

El registro fósil y la conservación de la biodiversidad actual

Rosalía Guerrero-Arenas¹ y Eduardo Jiménez-Hidalgo

Resumen

El estudio de los organismos fósiles se ha utilizado tradicionalmente para inferir las comunidades y los ambientes que existieron en el pasado. *Diversas investigaciones han demostrado que también pueden aportar información en el diseño de estrategias de conservación y restauración de la biodiversidad actual. El registro fósil e información histórica de diversas fuentes permiten generar líneas de base ecológicas, referencias iniciales para comparar la funcionalidad de los ecosistemas. La información histórica permite conocer cambios ecológicos a través del tiempo, áreas de especiación, detección de poblaciones poco numerosas y en declive, así como especies exóticas o nativas. Esta información permite generar estrategias particulares para el mantenimiento de la biodiversidad actual. El estudio mejor documentado sobre la implementación de organismos equivalentes a las del pasado geológico es el proceso de Rewilding. En diversas reservas naturales en Europa se ha introducido fauna equivalente a la del Holoceno o Pleistoceno tardío, con el objetivo de reconstruir los ecosistemas y paisajes que originalmente había en este continente. Los resultados de estos experimentos a largo plazo justifican la creación futura de un número mayor de zonas con fauna introducida en Europa.*

Palabras clave: Paleobiología de la conservación, registro fósil, paleoambientes, líneas de base ecológicas.

Abstract

The study of fossil organisms has been traditionally used to infer communities and environments of the past. *Several investigations have demonstrated that the fossil record could also provide information for designing biodiversity conservation and restoration strategies. The fossil record and the historical information of several sources is useful to generate ecological baselines, initial references to compare the functionality of ecosystems. Historical information provides information about changes through time, speciation areas, detection of non-abundant in decline populations, and exotic or native species. This information may generate particular strategies for maintenance of Recent biodiversity. To date, the best documented study about implementation of equivalent organisms to past is Rewilding process. Similar fauna to Holocene or Late Pleistocene periods has been introduced in several natural reserves in Europe with the aim to reconstruct original European ecosystems and landscapes. Results of these long-term experiments justify the future creation of more introduced fauna in Europe.*

Key words: Conservation paleobiology, fossil record, paleoenvironments, ecological baselines.

Laboratorio de Paleobiología, Instituto de Recursos, campus Puerto Escondido, Universidad del Mar, Oaxaca. Km 1.5 Carretera Sola de Vega- Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México. C.P. 71980

¹Autor para correspondencia: rosaliaga@zicatela.umar.mx

Introducción

El mejor profeta del futuro es el pasado

Lord Byron

En los últimos años, se han explorado diversas estrategias que permitan asegurar el éxito en la conservación de la diversidad biológica. Actualmente, las diferentes metodologías no sólo se limitan a incorporar información en términos de tiempo ecológico, sino también procesos ocurridos en el pasado geológico. Diversas disciplinas, como la paleobiología, arqueología e historia ambiental proporcionan este contexto histórico, con el fin de mejorar las estrategias dedicadas a la conservación y restauración de los ecosistemas actuales.

Una de las disciplinas con mayor auge es la Paleobiología de la conservación (Dietl & Flessa 2011, Rick & Lockwood, 2012). Ésta se define como “un campo sintético de investigación que aplica las teorías y herramientas analíticas de la Paleontología en la solución

de problemas concernientes a la conservación de la biodiversidad” (Rick & Lockwood 2012). En un inicio, el término se concibió como “la aplicación de técnicas paleoecológicas y geoquímicas al análisis de restos de esqueletos prehistóricos e históricos de especies amenazadas por la extinción” (Flessa 2002). Con el paso del tiempo, no sólo se han utilizado elementos óseos para obtener información histórica; también se han utilizado registros de invertebrados marinos (e.g. Kowalewski 2009, Simões *et al.* 2009, Weber & Zuschin 2013), polen (e.g. Gillson & Ekblom 2009, Coffey *et al.* 2012, Figueroa-Rangel *et al.* 2012; Kruger 2015) e incluso icnofósiles, como los coprolitos (Wood *et al.* 2012) (Tabla I).

El objetivo de este artículo es realizar un análisis del uso del registro fósil para formular estrategias enfocadas a la conservación y restauración de la biota moderna. Se analizan algunos conceptos concernientes a este tema, y se discute la efectividad del uso de la información derivada del registro fósil en la conservación de la diversidad biológica actual.

