

## Introducción

# ¿Porqué necesitamos modelos ecológicos en la gestión de recursos naturales?

Juan A. Blanco

Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

[juan.blanco@unavarra.es](mailto:juan.blanco@unavarra.es)

Doi: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.193>

La respuesta a la pregunta que encabeza la presentación de este libro es superficialmente simple: porque las alternativas que han servido a la gestión de recursos naturales razonablemente bien en el pasado ya no son adecuadas hoy ni lo serán en el futuro. En realidad, la respuesta es bastante más complicada, ya que implica muchos otros temas como la incapacidad de la ciencia “reduccionista” tradicional para tratar las complejidades sociales y biofísicas que intervienen en la gestión de los recursos naturales; las amenazas a los mismos por el continuo aumento de la población humana y el incluso más rápido aumento en la “huella ecológica” al aumentar la calidad de vida (y el uso de recursos) en todo el planeta; las barreras institucionales para manejar los recursos naturales (impedimentos sociales, políticos y estructurales al uso del “manejo ecosistémico” (manejo de todo el ecosistema como una unidad, y no de los elementos que lo componen por separado), y los problemas relacionados con la inclusión de la población en las decisiones sobre los recursos naturales públicos.

## **1. El crecimiento de la población humana: El peligro ambiental último para los recursos naturales mundiales**

Paul Ehrlich (1968) predijo un desastre inminente para el mundo con su libro “La Bomba Poblacional”. Aseguraba que la población humana crecería pronto por encima del suministro de comida, energía y materiales, y además, que los impactos humanos sobre el planeta seguirían aumentando incluso si el crecimiento poblacional se ralentizase. Estos impactos están relacionados con la riqueza y la tecnología, las cuales se desarrollan y aumentan a un ritmo más rápido que el tamaño de la población humana.

Poco tiempo después, el Club de Roma publicó su famoso informe “Los límites al crecimiento” (Meadows, Meadows, Randers & Behrens, 1972). Este informe indicó que hay unos límites físicos al crecimiento de la población y actividad humana. El informe indicaba que los problemas asociados con el aumento de población, industrialización, contaminación, producción de comida y agotamiento de los recursos podrían ser resueltos uno a uno, si fueran independientes unos de otros. Sin embargo, este informe concluía que dado que todos los factores antes citados coexisten entrelazados en un mismo ambiente, resolver uno de ellos podría perjudicar a uno o varios de los otros, los cuales se convertirían a su vez en limitantes al crecimiento humano.

La advertencia de Erlich fue básicamente olvidada durante el resto el siglo XX, en parte por su coincidencia con una reducción de la tasa de crecimiento de la población (aunque en números absolutos la población ha seguido aumentando), y porque otros problemas ambientales atrajeron la atención de la sociedad. Los avisos del Club de Roma también fueron rechazados por ser demasiado pesimistas y porque el análisis estaba basado en un modelo simple que no tenía en cuenta la creatividad humana y su capacidad para resolver problemas. Sin embargo, la reciente actualización del estudio sobre “Los Límites al Crecimiento” que cuenta con 30 años más de desarrollo del conocimiento en ciencias ambientales, es incluso más pesimista que la primera edición, e indica la urgencia de tomar medidas tras dejar pasar 30 años de inacción (Meadows, Randers & Meadows, 2004). Más recientemente, Rokström, Steffen, Noone, Persson, Chapin, Lambin et al. (2009) han mostrado numéricamente como la humanidad ya ha cruzado algunos de los límites que definen la capacidad del planeta para mantenernos.

La población humana ha continuado su crecimiento desde los 3.000 millones de personas de 1960 a 7.000 millones en 2011, y se estima que puede alcanzar un máximo de unos 9.200 millones (ONU, 2004). La crisis económica que empezó en 2008 ilustra de forma clara lo estrechamente ligados que están los distintos sectores del sistema global humano. Además, el ya observable cambio climático no es sino un eco de las predicciones del Club de Roma. Tal y como se predijo, el uso de combustibles fósiles y el poder de la tecnología han aumentado el impacto ambiental per cápita. La creciente importancia del debate sobre la huella ecológica (Wackernagel & Rees, 1996) es un claro síntoma de que los peligros asociados al aumento en el número de habitantes del planeta están volviendo a tomar un protagonismo central en muchos de los debates sobre gestión de recursos naturales (agua, energía, comida, biodiversidad, madera, etc).

