



TEMA ESPECIAL: APLICANDO LA ECOLOGÍA

Crónica de un conflicto anunciado: Tres centrales termoeléctricas a carbón en un hotspot de biodiversidad de importancia mundial

Chronicle of a foretold conflict: Three coal-fired power plants in a biodiversity hotspot of global significance

P. FRANCISCO CÁRCAMO^{1, 2, 3, *}, MARITZA CORTÉS¹, LORENA ORTEGA¹, FRANCISCO A. SQUEO^{2, 4, 5}
& CARLOS F. GAYMER^{1, 2}

¹ Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Casilla 117, Coquimbo, Chile

² Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Casilla 117, Coquimbo, Chile

³ Departamento de Medio Ambiente, Instituto de Fomento Pesquero, Casilla 665, Puerto Montt, Chile

⁴ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena, Casilla 599, La Serena, Chile

⁵ Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Casilla 653, Santiago, Chile

*Autor correspondiente: francisco.carcamo@ceaza.cl

RESUMEN

El aumento de la demanda energética chilena en los últimos años ha promovido la creación de una gran cantidad de proyectos de generación eléctrica. La posible instalación de tres centrales termoeléctricas a carbón al norte de la Región de Coquimbo y en las inmediaciones de áreas definidas como claves para la conservación y manejo de la biodiversidad marina (e.g., reservas marinas, áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos) y terrestre (e.g., reserva nacional, sitios prioritarios), ha generado conflictos sociales y controversias sobre su ubicación y compatibilidad con los usos propuestos para el área. El presente comentario plantea el conflicto que se origina entre la necesidad de cubrir los requerimientos energéticos de Chile y la implementación de iniciativas de conservación y manejo de recursos naturales. Se describe la importancia y relevancia ecológica y económica del área de posible instalación de las termoeléctricas y se revisan los principales impactos reportados para este tipo de tecnología sobre la salud humana y ecosistémica. Finalmente, se proponen enfoques y herramientas que pueden asistir en la toma de decisiones y en la resolución de conflictos.

Palabras clave: conflicto social, conservación, planificación espacial marina, reserva marina, termoeléctricas a carbón.

ABSTRACT

In recent years, Chilean increasing energy needs have promoted the creation of many initiatives to generate electricity. The possible installation of three coal-fired power plants in the coastal area north of the Region of Coquimbo and close to areas identified as key to the conservation and management of marine (e.g., marine reserves, management and exploitation areas for benthic resources) and terrestrial (e.g., national reserve, priority sites) biodiversity, has generated social conflicts and raised concerns about the location and compatibility with others proposed uses for the area. This commentary proposes the conflict that arises between the need to cope with Chile's energy needs and the implementation of conservation and management of natural resources initiatives. We describe the ecological and economic significance and importance of the area of possible installation of power plants and the main impacts reported for this type of technology on human and ecosystem health. Finally, we suggest approaches and tools that can help in decision-making and conflicts resolution.

Key words: coal-fired power plants, conservation, marine reserves, marine spatial planning, social conflict.

INTRODUCCIÓN

El sector costero de la comuna de La Higuera (ca. 29°10' a 29°40' S; Región de Coquimbo) corresponde a un área de alta relevancia para la conservación de la biodiversidad marina y terrestre, y para el desarrollo de actividades económicas como la pesca artesanal y el turismo (Gaymer et al. 2008, Thiel et al. 2007).

También ha sido elegida como área posible para la instalación de tres centrales termoeléctricas a carbón (con una generación proyectada total de 1800 MW) provocando conflictos sociales (Liberona et al. 2009).

La presente contribución constituye un comentario científico que utiliza la coyuntura ambiental en torno a la posible instalación de termoeléctricas en la comuna de La Higuera,

para exponer el conflicto que se origina entre la necesidad de cubrir los requerimientos energéticos del país (i.e., desarrollo económico) y la implementación de iniciativas de conservación y manejo de la biodiversidad. Se describe la importancia y relevancia ecológica y económica del área de posible instalación, y se revisan los principales impactos reportados para este tipo de tecnología sobre la salud humana y ecosistémica. Bajo la premisa de que la investigación científica tiene un rol sustancial que cumplir en entregar soluciones prácticas, se proponen enfoques y herramientas que pueden ser implementados para asistir en el proceso de toma de decisiones y en la resolución y/o anticipación de conflictos ambientales en áreas marino costeras de Chile.

UN PAÍS CON GRANDES NECESIDADES ENERGÉTICAS

Rudnick (2006) proyectaba que para suplir las necesidades eléctricas derivadas del crecimiento económico, en la actual década, Chile debía duplicar la capacidad de generación instalada. En los últimos años, una gran cantidad de proyectos de generación de energía han sido ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) (i.e., 124 proyectos entre los años 2008-2009; <http://www.e-seia.cl>). Si bien se reconoce que Chile tiene un gran potencial de generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales (Gebremedhin et al. 2009) y que las condiciones para el desarrollo de estos proyectos han mejorado en los últimos años (Valencia 2008), del total de proyectos ingresados al SEIA en el período 2000-2008, 60 % correspondieron a termoeléctricas, lo que equivale a un 71 % del potencial de generación eléctrica (Liberona et al. 2009). La predominancia de termoeléctricas es una alternativa para incrementar la capacidad de generación del país, y puede explicarse principalmente porque este tipo de tecnologías utilizan principalmente carbón, el combustible fósil más abundante y barato en el mundo (Chow et al. 2003). A pesar de las ventajas en términos de costo, los riesgos ambientales asociados con su uso implicarán impactos en su continuidad futura como materia prima

(Grossmann et al. 2009, Markandya et al. 2009). Por otro lado, el aumento de la capacidad termoeléctrica a carbón en Chile, inevitablemente significará un aumento de las emisiones de dióxido de carbono per cápita (Quadrelli & Peterson 2007), marcando una dirección opuesta en el escenario actual de cambio climático que amenaza la salud humana y ecosistémica (Brierley & Kingsford 2009, Patz et al. 2005), y en donde las estrategias de mitigación, políticas regionales y mundiales apuntan a reducir las emisiones de gases invernadero (Meinshausen et al. 2009).