Tabla I. El uso de información histórica no solamente se obtiene a partir del registro fósil. La arqueología de la conservación e historia ambiental también usan datos del pasado; su diferencia con la paleobiología de la conservación radica en la escala temporal, el tipo de fuentes utilizadas y el enfoque de los estudios. La siguiente tabla muestra estas diferencias (Modificado de Rick & Lockwood 2012).

Disciplina	Fuentes primarias de información	Rango temporal	Limitaciones en el uso de las fuentes
Historia ambiental	Fuentes y archivos escritos, impresos y pinturas.	Pocos miles de años (los últimos 200-500 años).	Limitada por las observaciones registradas. La selección arbitraria de las fuentes puede sesgar la información.
Arqueobiología de la conservación	Huesos, dientes, conchas, restos de plantas, fitolitos, polen.	Potencialmente, desde el origen de la humanidad. Es común que se enfoque al Holoceno.	Los conjuntos preservados pudieron ser seleccionados previamente por las sociedades. Limitado por la preservación y la presencia de sociedades antiguas. En ocasiones es difícil separar procesos culturales y naturales.
Paleobiología de la conservación	Huesos, dientes, restos de plantas, polen, microfósiles, restos de invertebrados.	Es común que se enfoque en el Pleistoceno y Holoceno. Potencialmente, desde el origen de la vida.	Limitado por procesos tafonómicos.

La conservación de la biota actual a partir del registro fósil

Los procesos que sufre la biodiversidad reflejan cambios en diversas escalas. Estos procesos incluyen el nacimiento, muerte y movimiento de los organismos, extinciones locales y recolonizaciones de poblaciones, herbivoría, depredación, dinámica de parches, migraciones estacionales, ajuste de distribuciones de especies por cambio climático y especiación (Pressey *et al.*, 2007). ¿En dónde encontrar la información sobre estos acontecimientos a lo largo del tiempo? En el registro fósil. Si bien se reconoce su naturaleza incompleta, el registro fósil sigue siendo la única fuente fidedigna sobre la historia de los ecosistemas a lo largo del tiempo.

Para que una estrategia de conservación pueda ser efectiva, no solamente debe considerar a la biodiversidad actual, sino a su historia a lo largo del tiempo. Utilizando un símil, cuando una persona se enferma, es necesario conocer el historial clínico para llevar a cabo su reestablecimiento. De manera similar, en la conservación y restauración de ecosistemas es necesario conocer los cambios que los ecosistemas han sufrido a través del tiempo, ya que la diversidad biológica actual es resultado de estos procesos. Los sistemas ecológicos no son entidades estáticas (Birks 2012). Por lo tanto, el papel que juega el registro fósil como fuente de información es prioritaria.

De manera ideal, no solamente se deben conservar los patrones de la biodiversidad, sino los procesos ecológicos y evolutivos que mantienen y generan a las especies (Cowling & Pressey 2001). Por ello, es vital conocer su historia a través del tiempo. Si la biodiversidad de un sitio es resultado de procesos ejercidos en un periodo de tiempo geológico relativamente corto (miles o cientos de años), los criterios para su conservación pueden diferir sustancialmente de un sitio cuya biodiversidad haya sido generada a lo largo de millones de años. Se ha demostrado que varias comunidades de plantas existentes hoy en día son relativamente jóvenes en edad geológica. Birks (1996) demostró que muchas asociaciones de plantas de Europa central y occidental

no tienen más de 1000 o 1500 años de existir; su presencia es resultado de la acción directa o indirecta de la actividad humana. Ello tiene diversas implicaciones en su conservación y manejo.

De acuerdo a su registro fósil, en algunas zonas del noroeste de Oaxaca como San Antonio Acutla, en el Distrito de Teposcolula, hemos encontrado que las comunidades que habitaban hace 40 mil años se desarrollaban en bosques (probablemente de coníferas) y pastizales. En ese mismo lugar, actualmente encontramos vegetación xerófila, como matorrales (Fig. 1). Sin la información del registro fósil, podríamos pensar que este cambio de vegetación se debe al aprovechamiento y explotación de los recursos naturales por los asentamientos prehispánicos y posteriores a la conquista española. Sin embargo, es probable que el cambio climático que ha sufrido nuestro planeta en los últimos 20 mil años haya influido mayormente en este cambio, por la variación de patrones de precipitación y temperatura. Así, las estrategias de conservación de este lugar deben considerar el impacto antropogénico y los cambios que se dan en la Naturaleza.



