
Saliendo del círculo vicioso: Gestiones alternativas para garantizar la sostenibilidad de la pesca.

D. G. Angeler^{1*}, K. L. Pope² y C. R. Allen²

¹Department of Aquatic Sciences and Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, BOX 7050, SE-750 07, Uppsala, Sweden

²U.S. Geological Survey—Nebraska Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, and School of Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.

Finding the way out of Escher's staircase: alternative management for sustainable fisheries.

Abstract

The management of fisheries has historically focused on maintaining maximum sustained yields of single species. This approach generally ignored the broader social-ecological context that consists of coupled systems of people and nature, and resulted in the overexploitation of many fisheries globally, including many in Latin America. There are severe negative repercussions of overfishing, on both ecosystems and humans that rely on food and income provided by fisheries. Traditional management schemes based on maximizing should be replaced with approaches that explicitly recognize the coupling of social and ecological systems. We suggest a resilience approach that focuses on tradeoffs as a means of guaranteeing outputs over a broad range of conditions and avoiding undesirable thresholds. Resilience approaches may on average produce lower annual yields, but are more likely to allow the continued provision of multiple goods and services. A resilience approach requires scientifically derived data and consistent monitoring, and will not be successful if feedbacks between ecosystems and humans are ignored. The words “Fisheries” and “Sustainability” do not comprise an oxymoron but a logical partnership in resilience management. People and institutions engaged in Latin-American fisheries management have an opportunity to lead in the development of sustainable fisheries management with a resilience-based approach. Here we describe such an approach, and the steps necessary to ensure success.

Key words: adaptive management, complex adaptive systems, fishery science, governance, natural resources, socio-ecological systems.

Resumen

La gestión de la pesca ha sido tradicionalmente enfocada a maximizar la captura de las poblaciones de interés comercial, sin haber tenido en consideración el sistema social-ecológico que lo engloba y que consiste no solo de los ecosistemas sino también de los paisajes y las sociedades humanas. Como consecuencia, muchos ecosistemas acuáticos han sido sobreexplotados y esta situación es también evidente en Latinoamérica. Para evitar las nefastas consecuencias de la sobreexplotación para las delicadas socio-economías que se sostienen de la pesca, los esquemas de gestión tradicional se tienen que abandonar en favor de otros que aseguran tanto la dimensión socioeconómica de la pesca como la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos. En este artículo recomendamos una aproximación de la gestión que se basa en el concepto de resiliencia. La gestión mediante resiliencia garantiza la pesca bajo varias condiciones ecológicas sin mover los ecosistemas acuáticos a un estado crítico cerca del colapso. La gestión mediante resiliencia procura una producción anual reducida que permite mantener el sistema en un estado con múltiples provisiones de servicios y bienes ecosistémicos. La gestión mediante resiliencia tiene un enfoque sistémico, considerando tanto la producción como las ciencias ecológicas. No puede estar implementado eficazmente sin los fundamentos y el monitoreo basados en criterios científicos, y no va a tener éxito si se ignora el intercambio dinámico entre los ecosistemas y las

*Autores de correspondencia

Email: david.angeler@slu.se; fax: +4618673156

sociedades. Las palabras Pesca y Sostenibilidad no son un oxímoron en aproximaciones basadas en la resiliencia. Forman una asociación lógica que proveen a los humanos e instituciones involucradas en la gestión de la pesca grandes oportunidades de cara a mantener a largo plazo la sostenibilidad de los recursos acuáticos.

Palabras clave: gestión adaptativa, sistemas complejos adaptativos, ciencia de la pesca, gobierno, recursos naturales, sistemas ecológicos-sociales.

Introducción

La pesca ha servido tradicionalmente como un puente entre los ecosistemas acuáticos y las sociedades humanas. La gestión de la pesca se define como “la manipulación de los organismos y ambientes acuáticos para producir sostenidamente unos beneficios incrementados para los seres humanos” (Nielsen, 1999). Los humanos han pescado desde hace más de 42000 años (O'Connor *et al.*, 2011), pero ha sido solo durante el último medio siglo donde la pesca industrial y recreativa ha alcanzado su apogeo (Anticamara *et al.*, 2011). A pesar de formar un importante componente cultural y económico a escalas locales, regionales y globales, las sociedades han ignorado que las poblaciones de peces u otros organismos de valor económico forman una parte integral de los ecosistemas acuáticos. La ciencia de la pesca se ha enfocado en optimizar las ganancias económicas obviando el crecimiento natural de las poblaciones (Schaefer, 1954; Walters y Martell, 2004).

El crecimiento de la población humana y la importancia de la producción piscícola como base alimenticia y recreativa han causado el colapso de muchas poblaciones acuáticas de interés comercial a nivel mundial (Hilborn *et al.*, 2003; Coleman *et al.*, 2004; Allan *et al.*, 2005), y en muchos casos esta sobreexplotación ha sido incentivada económicamente (Myers *et al.*, 1997; Hutchings *et al.*, 1997; Masood, 1997). Los problemas de sobreexplotación de los recursos pesqueros son también patentes en Latinoamérica, donde el incremento de la presión pesquera a pesar de la disminución de algunas poblaciones de peces, ponen en serio peligro a los sistemas marinos (Ibarra *et al.*, 2000; Wehrtmann y Nielsen-Muñoz, 2009). Para reducir la presión pesquera en los sistemas marinos, se ha incrementado la pesca en lagos y embalses tropicales (Petr, 1994), pero esto ha tenido generalmente consecuencias ecológicas

negativas no solo por el incremento de la presión pesquera sobre estos ecosistemas, sino también por la introducción de especies exóticas más beneficiosas para el aprovechamiento socioeconómico. Por lo tanto el panorama actual es que tanto la pesca marina como la de agua dulce son insostenibles a largo plazo.

La sobreexplotación pesquera es un problema medioambiental y socioeconómico. No solo reduce la biodiversidad y los servicios y bienes ecosistémicos (Holmlund y Hammer, 1999), sino que también cambia a los patrones de retroalimentación ecológica, y modifica las funciones de los ecosistemas (Holmlund y Hammer, 1999; Jackson *et al.*, 2001; Worm *et al.*, 2006). Desafortunadamente muchas agencias involucradas en la gestión de la pesca han mostrado poca voluntad, o capacidad, para tratar las consecuencias sociales y económicas que una reducción de la pesca supone a corto o medio plazo (Beddington *et al.*, 2007). Muchos planes de gestión se encuentran por tanto atrapados en un círculo vicioso que metafóricamente se puede comparar con las escaleras sin salida del artista holandés M.C. Escher. Quiere decir que los modelos de gestión enfocados en el sostenimiento de la máxima producción pesquera son indudablemente insostenibles a largo plazo. Se requieren modelos alternativos de gestión para salir de esta trampa. Estos modelos deben estar enfocados en compensaciones, es decir asegurar la dimensión socioeconómica de la pesca sin perjudicar la integridad ecológica del ecosistema natural subyacente. Esto requiere que la gestión de la pesca abandone las aproximaciones tradicionales enfocadas a la explotación máxima de poblaciones de interés económico en favor de otras que consideran todo el sistema ecológico-social, que incluyen ecosistemas, paisajes y seres humanos (Allen *et al.*, 2011a).