UN PAÍS CON GRANDES NECESIDADES DE CONSERVACIÓN MARINA

Chile ha firmado y ratificado una serie de tratados internacionales globales y regionales respecto a conservación y protección de la biodiversidad (CONAMA 2008). Se ha propuesto realizar acciones que apunten a la supervivencia en el largo plazo de la biodiversidad representativa en el ámbito de los ecosistemas, especies y genes, comenzando con la protección de al menos el 10 % de la superficie de cada uno de los ecosistemas relevantes antes del 2010 (CONAMA 2003). Squeo et al. (2010) señalan que existe un déficit de protección para los ecosistemas marinos y confirma la importancia del sector costero de la comuna de La Higuera para la protección de la biodiversidad marina y el cumplimiento de la metas comprometidas por el Estado de Chile.

CONFLICTOS ENTRE DESARROLLO ECONÓMICO Y BIODIVERSIDAD

Conflictos entre el desarrollo económico y la conservación de la biodiversidad han sido ampliamente reportados en la literatura, sin embargo, generalmente han sido ignorados en el diseño de políticas públicas (Czech 2008, Mills & Waite 2009). Se ha propuesto que los conflictos pueden ser resueltos a través del progreso tecnológico, sin embargo, mejoras que apunten a la eficiencia productiva o a la disminución de emisiones estarán asociadas principalmente a metas macroeconómicas, y es

poco probable que se desarrollen tecnologías de bajo impacto que aseguren la salud de los ecosistemas (Czech 2008). En este contexto, las políticas económicas no pueden ser afinadas para resolver directamente la crisis de la pérdida de biodiversidad (Lawn 2008). Posibles soluciones debiesen estar en el contexto de políticas que reconozcan el conflicto.

SECTOR COSTERO DE LA COMUNA
DE LA HIGUERA: UNA ZONA DE ALTA
RELEVANCIA ECONÓMICA Y PARA LA
CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Las termoeléctricas planificadas en la comuna de La Higuera han solicitado ubicarse en el corazón del sistema costero de Coquimbo (Fig. 1). En esta zona se ubica un sistema

insular que brinda condiciones óptimas para la nidificación de una gran diversidad de aves, muchas de las cuales son endémicas de la Corriente de Humboldt (Luna-Jorquera et al. 2003, Hertel et al. 2009). Este sistema costero hace un aporte relevante a la diversidad local y global de aves marinas y cetáceos, encontrándose además, varias especies en estado de conservación vulnerable y en peligro (Luna-Jorquera et al. 2003, Thiel et al. 2007). Entre las comunidades bentónicas, destacan bosques de *Lessonia nigrescens* (Bory de Saint-Vincent), *Lessonia trabeculata* (Villouta & Santelices) y *Macrocystis integrifolia* (Bory de Saint-Vincent) que albergan una gran biodiversidad, pero también algunas comunidades extraordinariamente singulares y frágiles como praderas de pasto marino y bosques de gorgónidos (Gaymer et al. 2008).