## **2. Hacia la sostenibilidad en la gestión de recursos naturales**

El aumento del movimiento ecologista indica la creciente concienciación en las sociedades más ricas del papel de los “servicios ecológicos” proporcionados por el ambiente natural que nos rodea, y que no pueden sustituirse por más actividad económica basada en los combustibles fósiles. Temas como la lluvia ácida, el agujero de ozono, la biodiversidad, la sobrepesca, la deforestación o las emisiones de carbono se están convirtiendo en prioridades para muchas organizaciones e incluso algunos gobiernos.

El resto es evaluar cómo y cuándo las prácticas de gestión actuales deberían ser reexaminadas para conseguir el deseado equilibrio de valores ecológicamente sostenibles. Este reto es complejo debido a las distintas escalas espaciales y temporales a las cuales la sostenibilidad de distintos valores y servicios puede ser examinada (Kimmins, 2007). Las respuestas son con frecuencia distintas cuando la misma pregunta se considera a escalas diferentes. Las estrategias óptimas de manejo variarán entre distintos ecosistemas (a nivel de parcela o explotación) y distintas regiones ecológicas (a nivel de paisaje o política ambiental).

La respuesta de cómo y cuándo cambiar el manejo de los recursos naturales en respuesta a amenazas existentes o futuras tradicionalmente se ha hecho basándose en la experiencia. Sin embargo, la experiencia es siempre relativa al pasado, nunca al futuro en el cual se enmarca la gestión del recurso en cuestión. Por lo tanto, tomar decisiones para el futuro basándonos únicamente en la experiencia sobre el pasado es equivalente a “conducir mirando en el espejo retrovisor”. Esta opción puede ser posible si la carretera es recta (el futuro es igual al pasado), pero en cuanto hay curvas (el futuro ya no es igual al pasado) supone un gran riesgo.

La gestión de los recursos naturales está basada en predicciones: ¿Cuál será la cantidad de pesca recogida en el futuro? ¿Cuánta madera se producirá en una región? ¿Cuánta agua habrá disponible en un río? ¿Qué aspecto tendrá un área recreativa? ¿Se mantendrá la fertilidad del suelo en un campo agrícola? ¿Cuánto carbono se emitirá en una explotación minera? Este es el tipo de preguntas que debe responder el gestor actual de recursos naturales, y la experiencia con frecuencia no puede proporcionar la respuesta, ya que está basada en métodos de explotación que la sociedad ha demandado que se cambien.

Sin herramientas de predicción creíbles, un gestor de recursos naturales tiene poca base para decir que está manejando un recurso de forma sostenible, y de igual manera sin esas herramientas los críticos a la gestión carecen de una base creíble para mantener sus acusaciones de gestión no sostenible. No importa en qué lado de la gestión de recursos naturales se esté, es necesario tener las mejores herramientas basadas en ciencia para defender las posturas. Tales herramientas necesitan incorporar procesos ecológicos (Korzukhin, Ter-Mikaelian & Wagner, 1996) y funcionar a nivel de complejidad de ecosistema (Kimmins, Blanco, Seely, Welham & Scoullar, 2008).

### **3. El fallo de la ciencia tradicional para proporcionar las herramientas analíticas necesarias para el manejo de los recursos naturales**

La ciencia es una actividad humana que se relaciona con nuestra necesidad por conocer, entender y predecir los objetos, condiciones, procesos y eventos que son importantes para nuestra sociedad. Normalmente, está dirigida por el deseo de la sociedad de resolver problemas persistentes, de “hacer las cosas mejor”. Estos problemas son normalmente complejos y difíciles de entender. Aquí subyace la razón de la ciencia en general, y de la gestión científica de los recursos naturales: una forma de conocer, entender y predecir, y por lo tanto de tratar con la complejidad (Kimmins, Blanco, Seely, Welham & Scoullar, 2010).

La ciencia se puede reducir a los tres componentes complementarios que se han citado. Cada una de estas partes es necesaria para la resolución de problemas complejos, y ninguna es suficiente de forma aislada. Solamente cuando se combinan las tres partes se pueden alcanzar los objetivos y proporcionar una base adecuada para guiar la compleja relación entre gente y recursos naturales (Figura 1). La comunicación es considerada una cuarta parte de la ciencia, ya que la ciencia que no se comunica no contribuye al avance de la humanidad en la búsqueda de una forma de vida más sostenible con nuestro ambiente. La comunicación es requerida en los tres componentes de la ciencia, y este libro es parte de ese esfuerzo por parte de los científicos para comunicar sus hallazgos.

