

## Ciencia, manejo y la importancia de utilizar métodos pertinentes

Science, management and the importance of using relevant methods

Luis F. Pacheco

Colección Boliviana de Fauna, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés,  
Campus Universitario, Calle 27, Cota Cota, La Paz, Bolivia,

Autor de correspondencia: [luispacheco11@yahoo.com](mailto:luispacheco11@yahoo.com), [luisfpacheco@gmail.com](mailto:luisfpacheco@gmail.com)

La ciencia debería estar siempre como base de la tecnología y ésta es lo que la gente usualmente ve como producto útil de la ciencia (a veces llamada ciencia aplicada). Sin embargo, está claro que no toda la tecnología es útil e incluso hay avances tecnológicos que, además de algunas cosas buenas, han traído muchas cosas malas para la sociedad; baste mencionar la tecnología bélica (Constanza *et al.* 1997). Esto no quiere decir que la ciencia es dañina y, adicionalmente, es difícil distinguir entre ciencia básica y aplicada, pues la ciencia “aplicada” siempre debe estar basada en ciencia “básica”.

La ciencia suele asociarse al empleo de equipos sofisticados y técnicas numéricas complejas para el análisis de datos, pero ninguna de las dos cosas es imprescindible (Krebs 1999, Feinsinger 2013). La ciencia es un proceso de acumulación ordenada del conocimiento y puede entenderse simplemente como “un diálogo con la Naturaleza” (Prigogine 1997) o como un esfuerzo por “hacer inteligible la Naturaleza” (J. Vandermeer 2013, com. pers.) que, además, no es infalible, sino altamente dependiente de probabilidades (Prigogine 1997). Si la entendemos así, será más fácil comunicar los descubrimientos científicos al mundo, tanto al académico, como al usuario en general.

Posiblemente sea más relevante preguntarse si la ciencia es actualmente necesaria para la supervivencia del Ser Humano (SH) en el planeta. Hawking (2005) indicó que, a pesar de que la ciencia podía dar explicaciones sólidas a lo que había ocurrido un segundo después del “Big Bang”, no estaba seguro si ese conocimiento podía mejorar nuestras posibilidades de supervivencia en este planeta. Volviendo al planeta, está claro que la persistencia del SH en la tierra depende de mantener el ambiente en un estado que nos permita prosperar como cualquier ser vivo (Rockström *et al.* 2009, Steffen *et al.* 2011). Aun con los avances tecnológicos, el SH depende del ambiente y no al revés; es decir, nuestra supervivencia en este planeta depende de mantener los ecosistemas en un estado que nos permitan la vida (Pacheco 2012). Sin embargo, nuestras actividades afectan al ambiente mucho más que las de cualquier otro ser vivo, al menos en las últimas décadas. Es muy conocido que el cambio global, especialmente el calentamiento global, es producto de las actividades del SH que resultan en emisión de gases de efecto invernadero (Chapin *et al.* 2011; Marzeion *et al.* 2014). Las proyecciones sobre los efectos del cambio climático son conocidas y no es necesario entrar en detalle. Sin embargo, es menos común que la gente conozca los dos factores causantes principales de toda la crisis ambiental: sobrepoblación y uso excesivo de recursos naturales (Ehrlich & Ehrlich 2010, Pacheco 2012).

La sobrepoblación y el uso excesivo de recursos naturales afectan las tasas de renovación de los recursos renovables y aceleran la desaparición de aquellos que no son renovables. A la vez, estas actividades y procesos afectan los ciclos biogeoquímicos que mantienen a los ecosistemas

en el estado en que al SH le hacen posible la existencia. Recientemente, producto de un cuidadoso análisis, Motesharrei *et al.* (2014) postularon que el colapso de varias civilizaciones en el pasado fue causado por la estratificación social (inequidad) y la sobre-explotación de recursos naturales; y previenen sobre un posible colapso de nuestra civilización por las mismas causas, cualquiera de las dos por separado o interactuando.