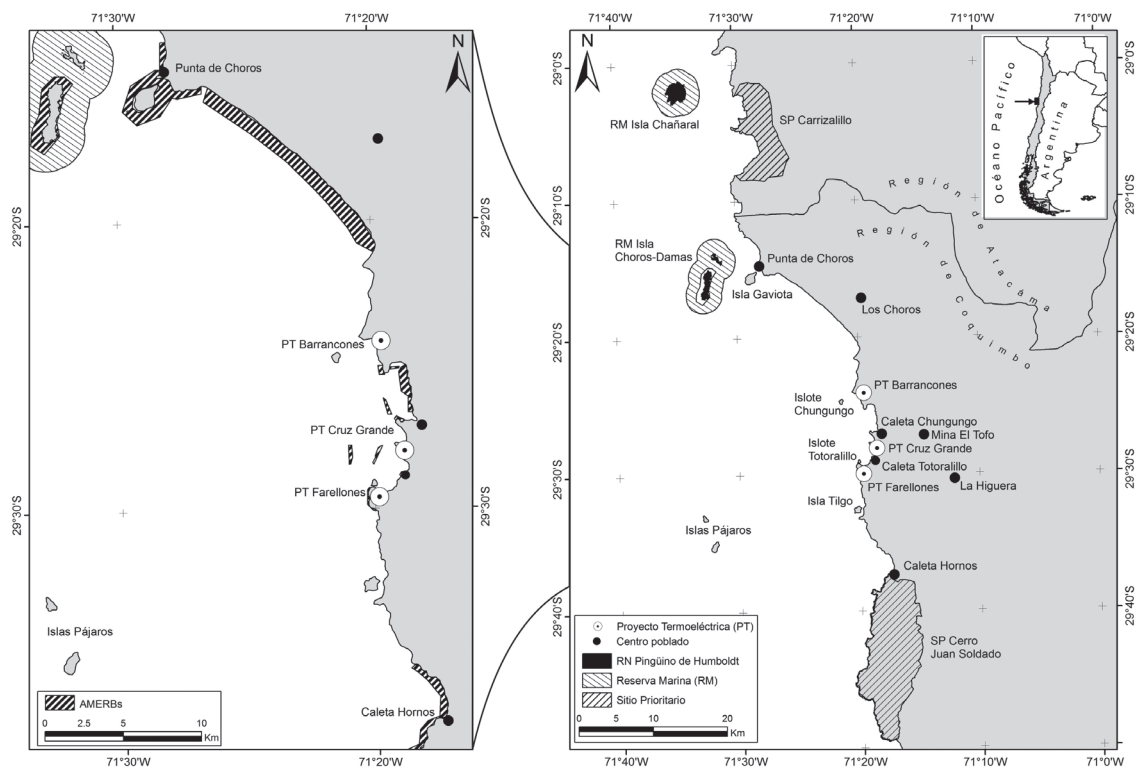


Fig. 1: Ubicación del área de posible instalación de las termoeléctricas, de las iniciativas legales de conservación y protección de la biodiversidad marina y terrestre, de islas no protegidas pero relevantes para la nidificación de aves, de sitios prioritarios para la conservación terrestre, de poblados adyacentes y AMERBs.

Location of possible installation of coal-fired power plants, marine and terrestrial protected areas, unprotected islands but important for nesting birds, priority sites for terrestrial conservation, nearby villages and management and exploitation areas for benthic resources.

En el área general de emplazamiento de las termoeléctricas hay 324 especies de plantas vasculares nativas, de las cuales el 19 % tiene problemas de conservación (Squeo et al. 2001b). Cavieres et al. (2001) destacan la importancia de la franja terrestre entre el Sitio Prioritario Cerro Juan Soldado y Punta de Choros para realizar acciones de conservación, ya que presenta un 73 % de especies de plantas endémicas de Chile y un 8 % de endémicas de la Región de Coquimbo.

A ~20 km al norte del área donde se proyecta la instalación de las termoeléctricas se encuentra la Reserva Marina Islas Choros-Damas y a ~40 km, la Reserva Marina Isla Chañaral (Fig. 1). Fueron declaradas el año 2005 dada su extraordinaria biodiversidad y productividad pesquera y constituyen el 40 % de la superficie de áreas marinas protegidas (AMPs) en el centro-norte de Chile (CONAMA 2008, Thiel et al. 2007). Ambas tienen por objeto conservar y proteger ambientes marinos representativos de los sistemas insulares, asegurando el equilibrio y la continuidad de los procesos bioecológicos a través del manejo y uso sustentable de la biodiversidad y el patrimonio natural (SUBPESCA 2005a, 2005b). En su porción terrestre, las islas Damas, Choros y Chañaral constituyen la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, albergando aproximadamente el 80 % de su población mundial (Gaymer et al. 2008). Respecto a conservación terrestre en el continente, si bien no existen áreas protegidas formalmente, están definidos dos sitios prioritarios para la conservación de la flora nativa con riesgos de extinción: Cerro Juan Soldado (Squeo et al. 2001a) y Carrizalillo (Squeo et al. 2008) (Fig. 1).

El sistema costero de Coquimbo corresponde a una de las zonas con mayores desembarques de pesquerías bentónicas de la región, por ejemplo, aportando un ~60 % del desembarque de locos (*Concholepas concholepas* Brugière) de la región (Thiel et al. 2007, Chávez & Tirado 2008) y dando trabajo a numerosas comunidades de pescadores artesanales (Aburto et al. 2009). También se encuentran 12 Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERBs) que explotan principalmente locos y lapas (Fig. 1). Las AMERBs combinan el uso racional de los recursos marinos y el desarrollo económico de

pescadores, y si bien no constituyen AMPs, pueden actuar como sitios auxiliares que complementen los objetivos de conservación de las AMPs (Gelcich et al. 2008).

Los asentamientos humanos están limitados a pequeños poblados como Punta de Choros, Chungungo y Totoralillo Norte, asociados a caletas de pescadores, y Los Choros, habitado principalmente por pescadores y agricultores (Fig. 1). En los últimos años, numerosos visitantes llegan a Punta de Choros a conocer los atractivos naturales de las reservas. Esta zona posee un gran potencial para el desarrollo de ecoturismo, y existen pescadores, que si bien dependen primariamente de la pesca, durante el verano obtienen ingresos a partir del turismo (Gaymer et al. 2008). Las oportunidades económicas que ofrece el ecoturismo ligado a AMPs ha llevado a que pescadores, en otros países, se dediquen de manera casi exclusiva a esta actividad (Dobson 2008).

Recientemente, y fundamentado en la diversidad, representatividad y exclusividad de especies y hábitat, los usos humanos actuales y potenciales, y las amenazas e impactos a la salud ecosistémica, diversas instituciones han propuesto la declaración de este sistema costero como un Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos (Oceana 2010).

BAJO LA SOMBRA DE LAS TERMOELÉCTRICAS

Algunas tecnologías poseen atributos que las convierten en tecnologías estigmatizadas (Gregory et al. 1995) y la percepción de sus riesgos es muy alta por parte de la comunidad (Slovic 1987). Por ejemplo, comunidades en el Reino Unido perciben las termoeléctricas a carbón como más perjudiciales para el bienestar físico, social y mental que plantas nucleares (Venables et al. 2009).

La liberación de una gran variedad de contaminantes aéreos producto de la combustión de carbón, ha sido asociada con diversos riesgos para la salud humana y ambiental en inmediaciones de termoeléctricas (Moreira dos Santos et al. 2004, Tang et al. 2008, García-Pérez et al. 2009, Ruhl et al. 2009). La combustión genera también grandes cantidades de cenizas con diferentes concentraciones de elementos traza (Ugurlu

2004) potencialmente tóxicos para plantas y animales (Rowe et al. 2002, Roe et al. 2005, Kuzmick et al. 2007, Love et al. 2009, Peltier et al. 2009), provocando además, problemas con el uso de los suelos (Brake et al. 2004).

