

# 10

---

## *Ecosistema de mapas conceptuales Bienes y servicios*

*Susan H. Yee, John E. Rogers, Jim Harvey,*

*William Fisher, Marc Russell y Patricia Bradley*

### **ÍNDICE**

Introducción .....	193
Los mapas conceptuales como herramienta de investigación ambiental	195
Mapas conceptuales Niveles de conocimiento e importancia en	
Bahía de Tampa .....	196
Efectos de los mapas conceptuales de las decisiones socioeconómicas sobre	
los corales	
Arrecifes .....	203
Otras aplicaciones .....	209
Conclusiones y Avanzando .....	210
Agradecimientos .....	211
Referencias .....	212

---

### **INTRODUCCIÓN**

El bienestar de la humanidad está indisolublemente ligado a la salud de los ecosistemas de la Tierra. Los seres humanos interactúan con el ecosistema de dos maneras: (1) se benefician de las posibilidades que brindan los ecosistemas y (2) crean presiones sobre el ecosistema (Hassan, Scholes y Ash, 2005). Los ecosistemas brindan numerosos beneficios a los humanos, denominados ampliamente en la ciencia ambiental como "servicios ecosistémicos", que incluyen el suministro de alimentos, combustible y agua dulce; regulación del clima e inundaciones; y valor cultural a través de oportunidades recreativas. Sin embargo, los ecosistemas pueden estresarse porque los individuos, las empresas o las agencias reguladoras rara vez los consideran en un grado adecuado al tomar decisiones económicas y sociales. Como

Como consecuencia, muchos de los ecosistemas del mundo están en declive y el suministro continuo de servicios ecosistémicos, falsamente percibidos como “gratuitos e ilimitados”, está en peligro (Hassan, Scholes y Ash, 2005). Muchos creen que las disminuciones actuales son reversibles y que se puede lograr un uso sostenible de los ecosistemas de la Tierra. Sin embargo, una conservación exitosa puede requerir que los servicios ecosistémicos sean considerados más ampliamente en las decisiones socioeconómicas (Costanza, D'Arge y de Grout, 1997; Boyd y Banzhaf, 2007).

El Programa de Investigación de Servicios Ecosistémicos (ESRP) se estableció dentro de la Oficina de Investigación y Desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) para proporcionar la información y los métodos que necesitan los tomadores de decisiones para evaluar y considerar rutinariamente los servicios ecosistémicos en los procesos de decisión. La Academia Nacional de Ciencias subrayó este concepto en un informe de 1997:

La sociedad humana depende de los “bienes y servicios” proporcionados por los ecosistemas, incluidos el aire limpio, el agua limpia, los suelos productivos y la generación de alimentos y fibras. Un reconocimiento creciente de esta dependencia altera la forma en que conceptualizamos los problemas ambientales. Reducir el impacto ambiental nocivo de las actividades humanas en los ecosistemas, que a su vez proporciona a los seres humanos bienes y servicios esenciales, es un beneficio directo para la sociedad (NAS, 1997 p. 39–40).

Investigadores, tomadores de decisiones y ciudadanos plantean preguntas como: “¿Cuáles son los valores de la recreación y la pesca para una superficie determinada de humedal?” o “¿Cuáles son los beneficios para la salud humana de mantener los bosques urbanos y naturales en términos de menores costos para la salud o mayor esperanza de vida?” Es esta centralidad en el paisaje humano lo que permite que la información de los servicios ecosistémicos sea tan poderosa y relevante en el apoyo a la toma de decisiones, y por eso es de vital importancia que el desarrollo de herramientas refleje el conocimiento, las preocupaciones y las necesidades de los tomadores de decisiones locales y las partes interesadas.

Para lograr estos objetivos, el ESRP ha llevado a cabo proyectos de investigación para varios lugares, incluida la Bahía de Tampa, Florida, y para varios tipos de ecosistemas, incluidos los arrecifes de coral. En este capítulo, describimos cómo los mapas conceptuales se han utilizado como una herramienta en el proceso de investigación científica hacia el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones, de modo que los tomadores de decisiones puedan comprender mejor las posibles consecuencias de sus decisiones en el medio ambiente. Ilustramos cómo el Mapeo conceptual ha contribuido a priorizar y organizar los primeros esfuerzos de investigación para dos proyectos de ESRP y proporcionó la base para futuras investigaciones.

## **CONCEPTUALES COMO HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL**

La incorporación de los servicios de los ecosistemas en el proceso de decisión requiere un enfoque de sistemas que vincule conceptualmente los usos y decisiones humanos alternativos con los cambios en la condición y función de los ecosistemas y la provisión de servicios de los ecosistemas. Los ecosistemas son complejos y los problemas ambientales rara vez se limitan a un solo recurso. Al igual que con otros sistemas complejos, es extremadamente difícil anticipar los efectos de decisiones alternativas sobre los ecosistemas o el valor de los servicios de los ecosistemas. El problema se complica aún más por el hecho de que las estrategias estándar de protección ambiental suelen ser a corto plazo y tienen un enfoque limitado (Curran, 2009). La investigación científica, las decisiones comerciales y los esfuerzos de gestión a menudo están limitados por una experiencia particular, una preocupación económica o un nivel de autoridad. En muchos casos, las herramientas o la información necesarias para considerar el valor total de los ecosistemas bajo escenarios de decisión alternativos no están disponibles.

Los mapas conceptuales proporcionan una herramienta para capturar, visualizar y compartir las conexiones entre las decisiones humanas, las presiones que crean sobre el medio ambiente y el valor de los servicios ecosistémicos. Los mapas conceptuales (“Cmaps”) son una herramienta eficaz para representar relaciones entre ideas y sintetizar grandes cantidades de información. En la investigación científica, los mapas conceptuales son una herramienta útil para visualizar una comprensión compartida del conocimiento, comunicar ideas complejas y detallar un solo tema dentro del contexto de un sistema más grande (Heemskerk, Wilson y Pavao Zuckerman, 2003). Por ejemplo, los mapas conceptuales se pueden utilizar para conceptualizar las consecuencias de decisiones alternativas sobre la provisión de servicios ecosistémicos al vincular los factores de estrés antropogénicos y ambientales con la condición del ecosistema. El desarrollo de Cmaps útiles para la ciencia de la sostenibilidad requiere un uso juicioso de la información científica, social y económica, y equilibrar el conocimiento de las relaciones con la importancia percibida.

El desarrollo de los mapas conceptuales fue fundamental para los dos proyectos de investigación de ESRP descritos en este capítulo: un estudio basado en el lugar de la Bahía de Tampa y un estudio del ecosistema de los arrecifes de coral. El Proyecto de la Bahía de Tampa ilustra cómo se pueden utilizar los mapas conceptuales para cuantificar el conocimiento y las preocupaciones de los expertos locales y las partes interesadas con el fin de priorizar los planes de investigación. El Proyecto de Arrecifes de Coral ilustra cómo los Mapas Conceptuales pueden ser

## **MAPEO CONCEPTUAL NIVELES DE CONOCIMIENTO E IMPORTANCIA EN TAMPA BAY**

El Proyecto de demostración de servicios ecosistémicos de Tampa Bay fue un estudio piloto en ESRP diseñado para incorporar en última instancia el valor de los servicios ecosistémicos en herramientas dinámicas de modelado computacional que podrían usar los gobiernos locales, desde el nivel de la ciudad hasta el del condado, en la planificación sostenible para el crecimiento y el desarrollo futuros. .