#### **3.1. Conocer**

El primer paso para resolver un problema es conocer qué es el problema, comparándolo con otros problemas, objetos o condiciones. Este conocimiento se genera por medio del proceso de inducción, que básicamente consiste en pasar de descripciones de muchos ejemplos del problema, objeto o condición a conclusiones que se deriven de los mismos. Este tipo de conocimiento basado en la experiencia es básicamente más fiable como base de la gestión que un simple sistema de creencias que carezca de esa experiencia. Sin embargo, el conocimiento y la experiencia siempre se relacionan con el pasado y el presente, respectivamente, mientras que en la gestión de recursos naturales queremos saber qué pasará en el futuro. El poder del componente inductivo de la ciencia es que si el conocimiento está basado en muchos ejemplos u observaciones de la realidad que provienen de situaciones complejas, esa complejidad subyacente está incorporada de forma implícita. Sin embargo, la experiencia por si sola puede ser una base adecuada (y a veces la mejor) para predecir el futuro si el futuro será idéntico, o muy similar, al pasado. Sin embargo, este no es generalmente el caso. De hecho, muchos

problemas en la gestión de recursos naturales aparecen cuando el público desea que se cambien las políticas y formas de gestión por otras nuevas de las que se carece de experiencia. Dos tipos de actividad científica se requieren para proporcionar suficiente confianza en nuestras interpretaciones basadas en la experiencia antes de que puedan usarse como unos cimientos fiables para una gestión efectiva. El primero es una prueba crítica de esa experiencia y de las hipótesis que genera. Este proceso proporciona entendimiento (Kimmins et al., 2010).

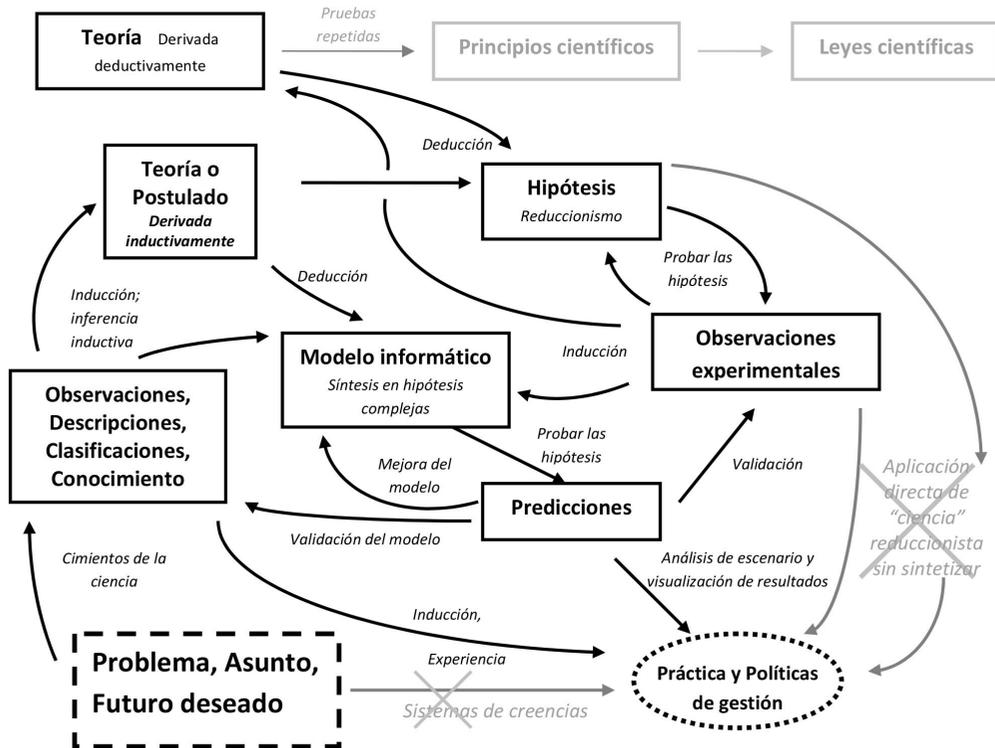


Figura 1. Los componentes principales de una ciencia completa en la gestión de recursos naturales. Nótese que ni un sistema de creencias poco informado ni la aplicación directa de los resultados de la ciencia hipotético-deductiva sin sintetizar (el componente de entendimiento) proporciona una base adecuada para la práctica y la política del manejo de recursos naturales (Kimmins, Welham, Seely, Meitner, Rempel & Sullivan, 2005)