En este trabajo sugerimos que una aproximación de la gestión basada en el concepto de la resiliencia puede servir como una alternativa viable. La teoría en la que se basa la resiliencia ha ido creciendo durante la última década, lo que permite sugerir esquemas de gestión que garantizan una mayor sostenibilidad de la pesca. Presentamos primero el concepto de la resiliencia seguido por un tratamiento de la aplicación del mismo a la gestión de la pesca. Para ello consideramos y definimos la pesca como un sistema de producción donde dos sistemas complejos, uno comprendiendo el sistema económico-social y el otro ecológico, interactúan dinámicamente en múltiples dimensiones espaciales y temporales. Esta perspectiva contrasta con otras, más tradicionales donde se ha tenido en cuenta la interacción de solo tres componentes: las poblaciones de interés comercial, el hábitat y los humanos. Quiere decir que las perspectivas tradicionales enfatizan el componente económico mientras las complejas interacciones e interdependencias de los componentes sociales y ecológicos no se ha considerado explícitamente. A pesar de estar enfocado a la gestión de la pesca como modelo de un sistema complejo de producción, nuestras ideas también son aplicables a otros sistemas complejos de producción como la

agricultura o silvicultura. Esperamos mediante este artículo estimular el interés de personas e instituciones dedicadas a la gestión de recursos naturales sobre las oportunidades que ofrece una aproximación de gestión basada en la resiliencia que indudablemente beneficiará la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas ecológicos y sociales combinados.

Resiliencia

Según Holling (1973) la resiliencia ecológica se define como una medida que describe la cantidad de perturbación requerida para cambiar un ecosistema de un estado con estructuras y funciones específicas a otro y donde los procesos ecológicos de retroalimentación son diferentes (Figura 1). Una definición alternativa de la resiliencia se enfoca en la rapidez con la que un sistema vuelve a su estado de equilibrio después de una perturbación, llamado resiliencia ingenieril (Figura 1). Esta definición de resiliencia no considera el potencial de que un ecosistema pueda existir en múltiples estados alternativos. Cuando un sistema puede reorganizarse en distintos regímenes alternativos, es decir cambiar de una configuración de estabilidad a otra, la medida más relevante para describir las dinámicas de los ecosistemas y sus implicaciones

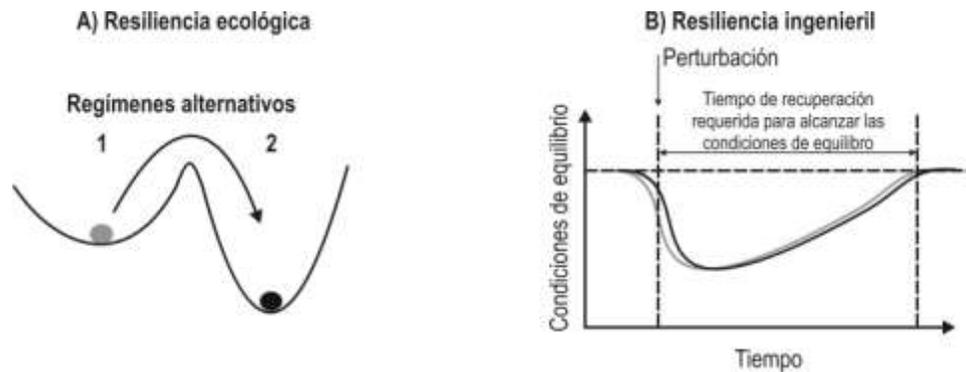


Figura 1. Comparación de distintos conceptos de resiliencia, A) la resiliencia ecológica y B) la resiliencia ingenieril. La resiliencia ecológica considera que procesos ecológicos pueden organizarse en distintos regímenes, representados por dos estados alternados con puntos de distinto color en la figura. El sistema puede reorganizarse en otro régimen alternativo (representado por la flecha) cuando no es capaz de absorber más perturbaciones. Una vez cambiado de régimen, ya no es capaz de volver a su estado anterior. Por el contrario, la resiliencia ingenieril solo enfatiza el tiempo que un sistema necesita para volver a su equilibrio inicial después de una perturbación. Este “tiempo de recuperación” se puede medir para todos los ecosistemas independientemente del estado alternativo en el que se encuentren, es decir se puede medir para el estado 1 (línea gris) y 2 (línea negra) representados en el esquema de la resiliencia ecológica. En ningún caso la resiliencia ingenieril considera que un sistema puede cambiarse de un estado alternativo a otro, como es el caso de la resiliencia ecológica.

para la gestión es la resiliencia ecológica (Holling, 1973). Por ejemplo, lagos someros pueden existir en al menos dos estados alternativos, siendo uno el deseado con aguas claras y plantas acuáticas y otro él no deseado por que tiene aguas turbias y frecuentes desarrollos masivos de algas que pueden ser tóxicas (Scheffer, 1997). Ambos estados son estables y se requiere una mayor intervención en el lago para moverlo del estado degradado al deseado. En este sentido, la perspectiva de la resiliencia ingenieril predeciría siempre e incorrectamente que el lago vuelve automáticamente del estado degradado al deseado sin dichas intervenciones.

El concepto de la resiliencia es más amplio que el de la estabilidad porque el primero considera que las estructuras y las dinámicas ecológicas se regulan principalmente por tan solo unas pocas variables y procesos (Gunderson y Holling, 2002; Allen y Holling, 2008) que operan a escalas características en el espacio y tiempo (Holling, 1992; Angeler *et al.*, 2011). Procesos como por ejemplo el reciclaje de nutrientes, una tormenta o la depredación determinan las estructuras y las dinámicas ecológicas a escalas en el rango de metros y kilómetros y con una duración de entre años y décadas. Por el contrario, el clima y los procesos geomorfológicos o biogeográficos alteran las estructuras y dinámicas ecológicas a escalas espaciales de cientos hasta miles de kilómetros y duran desde siglos hasta milenios. A pesar de la posibilidad de cuantificar y estudiar los procesos inherentes a distintas escalas (Angeler y Johnson, 2012), que permite por tanto cuantificar la resiliencia relativa en los sistemas sociales-ecológicos combinados (Allen *et al.*, 2005), estas aproximaciones han sido mayoritariamente ignoradas en la gestión de los recursos naturales.

Gestión medioambiental basada en el concepto de la resiliencia

Las aproximaciones de gestión basadas en la resiliencia se distinguen drásticamente de las que se enfocan en las ganancias económicas máximas aprovechándose de poblaciones de interés comercial (Tabla 1). Las gestiones basadas en sostener las tasas máximas de captura se enfocan en un único servicio/bien ecosistémico, es decir los peces como recurso alimenticio. Sin embargo, no tienen en cuenta las potenciales repercusiones negativas sobre otros servicios y bienes importantes o los que no son de interés primario, ya que se considera el

ecosistema únicamente como un sistema de producción. La gestión basada en la optimización de recursos solo tiene en cuenta las compensaciones que corresponden a las pocas poblaciones de interés comercial, e ignora que los ecosistemas tienen procesos de compensación que son mucho más complejos. Como consecuencia, las aproximaciones basadas en las ganancias máximas sostenidas pueden causar colapsos de las poblaciones y mover los ecosistemas a un estado no deseado donde la provisión de los servicios ecosistémicos se ve comprometida. La pérdida de muchos servicios y bienes ecosistémicos a menudo no es evidente hasta que se produce un cambio catastrófico. En estos casos se requiere de intervenciones costosas en el ecosistema para mitigar los efectos adversos causados en los mismos. La gestión basada en la resiliencia se enfoca en el mantenimiento de los múltiples bienes y servicios ecosistémicos que un ecosistema sano puede proveer; intenta garantizar las condiciones de la pesca bajo un amplio rango de condiciones en el ecosistema sin perjudicar su integridad ecológica, evitando así cambios catastróficos en su régimen de organización. La gestión basada en la resiliencia reconcilia la producción socioeconómica y las ciencias ecológicas mediante la disminución de las capturas anuales de las poblaciones de interés comercial y al mismo tiempo mantiene el ecosistema en un estado donde se aumentan los múltiples servicios y bienes ecosistémicos a las sociedades humanas.