Tampa Bay es el estuario de aguas abiertas más grande de Florida y se encuentra en una región que está experimentando presiones sustanciales de población y desarrollo. Se espera que la población del área de Tampa Bay aumente un 19 por ciento sobre los niveles actuales para 2015 y se duplique para 2050 (Zwick y Carr , 2006). Las proyecciones actuales indican que para 2040 el desarrollo urbano en el centro de Florida, incluida la Bahía de Tampa, experimentará una pérdida dramática de tierras agrícolas y nativas de Florida. Prácticamente todos los sistemas naturales y corredores de vida silvestre en esta región serán fragmentados, si no reemplazados, por el desarrollo urbano. Los escenarios futuros alternativos son posibles bajo un crecimiento inteligente, que preserva la disponibilidad de los sistemas naturales. Sin embargo, si continúan las tendencias actuales, mantener los avances en la calidad del agua de las últimas décadas y los servicios ecosistémicos derivados del agua más limpia requerirán más esfuerzos cada año para compensar el aumento de la contaminación y las presiones - asociadas con el crecimiento de la población. Al comprender los impactos y las consecuencias no deseadas del crecimiento y el desarrollo descontrolados, los administradores regionales y locales pueden tratar de limitar el crecimiento futuro para que los servicios de los ecosistemas se consideren en la preservación y mejora del bienestar humano en toda la cuenca.

Los modelos computacionales dinámicos se pueden utilizar para predecir los impactos probables del cambio, como el crecimiento de la población o el cambio climático, en los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano en el futuro ( Boumans y Costanza, 2007). Los modelos generalmente se desarrollan identificando primero conceptualmente las relaciones entre las variables clave y luego relacionando los cambios en una variable con otra con funciones matemáticas. Por ejemplo, las actividades microbianas contribuyen a reducir los contaminantes a base de nitrógeno en

el agua, y puede describirse mediante formulaciones matemáticas generales derivadas de las condiciones de laboratorio. Sin embargo, la actividad microbiana varía a lo largo del paisaje, dependiendo de los niveles de carga de nutrientes, el tipo de suelo o el nivel del agua, en formas que requieren modificaciones a ecuaciones más generales . El conocimiento de las partes interesadas locales puede identificar datos específicos de la ubicación e información sobre dichos procesos, lo que lleva a estimaciones más precisas de cómo pueden cambiar las tasas según las variables ambientales y antropogénicas, y contribuye a una menor incertidumbre en las predicciones del modelo. Los modelos dinámicos más útiles para los investigadores y los encargados de tomar decisiones serán aquellos sólidamente basados en el conocimiento científico general para aclarar las relaciones universales entre los procesos, pero que incorporen el conocimiento de las partes interesadas locales (p. ej., Gaddis, Vladich y Voinov , 2007).

El primer paso en el Proyecto Tampa Bay de ESRP fue evaluar los esfuerzos de investigación pasados y actuales , e identificar conjuntos de datos clave y modelos de respuesta a factores estresantes existentes que podrían incorporarse en un marco de modelado dinámico común. Los esfuerzos iniciales incluyeron una reunión en la que el equipo de ESRP Tampa Bay identificó los servicios ecosistémicos clave para el área de Tampa Bay y los factores estresantes que posiblemente podrían afectar la prestación de esos servicios. Los seis científicos de la EPA en este esfuerzo inicial tenían experiencia en biogeoquímica, ecología del paisaje , ciencia pesquera, ecología de humedales, modelado de población, ciencia atmosférica, economía ecológica, ecología de pastos marinos, ciencia de la sustentabilidad y cambio climático. Se necesitaba un enfoque multidisciplinario debido al tamaño y la complejidad de la cuenca de la Bahía de Tampa y la mirada de interacciones de factores estresantes, funciones del ecosistema (procesos físicos y biológicos) y tipos de ecosistemas que son formativos para los servicios del ecosistema. Debido a la variedad y complejidad de los tipos de ecosistemas dentro de la cuenca de Tampa, se generaron listas separadas y los mapas conceptuales correspondientes para cada uno de los cinco tipos de ecosistemas: humedales, urbano, de aguas abiertas, agricultura y bosques.

Se utilizaron mapas conceptuales para visualizar las listas iniciales de factores de estrés y servicios ecosistémicos, como en la Tabla 10.1, y la importancia percibida de las relaciones entre los factores de estrés, los procesos ecológicos y la entrega final de servicios. El equipo de ESRP Tampa Bay creó cinco mapas conceptuales, uno para cada tipo de ecosistema. En este capítulo, presentamos solo los Cmaps de aguas abiertas para ilustrar el enfoque. Los Cmaps se crearon en el transcurso de varias reuniones de grupo utilizando el software CmapTools, proyectados en una gran pantalla superior para facilitar la visualización de los vínculos entre los factores estresantes y los servicios. Con la ayuda de un facilitador, este enfoque permitió a todos los participantes en la reunión ver los ajustes en tiempo real en los Cmaps como

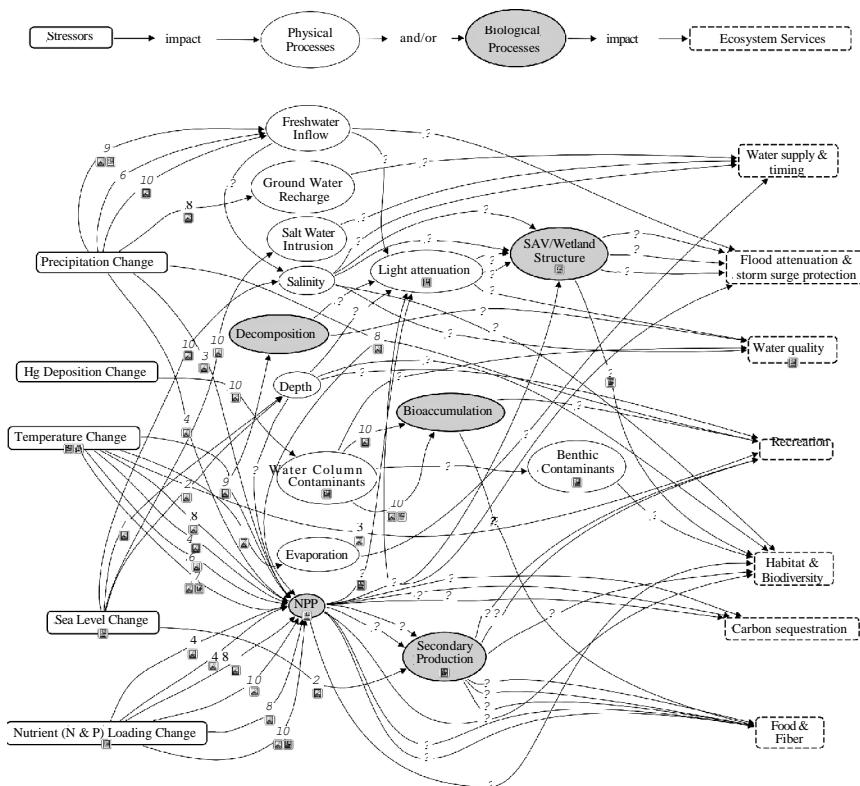
Factores de estrés, funciones y servicios ecosistémicos clave utilizados en el desarrollo del Cmap de aguas abiertas del Proyecto de la Bahía de Tampa