Las termoeléctricas requieren del uso de grandes cantidades de agua para sus sistemas de enfriamiento (e.g., ~95 l de agua para producir 1 kWh; Feeley III et al. 2008). En el caso de termoeléctricas costeras, el agua es obtenida del mar, lo que implica que grandes cantidades de organismos planctónicos son sometidos a rápidos incrementos de temperatura y presión, daños mecánicos por abrasión y efecto de biocidas antiincrustantes, provocando impactos negativos sobre su abundancia, composición y sobrevivencia (Bamber & Seaby 2004, Taylor 2006). Posteriormente, el agua utilizada es descargada con una temperatura incrementada en 6 a 10 °C respecto a la temperatura ambiente (Poornima et al. 2006), pudiendo alterar localmente la estructura comunitaria del plancton (Poornima et al. 2006, Jiang et al. 2009), bentos (Schiel et al. 2004) y peces (Teixeira et al. 2009). Si sumamos otros factores de calentamiento de las aguas (e.g., El Niño), la tolerancia térmica de muchas especies puede ser sobrepasada (Zargar & Ghosh 2007). Un estudio reciente indicó que el efecto combinado de aumento de temperatura en 6 °C y presencia de antiincrustantes disminuye drásticamente las tasas de ingestión de alimento y de crecimiento y la supervivencia de juveniles de *C. concholepas*, además de afectar la producción de proteínas de estrés térmico (Roco 2010).

Riquelme et al. (2008¹) estudiaron la percepción de los habitantes de la Región de Coquimbo respecto de los impactos sociales y ambientales que generaría la instalación de termoeléctricas en la Comuna de La Higuera, y señalaron que la población, tanto directa o indirectamente afectada, percibe de manera negativa los efectos de las termoeléctricas

sobre el ambiente marino y sobre las poblaciones humanas colindantes.

Diversos órganos de la administración del Estado han participado del proceso de Calificación Ambiental y presentado una gran cantidad de observaciones, a fin de aclarar dudas respecto a efectos e impactos ambientales derivados del funcionamiento de las termoeléctricas (<http://www.e-seia.cl>). En el proceso de Consulta Ciudadana, algunos científicos han advertido sobre las posibles consecuencias ambientales y han hecho observaciones respecto de la no evaluación de efectos de la captación y descarga de agua sobre la biota del lugar, y de la presencia de errores metodológicos en la evaluación de biodiversidad (Brokordt et al. 2008²). Por su parte, comunidades locales se han organizado y demostrado públicamente su desaprobación hacia los proyectos (Arnaboldi & Perú 2009).

Es indudable que el carbón es un combustible resistido por las comunidades y por los ambientalistas. Sin embargo, los riesgos e impactos producto de las emisiones de las termoeléctricas, pueden variar enormemente de una instalación a otra dependiendo de factores como el tamaño y la tecnología de la instalación, calidad de la materia prima, ubicación geográfica y características de las poblaciones colindantes, entre otros (Levy et al. 2009). En el caso de las termoeléctricas de la comuna de La Higuera, el impacto ambiental sobre el área debería evaluarse considerando posibles efectos sinérgicos de la operación de dos o tres termoeléctricas, y la escala espacial y temporal en que estos pueden ocurrir. Múltiples estresores ambientales pueden provocar efectos sinérgicos negativos, ante los cuales los organismos y ecosistemas pueden presentar una baja resistencia (Brierley & Kingsford 2009). Alteraciones a nivel ecológico o fisiológico causados por un estresor pueden aumentar la ocurrencia o severidad de los efectos de un segundo estresor (Breitburg & Riedel 2005). Subsecuentemente, cambios en

¹ RIQUELME K, D SCHIAPPACASSE, O CERDA, R GARAY-FLÜMANN, W STOTZ et al. (2008) Percepción de habitantes de la Región de Coquimbo, respecto de impactos sociales y ambientales que generará la instalación de centrales termoeléctricas en la costa de la comuna de La Higuera, IV Región, Chile. XXVIII Congreso de Ciencias del Mar, Mayo 2008, Chile. Libro de Resúmenes: 185.

² BROKORDT K, C GAYMER, P HAYE, G LUNA-JORQUERA, E PÉREZ et al. (2008) Contradicciones entre las políticas de desarrollo económico y la protección del medio ambiente: ¡Cuatro termoeléctricas en un hotspot de biodiversidad de importancia mundial! XXVIII Congreso de Ciencias del Mar, Mayo 2008, Chile. Libro de Resúmenes: 81.

las propiedades del ecosistema pueden ser irreversibles o de muy alto costo de recuperación (Folke et al. 2004). En este sentido, es fundamental que las evaluaciones ambientales incluyan el estudio de interacciones complejas. Medina & Encina-Montoya (2003) proponen la inclusión de Evaluaciones de Riesgo Ecológico en el SEIA, lo que permitiría predecir y estimar los riesgos más importantes de un proyecto sobre los sistemas ecológicos. Avanzar en esto es imprescindible para evaluar los riesgos para la salud humana y ecosistémica de localidades aledañas, y también para los posibles impactos en el desempeño de AMPs como las reservas marinas. Estas han demostrado efectos positivos en biomasa, densidad, riqueza de especies y tamaño de los organismos al interior del área de protección (Lester et al. 2009). Beneficios fuera de los límites de protección pueden ocurrir vía exportación de biomasa, principalmente mediante dos mecanismos: emigración de adultos y juveniles, y exportación de propágulos a través del plancton (Gell & Roberts 2003). Siendo el plancton la fracción más sensible de la biota marina a las descargas térmicas (Jiang et al. 2009) y considerando que su distancia de dispersión, altamente variable entre especies, es afectada por los rasgos de historia de vida y las condiciones oceanográficas imperantes (Shanks 2009), las reservas marinas no pueden ser consideradas como sistemas cerrados. Entonces, no solo impactos directos dentro de los límites de protección podrían afectar su efectividad. Agardy et al. (2011) señalan que muchas AMPs fracasan debido a la degradación que sufren áreas no protegidas que las rodean. En todo caso, es importante avanzar en la comprensión de los mecanismos de dispersión y conectividad de las reservas del sector, ya que su efectividad como medida pesquera, puede ser condicionada por una baja conectividad con otras áreas protegidas y no protegidas (Gell & Roberts 2003).