Figura 1. Matorrales xerófilos en San Antonio Acutla, Teposcolula, Oaxaca.

El futuro a partir del pasado: líneas de base ecológicas

El registro fósil permite establecer cómo se desarrollaban las comunidades y ecosistemas

del pasado, es decir, saber qué especies habitaban en cierto lugar, que comían, con quién interaccionaban y de ser posible, las características del ambiente en que se desarrollaban (temperatura, tipo de suelo, precipitación, entre otras). El estudio del registro fósil permite establecer la dinámica de ecosistemas (Gillson *et al.* 2011) a través del tiempo, ya que proporciona datos cualitativos para el entendimiento de la variabilidad y diversidad pasadas de los ecosistemas (Willis *et al.* 2007).

Cuando se busca conservar o restaurar un ecosistema, es importante tener una dirección hacia donde encauzar los esfuerzos. Este referente debe plantear las condiciones idóneas para que el ecosistema pueda seguir su curso, después de ser intervenido por el hombre. El referente puede indicar la composición y abundancia de especies del ecosistema, las probables condiciones ambientales o establecer cuáles especies deben ser consideradas como nativas o invasoras. Estos referentes se conocen como líneas de base ecológicas (*base-lines*), puntos estáticos en tiempo y espacio (Gillson *et al.* 2011). Las líneas de base representan condiciones “saludables”, es decir, las condiciones que imperaban en los ecosistemas antes de sufrir perturbaciones provocadas por los humanos y permiten evaluar el cambio que han tenido a lo largo del tiempo.

Para la elaboración de líneas de base, se utilizan registros de épocas anteriores a la aparición del hombre. El periodo del Pleistoceno y/o Holoceno representan un tiempo cercano a los ecosistemas actuales, con nulo o escaso impacto del hombre al ambiente, sin la intervención antropogénica. Otras fuentes de información son la literatura histórica o del estudio de ecosistemas prístinos, con escasa o nula perturbación antropogénica (Gillson *et al.* 2011). En Europa, las líneas de base se establecen con base en registros históricos anteriores a la Revolución Industrial, mientras que en América y en varias partes del mundo se formulan a partir de información prehistórica (Gillson *et al.* 2011).

Uno de los problemas principales para la aplicación de esta información, es la incompatibilidad de escalas temporales y espaciales.

Por la naturaleza misma de las disciplinas, los paleobiólogos utilizan la escala temporal con una percepción más amplia de lo que observaría un neontólogo. Los datos derivados de estudios paleoecológicos, por su naturaleza, no son tan precisos en cuanto las escalas espaciales, temporales y taxonómicas (Birks 2012). En algunos casos, es imposible o indeseable restituir las condiciones pasadas en los ecosistemas actuales (Rick, *et al.* 2014).

La información del registro fósil, por su naturaleza incompleta, debe manejarse adecuadamente. Si un paleontólogo encuentra restos fósiles cuyo grado de preservación sólo permite identificarlos taxonómicamente a nivel de género o de familia, la información que pueda inferirse acerca de su modo de vida no será tan precisa. Aún con el avance de las técnicas de datación, si no es posible asociar fechamientos radiométricos o evidencias de edad relativa, las interpretaciones carecerán de un marco temporal, y con ello, no será posible su uso.

Qué información podemos obtener a través de los fósiles

La información que podemos obtener del registro fósil es diversa. Es posible conocer los procesos ecológicos que ayudan a mantener a los ecosistemas de nuestro interés, la identificación de regiones importantes por sus procesos evolutivos y las condiciones para conservar la resiliencia en los ecosistemas a través del tiempo (Willis & Bhagwat 2010), así como episodios históricos en los que los ecosistemas hayan tenido cambios ecológicos importantes (Gillson *et al.* 2011). Los análisis históricos pueden ayudar a localizar y evaluar la persistencia de zonas generadoras de organismos (*source regions*), documentando los patrones de dispersión de las especies. Estas regiones son prioritarias en la conservación ya que a partir de estas áreas, las poblaciones proporcionan propágulos a otras zonas (Dietl & Flessa 2011).