Estresores	Funciones		Servicios Ecosistémicos
	Procesos físicos	Procesos Biológicos	
Cambio de temperatura	Entrada de agua dulce	SAV/Estructura de humedales	Suministro de agua
Carga de nutrientes	agua subterránea	Descomposición	Inundación
	Recargar		Atenuación
Contaminantes (Hg)	Intrusión de agua	Bioacumulación	Calidad del agua
Cambio del nivel del mar	Cambio de salinidad	productividad primaria neta	Recreación
Cambio de profundidad	Profundidad	Productividad	Hábitat y biodiversidad
Cambio climático (CO <sub>2</sub> )	Atenuación de luz		Carbón
Uso humano	Contaminantes		Secuestro
	Evaporación		Alimentos y agua
			Marejada
			Protección
	Contaminantes del agua		

estaban siendo discutidos, eliminando la necesidad de tomar notas extensas o recrear Cmaps después de la reunión.

El Cmap inicial de aguas abiertas, que se muestra en la Figura 10.1, se construyó a partir de la lista de palabras clave de la Tabla 10.1 colocando los factores de estrés en el lado izquierdo y los servicios del ecosistema en el derecho. Los procesos biológicos y físicos se colocaron en el medio. De esta forma, un estrés podría vincularse a un proceso o procesos que podrían conducir a un cambio en un servicio. Las conexiones se establecieron considerando qué factores de estrés afectarían un proceso físico o biológico y cómo estos impactos se traducirían en un servicio ecosistémico específico. Un cambio en un factor estresante finalmente resultará en un cambio en el nivel de un servicio. La complejidad del Cmap se relaciona con la complejidad inherente del tema, así como con la inclusión de todos los caminos potenciales desde un factor estresante a través de los procesos afectados hasta cada uno de los servicios ecosistémicos potencialmente afectados.

Aunque no se muestran, los mapas conceptuales de Tampa Bay inicialmente siguieron la lógica de los mapas conceptuales tradicionales, con frases de enlace entre conceptos para formar proposiciones (Novak, 1998). Se supone que los conceptos de la figura 10.1 están vinculados por frases como: "podría causar un cambio en". Por ejemplo, un cambio de temperatura podría causar un cambio en el nivel de productividad primaria neta (PPN), lo que podría causar un cambio en la captura y almacenamiento de carbono.



**FIGURA 10.1**

El Cmap inicial del Proyecto Tampa Bay para un sistema de aguas abiertas. Las líneas con flechas indican la dirección de la interacción. Los valores numéricos representan el peso relativo de una determinada interacción con respecto a todas las interacciones. Los signos de interrogación indican que no se pudo estimar un peso relativo a partir de lo que se sabía. Los iconos representan una lista de manuscritos relevantes o una representación gráfica de la interacción. Acrónimos y abreviaturas: nitrógeno (N), fósforo (P), mercurio (Hg), productividad primaria neta (NPP), vegetación acuática sumergida (SAV).

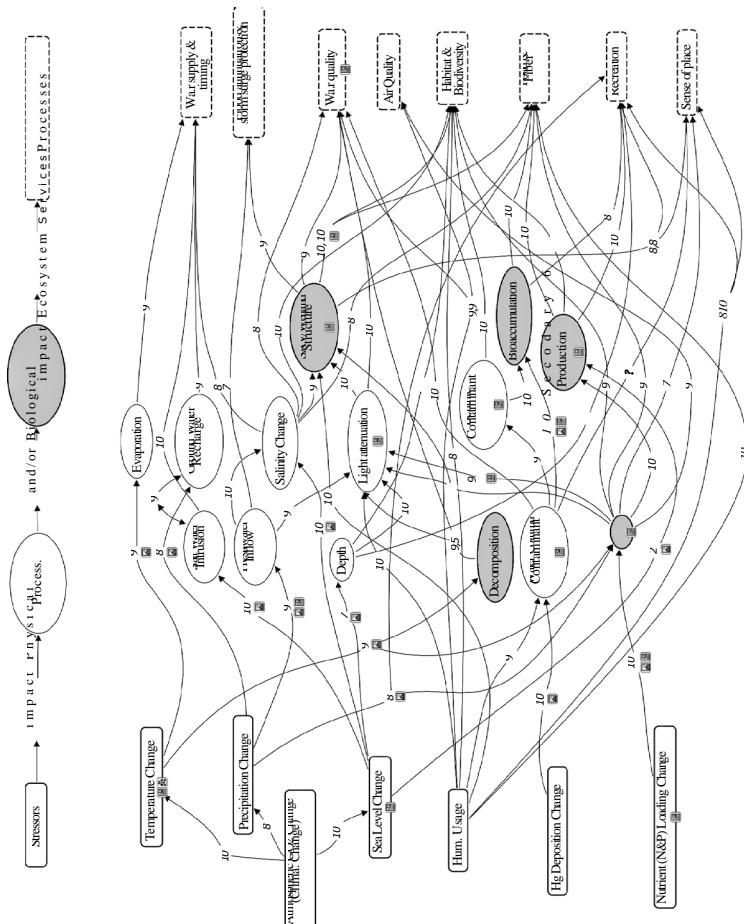
Sin embargo, debido a que el objetivo principal del equipo de ESRP Tampa Bay era usar Cmaps para evaluar las necesidades de investigación, las palabras de enlace se reemplazaron con valores numéricos en nuestros Cmaps para cuantificar los niveles de conocimiento e incertidumbre.

Después de familiarizarse con el cuerpo de investigación existente, el Proyecto Tampa Bay de ESRP usó Cmaps para identificar brechas de conocimiento donde los esfuerzos de investigación específicos podrían proporcionar información para el desarrollo de modelos dinámicos y también para identificar vínculos donde había suficiente información disponible para el desarrollo de modelos dinámicos. . Al acceder a la

Con el conocimiento colectivo del equipo y realizando una revisión inicial de la literatura, se estimó un nivel de confianza en la ciencia de apoyo para cada una de las conexiones individuales. Los niveles de confianza se indican mediante los valores numéricos adjuntos a las flechas de conexión en la figura 10.1 (10 = alta confianza, 1 = poca o ninguna confianza y ? = desconocido). Un nivel de confianza alto indica que las relaciones propuestas están respaldadas por múltiples estudios de investigación independientes y son ampliamente aceptadas entre los científicos. La Región de la Bahía de Tampa ha sido un punto focal para la investigación ecológica durante los últimos 30 años por parte de investigadores locales, estatales, federales y académicos. Las flechas de conexión se anotaron en CmapTools para adjuntar citas bibliográficas y gráficos que ilustran la naturaleza de cada relación de respuesta al factor estresante, indicada por los íconos de imagen o nota en la Figura 10.1. Sin embargo, se sabía poco sobre cómo los factores de estrés y los procesos contribuyen al aprovisionamiento de los servicios ecosistémicos, como lo indican los numerosos “?” en el lado derecho de la figura.