Concentrémonos por un momento en la sobre-explotación de recursos naturales. Está probado que las consecuencias de la sobre-explotación (disminución de densidades poblacionales y/o pérdida de especies) afectan las estructuras comunitarias y los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas (Willkie *et al.* 2011, Naeem 2012); y como indican Motesharrei *et al.* (2014), pueden llevarnos al colapso de la civilización. Entonces, una forma clara de evitar esa situación es un adecuado manejo de los recursos naturales, en este caso el aprovechamiento sostenible de poblaciones, sin afectar estructuras comunitarias y no sobrepasar la capacidad de ciclaje de los ecosistemas. Para lograr aquello es obviamente necesario comprender cómo funcionan los ecosistemas, sus ciclos, la velocidad de sus procesos y cuán resistentes y resilientes son a nuestras actividades. Es decir, no podemos continuar actuando como si el planeta que nos alberga fuera indestructible y como si los problemas causados por nuestras actividades económicas (éstas son las que causan sobre-explotación) pudieran ser subsanadas con más actividades económicas.

Está claramente demostrado que el crecimiento económico continuado no es posible, por razones termodinámicas (Brown *et al.* 2011); es decir, no todos los países pueden llegar al nivel de consumo de los países industrializados, lo cual implica ya inequidad global. También está claro que el crecimiento económico no ha resuelto los problemas de equidad (Hedenus & Azar 2005), criminalidad (Kangaspunta 2003), bienestar social (Kubizeski

*et al.* 2013), ni de corrupción (Piff *et al.* 2012). Si el crecimiento económico no resuelve los problemas que promete va a resolver, menos podemos esperar que resuelva los problemas que evidentemente ha causado.

Este escenario invoca un cambio de visión en cuanto al papel de la ecología en el contexto global del desarrollo. Si una de las causas principales del colapso de las civilizaciones ha sido y se propone va a ser la sobre-explotación de recursos naturales, la mejor y más directa forma de evitarlo es con estrategias de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y con explotación de aquellos no renovables, tomando cuidado que no produzcan más desechos que los que los ciclos biogeoquímicos pueden procesar. Esto requiere de conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas y los efectos de la pérdida de resistencia y resiliencia ecológica (Steffen *et al.* 2011, Pacheco 2012), ambos escenarios fundamentales del trabajo en ecología.

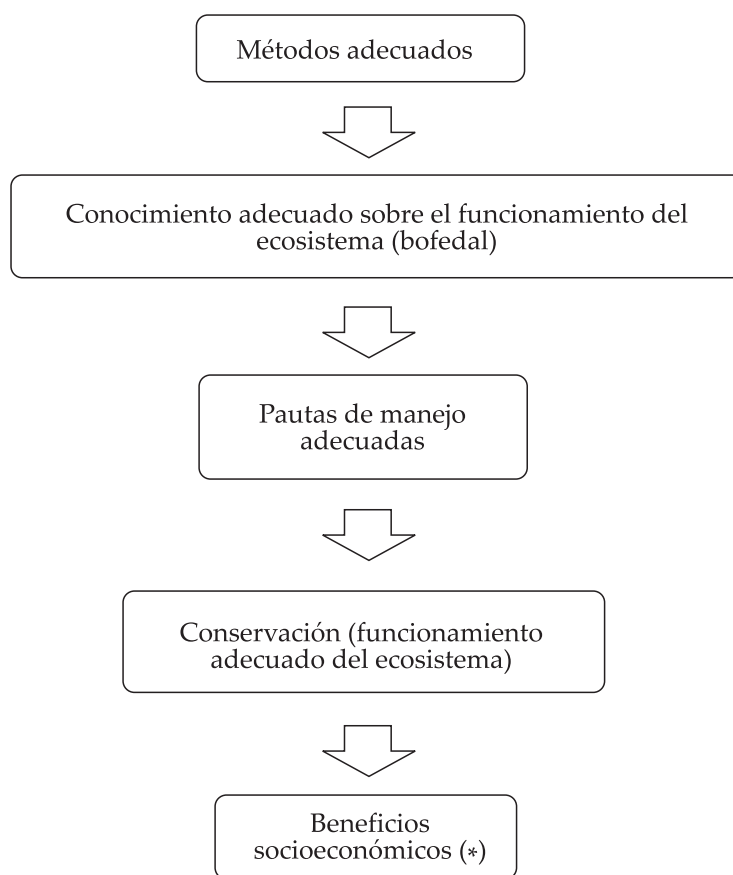
Lo anteriormente expuesto muestra la crucial importancia de la ecología en el contexto de la supervivencia y posibilidades de avance cultural (no económico en el sentido de crecimiento) de las sociedades humanas. Este tema está ya en el centro de atención de los investigadores en varias regiones del mundo, donde se están estudiando temas como capacidad de carga humana (p.e. Pimentel *et al.* 2010) y límites planetarios a los efectos de varios tipos de actividades humanas y sus consecuencias (Rockström *et al.* 2009).