La gestión basada en la resiliencia consiste en mantener activamente una diversidad de funciones y procesos de retroalimentación en el ecosistema, reduciendo el riesgo de cambios catastróficos en sus regímenes de organización, y también en incrementar su capacidad de tratar con los cambios ambientales así como aquellos que puedan estar causados por la mano del hombre. Alcanzar estas metas es imposible si no se ha aprendido de las intervenciones de gestión llevadas a cabo en el pasado y si no hay una adaptación a las nuevas condiciones sociales y ambientales (Biggs y Rogers 2003). Una meta general de la gestión basada en la resiliencia es un entendimiento general del ecosistema y no tanto un conocimiento exacto de detalles específicos sobre algunos componentes en el mismo (Folke *et al.*, 2005). Ecosistemas en un estado degradado pueden ser también resilientes (Zellmer y Gunderson, 2009). En estos casos, la

Tabla 1. Comparación de características de distintos modelos de gestión: optimización de la captura sostenida (OCA), enfoque en ecosistemas, y enfoque en resiliencia.

Elementos del sistema	Gestión enfocado en		
	OCA	Ecosistemas	Resiliencia
Especies	Enfoque (énfasis en la población)	Componente (énfasis en la comunidad)	Componente (énfasis y estructuras y funciones)
Procesos	Implícito en la gestión	Meta implícita en la gestión	Meta explícita en la gestión
Estructuras	Conservadas integralmente	Conservadas selectivamente	Conservadas selectivamente
Gestión	Controlado	Rango entre controlado a adaptativo	Adaptativo
Escalas	Una única	Múltiples	Múltiples
Incertidumbre	Ignorado	Considerado	Incorporado
Variabilidad	Inhibido	Considerado	Incorporado
Perturbaciones naturales	Suprimido si es posible	Mantenido si es posible	Mantenido si es posible
Crisis	Calamidad	Calamidad	Oportunidad
Novedad	Suprimido	Suprimido	Deseado
Redundancias	Bajo	Alto (pero no enfatizado)	Alto (enfatizado)
Potencial para el aprendizaje	Bajo	Moderado	Alto

meta de la gestión es debilitar la resiliencia del estado degradado, transformar el sistema a un estado deseado y luego fortalecer la resiliencia de este estado. El núcleo de la gestión mediante resiliencia en este caso es: 1) anticipar potenciales cambios en los regímenes de organización y tomar medidas para prevenirlos, 2) mantener la diversidad de elementos claves en el ecosistema y sus procesos de retroalimentación subyacente en un estado deseado con múltiples bienes y servicios ecosistémicos, y 3) reducir la probabilidad de un cambio catastrófico en el régimen de organización incrementando la capacidad adaptativa del sistema.

¿Cómo utilizar la aproximación basada en la resiliencia en la gestión de la pesca?

La gestión mediante la resiliencia no se puede adoptar eficazmente sin la presencia de las ciencias ecológicas y sociales y el monitoreo permanente. Así mismo, esta aproximación a la gestión no tendrá

éxito si se ignoran los cambios dinámicos y las interdependencias de los sistemas ecológicos y sociales. La gestión mediante la resiliencia es lo más eficaz cuando los componentes claves de los ecosistemas y sus interacciones son conocidas y los factores de incertidumbre identificados y (si es posible) reducidos. La identificación de estos componentes y factores se pueden llevar a cabo mediante “experimentos” diseñados por el gestor, es decir mediante intervenciones planificadas para comprobar las respuestas del ecosistema a dichas intervenciones. Esto a su vez facilitará la evaluación adelantada de potenciales efectos de perturbaciones y ayudará a la planificación de escenarios. La gestión mediante resiliencia debe estar enfocada en las propiedades generales del ecosistema, contrastando así con los puntos de vista de optimización que se concentra en unas pocas propiedades específicas del sistema (Tabla 1). Muchas estrategias de gestión han fracasado porque

intentan controlar perturbaciones o fluctuaciones, gestionan tan solo unas pocas especies (muchas de interés comercial), o buscan la optimización de sistemas adaptativos que se mueven dinámicamente (Holling y Meffe, 1996; Folke *et al.*, 2005). Estas estrategias no consideran que los ecosistemas son complejos y que sus dinámicas son extremadamente difíciles de predecir.

Las estrategias de gestión apropiadas varían en función de la certeza asociada al proceso en el cual se quiere intervenir y con las aptitudes y las capacidades que el gestor tiene para manipular el sistema (Peterson *et al.*, 2003). Aproximaciones tradicionales funcionan bien cuando la certeza es alta y el gestor puede fácilmente manipular el ecosistema. Las aproximaciones de gestión y sobre todo las políticas que las rigen deben ser más flexibles y deben considerar la planificación de escenarios (Peterson *et al.*, 2003) cuando la certeza es baja y la incertidumbre de alcanzar los resultados deseados mediante dichas manipulaciones es alta. Este es típicamente el caso en los sistemas socio-ecológicos que componen la pesca.

Los gestores que utilizan las aproximaciones basadas en la resiliencia necesitan tratar las respuestas esperadas como una hipótesis y la gestión como un experimento. Una parte importante en el proceso de aprendizaje es saber qué hipótesis rigen la gestión, qué intervenciones se han aplicado y qué datos fueron obtenidos para la evaluación de los resultados de dichos experimentos. Las gestiones fallidas pueden crear oportunidades para el desarrollo de nuevos modelos de gestión y servir también como catalizadores para el cambio de percepción en la sociedad. Cambiar las normas en el dominio social en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes pueden ayudar a los sistemas socio-ecológicos a evitar colapsos indeseados (Forbes *et al.*, 2009). El proceso de aprendizaje se puede facilitar cambiando las regulaciones de forma experimental, como por ejemplo cambiando los límites de captura o las restricciones en los equipos utilizados en la pesca. En este contexto es crítico que se involucren las partes interesadas, que estos verbalicen sus modelos mentales de los sistemas sociológicos y ecológicos y sus visiones sobre escenarios alternativos que se pueden dar bajo futuras condiciones (Browne *et al.*, 2009). Los pueblos indígenas pueden tener modelos mentales y objetivos bien distintos para la gestión de la pesca. Sin embargo sus conocimientos, que

pueden ser muy relevantes, apenas se suelen tener en consideración en la planificación e implementación de planes de gestión (Berkes, 2008).