También es posible distinguir, gracias a su historia evolutiva, entre especies exóticas o nativas. Un ejemplo de lo anterior es el

estudio dirigido por Coffey *et al.* (2011) en las Islas Galápagos. Debido a la introducción de sociedades humanas, su vegetación original ha sido depauperada. Con el objetivo de distinguir entre especies nativas de plantas de las exóticas, estos investigadores realizaron el análisis de sedimentos y polen de turberas con el fin de describir la flora de los últimos 5000 \pm 100 cal años BP (*Before Present*, en su concepción original). Con ello, pudieron documentar la presencia de seis especies (*Ageratum conyzoides*, *Anthehora hermaphrodita*, *Brickellia diffusa*, *Galium canescens*, *Ranunculus flagelliformis* y *Solanum americanum*) consideradas como introducidas. También se pudo establecer que las poblaciones sufrieron fluctuaciones en el tiempo, y su declive coincidió aparentemente con la llegada de los humanos a las islas. Confirmar que estas especies en realidad son originarias de la zona, implica información que debe considerarse en la conservación de la flora de este lugar.

Otro de los objetivos clave es la detección de poblaciones poco numerosas y en declive, así como grupos cuya vida evolutiva esté concluyendo (Willis *et al.* 2007). El registro fósil nos permite conocer si las especies de nuestro interés son “jóvenes”, en términos de tiempo geológico. Con ello, es posible tener alternativas para la elección de grupos prioritarios en los esfuerzos de conservación. Por ejemplo, *Plicopurpura pansa* es un gasterópodo que se encuentra en las costas del océano Pacífico. Esta especie tiene un gran interés comercial en Oaxaca, Jalisco, Michoacán y Colima, ya que de ella se extrae un colorante de color púrpura brillante, muy codiciado para la producción de ropa artesanal y calzado. Gracias a la prospección de yacimientos fosilíferos marinos del Pleistoceno tardío en Puerto Escondido, Oaxaca, hemos encontrado diversas especies de invertebrados marinos, principalmente bivalvos y moluscos (Fig. 2). *Plicopurpura pansa* no está representada en los ejemplares fósiles. Por lo tanto, deducimos que su presencia solamente se limita al Reciente, es decir, la especie tiene solamente unos cuantos miles de años de existencia en las costas oaxaqueñas (aproximadamente 40 mil años, la edad mínima de los depósitos fosilíferos).

Esta información puede usarse como un criterio adicional para justificar su conservación en la zona, ya que por su uso comercial, las poblaciones se explotan inadecuadamente, lo que implica una prematura extinción.



Figura 2. Terrazas marinas con biota fósil asociada, Punta Colorada, Puerto Escondido, Oaxaca.

A pesar del potencial uso que el registro fósil puede tener, casi no se han realizado estudios en nuestro país. El único estudio realizado es de Figueroa-Rangel *et al.* (2010), quienes estudiaron sedimentos de suelos de bosques de niebla de la Sierra de Manantlán, Jalisco. En el depósito estudiado se encontró polen de diversas especies, y gracias a su estudio, fue posible establecer los cambios de vegetación en los últimos 1300 años. Este bosque de niebla ha sufrido cambios, debido a la intervención humana y a las variaciones en los patrones de precipitación y temperatura. Los cambios en la composición de las especies de plantas permitió reconstruir la historia de estos bosques. Por su historia evolutiva, los autores concluyeron la posibilidad de que fueran resistentes al impacto de

disturbios antropogénicos de pequeña magnitud, aunque de seguir intensificándose el uso de suelo, es probable que pierdan esta capacidad, así como varias especies de plantas de forma definitiva.

Rewilding, la aplicación directa

Si bien el uso de la información histórica en la conservación y restauración de ecosistemas modernos es controversial, sólo podemos juzgar su efectividad hasta que los principios sean aplicados en la práctica. El caso del *rewilding* (“asilvestramiento”) en Europa, permite evaluar el uso de líneas de base ecológicas basadas en información histórica. El objetivo del asilvestramiento es reducir el control humano en el paisaje, permitiendo que los procesos ecológicos y evolutivos se desarrollen sin intromisión antropogénica, tal y como ocurría en el Pleistoceno u Holoceno temprano. Uno de los procesos más controvertidos en esta práctica es que al imitar las condiciones primigenias en un paisaje, se reintroducen diversas especies con el fin de recrear las interacciones ecológicas originales.