HACIA NUEVOS ESCENARIOS DE INTEGRACIÓN

Es indudable la necesidad de nuevas fórmulas que apunten a reducir o anticipar conflictos entre proyectos de desarrollo económico e

iniciativas de conservación. Evaluaciones integradas que incorporan ciencia y aspectos socioeconómicos y legales han sido utilizadas en manejo costero (Nobre 2009). El modelo conceptual DPSIR (Fuerza-Presión-Estado-Impacto-Respuesta) es uno de ellos y ha sido diseñado para comunicar cómo diferentes actividades humanas interactúan con los sistemas naturales y para facilitar la discusión entre tomadores de decisión y grupos de interés (Bowen & Riley 2003).

Enfoques como el Manejo Basado en Ecosistemas (MBE) es aplicable a sistemas marinos costeros y se define como un enfoque integrado que considera, estudia y maneja los recursos de un ecosistema completo, incluyendo el componente humano (McLeod & Leslie 2009). Ha sido propuesto como una alternativa en el contexto actual de amenazas y conflictos provocados por la acción del hombre (Rosenberg & McLeod 2005). Este tipo de manejo considera de manera simultánea dos o más objetivos de manejo, examina las ventajas y desventajas, minimiza los conflictos y reduce las amenazas e impactos para el manejo y para el ambiente (Crain et al. 2009). Uno de los desafíos que implica la implementación del MBE es la definición de una visión común que incluya objetivos socioeconómicos y ecológicos y los servicios ecosistémicos que la gente está interesada en mantener o restaurar (Leslie & McLeod 2007). Un manejo o planificación integrada no es posible sin acuerdos formales e informales, instituciones y normas que controlen cómo los recursos y el ambiente serán utilizados. Entonces, es una necesidad evidente para nuestro país, el desarrollo de marcos políticos que promuevan la planificación a diferentes escalas considerando iniciativas de conservación y manejo existentes, las conexiones marino-terrestres, la posibilidad de implementación de iniciativas de desarrollo económico y la participación efectiva de los diversos grupos de interés; y que permitan generar consenso y definir visiones y objetivos comunes para un territorio.

En la actualidad existen pocos marcos que faciliten la planificación integrada y comprensiva en relación a las diversas actividades que ocurren o pueden ocurrir en áreas marino costeras. Su ausencia generalmente se traduce en situaciones como:

superposición espacial y temporal de actividades humanas y sus objetivos, descoordinación entre autoridades responsables de las diversas actividades individuales o de la protección y manejo ambiental, y una carencia de protección de áreas ecológicamente relevantes (Douvere 2008). La Planificación Espacial Marina (PEM) es considerada como esencial para la implementación del MBE (Ehler & Douvère 2009). La PEM es un proceso público para analizar y localizar la distribución espacial y temporal de actividades humanas para lograr objetivos socioeconómicos y ecológicos, que usualmente son determinados a través de un proceso político (Ehler & Douvère 2009).

Es indudable que se deben implementar normativas que minimicen los impactos ambientales de termoeléctricas a carbón y perfeccionar los procesos de evaluación ambiental para obtener aproximaciones realistas de sus impactos. Sin embargo, si la biodiversidad y la salud ecosistémica van a ser resguardadas, es prioritario asegurar el desempeño de figuras de conservación y manejo existentes. En este contexto y ante la falta de certeza científica que permita descartar impactos negativos, resultaría inconveniente la instalación de termoeléctricas a carbón en áreas altamente relevantes para la conservación y manejo de la biodiversidad.

Evaluaciones ambientales como el DPSIR y enfoques de manejo y planificación como el MBE y la PEM pueden ser utilizadas efectivamente para abordar situaciones complejas y reducir conflictos de uso en áreas marino costeras (McLeod & Leslie 2009, Plasman 2008). Su inclusión e implementación en Chile implica un desafío importante, que puede ser abordado en primera instancia, utilizando el actual marco institucional y legal referido a regulación y gestión costera, aunque Andrade et al. (2008) señalan que este no promueve una planificación territorial integral y coordinada, sino más bien compartimentada, según las disposiciones y requisitos de los diferentes organismos sectoriales competentes. Una segunda opción implica cambios en las estructuras políticas e institucionales que permitan el establecimiento de nuevas normativas y estructuras de gobernanza capaces de afrontar el desafío de la sustentabilidad de nuestras costas y mares.

COMENTARIOS FINALES

Durante la preparación del presente manuscrito, uno de los proyectos termoeléctricos fue desistido, un segundo solicitó suspensión de plazo hasta el 2011 para finalizar el procedimiento de evaluación del Estudio de Impacto Ambiental y un tercero obtuvo en primera instancia la Calificación Ambiental para su funcionamiento (<http://www.e-seia.cl>). La aprobación de este último, provocó una serie de manifestaciones ciudadanas de rechazo, a nivel regional y nacional, además de serios cuestionamientos a su proceso de evaluación y a la institucionalidad ambiental (Neira & Portilla 2010). A los pocos días y en una situación inédita, el Gobierno de Chile contactó a los inversionistas y les propuso alternativas para la relocalización del proyecto (Artaza et al. 2010). A los pocos meses, el proyecto que solicitó suspensión de plazo fue retirado definitivamente del SEIA (<http://www.e-seia.cl>).