Las próximas décadas van a ser los más críticos para la gestión de los recursos naturales, y van a determinar el capital natural disponible para una cada vez más creciente población humana. Gestionar adecuadamente los recursos naturales, especialmente la pesca, va a ser de extrema importancia. Reconocemos la dificultad de operacionalizar las aproximaciones de gestión basadas en la resiliencia. Sin embargo, creemos que el estado del conocimiento es tal que se pueden desarrollar modelos de gestión que pueden incrementar la resiliencia y sostenibilidad de la pesca y otros sistemas de producción. Será crucial que los enfoques no solo se den en la biología de las poblaciones, sino en la ecología de los ecosistemas y paisajes y sus interacciones con el sistema social en un amplio sentido (desde el pescador hasta las instituciones gubernamentales).

Las siguientes secciones presentan aspectos claves requeridos para la gestión basada en la resiliencia:

Una gestión más allá de las poblaciones de peces

Hay que gestionar las comunidades acuáticas y no solo las poblaciones de interés comercial. Los científicos han expresado la necesidad de cambiar la manera en la que solemos ver las capturas de peces en las poblaciones salvajes. Las capturas deben tener en cuenta el tamaño de las especies individuales en proporción a la composición y el tamaño de toda una comunidad acuática (Hsieh *et al.*, 2010; García *et al.*, 2012). Estas capturas deben ser ajustadas espacial y temporalmente en proporción a la distribución espacial y temporal de toda la comunidad acuática. Desafortunadamente, muchas de las regulaciones que existen hoy día tienen un enfoque casi único en las especies sin tener en cuenta los patrones de co-ocurrencia e interacciones entre especies, la influencia del tamaño o la configuración estructural o funcional del estado deseado en el ecosistema acuático. Como es el caso de muchas aproximaciones de gestión de los recursos naturales que se basan en los modelos de resiliencia, la clave es flexibilidad y adaptación. Desafortunadamente estos componentes claves se suelen ignorar a favor de la consistencia con el fin de incrementar la claridad de la gestión.

Hay que gestionar las cuencas hidrográficas, no solo

un único ecosistema acuático. Los sistemas acuáticos son la manifestación de la convergencia entre la topografía y la precipitación que son regulados por el medioambiente creado por los humanos y las condiciones climáticas. Como consecuencia, es igual de importante considerar tanto la cuenca como los sistemas acuáticos mismos en la gestión de la pesca, ya que es la matriz terrestre la que influye en muchos procesos ecológicos como son las tasas de recarga o los flujos de nutrientes o contaminantes (Carpenter *et al.*, 1998; Bennett *et al.*, 2001). Cambios en los paisajes requerirán modificaciones en los modelos actuales de la gestión pesquera. Por ejemplo, un cambio de un paisaje dominado por praderas a otro agrícola requiere que los gestores establezcan relaciones de trabajo entre campesinos, cooperativas y políticos, considerando explícitamente las normas pasadas, presentes y futuras que rigen la explotación agrícola. De modo similar, un cambio de un paisaje agrícola a otro urbano demanda que la gestión se base en la creación de relaciones entre activistas en las comunidades, alcaldes, empresarios y asociaciones de vecinos. En este caso se deben considerar explícitamente las condiciones pasadas, presentes y futuras de las políticas que determinan la planificación del territorio y el desarrollo.

Hay que gestionar las redes de los cuerpos acuáticos, en vez de sistemas específicos. Muchos sistemas acuáticos (lagos, embalses) comprenden islas en el paisaje y los humanos interactúan más con toda la red de cuerpos acuáticos en vez de ecosistemas aislados (Carpenter y Brock, 2004). Por ejemplo, muchas personas dedicadas a la pesca recreativa disponen de una alta movilidad y tienen acceso a los medios sociales para comunicar los cambios en las condiciones de la pesca. Esto facilita que los comportamientos de los pescadores recreativos cambien rápidamente en respuesta a las condiciones cambiantes. La gestión se facilitará si entendemos los patrones de participación y los motivos de los pescadores desde un punto de vista regional, y si identificamos los sustitutos primarios y secundarios de cuerpos acuáticos preferidos. De esta manera se pueden repartir los pescadores más equitativamente entre los cuerpos acuáticos existentes, reduciendo así el riesgo de sobreexplotación de ecosistemas concretos (Martin y Pope, 2011). Si conocemos la configuración espacial de los cuerpos acuáticos en un sistema de pesca regional (o los patrones espaciales de hábitats

dentro de un cuerpo acuático grande) se verá beneficiada una aproximación de gestión basada en el paisaje. Gestionar la conectividad de masas acuáticas asegura que exista un balance entre sistemas que no están demasiado conectados ni aislados. La mejor manera de alcanzar esta meta es probablemente el desarrollo de medidas que consideren explícitamente la conectividad funcional entre y dentro de los cuerpos acuáticos.

Hay que identificar potenciales estados alternativos, umbrales críticos e indicadores de cambio. Se tiene que tener en cuenta el tipo de estado alternativo en el cual un ecosistema puede existir. Cambios de un régimen a otro ocurren cuando un sistema se acerca a y luego sobrepasa un umbral crítico. La identificación de umbrales críticos es útil porque reconocer un posible estado degradado de un sistema es el primer paso para evitar que se produzca. En los sistemas sociológicos-ecológicos combinados, esto requiere que se determinen las configuraciones en las que pueden existir los estados alternativos para poder entender como un sistema se transforma (Walker y Meyers, 2004). Los umbrales críticos entre regímenes alternativos pueden ser caracterizados por un cambio en la dirección o la intensidad de los procesos de retroalimentación o por un incremento en la varianza de parámetros claves (Carpenter y Brock, 2006; Wardwell y Allen, 2009). Indicadores relevantes incluyen una varianza incrementada (Carpenter y Brock, 2006), una ralentización crítica de procesos (Scheffer *et al.*, 2009), y otros parámetros como la información de Fischer (Karunanithi *et al.*, 2008). De interés particular es la identificación de “trampas” o configuraciones indeseadas del sistema que se retroalimentan para mantener el sistema en un estado degradado. Los procesos que fortalecen esta retroalimentación, denominados histéresis, complican la vuelta de un sistema degradado a un estado deseado (Carpenter y Brock, 2008).

La gestión adecuada de los ecosistemas y paisajes requiere un entendimiento de las escalas apropiadas en las que los procesos y las estructuras operan. La identificación y el reconocimiento de las dominantes frecuencias temporales y escalas espaciales y las interacciones entre estas escalas son primordiales para la gestión. Un sistema resiliente mantiene más o menos las mismas estructuras, procesos estructurantes y funcionales a lo largo del tiempo, mientras se adapta dinámicamente a los

cambios ambientales. Los ecosistemas están generalmente estructurados en escalas distintas y cada escala se rige por solo unos pocos procesos y variables (Holling, 1992). La identificación de estos procesos y sus escalas de influencia son importantes para una gestión basada en la resiliencia. La gestión considera típicamente procesos a escalas pequeñas, mientras que no se tienen en cuenta procesos a meso y macro-escalas. Es igual de importante considerar estos para evitar que se produzcan consecuencias negativas en los ecosistemas a largo plazo.