### 3.2. Entender

Entender un problema, objeto o condición supone reducir la complejidad de las explicaciones o teorías iniciales basadas en la inducción a unidades más pequeñas. Este es el proceso de reduccionismo en que se basa la ciencia. Después se utiliza en proceso de deducción para generar hipótesis sobre esos componentes que puedan ser probadas. Una síntesis de esos resultados proporciona una base para una predicción fiable. En la ciencia básica de la gestión de recursos naturales (la que no está relacionada con políticas de gestión y prácticas de manejo), los resultados experimentales producidos a partir de investigaciones de componentes y procesos

individuales se añaden al creciente conocimiento científico. Este conocimiento sirve a su vez como los cimientos para nuevas teorías o postulados sobre esos procesos complejos (un procedimiento inductivo). Después de que esta rueda inductiva-deductiva de varias vueltas puede generar principios científicos, y si estos principios sobreviven a largos periodos de pruebas pueden llegar a convertirse en leyes científicas. Sin embargo, esos principios y leyes suelen ser teóricos y reduccionistas (refiriéndose a los componentes más simples de un ecosistema), por lo que es difícil aplicarlos directamente como la base para resolver problemas complejos en la gestión de recursos naturales.

Entender los componentes y procesos individuales de un problema, objeto o condición es un componente necesario de la ciencia, pero no es suficiente para resolver problemas complejos. Es similar a examinar con cuidado cada una de las piezas que componen un puzle, algo necesario para montar todo el conjunto, pero cada una de las piezas por separado da poca información del aspecto final del conjunto. Utilizando el símil de la construcción de una casa, la ciencia inductiva (conocer) proporciona los cimientos sobre los que ensamblan los ladrillos (piezas de conocimiento). Sin embargo, no es hasta que todas las piezas están colocadas que la casa se convierte en un conjunto funcional. Para ello es necesario tener un diseño que coordine estas piezas, que en ciencia es equivalente a hacer predicciones basadas en las piezas de conocimiento disponible.

### **3.3. Predecir**

Predecir es la capacidad de coordinar el conocimiento acumulado para explorar posibles situaciones en el futuro. “Conocer” es análogo a una descripción de un fotograma. “Entender” es análogo a examinar los componentes de cada fotograma y cómo encajan unos con otros. “Predecir” es hacer una película reuniendo los fotogramas que proporcionan fotos estáticas del sistema en diferentes momentos. Una de las razones principales por las que la ciencia no ha probado todo su potencial en la gestión de recursos naturales es que ha estado enfocada en entender en vez de en predecir, y a veces no ha estado adecuadamente cimentada sobre conocimiento, por lo que ha fallado en reconocer el nivel adecuado de complejidad y se ha enfocado en escalas espaciales, temporales y de organización biológica que están poco relacionadas con los problemas prácticos en la gestión de recursos naturales (Kimmins et al., 2005). En esencia, predecir es meramente el proceso de extrapolar el conocimiento y entendimiento del pasado y el presente en el futuro. Las predicciones están típicamente basadas en relaciones definidas entre variables predictoras y variables de respuesta. Describir, entender y cuantificar esas relaciones es lo que ha empujado el bucle inductivo-deductivo de prueba de hipótesis (Figura 1.1). La aplicación de la ciencia en la resolución de problemas ambientales siempre necesita de alguna forma de predicción basada en una síntesis del conocimiento y entendimiento de los componentes del sistema (Kimmins et al., 2010).

## **4. Modelos ecológicos en la gestión de recursos naturales**

Gestionar los recursos ambientales en el futuro de una forma ética y sostenible depende de nuestra capacidad para predecir las consecuencias posibles de distintas alternativas de gestión y políticas de manejo de sistemas naturales complejos. Mientras que la vía reduccionista y

analítica de la ciencia puede funcionar bien para predecir respuestas en sistemas simples, la gestión de recursos naturales invariablemente trata con sistemas complejos donde estos planteamientos reduccionistas son insuficientes. Para resolver este tipo de cuestiones son necesarias herramientas integradoras que contemplen las interacciones entre los distintos componentes de los sistemas a manejar. Además, al ser la gestión de recursos naturales una actividad humana, la actividad biofísica (a nivel de ecosistema) debe ser unida a valores sociales para predecir las interacciones entre estos dos componentes, por medio del análisis de escenarios. Estas herramientas son los modelos ecológicos, de los que este libro proporciona varios ejemplos.