Si la ecología es tan importante, entonces sus métodos deben ser cuidadosamente evaluados y las investigaciones diseñadas con rigurosidad. La ciencia está compuesta por dos componentes: las ideas y los datos. Los datos no aportan mucho sin un cuerpo teórico y las hipótesis sirven de poco sin datos para ponerlas a prueba (Krebs 1999). Si nos enfocamos en la toma de datos, queda claro que el método es crucial. Los métodos utilizados en nuestros estudios harán la diferencia entre resultados buenos (precisión,

exactitud, alta probabilidad de detección, gran capacidad de diferenciación de especies y otros) y malos (sesgo, imprecisión, falsos positivos, entre otros). Si nuestros datos son malos y son utilizados para la toma de decisiones, entonces las decisiones no podrán ser otra cosa que malas. Dado que la ecología tiene la responsabilidad de proveer la información para la toma de decisiones que eviten la sobre-explotación de los recursos naturales y la contaminación, no podemos permitirnos tomar datos errados;

por lo cual, un periodo de reflexión sobre los métodos, como se está haciendo en esta serie de trabajos metodológicos, es un gran avance.

El ambiente de interés, en este caso, son los bofedales altoandinos. Este tipo de ecosistema es de suma importancia para el desarrollo de la zona altoandina. Los bofedales son un tipo de humedales muy típicos de los Andes, que funcionan como reservorios de agua de gran importancia, albergan gran diversidad de especies de plantas que solamente prosperan



**Figura 1.** Esquema generalizado de los requerimientos para un adecuado manejo de los bofedales. Se enfatiza que los métodos son la base de un adecuado conocimiento, que brindará posibilidades para obtener beneficios en el largo plazo. \*Este modelo funcionará mientras no se prioricen los beneficios económicos por encima de la sustentabilidad, en este caso, la conservación del bofedal.

en ese tipo de ecosistema, son un ambiente preferido para la crianza de alpacas y también son utilizados con preferencia por las vicuñas, lo cual realza también su importancia económica para los habitantes de esas regiones (Estenssoro Cernadas 1991, Prieto *et al.* 2003, Pacheco *et al.* 2008, Ruthsatz 2012, Dangles *et al.* 2014 en este número). Lamentablemente, el manejo de los bofedales no ha estado siguiendo criterios ecológicos (Luna *et al.* 2003) y, peor todavía, algunos bofedales son destruidos para extraer turba, la cual se vende en las ciudades para abonar los jardines (Ruthsatz 2012). No se ha realizado al presente una evaluación del impacto ambiental, económico y cultural de esta explotación de tipo minera de los bofedales. El manejo sostenible de los bofedales requiere de un conocimiento detallado de su funcionamiento ecológico y el proyecto BIOTHAW justamente apunta en ese sentido, a través de un enfoque multi-disciplinario. Podemos imaginar un manejo adecuado de los bofedales, con base en un sólido conocimiento ecológico de los mismos, basado en métodos adecuados y con el enorme beneficio socio-económico de mantener estos ecosistemas funcionalmente óptimos (Fig. 1). En este sentido, la serie de trabajos metodológicos presentados en este volumen son de crucial importancia para que la ciencia que se está produciendo logre dar bases sólidas al manejo de este importante ecosistema.

### Agradecimientos

Gracias a F. Anthelme y O. Dangles por la invitación a escribir este ensayo introductorio y por sus comentarios útiles sobre el documento. Agradezco también a Rosa I. Meneses por sugerir mi nombre para este documento. Agradezco al Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) y a la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB) por el apoyo y financiamiento del proyecto "Modeling BIOdiversity and land use interactions under changing glacial water availability in Tropical High Andean Wetlands" (BIOTHAW, AAP-SCEN-2011-II).