AGRADECIMIENTOS: El manuscrito fue preparado en el marco del curso Socioecología y Biología de la Conservación del Doctorado en Biología y Ecología Aplicada (programa cooperativo entre la Universidad Católica del Norte y Universidad de La Serena). FC y LO recibieron apoyo financiero del CEAZA durante la preparación del manuscrito. Se agradecen los comentarios al manuscrito de tres revisores anónimos y el apoyo de L. Letelier en la confección de la figura del manuscrito. Los autores agradecen al Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA, Chile, por financiar los costos de publicación de este artículo.

LITERATURA CITADA

- ABURTO J, M THIEL & W STOTZ (2009) Allocation of effort in artisanal fisheries: The importance of migration and temporary fishing camps. *Ocean & Coastal Management* 52: 646-654.
- AGARDY T, GN DI SCIARA & P CHRISTIE (2011) Mind the gap: Addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy* 35:226-232.
- ANDRADE B, F ARENAS & R GUIJÓN (2008) Revisión crítica del marco institucional y legal chileno de ordenamiento territorial: El caso de la zona costera. *Revista de Geografía Norte Grande* 41: 23-48.
- ARNABOLDI T & D PERÓ (2009) Termoeléctricas en la costa: La batalla de Punta de Choros. *El Mercurio*, 14 de marzo del 2009, Santiago, Chile. URL: <http://www.diario.elmercurio.cl/detalle/index.asp?id={ecee0958-67b9-46c4-a5c8-39d85d07e7c1}> (accedido Mayo 22, 2010).
- ARTAZA F, N HERNÁNDEZ & I TORO (2010)

- Gobierno contacta a dueños de central y ofrece alternativa a Punta de Choros. La Tercera, 28 de agosto de 2010, Santiago, Chile. URL: <http://diario.latercera.com/2010/08/28/01/contenido/pais/31-36824-9-gobierno-contacta-a-duenos-de-central-y-ofrece-alternativa-a-punta-de-choros.shtml> (accedido Enero 18, 2011).
- BAMBER RN & RMH SEABY (2004) The effects of power station entrainment passage on three species of marine planktonic crustacean, *Acartia tonsa* (Copepoda), *Crangon crangon* (Decapoda) and *Homarus gammarus* (Decapoda). Marine Environmental Research 57: 281-294.
- BOWEN RE & C RILEY (2003) Socio-economic indicators and integrated coastal management. Ocean and Coastal Management 46: 299-312.
- BRAKE SS, RR JENSEN & JM MATTOX (2004) Effects of coal fly ash amended soils on trace element uptake in plants. Environmental Geology 45: 680-689.
- BREITBURG DL & GF RIEDEL (2005) Multiple stressors in marine systems. En: Norse EA & LB Crowder (eds) Marine Conservation Biology, The Science of maintaining the Sea's Biodiversity: 167-182. Island Press, Washington, DC.
- BRIERLEY AS & MJ KINGSFORD (2009) Impacts of climate change on marine organisms and ecosystems. Current Biology 19: R602-R614.
- CAVIERES LA, M MIHOC, A MARTICORENA, C MARTICORENA, O MATTHEI & FA SQUEO (2001) Determinación de áreas prioritarias para la conservación: Análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en la flora de la IV Región de Coquimbo. En: Squeo FA, G Arancio & JR Gutiérrez (eds) Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo: 159-170. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- CONAMA (2003) Estrategia Nacional de Biodiversidad. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile. URL: <http://www.conama.cl> (accedido Mayo 22, 2010).
- CONAMA (2008) Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile.
- CRAIN CM, BS HALPERN, MW BECK & CV KAPPEL (2009) Understanding and managing human threats to the coastal marine environment. Annals of the New York Academy of Sciences 1162: 39-62.
- CZECH B (2008) Prospects for reconciling the conflict between economic growth and biodiversity conservation with technological progress. Conservation Biology 22: 1389-1398.
- CHÁVEZ J & M TIRADO (2008) Informe pesquero artesanal, Región Coquimbo. Servicio Nacional de Pesca, Coquimbo, Chile.
- CHOW J, RJ KOPP & PR PORTNEY (2003) Energy resources and global development. Science 302: 1528-1531.
- DOBSON J (2008) Shark! A new frontier in tourist demand for marine wildlife. En: Higham J & M Lück (eds) Marine wildlife and tourism management. Insights from the natural and social sciences: 49-65. British Library, London, UK.
- DOUVERE F (2008) The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management. Marine Policy 32: 762-771.
- EHLER C & F DOUVERE (2009) Marine spatial planning: A step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. UNESCO, Paris.
- FEELEY III TJ, TJ SKONE, GJ STIEGEL JR, A McNEMAR, M NEMETH, B SCHIMMOLLER, JT MURPHY & L MANFREDO (2008) Water: A critical resource in the thermoelectric power industry. Energy 33: 1-11.
- FOLKE C, S CARPENTER, B WALKER, M SCHEFFER, T ELMQVIST, L GUNDERSON & CS HOLLING (2004) Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 35: 557-581.
- GARCÍA-PÉREZ J, M POLLAN, E BOLDO, B PÉREZ-GÓMEZ, N ARAGONES et al. (2009) Mortality due to lung, laryngeal and bladder cancer in towns lying in the vicinity of combustion installations. Science of the Total Environment 407: 2593-2602.
- GAYMER CF, W STOTZ, R GARAY-FLÜHMANN, G LUNA-JORQUERA, M RAMOS et al. (2008) Evaluación de línea base de Las Reservas Marinas "Isla Chañaral" e "Isla Choros-Damas". Informe Final Proyecto FIP 2006-56.
- GEBREMEDHIN A, B KARLSSON & K BJORNFOT (2009) Sustainable energy system - A case study from Chile. Renewable Energy 34: 1241-1244.
- GELCICH S, N GODOY, L PRADO & JC CASTILLA (2008) Add-on conservation benefits of marine territorial user rights fishery policies in central Chile. Ecological Applications 18: 273-281.
- GELL FR & CM ROBERTS (2003) Benefits beyond boundaries: The fishery effects of marine reserves. Trends in Ecology & Evolution 18: 448-455.
- GREGORY R, J FLYNN & P SLOVIC (1995) Technological stigma. American Scientist 83: 220-223.
- GROSSMANN WD, K STEININGER, I GROSSMANN & L MAGAARD (2009) Indicators on economic risk from global climate change. Environmental Science & Technology 43: 6421-6426.
- HERTEL F, D MARTINEZ, M LEMUS & JC TORRES-MURA (2009) Birds from Chungungo, Tilgo, and Pájaros Islands in north-central Chile. Journal of Field Ornithology 76: 197-203.
- JIANG ZB, JN ZENG, QZ CHEN, YJ HUANG, YB LIAO, XQ XU & P ZHENG (2009) Potential impact of rising seawater temperature on copepods due to coastal power plants in subtropical areas. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 368: 196-201.
- KUZMICK DM, CL MITCHELMORE, WA HOPKINS & CL ROWE (2007) Effects of coal combustion residues on survival, antioxidant potential, and genotoxicity resulting from full-lifecycle exposure of grass shrimp (*Palaemonetes pugio* Holthius). Science of the Total Environment 373: 420-430.
- LAWN P (2008) Macroeconomic policy, growth, and biodiversity conservation. Conservation Biology 22: 1418-1423.
- LESLIE HM & KL McLEOD (2007) Confronting the challenges of implementing marine ecosystem-based management. Frontiers in Ecology and the Environment 5: 540-548.
- LESTER SH, BS HALPERN, K GRORUD-COLVERT, J

