLLAND *et al.* (1991) The Sustainable Biosphere Initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72: 371-412.
- MARQUET PA (2000) Informe Final Proyecto Elaboración del Anteproyecto de Reglamento que fija los Procedimientos para la Clasificación de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Categorías de Conservación. Julio 2000. CONAMA, Santiago, Chile.
- MYERS N, RA MITTERMEIER, CG MITERMEIER, GAB DA FONSECA & J KENT (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

- NAEEM S & S LI (1997) Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390: 507-509.
- NOSS RF (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- OTA (US Congress, Office of Technological Assessment) (1987) Technologies to maintain biological diversity. OTA-F-300. US Government Printing Office, Washington DC.
- PURVIS A & A HECTOR (2000) Getting the measure of biodiversity. *Nature* 405: 212-219.
- SCHOPF WJ (1993) Microfossils of the early archean apex chert. New evidence of the antiquity of life. *Science* 260:640-645.
- SHIXING Z & C HUINENG (1995) Macroscopic cellular organisms from 1,700 million year old Tuanshanzi Formation in the Jixian Area, North China. *Science* 270: 620-622.
- SIMONETTI JA, MTK ARROYO, AE SPOTORNO & E LOZADA (eds) (1995) *Diversidad Biológica de Chile*. CONICYT, Santiago.
- SIMONETTI J (2000) Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile – 1999. Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile, Santiago: 177-201.
- TILMAN D, D WEDIN & J KNOPS (1996) Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- TILMAN D, J KNOPS, D WEDIN, P REICH, M RITCHIE & E SIEMANN (1997) The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987) *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.