### Referencias

- Brown, J. H., W. R. Burnside, A. D. Davidson, J. P. DeLong, W. C. Dunn, M. J. Hamilton, N. Mercado-Silva, J. C. Nekola, J. G. Okie, W. H. Woodruff & W. Zuo. 2011. Energetic Limits to Economic Growth. *BioScience* 61(1): 19–26.
- Costanza, R., J. Cumberland, D. H. aly, R. Goodland & R. Norgaard. 1997. An introduction to ecological economics. International Society for Ecological Economics, St. Lucie Press, Boca Ratón, Florida. 275 p.
- Chapin III, F. S., P. A. Matson, & P. Vitousek. 2011. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer Science & Business Media, Nueva York. 544 p.
- Ehrlich, P. E. & A. N. Ehrlich. 2010. The culture gap and its needed closures. *International Journal of Environmental Studies* 67(4): 481-492.
- Estenssoro-Cernadas, S. 1991. Los bofedales de la cuenca alta del valle de La Paz. pp. 109–120. En: Forno E. & M. Baudoin (eds.). *Historia Natural de un Valle de los Andes: La Paz*. Instituto de Ecología, La Paz.
- Feinsinger, P. 2013. Metodologías de investigación en ecología aplicada y básica: ¿cuál estoy siguiendo, y por qué? *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 385-402.
- Hawking, S. W. 2005. *Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*. Editorial Crítica, México DF. 245 p.
- Hedenus, F. & C. Azar. 2005. Estimates of trends in global income and resource inequalities. *Ecological Economics* 55: 351–364.
- Kangaspunta, K. 2003. Mapping the inhuman trade: preliminary findings of the database on trafficking in human beings. *United Nations Forum on Crime and Society* 3(1-2): 81-103.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*, 2nd Ed. Addison Wesley Longman, Inc, Menlo Park. 620 p.

- Kubiszewski, I., R. Costanza, C. Franco, P. Lawn, J. Talberth, T. Jackson & C. Aylmer. 2013. Beyond GDP: Measuring and achieving global genuine progress. *Ecological Economics* 93: 57–68.
- Marzeion, B., J. G. Cogley, K. Richter & D. Parkes. 2014. Attribution of global glacier mass loss to anthropogenic and natural causes. *Science* 345(6199): 919-921.
- Motesharrei, S., J. Rivas, & E. Kalnay. 2014. Human and Nature Dynamics (HANDY): modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies. *Ecological Economics* 101: 90-102.
- Naeem, S., J. E. Duffy & E. Zavaleta. 2012. The functions of biological diversity in an age of extinction. *Science* 336(1401): 1401-1406.
- Pacheco, L. F. 2012. El ambiente como base del desarrollo y algunos criterios para evaluar nuestro camino hacia días mejores. *Umbrales* 23: 299–320.
- Pacheco, L., O. Rocha, M. Vargas, K. Palenque & A. Medinacelli. 2008. Fauna. Pp. 161-186. En: Rocha, O. & S. Aguilar (eds.). *Bases Técnicas para el Plan de Manejo del Sitio Ramsar Lagos Poopó y Uru Uru, Oruro- Bolivia*. Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente –MDRAyMA. La Paz.
- Piff, P. K., D. M. Stancato, S. Côté, R. Mendoza-Denton & D. Keltner. 2012. Higher social class predicts increased unethical behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(11): 4086-4091.
- Pimentel, D., M. Whitecraft, Z.R. Scott, L. Zhao, P. Satkiewicz, T.J. Scott, J. Phillips, D. Szimák, G. Singh, D.O. Gonzalez & T. L. Moe. 2010. Will limited land, water, and energy control human population numbers in the future? *Human Ecology* 38: 599–611.
- Prieto, G., H. Alzérreca, J. Laura, D. Luna & S. Laguna. 2003. Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. pp. 13-40. En: Rocha, O. O. & C. Saéz (eds.) *Uso Pastoral en Humedales Altoandinos*. Convenio de RAMSAR – Wildlife Conservation Society Bolivia, La Paz.
- Prigogine, I. 1997. *El fin de las certidumbres*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile. 222 p.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen & J. Foley. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32.
- Ruthsatz, B. 2012. Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytoecologia* 42(3-4): 133-179.
- Steffen, W., Å. Persson, L. Deutsch, J. Zalasiewicz, M. Williams, K. Richardson, C. Crumley, P. Crutzen, C. Folke, L. Gordon, M. Molina, V. Ramanathan, J. Rockström, M. Scheffer, H. J. Schellnhuber & U. Svedin. 2011. The Anthropocene: from global change to planetary stewardship. *Ambio* 40(7): 739-761.
- Wilkie, D. S., E. L. Bennett, C. A. Peres & A. A. Cunningham. 2011. The empty forest revisited. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 120-128.