- LUBCHENCO, BI RUTTENBERG, SD GAINES, S AIRAME & RR WARNER (2009) Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. *Marine Ecology Progress Series* 384: 33-46.
- LEVY JI, LK BAXTER & J SCHWARTZ (2009) Uncertainty and variability in health-related damages from coal-fired power plants in the United States. *Risk Analysis* 29: 1000-1014.
- LIBERONA F, P VASCONI & A CARREÑO (2009) APPN° 48: Catastro de proyectos de generación eléctrica en Chile. Publicaciones Fundación Terram.
- LOVE A, R TANDON, BD BANERJEE & CR BABU (2009) Comparative study on elemental composition and DNA damage in leaves of a weedy plant species, *Cassia occidentalis*, growing wild on weathered fly ash and soil. *Ecotoxicology* 18: 791-801.
- LUNA-JORQUERA G, A SIMEONE & R AGUILAR (2003) Ecofisiología de animales endotermos en un desierto cálido y un mar frío: El caso de las aves marinas de la corriente de Humboldt. En: Bozinovic F (ed) *Fisiología ecológica y evolutiva. Teoría y casos de estudios en animales*: 297-316. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- MARKANDYA A, BG ARMSTRONG, S HALES, A CHIABAI, P CRIQUI, S MIMA, C TONNE & P WILKINSON (2009) Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: Low-carbon electricity generation. *The Lancet* 374: 2006-2015.
- McLEOD KL & HM LESLIE (eds) (2009) *Ecosystem-based management for the oceans*. Island Press, Washington, DC.
- MEDINA M & F ENCINA-MONTOYA (2003) Incorporación de la evaluación de riesgo ecológico en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para ecosistemas acuáticos en Chile. *Revista Ambiente y Desarrollo de Cipma* 19: 19-27.
- MEINSHAUSEN M, N MEINSHAUSEN, W HARE, SCB RAPER, K FRIELER, R KNUTTI, DJ FRAME & MR ALLEN (2009) Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 degrees C. *Nature* 458: 1158-1162.
- MILLS JH & TA WAITE (2009) Economic prosperity, biodiversity conservation, and the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics* 68: 2087-2095.
- MOREIRA DOS SANTOS CY, D DE ALMEIDA AZEVEDO & FR DE AQUINO NETO (2004) Atmospheric distribution of organic compounds from urban areas near a coal-fired power station. *Atmospheric Environment* 38: 1247-1257.
- NEIRA A & P PORTILLA (2010) Corema aprueba controvertida termoelectrica en medio de protestas. *La Tercera*, 25 de agosto del 2010, Santiago, Chile. URL: <http://www.diario.latercera.com/2010/08/25/01/contenido/pais/31-36536-9-corema-aprueba-controvertida-termoelectrica-en-medio-de-protestas.shtml> (accedido Enero 18, 2011).
- NOBRE A (2009) An Ecological and economic assessment methodology for coastal ecosystem management. *Environmental Management* 44:185-204.
- OCEANA (2010) Propuesta para la creación del Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos La Higuera-Isla Chañaral. Oceana, Oficina para Sudamérica, Santiago, Chile.
- PATZ JA, D CAMPBELL-LENDRUM, T HOLLOWAY & JA FOLEY (2005) Impact of regional climate change on human health. *Nature* 438: 310-317.
- PELTIER GL, MS WRIGHT, WA HOPKINS & JL MEYER (2009) Accumulation of trace elements and growth responses in *Corbicula fluminea* downstream of a coal-fired power plant. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72: 1384-1391.
- PLASMAN IC (2008) Implementing marine spatial planning: A policy perspective. *Marine Policy* 32: 811-815.
- POORNIMA EH, M RAJADURAI, VNR RAO, SV NARASIMHAN & VP VENUGOPALAN (2006) Use of coastal waters as condenser coolant in electric power plants: Impact on phytoplankton and primary productivity. *Journal of Thermal Biology* 31: 556-564.
- QUADRELLI R & S PETERSON (2007) The energy-climate challenge: Recent trends in CO2 emissions from fuel combustion. *Energy Policy* 35: 5938-5952.
- ROCO R (2010) Efecto del aumento de temperatura y presencia de pintura anti-incrustante sobre la supervivencia, crecimiento, alimentación y estrés en juveniles de loco *Concholepas concholepas* (Gastropoda, Muricidae): Impacto potencial de termoelectricas costeras. Tesis de Licenciatura, Universidad Católica del Norte, Coquimbo.
- ROE JH, WA HOPKINS & BP JACKSON (2005) Species- and stage-specific differences in trace element tissue concentrations in amphibians: Implications for the disposal of coal-combustion wastes. *Environmental Pollution* 136: 353-363.
- ROSENBERG AA & KL McLEOD (2005) Implementing ecosystem-based approaches to management for the conservation of ecosystem services. *Marine Ecology Progress Series* 300: 270-274.
- ROWE CL, WA HOPKINS & JD CONGDON (2002) Ecotoxicological implications of aquatic disposal of coal combustion residues in the United States: A Review. *Environmental Monitoring and Assessment* 80: 207-276.
- RUDNICK H (2006) Seguridad energética en Chile: Dilemas, oportunidades y peligros. Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría de Comunicaciones y Asuntos Públicos.
- RUHL L, A VENGOSH, GS DWYER, H HSU-KIM, A DEONARINE, M BERGIN & J KRAVCHENKO (2009) Survey of the potential environmental and health impacts in the immediate aftermath of the coal ash spill in Kingston, Tennessee. *Environmental Science & Technology* 43: 6326-6333.
- SCHIEL DR, JR STEINBECK & MS FOSTER (2004) Ten years of induced ocean warming causes comprehensive changes in marine benthic communities. *Ecology* 85: 1833-1839.
- SHANKS AL (2009) Pelagic larval duration and dispersal distance revisited. *Biological Bulletin* 216: 373-385.
- SLOVIC P (1987) Perception of risk. *Science* 236: 280-285.
- SQUEO FA, G ARANCIO & LA CAVIERES (2001a) Sitios Prioritarios para la Conservación de la flora nativa con riesgos de extinción en la IV Región de Coquimbo, Chile. En: Squeo FA, G