Es necesario aplicar el modelo que considera la interdependencia de las escalas. Este modelo, llamado “cross-scale resilience model” en inglés, considera que la resiliencia aumenta con la cantidad de funciones presentes en una escala y la redundancia de dichas funciones entre escalas distintas. La resiliencia de los procesos ecológicos, y por tanto de los ecosistemas, depende de la distribución de funciones dentro y entre escalas (Peterson *et al.*, 1998). Imagínese que especies de animales ejercieran las mismas funciones ecológicas. Si estos operan en distintas escalas, sus funciones se refuerzan mutuamente, contribuyendo así a la resiliencia de esta función y al mismo tiempo se reduce la competencia entre las especies, favoreciendo su co-existencia, ya que operan en escalas distintas. La resiliencia incrementa si solapan distintas funciones ejecutadas por diferentes especies en una misma escala. Asimismo, la diversidad de miembros dentro de los grupos funcionales presentes en una escala (llamado “response diversity”; Elmqvist *et al.*, 2003) proporciona respuestas robustas a una diversidad de perturbaciones que complementan las respuestas entre las escalas (“cross-scale redundancy”). Disponemos de métodos que son capaces de detectar escalas relevantes originadas supuestamente por distintos procesos de organización en datos de comunidades animales y vegetales (Allen *et al.*, 2005; Stow *et al.*, 2007; Angeler *et al.*, 2009). Determinar la distribución de funciones dentro y entre las escalas permite cuantificar, en términos relativos, la resiliencia de diferentes ecosistemas.

La gestión más allá de los sistemas ecológicos

No solo los componentes ecológicos sino también los sociales se tienen que considerar explícitamente en los modelos de gestión de la pesca. Los objetivos de la gestión tienen que especificar medidas sociales

como la satisfacción, es decir garantizar que la pesca sea posible bajo un rango de condiciones que garanticen a las sociedades alcanzar sus demandas tanto en términos de abastecimiento con recursos alimenticios como recreativos. Para ello se tiene que incentivar que la pesca se reparta entre distintos cuerpos acuáticos como medida integral de la gestión. Las políticas que se implementan sin la consideración de consecuencias sociales a menudo generan conflictos y resultan en que las normas no se cumplan (Sutinen, 1998; Sutinen y Kuperan, 1999). Esto hace peligrar la sostenibilidad de los recursos (Maiolo *et al.*, 1992; Roe, 1996; Hampshire *et al.*, 2004). Es entonces necesario considerar el uso de los recursos por distintos componentes de la sociedad (los pescadores y el público en general) para garantizar una gestión eficaz de la pesca (Marshall y Marshall, 2007).

Los gestores tienen que entender a las personas que entran en sus planes de gestión. Se puede averiguar las consecuencias sociales de políticas y normas si se miden cuatro atributos claves sobre la resiliencia de los pescadores: la percepción del riesgo asociado a cambios; la percepción y capacidad de tratar con estos cambios; la capacidad de planificación, aprender y reorganizar (capacidad adaptativa); y los niveles de interés en los cambios (Marshall y Marshall, 2007). Personas involucradas en la utilización de recursos requieren flexibilidad tanto a nivel financiero como emocional y una percepción positiva de potenciales cambios en las normas para navegar exitosamente a través de los cambios de las normas (Marshall y Marshall, 2007). Los gestores pueden incrementar la capacidad de los pescadores a adaptarse a estos cambios de las normas mediante el desarrollo y la educación destinados a mejorar sus capacidades de planificación y reorganización antes de la implementación de nuevas normas. Esto también requiere que los pescadores participen activamente en la gestión de los recursos. Para ello serán necesarios programas de co-gestión adaptativos entre las instituciones y los hombres.

Hay que gestionar a la sociedad en toda su amplitud y no solo grupos con intereses específicos. Los gestores se han enfocado tradicionalmente en los pescadores comerciales y recreativos, sin tener en cuenta las componentes del sistema social que se extiende más allá de las industrias de soporte. Las agencias de gestión tienen que considerar particularmente las regulaciones de captura, porque a menudo se muestran casos que en vez de actuar

para el interés del público general, las instituciones empiezan a favorecer grupos con intereses particulares dentro de sus dominios de responsabilidad (Laffont y Tirole, 1991; Dal Bó, 2006). Las agencias involucradas en la gestión crean capacidad adaptativa en los sistemas sociales si gestionan proactivamente los intereses públicos generales, y no solo de grupos particulares.

Necesitamos desarrollar especializaciones y favorecer la diversificación de los pescadores comerciales y recreativos. Esto incrementa la participación de la gente en programas de gestión (Vaske y Donnelly, 1999; McFarlan y Boxall, 1996). La diversificación provee a los pescadores de más oportunidades de participación cuando los sistemas ecológicos son dinámicos. Los gestores pueden facilitar esta especialización y diversificación de los pescadores si comunican claramente las dinámicas ecológicas de sistema, incluyendo los patrones espaciotemporales de las poblaciones de interés comercial. El gestor puede entonces ajustar las acciones de gestión en el sistema social dependiendo de las dinámicas de sistema ecológico subyacente. Es crítico considerar los contextos sociales y ecológicos porque existen varias limitaciones de naturaleza financiera, físicas y de otra índole para los pescadores que requieren un ajuste del componente social de la gestión al sistema ecológico en cuestión.

Hay que modificar las regulaciones para incrementar la flexibilidad en la implementación de criterios científicos en la gestión. Un problema fundamental de las regulaciones es que las normas necesitan ser simples y rígidas para poder ser seguidas. Sin embargo, el dinamismo tanto del ecosistema, como del componente social requiere una mayor flexibilidad en cuanto a la implementación y ejecución de las normas. Esto quiere decir que regulaciones rígidas y demasiado simplificadas necesitan ser cambiadas para facilitar a los gestores locales ajustar sus acciones a las condiciones específicas de los sistemas ecológicos y sociales con los que trabajan. Esta flexibilidad resultará lo más probablemente en una mayor creatividad de los gestores para tratar con ciertos problemas ambientales y sociales.

Necesitamos identificar potenciales estados alternativos, umbrales críticos e indicadores. Para ello se tiene que tener en cuenta en qué estados alternativos puedan existir las sociedades gestionadas (familias, pueblos, ciudades,

industrias). Los cambios en los regímenes políticos y en las normativas ocurren cuando un sistema social se acerca a un umbral crítico. Por ejemplo, las actividades pesqueras pueden estar relacionadas con actividades recreativas o servir para garantizar el abastecimiento con recursos alimenticios, dependiendo de las condiciones económicas. Los umbrales críticos pueden indicar no solo la satisfacción de los pescadores o de sus familias sino también las economías regionales que influyen en los patrones de participación y en las cuotas de pesca. Estos umbrales son bastante dinámicos y específicos para cada sistema ecológico-social influido por la composición de la población de pescadores y la sociedad más amplia que los rodea (Johnston *et al.*, 2010).