Para asegurar que los esfuerzos del ESRP Tampa Bay Project reflejen las necesidades y preocupaciones de los tomadores de decisiones locales y las partes interesadas, el Cmap inicial del equipo se presentó y revisó durante un gran taller que incluyó al equipo interno de la EPA, socios que no pertenecen a la EPA y miembros del Tampa Comité directivo central de la Bahía encabezado por el Consejo de Planificación Regional de la Bahía de Tampa y el Programa del Estuario de la Bahía de Tampa. Se le pidió a este grupo que examinara el Cmap inicial en la Figura 10.1, generado por el equipo de Tampa Bay de ESRP, y que propusiera cambios en los conceptos o enlaces basados en su experiencia y conocimiento de la cuenca de Tampa Bay y la investigación realizada allí en el pasado. Los cambios se incorporaron al Cmap inicial durante las discusiones del taller, con los participantes viendo una proyección de pantalla grande del Cmap mientras un facilitador de la reunión editaba los mapas usando CmapTools. El Cmap inicial de aguas abiertas que se muestra en la Figura 10.1 evolucionó hasta convertirse en el Cmap de consenso grupal que se muestra en la Figura 10.2 a través de debates en talleres y compromisos. Los participantes del taller fueron fundamentales para relacionar los cambios de temperatura, precipitación y nivel del mar con el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico relacionados con el cambio climático, y los miembros del comité directivo central de Tampa Bay insertaron el uso humano como un factor estresante clave. Los participantes también agregaron "sentido de lugar", un octavo servicio. Los participantes eliminaron gran parte de la redundancia inicial, modificaron los niveles de confianza en algunos casos y proporcionaron - niveles de confianza para todos los vínculos que se habían marcado como desconocidos.

Al cierre del taller, se pidió a los participantes que revisaran el Cmap durante las siguientes dos semanas y prepararan un resumen del taller. Los resúmenes incluyeron su identificación de los tres principales más importantes



**FIGURE 10.2**

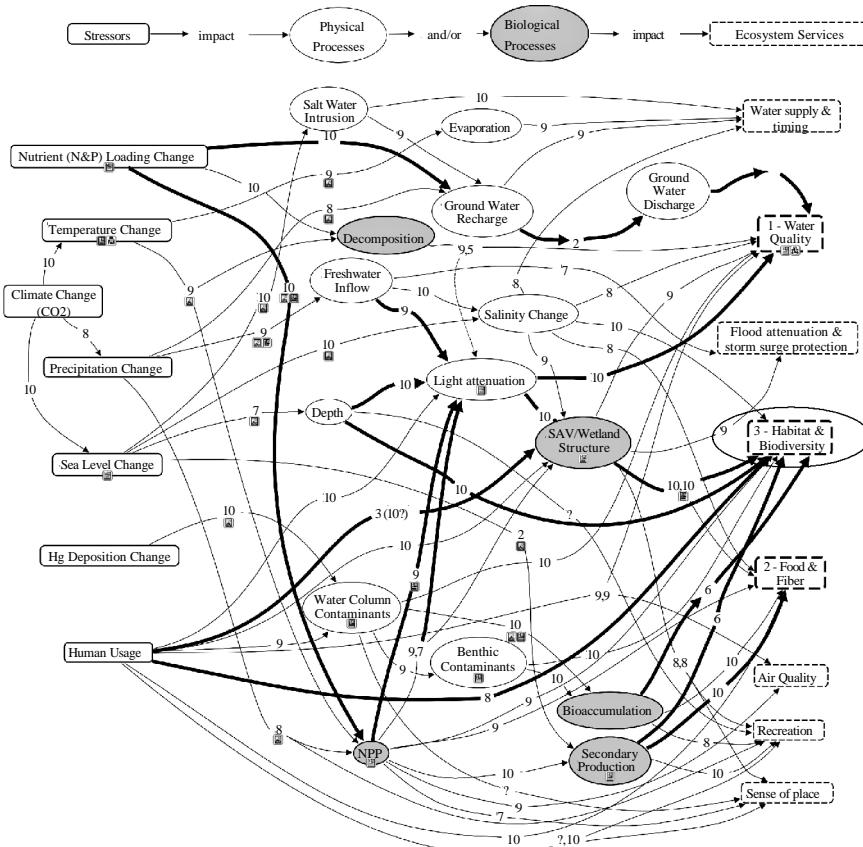
The consensus open water Cmap for the Tampa Bay Project that was generated during workshop discussions. (See Figure 10.1 caption for explanation of symbols and acronyms.)

servicios ecosistémicos para Tampa Bay, los factores de estrés más importantes que afectarían estos servicios ecosistémicos y cualquier información disponible ( - bibliografía de apoyo y fuentes de datos) sobre los vínculos importantes que conectan los factores estresantes y los servicios ecosistémicos. A través de este proceso, la calidad del agua, los alimentos y las fibras, y el hábitat y la biodiversidad fueron identificados como los servicios ecosistémicos de mayor importancia en la cuenca de la Bahía de Tampa. El uso humano y el cambio de carga de nutrientes (nitrógeno y fósforo) se identificaron como factores de estrés clave.

Las vías clave se ilustraron mediante el uso de líneas oscuras gruesas en el Cmap que se muestra en la Figura 10.3.

Este Cmap final de aguas abiertas generado con la ayuda de nuestros seis expertos locales proporcionó el marco para enfocar el esfuerzo de investigación del Proyecto Tampa Bay de ESRP. Además de mapear el estado actual del conocimiento científico , Concept Mapping también identificó brechas de investigación y vínculos en los que se disponía de apoyo científico adecuado para el modelado dinámico. Los vacíos de investigación se priorizaron como aquellos con un rango de confianza bajo, pero considerados por los expertos como muy importantes. Por ejemplo, el impacto del uso humano en la estructura de SAY/humedales no se conocía bien y necesitaría más investigación. Sin embargo, se consideró que había suficiente investigación disponible para respaldar el modelado dinámico del vínculo entre SAY/estructura de humedales y hábitat y biodiversidad. La precisión y la confiabilidad en el desarrollo de modelos predictivos están directamente relacionadas con el nivel de certeza de los datos incorporados en el desarrollo del modelo. Por lo tanto, la investigación de campo en el Proyecto Tampa Bay de ESRP se está dirigiendo hacia estas áreas de investigación identificadas, con el objetivo, por ejemplo, de mejorar nuestra base de conocimiento para el uso humano: enlace de estructura de tierra húmeda/SAY para reducir la incertidumbre en el camino desde uso para Hábitat y Biodiversidad. (Este es el concepto encerrado en un círculo en la figura 10.3.)