- Arancio & JR Gutiérrez (eds) Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo: 171-193. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- SQUEO FA, G ARANCIO, C MARTICORENA, M MUÑOZ & JR GUTIÉRREZ (2001b) Diversidad vegetal de la IV Región de Coquimbo, Chile. En: Squeo FA, G Arancio & JR Gutiérrez (eds) Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo: 149-158. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- SQUEO FA, L LETELIER, RA ESTÉVEZ, LA CAVIERES, M MIHOC, D LÓPEZ & G ARANCIO (2008) Definición de los Sitios Prioritarios para la conservación de la flora nativa de la Región de Atacama. En: Squeo FA, G Arancio & JR Gutiérrez (eds) Libro rojo de la flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su conservación: Región de Atacama: 137-163. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- SQUEO FA, L LETELIER, CF GAYMER, A STOLL, C SMITH et al. (2010) Estudio de Análisis de omisiones y vacíos de representatividad en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad en Chile (GAP-Chile 2009). Instituto de Ecología y Biodiversidad, Santiago, Chile. Informe Final entregado a CONAMA.
- SUBPESCA (2005a) Decreto Supremo N° 150. Declara Reserva Marina espacio marítimo en torno a Isla Chañaral, III Región. Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Valparaíso, Chile.
- SUBPESCA (2005b) Decreto Supremo N° 151. Declara Reserva Marina espacio marítimo en torno a Islas Choros-Damas, IV Región. Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Valparaíso, Chile.
- TANG D, T-Y LI, JJ LIU, Z-J ZHOU, T YUAN et al. (2008) Effects of prenatal exposure to coal-burning pollutants on children's development in China. *Environmental Health Perspectives* 116: 674-679.
- TAYLOR CJL (2006) The effects of biological fouling control at coastal and estuarine power stations. *Marine Pollution Bulletin* 53: 30-48.
- TEIXEIRA TP, LM NEVES & FG ARAÚJO (2009) Effects of a nuclear power plant thermal discharge on habitat complexity and fish community structure in Ilha Grande Bay, Brazil. *Marine Environmental Research* 68: 188-195.
- THIEL M, EC MACAYA, E ACUNA, WE ARNTZ, H BASTIAS et al. (2007) The Humboldt Current System of northern and central Chile. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45: 195-344.
- UGURLU A (2004) Leaching characteristics of fly ash. *Environmental Geology* 46: 890-895.
- VALENCIA L (2008) New scenario of the non-conventional renewable energies on Chile after the incentives created on the "Short Law I". *Renewable Energy* 33: 1429-1434.
- VENABLES D, N PIDGEON, P SIMMONS, K HENWOOD & K PARKHILL (2009) Living with nuclear power: A Q-Method study of local community perceptions. *Risk Analysis* 29: 1089-1104.
- ZARGAR S & T GHOSH (2007) Thermal and biocidal (chlorine) effects on select freshwater plankton. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 53: 191-197.

Editor Asociado: Rodrigo Ramos-Jiliberto

Recibido el 28 de enero de 2011; aceptado el 1 de mayo de 2011