En la reserva de Oostvaardersplassen, Holanda, creada en 1968 (Sandom & Macdonald 2015) se ha llevado a cabo un experimento por más de 30 años, en el que se ha evaluado el uso de una línea de base en el que se concibe a la vegetación original de esta parte europea como pastizales y áreas con escasos árboles. A principios del siglo XIX y hasta el siglo XX, se había pensado que el paisaje de Europa, anterior a los asentamientos humanos colectivos estaba dominado por bosques (Vera 2009). Ello debido a que, cuando las poblaciones humanas se retiraban del campo o de la pradera, se formaban bosques, considerados como estados finales estables (Sparmann 2012).

Frans Vera, de la Universidad Wageningen, pudo convencer al gobierno holandés de ceder un terreno de 6000 Ha, en el que comprobaría la viabilidad de un paisaje basado en una línea de base distinta a la que se había pensado. En esta reserva se introdujeron diversas poblaciones de toros de Heck y caballos Konik

(Fig. 3), como sustitutos de los extintos toros primigenios (*Bos primigenius*) y caballo tarpan (ancestro de las razas domésticas de caballos europeos), con el objetivo de recrear un paisaje primigenio, con grandes manadas de animales, sin ninguna intervención del hombre. Además de estas especies, hay zorros, venados (*Cervus elaphus*) y diversas especies de aves, las cuales han llegado de manera paulatina y se han integrado a las redes tróficas establecidas en la reserva. A la fecha, se considera que la introducción de estos herbívoros ha creado paisajes más adaptables al cambio climático; además, la nula intervención del hombre permite un manejo de las áreas más flexible que otro tipo de intervenciones.

Con el tiempo, se ha comprobado que la vegetación, debido a la acción de los animales,



Figura 3. Caballos Konik en Oostvaardersplassen, Holanda. Mark Hamblin/Rewilding Europe. Disponible en: http://rewilding-europe.photo-shelter.com/gallery-image/General-press-images/G00008bgGZ1JD1_0/I0000Lel60csRtfc/C0000gkcVHfjrG2w

no corresponde al de un bosque, sino a sitios con pocos árboles y predominancia de zonas abiertas. Vera ha defendido que los grandes herbívoros representan un factor clave para la dinámica de la vegetación, a través de la acción del forrajeo, en combinación con otros procesos naturales (Sandom & Macdonald 2015). Por tanto, asegura que el uso de la línea de base basada en una vegetación abierta y con pocos árboles es correcta.

Entre las críticas más severas a la interpretación de Vera, la evidencia palinológica de

entre 6500 y 9500 años de diversos lagos y turberas en Inglaterra y los países bajos (Mitchell 2005) sugiere que los ecosistemas imperantes eran bosques, echando por tierra la interpretación de un paisaje dominado por pastos y arbustos. Esta nueva interpretación ha sido analizada posteriormente, usando información de diversos proxies, como el registro de escarabajos del Holoceno temprano y medio (9500-2000 años antes de Cristo) de Gran Bretaña (Whitehouse & Smith 2010), así como sedimentos eólicos de Alemania del Mesolítico (Tolksdorf *et al.* 2013). Otras interpretaciones sugieren la coexistencia de paisajes con vegetación abierta y matorrales (Svenning 2002). El debate permanece abierto hasta nuestros días.

La reserva creada por Vera no es el único proyecto de este tipo. Existen diversas áreas en Nueva Zelanda, Arabia Saudita y Rusia (Marris 2009), en las que se busca recrear comunidades en las que predomine la megafauna. En Alemania, España, Rumania y Francia existen diversas áreas en las que se han reintroducido diversas especies de osos, lechuzas, lobos, bisontes (Fig. 4), cabras montés, lince (Fig. 5) y conejos silvestres. De acuerdo con Helmer *et al.* (2015) hacia el año 2022 se espera que un millón de hectáreas en Europa se destinen a este tipo de conservación. En todo caso, este experimento a largo plazo es la mejor opción para evaluar el éxito o no del planteamiento de líneas de base históricas.