En el primer capítulo de este libro, Miquelajauregui describe la importancia de la estimación de los flujos de carbono en relación con la adecuada gestión de las políticas creadas para la mitigación y adecuación al cambio climático. Esta autora compara varios modelos disponibles para simular estos flujos.

En el segundo capítulo del libro, Bayle-Sempere et al. describen las posibilidades de simulación de flujos de materia y energía en sistemas marinos, y la importancia de esta actividad para poder diseñar de forma adecuada planes de gestión de la piscicultura. De forma complementaria, en el tercer capítulo del libro Cisneros-Montemayor proporciona un ejemplo del uso de modelos ecológicos para estimar la importancia de los peces de forraje en la productividad de los océanos, un papel que a menudo queda olvidado al tener este tipo de organismos valores económicos bajos comparados con las especies tradicionalmente objetivo de la actividad pesquera.

En el cuarto capítulo del libro, Ruíz-Benito et al. describen distintas alternativas para estimar el cambio en la riqueza, distribución y biodiversidad de los ecosistemas en la península Ibérica, y discuten las ventajas e inconvenientes de cada tipo de herramienta. El predecir estas distribuciones adquiere una importancia especial cuando se considera que las condiciones climáticas (uno de los mayores determinantes de la distribución de especies) pueden cambiar en el futuro, si no lo están haciendo ya.

Los capítulos quinto y sexto presentan dos formas diferentes de simular el crecimiento de los bosques. Mientras que Chauchard et al. se centran en el uso de índices de densidad como el factor clave para la simulación del crecimiento de los árboles, Molowny et al. utilizan modelos de proyección integral como instrumentos para la gestión medioambiental forestal. Así mismo, el séptimo capítulo de González et al. hace una revisión del uso de distintos modelos para mejorar la gestión forestal en Cuba.

Por último, en el octavo capítulo Blanco et al. describen una experiencia en la gestión de energía renovable en la que se ha utilizado un modelo ecológico para estimar tanto la capacidad de generación de energía de biomasa de una región como los posibles efectos adversos en el ecosistema que ese aprovechamiento pudiera tener.

Todos estos ejemplos sirven para ilustrar las posibilidades existentes para mejorar la gestión de recursos naturales utilizando modelos desarrollados científicamente.

## Referencias

- Ehrlich, P.R. (1968). *The Population Bomb*. Cutchoque, NY: Buccaneer Books.
- Kimmins, J.P. (2007). Forest Ecosystem Management: Miracle or Mirage? En Harrington T.B. & Nicholas G.E. (Eds) *Managing for Wildlife Habitat in Westside Production Forests, General Technical Report PNW-GTR-695*. USDA Forest Service, PNW Research Station, Portland, OR.
- Kimmins, J.P., Blanco, J.A., Seely, B., Welham, C., & Scoullar, K. (2008). Complexity in modelling forest ecosystems. How much is enough? *Forest Ecology and Management*, 256, 1646-1658. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.011>
- Kimmins, J.P., Blanco, J.A., Seely, B., Welham, C., & Scoullar, K. (2010). *Forecasting Forest Futures: A Hybrid Modelling Approach to the Assessment of Sustainability of Forest Ecosystems and their Values*. Earthscan Ltd. London, UK. 281 pp. ISBN: 978-1-84407-922-3.
- Kimmins, J.P., Welham, C., Seely, B., Meitner, M., Rempel, R., & Sullivan, T. (2005). Science in forestry: why does it sometimes disappoint or even fail us? *The Forestry Chronicle*, 81, 723-734.
- Korzukhin, M.D., Ter-Mikaelian, M.T., & Wagner, R.G. (1996). Process versus empirical models: Which approach for forest management? *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 879-887. <http://dx.doi.org/10.1139/x26-096>
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens III W.W. (1972). *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. London, UK: Pan Books.
- Meadows, D.H., Randers, J., & Meadows, D.L. (2004). *The Limits to Growth. The 30-year Update*. London, UK: Earthscan.
- Organización para las Naciones Unidas (ONU) (2004). *World Population to 2300*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, NY.
- Rokström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475. <http://dx.doi.org/10.1038/461472a>
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.