El trabajo continuo en el siguiente paso del Proyecto ESRP Tampa Bay desarrollará un modelo dinámico modular para la cuenca de Tampa Bay basado en las relaciones, funciones de tasa y parámetros identificados a través de Mapeo Conceptual. Los modelos computacionales se calibrarán con datos de la cuenca de Tampa Bay hacia el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones donde los tomadores de decisiones y los científicos puedan evaluar los efectos de decisiones alternativas sobre la provisión de servicios ecosistémicos. La clave para el desarrollo de dichos modelos será comprender los vínculos entre la política propuesta o los enfoques de gestión, el estrés que las acciones humanas causan en los procesos ecológicos y físicos, el impacto que los procesos alterados tienen en los puntos finales relevantes y valiosos del bienestar humano, y volver al círculo completo para políticas propuestas y decisiones de gestión. Un enfoque para describir tales vínculos



**FIGURA 10.3**

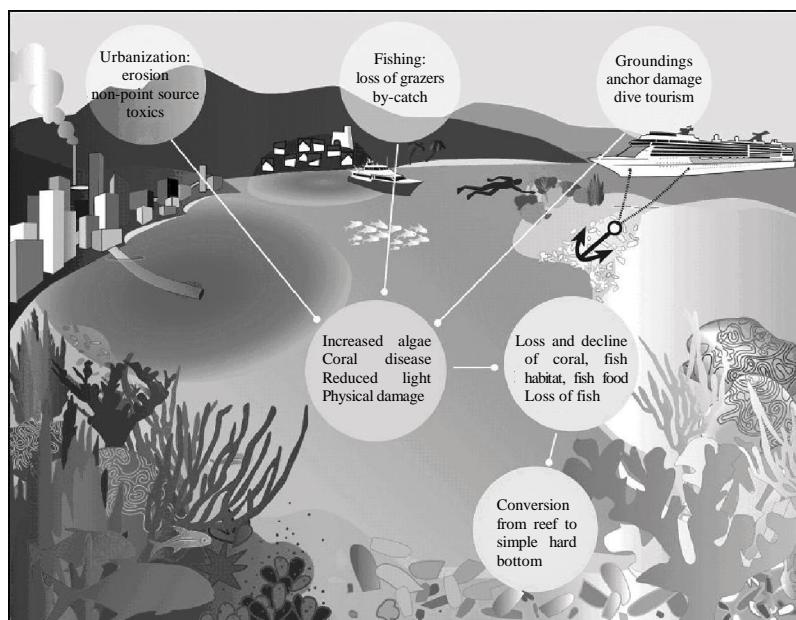
El Cmap final de aguas abiertas para el Proyecto Tampa Bay, con líneas oscuras que indican las principales preocupaciones de los expertos locales y las partes interesadas. (Consulte el título de la Figura 10.1 para obtener una explicación de los símbolos y los acrónimos). entre las preocupaciones sociales, económicas y ambientales es mediante el uso de mapas conceptuales, y se ilustró en el siguiente proyecto de ESRP.

## DECISIONES SOCIOECONÓMICAS SOBRE LOS ARRECIFES DE CORAL

El Proyecto de Arrecifes de Coral ESRP fue un proyecto paralelo cuyos primeros esfuerzos para integrar los servicios de los ecosistemas en el proceso de decisión incluyeron

dilucidar los vínculos entre las decisiones, las actividades humanas y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos de los arrecifes de coral. El uso sostenible de los recursos ambientales requiere la consideración del medio ambiente con la satisfacción de las necesidades sociales y económicas, y existen pocos programas que integren los tres (Curran, 2009).

Los ecosistemas de arrecifes de coral proporcionan la base ecológica para comunidades de peces e invertebrados productivas y muy diversas que sustentan industrias multimillonarias de pesca en arrecifes y turismo vitales para las economías regionales (Burke y Maidens, 2004). Sin embargo, los bienes y servicios de los ecosistemas de arrecifes están amenazados por una población humana regional en rápido crecimiento, el cambio climático y la sobreexplotación. La Figura 10.4 ilustra cómo la urbanización, la pesca y el turismo contribuyen a la pérdida del arrecife. Los esfuerzos de numerosas organizaciones federales, estatales, académicas y no gubernamentales han generado una gran cantidad de conocimientos sobre la ecología de los arrecifes de coral; sin embargo, los ecosistemas de arrecifes continúan en declive (Wilkinson, 2008).



**FIGURA 10.4**

Ilustración de cómo los factores de estrés pueden afectar el ecosistema de arrecifes de coral y la disponibilidad de beneficios naturales. (De P. Bradley, L. Fore y W. Fisher. 2007. Taller de evaluación de necesidades de monitoreo de arrecifes de coral en las Islas Vírgenes de EE. 11 al 13 de septiembre Informe resumido preliminar (Agencia de Protección Ambiental de EE. UU., 2007).

Un problema clave es que los esfuerzos científicos y de gestión a menudo se definen de manera limitada a una autoridad o experiencia en particular con poca colaboración en el monitoreo, la asimilación de datos y el modelado. Por ejemplo, los esfuerzos de gestión se han centrado en gran medida en actividades que utilizan directamente el arrecife, como la pesca, pero muchos de los principales factores de estrés se derivan de las actividades y decisiones basadas en tierra. En consecuencia, la información, como datos de monitoreo, modelos de cuencas hidrográficas o mapas de uso de la tierra, no se ha integrado de manera efectiva para identificar brechas y priorizar la investigación, ni se ha sintetizado fácilmente en conceptos y herramientas para la conservación que resuenen con las partes interesadas e influyan en la gestión. . Esto conduce a la dificultad de predecir con precisión los beneficios y las consecuencias de las decisiones de gestión y regulación. El desarrollo de un marco conceptual integral que considere el sistema como un todo ayudará a comprender mejor los impactos de las actividades humanas en los servicios de los ecosistemas de arrecifes.

El primer paso del Proyecto de Arrecifes de Coral de ESRP involucró el desarrollo de un marco conceptual completo usando Mapeo de Conceptos para definir factores socioeconómicos y ecológicos relevantes, y para delinear relaciones potenciales de causa y efecto entre ellos. Los mapas conceptuales de arrecifes se utilizaron para identificar y organizar áreas de investigación, catalogar información y datos, y comunicar las conexiones entre las actividades humanas y la prestación de servicios ecosistémicos.