Figura 4. Un bisonte (*Bos bonasus*) del Parque Nacional Kennemerdiunen, Holanda. Staffan Widstrand/Rewilding Europe. Disponible en: http://rewilding-europe.photoshelter.com/gallery-image/General-press-images/G00008bgGZ1JD1_0/I0000XtIJ2udsypw/C0000gkcVHfjrG2w



Figura 5. Una lince y su cría (*Lynx lynx*) en Langedrag, Noruega. Staffan Widstrand/Rewilding Europe. Disponible en: <http://rewilding-europe.photoshelter.com/gallery-image/Making-Space-for-Rewilding/G0000c51cot4sRQM/I00003ypCLTmov1k/C0000gkcVHfjrG2w>

Otro ejemplo más es el estudio que realizaron Hansen *et al.* (2010) sobre tortugas terrestres. Estos animales juegan un papel importante en los ecosistemas, ya que dispersan semillas de plantas nativas manteniendo sus poblaciones, e intervienen en mantener la heterogeneidad de sus hábitats al cavar (esto permite que otros organismos ocupen estos microhábitats). De acuerdo con fuentes del registro fósil e históricas, Hansen *et al.* (2010) contabilizaron que desde el Pleistoceno tardío, han desaparecido 36 especies de tortugas terrestres, principalmente en islas. Las extinciones se debieron tanto a la presión ejercida por las primeras sociedades, así como causas naturales, como fluctuaciones en el nivel del mar. Se han formulado propuestas en las que se han reintroducido ejemplares de especies cercanas a las extintas en las islas Galápagos, las Seychelles y Madagascar, con el fin principal de restaurar las funciones ecológicas perdidas. La reintroducción de tortugas en las Islas Mascareñas (ubicadas en el océano Índico) ha sido benéfico, ya que gracias a ellas las poblaciones de plantas invasoras han disminuido. Sin embargo, es necesaria la evaluación de más estudios para garantizar que futuras introducciones de tortugas sean exitosas.

Conclusiones

En un mundo ideal, toda la Naturaleza merece el mismo tipo de protección. La tarea que tenemos pendiente es hallar una manera de lograr la conservación de la Naturaleza en un corto plazo, sin que afecte el desarrollo de nuestras sociedades. Conocer el pasado de nuestra diversidad biológica ofrece información valiosa que debemos aprovechar para conservar nuestros recursos; desconocerlo podría costarnos su desaparición.