Necesitamos identificar escalas críticas. Hay que entender que los procesos que son específicos para cada escala no solo son importantes en los sistemas ecológicos sino también en los sociales. Hace falta saber quién pesca con quién y con qué, cuánto tiempo y cuáles son sus motivaciones. La identificación de las escalas temporales y espaciales adecuadas en las que los procesos tienen lugar es importante, así como entender cómo éstos procesos interactúan entre escalas es también importante para gestionar la resiliencia del sistema social. Las escalas temporales de interés incluyen la frecuencia y la duración de los viajes para ir a pescar. La relación entre tamaño del cuerpo acuático y las distancias y el tiempo requerido para desplazarse a ellos también es importante. También se deben tomar en consideración las escalas administrativas y regulatorias ya que apenas corresponden con las escalas relevantes del sistema ecológico (Conroy *et al.*, 2003, Cumming *et al.*, 2012). La heterogeneidad política puede incrementar o reducir la resiliencia; esto depende de las estructuras gubernamentales, las frecuencias y el grado de cambio en los regímenes políticos.

Hay que aplicar el modelo que considera la interdependencia de las escalas en el sistema social. Se debe entender los papeles funcionales que juegan los grupos de interés en una sociedad gestionada, porque esto ayudará a crear una mayor diversidad en la presión de la pesca en los sistemas acuáticos y redundará en la facilitación para crear oportunidades. Hay que considerar la colaboración con la diversidad de grupos de interés existentes en una sociedad para crear oportunidades en la pesca que sean sensibles desde un punto de vista cultural.

Incrementar la resiliencia es importante, y esta meta se puede alcanzar si se mantienen los patrones de distribución de funciones sociales dentro y entre escalas.

Necesitamos transferir la toma de decisión desde un proceso administrativo y político al gestor local. Las políticas no deben regir la toma de decisión en cuanto a la gestión de recursos naturales locales. Asimismo las economías no deben influir en la toma de decisiones porque los beneficios que se obtienen a corto plazo conllevan una reducida sostenibilidad a largo plazo. Los mismos pescadores no deben tomar decisiones no reguladas para evitar que se produzcan fenómenos descritos como la tragedia de los comunes (Hardin, 1968). Existen propuestas que sugieren la creación de espacios para una implementación flexible de la legislación (Olsson y Folke, 2004) y esto puede facilitar la toma de decisión objetiva para establecer el acceso a la pesca.

Gestión de las interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales

Es necesario definir la causa y las respuestas de los factores que influyen en la resiliencia, ya que no todos los componentes en un sistema ecológico-social responden de la misma manera a una determinada forma de perturbación, o combinaciones de estrés. La resiliencia se puede determinar tanto en el sistema global como en partes del sistema. Además la resiliencia se determina como una relación entre un estado actual (o bien de una parte del sistema o del sistema entero) y un estado potencial. Es probable que un sistema de pesca sea muy resiliente a un cambio en la regulación que influye en las tasas de extracción a corto plazo pero no necesariamente muestre la misma resiliencia a la introducción de especies exóticas o eventos de contaminación.

No hay que ignorar que los sistemas ecológicos y sociales están estrechamente conectados por lo que se tiene que estudiar la resiliencia de ambos sistemas. La pesca consiste de una combinación de sistemas ecológicos y sociales, y es necesario que los gestores no solo entiendan los factores que influyen en las dos partes del sistema sino también el grado de conexión entre ellos. Por ejemplo, lagos aislados en un paisaje con poco desarrollo de actividades pesqueras componen un sistema donde la parte ecológica y la social no están fuertemente conectados. Por el contrario, en el lago Victoria

(África) que sufre un alto grado de pesca que soporta la subsistencia de poblaciones humanas en sus alrededores compone un sistema donde la componente ecológica y la social están estrechamente ligadas. Por lo tanto, cada sistema ecológico-social requiere un modo de gestión que se adapte específicamente a este sistema concreto. Es necesario reconocer las facetas inherentes de cada componente para poder gestionar adecuadamente cada sistema ecológico-social.

Estas gestiones requieren aproximaciones a la gestión que sean adaptativas, es decir que incluyan un proceso de aprendizaje y que reduzcan la incertidumbre (Allen *et al.*, 2011b). Para ello es pertinente tratar la gestión como un experimento. El proceso de aprendizaje se favorece cuando las intervenciones de la gestión son tratadas como una hipótesis que se puede verificar o rechazar. Es clave la utilización apropiada de la gestión adaptativa, que se produce cuando la incertidumbre es alta. Los gestores de la pesca tienen una ventaja frente a otros que gestionan la vida silvestre, en el sentido de que disponen de un número de masas acuáticas aisladas (lagos y embalses) que pueden servir como las réplicas del experimento. Modelos de gestión adaptativa que activamente y genuinamente involucran a los grupos de interés son superiores a los modelos pasivos. Si se aplica un proceso activo de gobierno de los recursos que conecte a los individuos, las organizaciones, las agencias e instituciones a múltiples niveles de organización se reduce la necesidad y el coste para resolver conflictos que pueden surgir si el flujo de comunicación no es el óptimo (Folke *et al.*, 2005).

Necesitamos identificar los enigmas asociados a la gestión. Los factores espaciales son muchos, como la ubicación de los cuerpos acuáticos en el paisaje, su conectividad o la capacidad de los organismos que los habitan para migrar entre ellos (Cumming, 2011). Por tanto, es difícil predecir si un sistema de pesca que se basa a un solo cuerpo acuático grande (>25000 ha) tiene una mayor resiliencia que otro sistema que consista de 20 cuerpos acuáticos pequeños (<200 ha). Un cuerpo acuático grande tiene probablemente más especies que 20 pequeños dentro de una región, mientras que los pequeños probablemente contienen más redundancia en términos de peces que se pueden pescar. De modo similar, es probable que un lago grande atraiga a más pescadores, incrementando así la presión pesquera en el mismo. De momento resulta difícil

Tabla 2. Respuestas predecibles (hipótesis de partida) de poblaciones de peces, comunidades de peces, ecosistemas acuáticos, pescadores comerciantes y recreativos y la sociedad a intervenciones de gestión mediante una aproximación de gestión basada en la resiliencia.

Enfoque de la gestión	Respuesta de					
	Población de peces	Comunidad de peces	Ecosistema acuático	Pescadores comerciales	Pescadores recreativos	Sociedad
Comunidades acuáticas				Diversificación en las poblaciones a pescar	Diversificación de la presión de la pesca orientada a especies concretas	
Cuencas hidrográficas			Mejora en la calidad de agua			
Redes de cuerpos acuáticos				Diversificación en la utilización de los cuerpos acuáticos	Diversificación de la presión de la pesca entre cuerpos acuáticos	
Personas					Incrementada satisfacción con las experiencias recreativas	
Resiliencia social y ecológica	Estabilizar el reclutamiento anual	Complejidad incrementada en la dinámica de las redes tróficas	Mejor capacidad responder a perturbaciones	Mayor calidad de vida	Mejores experiencias recreativas	Mejor calidad de vida. Estabilidad económica de la industria pesquera
Regulaciones				Acceso y capturas restringidas	Diversificación de la presión de la pesca entre cuerpos acuáticos	
Toma de decisiones (transferido)				Volatilidad reducida y mejor predicción de ganancias anuales	Diversificación de las oportunidades ofrecidas por los cuerpos acuáticos	Incrementada dependencia a criterios científicos para la toma de decisiones
Gestión adaptativa						Mayor conocimiento
Identificación de alternativas						Incrementada dependencia a criterios científicos para tomar decisiones políticas
Identificación de escalas críticas						Incrementada dependencia a criterios científicos para tomar decisiones políticas

hacerse una idea de si la gestión basada en la resiliencia es más simple en una pesca regional que tiene un gran cuerpo acuático o muchos pequeños.