Para desarrollar Cmaps que vinculen los factores ecológicos y socioeconómicos, el Proyecto de Arrecifes de Coral de ESRP encontró útil emplear un marco general para garantizar que los conceptos críticos no se pasaran por alto. El esquema Driver Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) es un marco flexible que define amplias categorías de conceptos y caracteriza los vínculos entre ellos. Las categorías DPSIR se definen en la Tabla 10.2 y los vínculos entre ellas se ilustran en el lado izquierdo de la Figura 10.5. Dentro de DPSIR, los Impulsores (D) son fuerzas sociales y económicas que conducen a las actividades humanas, que crean Presión (P) sobre el Estado (S) del medio ambiente e Impacto (I) sobre la disponibilidad y el valor de los servicios ecosistémicos. Los tomadores de decisiones pueden promulgar una Respuesta (R) para reducir los impactos sobre los recursos ambientales a través de regulaciones, políticas y otras decisiones, que pueden alterar los Impulsores (D) o las Presiones (P), o afectar directamente el Estado (S) del ecosistema. . El DPSIR se ha utilizado para relacionar el estrés antropogénico con el estado del medio ambiente para la gestión de los recursos hídricos ( Mysiak , Guipponi y Rosato , 2005), la biodiversidad (Maxim, Spangenberg y O'Connor, 2009), las áreas marinas protegidas (Ojeda- Martínez et al., 2009),

Glosario del marco DPSIR utilizado para generar el Cmap del proyecto Coral Reef

**Término**      **Definición**

Impulsores Fuerzas sociales y económicas, o más específicamente sectores socioeconómicos que

satisfacer las necesidades humanas básicas de alimentación, agua, vivienda, salud y cultura, y motivar las actividades humanas

Presiones Actividades humanas que inducen cambios en el medio ambiente y que normalmente se consideran negativas o no deseadas

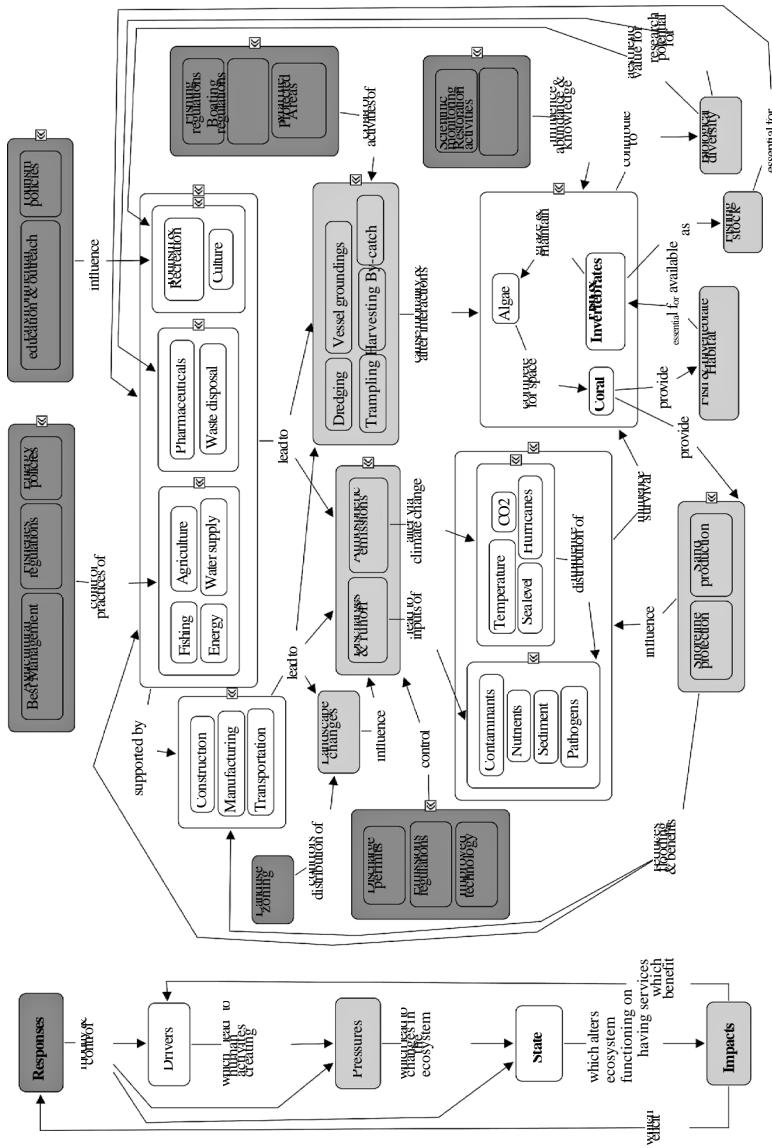
Estado La condición de los componentes físicos, químicos y biológicos del ecosistema

Impacto Cambios en el funcionamiento del ecosistema, a saber, los servicios del ecosistema, que benefician e impactan el bienestar de los humanos y el funcionamiento de muchos sectores socioeconómicos

Respuesta Acciones de grupos o individuos en la sociedad para prevenir, mejorar o adaptarse a los cambios en el valor percibido de los servicios ecosistémicos, controlando los cambios en los impulsores o presiones, o restaurando y manteniendo el estado del ecosistema.

y pesquerías (Mangi, Roberts y Rodwell, 2007). Al colocar los conceptos en cinco categorías, el marco DPSIR simplifica visual y conceptualmente las complejas conexiones entre los seres humanos y el medio ambiente, lo que permite que los mapas conceptuales sean más fácilmente comprensibles cuando se solicita conocimiento experto, se evalúan las preocupaciones de las partes interesadas o se comunica con el público.

El Proyecto de arrecifes de coral ESRP utilizó el marco DPSIR para desarrollar Cmaps que vinculan los impulsores socioeconómicos con la provisión de servicios del ecosistema de arrecifes de coral. La figura 10.5 muestra el Cmap de arrecifes de coral generado al enumerar y vincular conceptos entre cada una de las cinco categorías DPSIR. El equipo de ESRP Coral utilizó su conocimiento personal y búsquedas bibliográficas para generar Cmaps iniciales, que mejoraron considerablemente con la ayuda de grupos de discusión de expertos, que representaban a organizaciones federales, estatales, académicas y no gubernamentales. A cada uno de los cinco grupos de enfoque se le asignó la tarea de enumerar los conceptos clave dentro de cada una de las cinco categorías DPSIR (impulsores, presiones, estado, impacto, respuesta), así como los vínculos ascendentes y descendentes que muestran los contribuyentes y las consecuencias relacionadas con un concepto en particular. Los grupos focales también revisaron los Cmaps iniciales en busca de conceptos faltantes y la precisión de los enlaces, y sugirieron áreas de investigación de alta prioridad. Para el Cmap presentado en la figura 10.5, agrupamos conceptos similares para simplificar los enlaces e incluimos solo los conceptos principales. Sin embargo, también se crearon Cmaps más complejos mediante la expansión de conceptos dentro y entre grupos.



**FIGURE 10.5**  
The Coral Reef Project Cmap that was generated within the DPSIR framework.

se consideró que los Impulsores (D) son sectores socioeconómicos que satisfacen las necesidades humanas básicas de alimentación, agua y otras materias primas, salud y cultura. Los sectores socioeconómicos funcionan a través de las actividades humanas, incluidos los cambios en el uso de la tierra, las descargas y el uso de contacto directo que crean presiones, que se muestran en la Figura 10.5, sobre el estado físico, químico y biológico del ecosistema del arrecife. Por ejemplo, los corales pétreos o formadores de arrecifes (*Scleractinia*) son vulnerables al aumento de la temperatura del agua del mar, la contaminación procedente de la tierra y la explotación excesiva debido a la pesca excesiva y los daños físicos (Hughes et al., 2003). Cuando los corales formadores de arrecifes mueren, a menudo crecen demasiado y son reemplazados por algas, con la consiguiente pérdida de la arquitectura compleja del arrecife (Álvarez-Filip et al., 2009), lo que provoca impactos, que se muestran en la Figura 10.5, en los seres humanos a través de la pérdida de servicios ecosistémicos . . Los esqueletos calcáreos de los corales pétreos forman la base de la estructura de los arrecifes, protegiendo la costa de las marejadas ciclónicas , contribuyendo a la producción de arena para las playas recreativas y el comercio de acuarios, y proporcionando un hábitat complejo para un conjunto diverso de peces e invertebrados, recursos esenciales para la pesca. desarrollo farmacéutico y turismo. La Tabla 10.3 da ejemplos de los servicios de los ecosistemas de arrecifes y los atributos y procesos del ecosistema de arrecifes de coral que los proporcionan.

Los sectores económicos que se benefician de los arrecifes a menudo son responsables de muchas actividades que están provocando su declive, incluida la sobrepesca y los daños físicos causados por embarcaciones o buzos. Esto crea un ciclo, que fue representado

#### **TABLA 10.3**

Ejemplos de servicios de ecosistemas de arrecifes y los atributos y procesos del ecosistema de arrecifes de coral que los proporcionan

Ecosistema	Servicios	Atributos	Procesos Biofísicos
Pesquerías	Pesca e invertebrados grandes y abundantes	Hábitat proporcionado por corales,	Pastos marinos y manglares

Turismo y recreativos	Peces raros y coloridos y ; abundantes erizos de mar y pez loro	Biodiversidad, hábitat, herbivoría (cultivo de algas)
Litoral protectores	Escleractiniano grande y abundante (pedregoso) y algas coralinas incrustantes para atarlos _	Calcificación y crecimiento esquelético, fotosíntesis, claridad del agua
Productos farmacéuticos	Alta diversidad, densidad y complejidad trófica	

como un mapa conceptual cíclico que representa cambios dinámicos o retroalimentaciones dentro de un sistema ( Safayeni , Derbentseva , Cañas , 2005), ilustrado por las flechas hacia arriba desde Impact to Drivers en la Figura 10.5. La disponibilidad de los servicios de los arrecifes puede ser sostenible si se implementan enérgicamente estrategias de gestión para evitar una mayor pérdida de la cobertura de coral y mantener los peces que pastan para evitar el crecimiento excesivo de algas. Las respuestas, ilustradas en la Figura 10.5, para reducir la pérdida de servicios ecosistémicos pueden incluir la gestión del agua, como áreas marinas protegidas o boyas de amarre que reducen los daños causados por el tráfico de embarcaciones y previenen la sobrepesca, así como la gestión de la tierra, como prácticas agrícolas y de construcción diseñadas para reducir la escorrentía de sedimentos hacia las zonas costeras. Al vincular las Respuestas directamente con los cambios en los Impulsores o las Presiones en Cmaps , se pueden conceptualizar las consecuencias potenciales de diferentes decisiones, equilibrando los costos para los sectores socioeconómicos versus los beneficios en la provisión de servicios ecosistémicos.

## **OTRAS APLICACIONES**

El Proyecto de Arrecifes de Coral de ESRP también ha utilizado el Mapeo de Conceptos para varios otros propósitos. El mapeo de conceptos en la planificación inicial de la investigación ayudó a resumir y evaluar el estado actual del conocimiento y determinar las necesidades de investigación. Las palabras clave derivadas de los mapas conceptuales se utilizaron para realizar búsquedas de literatura científica para una evaluación aproximada de la cantidad de artículos de investigación asociados con diferentes temas. En general, la investigación relacionada con la ciencia de la decisión (D, R) o la evaluación de los servicios de los ecosistemas (I) generalmente faltaba en comparación con la investigación que relacionaba los factores de estrés (P) con el ecosistema (S). Al redactar nuestro Plan de Investigación Coral ESRP, ampliamos nuestra investigación ecológica tradicional para incluir el desarrollo de métodos para evaluar los servicios de los ecosistemas y evaluaciones de los impulsores socioeconómicos clave en las jurisdicciones objetivo y las posibles políticas o opciones regulatorias. Como tal, Cmaps se utilizó como marco organizativo para integrar aspectos de sociología, economía y toma de decisiones en la investigación de arrecifes de coral. CmapTools se está utilizando para acumular información a través de anotaciones de nodos de concepto, lo que permite una organización visual de la información, incluidos los datos disponibles, la literatura científica, la legislación y las posibles acciones de gestión.

## 210 • Mapeo conceptual aplicado

El Mapa conceptual de arrecifes de coral sirvió como base conceptual para la investigación en curso hacia el desarrollo de modelos matemáticos predictivos que se utilizan para evaluar los resultados en escenarios de decisión alternativos. Los Cmaps de arrecifes de coral , incluido el Cmap simplificado de la Figura 10.5, resaltan conceptos y relaciones clave que se incluyeron en el desarrollo del modelo. Se realizaron búsquedas bibliográficas para determinar ecuaciones matemáticas para vincular cambios en un concepto con cambios en otro. Estos se han complementado con investigaciones de laboratorio y de campo para determinar las curvas de dosis-respuesta que relacionan los niveles de factores estresantes con el crecimiento, la supervivencia y la diversidad de los organismos del arrecife.

Finalmente, Cmaps ha sido útil para comunicarse con otros científicos y tomadores de decisiones. En particular, CmapTools ha sido utilizado por ESRP en un taller de toma de decisiones para generar Cmaps en tiempo real con comentarios interactivos de los participantes. El taller de la EPA fue organizado por el Santuario Marino Nacional de los Cayos de Florida e incluyó representantes del gobierno , la academia y partes interesadas locales. En una sesión del taller, se usó el marco DPSIR para alentar a los participantes a considerar procesos cuesta arriba y cuesta abajo relacionados con sus preocupaciones locales, independientemente de qué concepto único (p. ej., un solo impulsor, presión, servicio ecosistémico o respuesta) se utilizó para iniciar. cartografía. En otros esfuerzos de divulgación, el equipo de ESRP Coral demostró el Mapeo conceptual dentro del marco DPSIR para alentar a los científicos y a los tomadores de decisiones a ir más allá de una sola área de investigación, preocupación económica o tema de gestión, y a pensar en sus problemas clave dentro del contexto de un conjunto. de interacciones complejas. Los colegas respondieron favorablemente al enfoque de mapas conceptuales DPSIR y han considerado aplicar enfoques similares para sus propios sistemas.

## **CONCLUSIONES Y HACIA ADELANTE**

Para los proyectos ESRP Tampa Bay y Coral Reefs, los mapas conceptuales han sido valiosos para el aprendizaje, la planificación de la investigación, la comunicación, la organización de la información y la formación de modelos conceptuales para respaldar el proceso de creación de modelos computacionales. Se utilizó el mapa conceptual para guiar la planificación de la investigación inicial a través de una evaluación completa y objetiva del estado actual del conocimiento, con la ayuda de búsquedas bibliográficas y la opinión de expertos. En los esfuerzos continuos de divulgación, Cmaps proporcionar una herramienta de comunicación visual para solicitar la opinión de expertos y

comunicar los planes de investigación a otros científicos, partes interesadas y tomadores de decisiones. Los mapas conceptuales proporcionaron un entorno eficiente e interactivo para la lluvia de ideas en grupos grandes, y los mapas se desarrollaron dentro de los grupos en tiempo real, ya sea para integrar múltiples opiniones de expertos o como una herramienta de aprendizaje para demostrar los beneficios de los mapas conceptuales.