¿Es la gestión basada en la resiliencia una aproximación mejor frente a otros modelos? Creemos que sí, pero hay que reconocer que la gestión basada en la resiliencia no se ha testado y probablemente nos enfrentamos con obstáculos. La envergadura de una gestión utilizando los conceptos de la resiliencia requiere que se consideren una cantidad de procesos complejos y multidimensionales que interactúan entre el sistema social y el ecológico que se pueden ignorar fácilmente en aproximaciones tradicionales a la gestión—esto es un impedimento sustancial para el éxito en la implementación de modelos de gestión basados en la resiliencia. Sin embargo, la ventaja de gestionar mediante resiliencia es que dicha complejidad se puede tener en cuenta explícitamente mediante la incorporación de un proceso de aprendizaje y adaptaciones en el proceso. El establecimiento de hipótesis sobre la resiliencia social y ecológica en el sistema y testarlos rigurosamente en forma de experimentos de gestión ofrece una herramienta útil para este fin. El éxito será probablemente mayor si se testan partes pequeñas de manera individual en vez de intentar testar todo el concepto en un solo experimento, porque una sola intervención por parte de los gestores en el sistema aumenta la resiliencia de todos los componentes en todas las escalas del sistema de la pesca (Tabla 2). Las medidas necesitan estar tomadas en las escalas correctas y relevantes. Sugerimos para empezar la experimentación adaptativa, que los gestores se enfoquen en 2 niveles sociales (los pescadores y la sociedad) y tres ecológicos (la población de interés comercial, las comunidades acuáticas, y todo el ecosistema) en sus sistemas (Tabla 2). Esta experimentación se beneficiará si se dispone de sistemas de control donde no se aplique una gestión basada en la resiliencia.

Conclusiones

La productividad y las ganancias económicas de los modelos tradicionales de la gestión de la pesca son probablemente mayores que los de la resiliencia. Sin embargo, los beneficios a largo plazo de una gestión basada en la resiliencia son que la necesidad y la cantidad de intervenciones mayores para

restaurar un sistema sobreexplotado disminuye y el aprovechamiento sostenible de los recursos se incrementa.

Los gestores tienen posibilidad de estudiar las comunidades acuáticas, las cuencas hidrográficas, y las sociedades para crear una resiliencia social y ecológica. Los administradores y políticos pueden fomentar una modificación de las regulaciones, transferir el proceso de toma de decisiones, y utilizar una gestión adaptativa para crear una resiliencia social y ecológica. Los científicos deben identificar estados alternativos, umbrales críticos y la anticipación de los mismos desarrollando indicadores para garantizar una resiliencia social y ecológica. Esto no solo se debe considerar en sistemas de producción relacionado a la pesca sino también en otros sistemas de producción.

Agradecimientos

La Unidad de Investigaciones Piscícolas y Vida Silvestre está financiada por un contrato cooperativo entre el USGS, la Universidad de Nebraska, el Instituto Estadounidense de la Pesca y Vida Salvaje, y el Instituto de Gestión de la Vida Silvestre. La mención de marcas o productos comerciales no implica aprobación por parte del gobierno de EE.UU. Agradecemos el apoyo recibido por la Fundación August T. Larsson de la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas y las lecturas críticas y correcciones lingüísticas llevadas a cabo por María José García Pérez e Isabel Quintana.

Bibliografía

- Allan, J.D., Abell, R., Hogan, Z., Revenga, C., Taylor, B.W., Welcomme, R.L. y Winemiller, K. 2005. Overfishing of inland waters. *Bioscience*, 55: 1041-1051.
- Allen, C.R., Cumming, G.S., Garmestani, A.S., Taylor, P.D. y Walker, B.H. 2011a. Managing for resilience. *Wildlife Biology*, 17: 337-349.
- Allen, C.R., Fontaine, J.J., Pope, K.L. y Garmestani, A.S., 2011b. Adaptive management for a turbulent future. *Journal of Environmental Management*, 92: 1339-1345.
- Allen, C.R., Gunderson, L. y Johnson, A.R. 2005. The use of discontinuities and functional groups to assess relative resilience in complex systems. *Ecosystems*, 8: 958-966.
- Allen, C.R. y Holling, C.S. 2008. *Discontinuities in ecosystems and other complex systems*. Columbia University Press, New York, USA.
- Angeler, D.G., Viedma, O. y Moreno, J.M. 2009. Statistical performance and information content of time lag analysis and redundancy analysis in time series modeling. *Ecology*, 90: 3245-3257.