Un objetivo principal del ESRP es el desarrollo de modelos computacionales dinámicos que predicen los impactos probables del cambio, como el crecimiento de la población o el cambio climático, en los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano en el futuro (p. ej., véase Boumans y Costanza, 2007). Los mapas conceptuales presentados en este capítulo sientan las bases conceptuales para el desarrollo de modelos computacionales en la investigación en curso que evaluará las consecuencias de decisiones alternativas sobre la provisión de servicios ecosistémicos. Los modelos computacionales son inherentemente más complicados que los mapas conceptuales que se muestran aquí, con interacciones y retroalimentaciones complejas. Sin embargo, los Cmaps sirven para resaltar conceptos y relaciones clave para incluir en el desarrollo de modelos y proporcionan una transición fácil a los lenguajes de modelado orientados a objetos.

La clave para el uso sostenible de los ecosistemas es la integración de las necesidades ambientales, económicas y sociales (Curran, 2009). Los mapas conceptuales son ideales para sintetizar y visualizar grandes cantidades de información compleja. A través de la simple idea de que los conceptos están vinculados a otros conceptos, los temas individuales se mapean necesariamente dentro de una compleja red de conceptos. Por lo tanto, el mapeo alienta a los científicos y a los tomadores de decisiones a ir más allá de su especialización y pensar en el "panorama general". El poder de los servicios de los ecosistemas es que proporcionan un vínculo directo entre los factores de estrés antropogénicos, los procesos físicos y ecológicos y el bienestar humano. Las decisiones comerciales y las estrategias de protección ambiental funcionan dentro de sistemas complejos, y los mapas conceptuales son una herramienta para proporcionar el cambio que se necesita de estrategias de enfoque limitado a corto plazo a estrategias integrales a largo plazo .

## **EXPRESIONES DE GRATITUD**

El Proyecto de la Bahía de Tampa agradece los debates y las ideas de los participantes del taller, incluidos los miembros del comité directivo central de la Bahía de Tampa encabezado por el Consejo de Planificación Regional de la Bahía de Tampa y el Programa del Estuario de la Bahía de Tampa . Los Cmaps del Proyecto Coral Reefs se mejoraron mucho

a través de discusiones con grupos de enfoque de expertos que incluyen participantes de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica, Departamento de Agricultura de EE. UU., Pesca y Vida Silvestre de EE. UU., Servicio Geológico de EE. UU., Departamento de Protección Ambiental de Florida, Instituto de Investigación de Pesca y Vida Silvestre de Florida , Nature Conservancy, Instituto de Recursos Mundiales, Coastal Ocean Values Center, Commonwealth of the Northern Mariana Islands, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment Program, y academia.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Filip, L., NK Dulvy y JA Gill, et al. 2009. Aplanamiento de los arrecifes de coral del Caribe: disminución de la complejidad arquitectónica en toda la región. *Actas de la Royal Society, B* 276: 3019–3025.
- Boumans , R. y R. Costanza. 2007. El modelo integrado multiescala de sistemas terrestres (MIMES): La dinámica, el modelado y la valoración de los servicios ecosistémicos. En *Evaluaciones globales: escalas puente y vinculación con la política*. Informe sobre el taller conjunto TIAS-GWSP realizado en el University College de la Universidad de Maryland, Adelphi, del 10 al 11 de mayo. 2007. Problemas de GWSP en *la investigación del sistema de agua global*, no. 2, ed. C. Van Bers, D. Petry y C. Pahl-Wostl , (p. 104–107). Bonn, Alemania: GWSP IPO.
- Boyd, J. y S. Banzhaf. 2007. ¿Qué son los servicios de los ecosistemas? *Economía ecológica* 63: 616–626.
- Burke, L. y J. Maidens 2004. *Arrecifes en riesgo en el Caribe*. Washington DC: Instituto de Recursos Mundiales.
- Costanza, R., R. D'Arge y R. de Groot, et al. 1997. El valor de los servicios ecosistémicos y el capital natural del mundo . *Naturaleza* 387: 253–260.
- Curran, MA 2009. Pensando en la sustentabilidad. *Sostenibilidad* 1: 5–13. Gaddis, EJB, H. Vladich y A. Voinov . 2007. Modelado participativo y el dilema de manejo difuso de nitrógeno en una cuenca residencial. *Modelado Ambiental y Software* 22: 619–629.
- Hassan, R., R. Scholes y N. Ash. 2005. *Ecosistemas y bienestar humano: estado actual y tendencias* , vol. 1. Washington, DC: Prensa de la isla.
- Heemskerk, M., K. Wilson y M. Pavao -Zuckerman. 2003. Modelos conceptuales como herramientas para la comunicación entre disciplinas. *Ecología de la Conservación* 7: 8.
- Hughes, TP, AH Baird, DR Bellwood, et al. 2003. Cambio climático, impactos humanos y resiliencia de los arrecifes de coral. *Ciencia* 301: 929–933.
- Mangi, SC, CM Roberts y LD Rodwell. 2007. Manejo de pesquerías de arrecifes en Kenia: Enfoque preliminar utilizando el esquema de indicadores impulsor-presión-estado-impacto-respuesta (DPSIR). *Gestión oceánica y costera* 50: 463–80.
- Maxim, L., JH Spangenberg y M. O'Connor. 2009. Un análisis de riesgos para la biodiversidad bajo el marco DPSIR. *Economía ecológica* 69: 12–23.
- Mysiak J., C. Giupponi y P. Rosato . 2005. Hacia el desarrollo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones para la gestión de los recursos hídricos. *Software y modelado ambiental* 20: 203–14.

- Academia Nacional de Ciencias (NAS). 1997. *Construyendo una base para decisiones ambientales sólidas* . Washington, DC: Prensa de la Academia Nacional.
- Novak, JD 1998. *Aprendizaje, creación y uso del conocimiento: mapas conceptuales como herramientas de facilitación en escuelas y empresas*. Mahwah, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ojeda-Martínez, C., FG Casalduero , JT Bayle- Sempere , et al. 2009. Un marco conceptual para la gestión integral de las áreas marinas protegidas. *Gestión oceánica y costera* 52: 89–101.
- Safayeni , F., N. Derbentseva y AJ Cañas . 2005. Una nota teórica sobre los conceptos y la necesidad de mapas conceptuales cílicos. *Revista de Investigación en Enseñanza de Ciencias* 42: 741–766. Wilkinson, C. 2008. *Estado de los arrecifes de coral del mundo: 2008*. Townsville, Australia: Global Red de Monitoreo de Arrecifes de Coral y Centro de Investigación de Arrecifes y Bosques Lluviosos.
- Zwick, P. D. y MH Carr . 2006. Florida 2060, Un escenario de distribución de la población para el estado de Florida: informe a 1000 Friends of Florida. Gainesville: Universidad de Florida.