- Angeler, D.G., Drakare, S. y Johnson, R.K. 2011. Revealing the organization of complex adaptive systems through multivariate time series modeling. *Ecology and Society*, 16(3): 5. URL: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04175-160305>
- Angeler, D.G. y Johnson, R.K., 2012. Temporal scales and patterns of invertebrate biodiversity dynamics in boreal lakes recovering from acidification. *Ecological Applications*, 22: 1172–1186.
- Anticamara, J.A., Watson, R., Gelchu, A. y Pauly, D. 2011. Global fishing effort (1950-2010): trends, gaps, and implications. *Fisheries Research*, 107: 131-136.
- Beddington, J.R., Agnew, D.J. y Clark, C.W. 2007. Current problems in the management of marine fisheries. *Science*, 316: 1713-1716.
- Bennett, E.M., Carpenter, S.R. y Caraco, N.F. 2001. Human impact on erodible phosphorus and eutrophication: a global perspective. *BioScience*, 51: 227-234.
- Berkes, F. 2008. *Sacred Ecology*. Routledge Publishers, New York.
- Biggs, H.C. y Rogers, K.H. 2003. An adaptive system to link science, monitoring, and management in practice. En: du Toit, J.T., Rogers, K.H. y Biggs H.G. (Eds) *The Kruger Experience: Ecology and Management of Savanna Heterogeneity*. Island Press, Washington, D.C., pp. 59-80.
- Browne, M., Pagad, S. y De Poorter, M. 2009. The crucial role of information exchange and research for effective responses to biological invasions. *Weed Research*, 49: 6-18.
- Carpenter, S. y Brock, W. 2004. Spatial complexity, resilience, and policy diversity: fishing on land-rich landscapes. *Ecology and Society*, 9(1): 8.
- Carpenter, S.R. y Brock, W.A. 2006. Rising variance: a leading indicator of ecological transition. *Ecology Letters*, 9: 311-318.
- Carpenter, S.R. y Brock, W.A. 2008. Adaptive capacity and traps. *Ecology and Society*, 13(2): 40.
- Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley A.N. y Smith, V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8: 559-568.
- Coleman, F.C., Figueira, W.F., Ueland, J.S. y Crowder, L.B. 2004. The impact of United States recreational fisheries on marine fish populations. *Science*, 305: 1958-1960.
- Conroy, M.J., Allen, C.R., Peterson, J.T., Pritchard, L., Jr. y Moore, C.T. 2003. Landscape change in the southern piedmont: challenges, solutions, and uncertainty across scales. *Conservation Ecology*, 8(2): 3. <http://www.consecol.org/vol8/iss2/art3>
- Cumming, G.S. 2011. *Spatial Resilience in Social-Ecological Systems*. Springer, London.
- Cumming, G.S., Olsson, P., Chapin, F.S. y Holling, C.S., 2012. Resilience, experimentation, and scale mismatches in social-ecological landscapes. *Landscape Ecology* (en prensa) DOI: 10.1007/s10980-012-9725-4.
- Dal Bó, E. 2006. Regulatory capture: a review. *Oxford Review of Economic Policy*, 22: 203-225.
- Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B. y Norberg, J. 2003. Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1: 488-494.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. y Norberg, J. 2005. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30: 441-473.
- Forbes, B.C., Stammer, F., Kumpula, T., Meschtyb, N., Pjunen, A. y Kaarlejarvi, E. 2009. High resilience in the Yamal-Nenets social-ecological system, West Siberian Arctic, Russia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 22041-22048.
- Garcia, S.M., Kolding, J., Rice, J. 2012. Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science*, 335: 1045-4047.
- Gunderson, L.H. y Holling, C.S. 2002. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington, D.C.
- Hampshire, K., Bell, S. y Wallace, G. 2004. "Real" poachers and predators: shades of meaning in local understanding of threats to fisheries. *Society and Natural Resources*, 17: 305-318.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science*, 162: 1243-1248.
- Hilborn, R., Branch, T.A., Ernst, B., Magnusson, A, Minte-Vera, C.V., Scheuerell, M.D. y Valero, J.L. 2003. State of the world's fisheries. *Annual Review of Environment and Resources*, 28: 359-399.
- Holling, C.S. 1973: Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1-23.
- Holling, C.S. 1992. Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs*, 62: 447-502.
- Holling, C.S. y Meffe, G.K. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology*, 10: 328-337.
- Holmlund, C.M. y Hammer, M. 1999. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29: 253-268.
- Hsieh, C., Yamauchi, A., Nakazawa, T. y Wang, W.-F. 2010. Fishing effects on age and spatial structures undermine population stability of fishes. *Aquatic Sciences*, 72: 165-178.
- Hutchings, J.A., Walters, C.J. y Haedrich, R.L. 1997. Is scientific inquiry incompatible with government information control? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 1198-1210.
- Ibarra, A.A., Reid, C. y Thorpe, A. 2000. Neoliberalism and its impact on overfishing and overcapitalisation in the marine fisheries of Chile, Mexico and Peru. *Food Policy*, 25: 599-622.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293: 629-637.
- Johnston, F.D., Arlinghaus, R. y Dieckmann, U. 2010. Diversity and complexity of angler behavior drive socially optimal input and output regulations in a bioeconomic recreational-fisheries model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67: 1507-1531.
- Karunaniithi, A.T., Cabezas, H., Frieden, B.R. y Pawlowski, C.W. 2008. Detection and assessment of ecosystem regime shifts from Fisher Information. *Ecology and Society*, 13(1): 22 <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art22/>
- Laffont, J.-J. y Tirole, J. 1991. The politics of government decision-making: a theory of regulatory capture. *Quarterly Journal of Economics*, 106: 1089-1127.
- Maiolo, J.R., Johnson, J. y Griffith, D. 1992. Applications of social science theory to fisheries management: three examples. *Society and Natural Resources*, 5: 391-407.
- Marshall, N.A. y Marshall, P.A. 2007. Conceptualizing and operationalizing social resilience within commercial fisheries in northern Australia. *Ecology and Society*, 12(1):

- 1.
- Martin, D.R. y Pope, K.L. 2011. Luring anglers to enhance fisheries. *Journal of Environmental Management*, 92: 1409-1413.
- Masood, E. 1997. Fisheries science: all at sea when it comes to politics? *Nature*, 386: 105-106.
- McFarlan, B.L. y Boxall, P.C. 1996. Participation in wildlife conservation by birdwatchers. *Human Dimensions of Wildlife*, 1: 1-14.
- Myers, R.A., Hutchings, J.A. y Barrowman, N.J. 1997. Why do fish stocks collapse? The example of cod in Atlantic Canada. *Ecological Applications*, 7: 91-106.
- Nielsen, L.A. 1999. History of inland fisheries management in North America. En: Kohler, C.C. y Hubert, W.A. (Eds) *Inland Fisheries Management in North America* 2nd edn. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 3-30.
- O'Connor, S., Ono, R. y Clarkson, C. 2011. Pelagic fishing at 42,000 years before the present and the maritime skills of modern humans. *Science*, 334: 1117-1121.
- Olsson, P. y Folke, C. 2004. Adaptive comanagement for building resilience in social-ecological systems. *Environmental Management*, 34: 75-90.
- Peterson, G., Allen, C.R. y Holling, C.S. 1998. Ecological resilience, biodiversity and scale. *Ecosystems*, 1: 6-18.
- Peterson, G.D., Cumming, G.S. y Carpenter, S.R. 2003. Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology*, 17: 358-366
- Petr, T. 1994. Intensification of reservoir fisheries in tropical and subtropical countries. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 79: 131-138.
- Roe, E. 1996. Why ecosystem management can't work without social science: an example from the California northern spotted owl controversy. *Environmental Management*, 20: 667-674.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *International Pacific Salmon Fishery Commission Bulletin*, 4: 27-56.
- Scheffer, M. 1997. *Ecology of Shallow Lakes*. London, Chapman and Hall.
- Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W.A., Brovkin, V., Carpenter, S.R., Dakos, V., Held, H., van Nes E.H., Rietkerk, M. y Sugihara, G. 2009. Early warning signals for critical transitions. *Nature*, 461: 53-59.
- Stow, C., Allen, C.R. y Garmestani, A.S. 2007. Evaluating discontinuities in complex systems: toward quantitative measures of resilience. *Ecology and Society*, 12:26. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art26/>
- Sutinen, J.G. 1998. Blue water crime: deterrence, legitimacy, and compliance in fisheries. *Law and Society Review*, 32: 309-313.
- Sutinen, J.G., y Kuperan, K. 1999. A socio-economic theory of regulatory compliance. *International Journal of Social Economics*, 26: 174-193.
- Vaske, J.J. y Donnelly, M.P. 1999. A value-attitude-behavior model predicting wildland preservation voting intentions. *Society and Natural Resources*, 12: 523-537.
- Walker, B., y Meyers, J.A. 2004. Thresholds in ecological and social-ecological systems: a developing database. *Ecology and Society*, 9(2): 3. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art3/>
- Walters, C.J. y Martell, S.J.D. 2004. *Fisheries Ecology and Management*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Wardwell, D. y Allen, C.R. 2009. Variability in population abundance is associated with thresholds between scaling regimes. *Ecology and Society*, 14(2): 42.
- Wehrtmann, I.S. y Nielsen-Muñoz, V. 2009. The deepwater fishery along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37: 543-554.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314: 787-790.
- Zellmer, S., y Gunderson, L. 2009. Why resilience may not always be a good thing: lessons in ecosystem restoration from Glen Canyon and the Everglades. *Nebraska Law Review*, 87: 893-949.