Referencias

- Birks, H. 1996. Contributions of Quaternary palaeoecology to nature conservation. *Journal of Vegetation Science* 7(1): 89–98. DOI: 10.2307/3236420
- Birks, H.J.B. 2012. Ecological palaeoecology and conservation biology: controversies, challenges, and compromises. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 3732:1–13. DOI: 10.1080/21513732.2012.701667
- Coffey, E.E.D., C.A. Froyd & K.J. Willis. 2011. When is an invasive not an invasive? Macrofossil evidence of doubtful native plant species in the Galápagos Islands. *Ecology* 92(4): 805–812. DOI: 10.1890/10-1290.1
- Coffey, E.E.D., C.A. Froyd & K.J. Willis. 2012. Lake or bog? Reconstructing baseline ecological conditions for the protected Galápagos Sphagnum peatbogs. *Quaternary Science Reviews* 52: 60–74. DOI: 10.1016/j.quascirev.2012.08.002
- Cowling, R.M. & L. Pressey. 2001. Rapid plan diversification: Planning for an evolutionary future. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98(10): 5452–5457. DOI: 10.1073/pnas.101093498
- Dietl, G.P. & K.W. Flessa. 2011. Conservation paleobiology: putting the dead to work. *Trends in Ecology & Evolution* 26(1): 30–37. DOI: 10.1016/j.tree.2010.09.010
- Figueroa-Rangel, B.L., K.J. Willis & M. Olvera-Vargas. 2012. Late-Holocene successional dynamics in a transitional forest of west-central Mexico. *The Holocene* 22:143–153. DOI: 10.1177/0959683611414929
- Flessa, K.W. 2002. Conservation paleobiology. *American Paleontologist* 10: 2–5.
- Gillson, L., R.J. Ladle & M.B. Araújo. 2011. Baselines, patterns and process. Pp. 13–30. In: Ladle, R.J. & R.J. Whittaker (eds.), *Conservation Biogeography*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.
- Gillson, L., & A. Ekblom. 2009. Resilience and thresholds in savannas: nitrogen and fire as drivers and responders of vegetation transition. *Ecosystems* 12: 1189–1203. DOI: 10.1007/s10021-009-9284-y
- Hansen, D.M., C.J. Donlan, C.J. Griffiths & K.J. Campbell. 2010. Ecological history and latent conservation potential: large and giant tortoises as a model for taxon substitutions. *Ecography* 33: 272–284. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2010.06305.x
- Helmer, W., D. Saavedra, M. Sylvén & F. Schepers. 2015. Rewilding Europe: A New Strategy for an Old Continent. Pp. 171–190. In: Pereira, H.M & L.M. Navarro (eds.), *Rewilding European Landscapes*. Springer Open, DOI: 10.1007/978-3-319-12039-3_9
- Kowalewski, M. 2009. The Youngest Fossil Record And Conservation Biology: Holocene Shells As Eco-Environmental Recorders. Pp.1–23. In: Dietl, G.D. & K.W. Flessa. (eds.), *Conservation Paleobiology: Using the Past to Manage for the Future*. The Paleontological Society, Colorado.
- Kruger, F. 2015. Palaeobiology of the South African savanna and lessons for modern ecologists. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 70(2): 117–125. DOI: 10.1080/0035919X.2015.1029275
- Marris, E. 2009. Conservation biology: Reflecting the past. *Nature* 462: 30–32. DOI:10.1038/462030a
- Mitchell, F.J.G. 2005. How open were European primeval forests? Hypothesis testing using palaeoecological data. *Journal of Ecology* 93: 168–177. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2004.00964.x
- Pressey, R.L., M. Cabeza, M.E. Watts, R.C. Cowling & K.A. Wilson. 2007. Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution* 22(11): 583–92. DOI: 10.1016/j.tree.2007.10.001
- Rick, T.C. & R. Lockwood. 2012. Integrating Paleobiology, Archeology, and History to Inform Biological Conservation. *Conservation Biology* 27(1): 45–54. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2012.01920.x
- Rick, T.C., S. Sillett, K. C.K. Ghalambor, C.A. Hofman, K. Ralls, R. Scott Anderson, C.L. Boser, T.J. Braje, D.R. Cayan, R.T. Chesser, P.W. Collins, J.M. Erlandson, K.R. Faulkner, R. Fleischer, W.C. Funk, R. Galipeau, A. Huston, J. King, L. Laughrin, J. Maldonado, K. McEachern, D.R. Muhs, S.D. Newsome, L. Reeder-Myers, C. Still & S.A. Morrison. 2014. Ecological Change on California's Channel Islands from the Pleistocene to the Anthropocene. *BioScience* 64: 680–692.
- Sandom, C.J. & D.W. Macdonald. 2015. What next? Rewilding as a radical future for the British countryside. Pp: 291–316. In: D.W. Macdonald & R.E. Feber (eds.), *Wildlife Conservation of Farmland. Managing for Nature on Lowland Farms*, Oxford University Press, London.
- Simões, M.G., S.C. Rodrigues & M. Kowalewski. 2009. *Bouchardia rosea*, a vanishing brachiopod species of the Brazilian platform: taphonomy, historical ecology and conservation paleobiology. *Historical Biology*

- 21(3-4): 123-137. DOI: 10.1080/08912960903315559
- Sparmann, A. 2012. El retorno de las especies olvidadas. GEO Magazine 1. Consultado el 25 de agosto de 2016: <https://rewildingeurope.com/assets/uploads/Downloads/GEO-January/Spain-GEO.pdf>
- Svenning, J.C. 2002. A review of natural vegetation openness in north-western Europe. *Biological Conservation* 104: 133-148. DOI: 10.1016/S0006-3207(01)00162-8
- Tolksdorf, J.F., N. Klasen & A. Hilgers, 2013. The existence of open areas during the Mesolithic: evidence from aeolian sediments in the Elbe-Jeetzel area, Northern Alemania. *Journal of Archaeological Science* 40(6): 2813-2823. DOI: 10.1177/0959683614551225
- Weber, K. & M. Zuschin. 2013. Delta-associated molluscan life and death assemblages in the northern Adriatic Sea: Implications for paleoecology, regional diversity and conservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 370: 77-91. DOI: 10.1016/j.palaeo.2012.11.021.
- Willis, K.J. & S.A. Bhagwat. 2010. Questions of importance to the conservation of biological diversity: Answers from the past. *Climate of the Past* 6(6): 759-769. DOI:10.5194/cp-6-759-2010
- Willis, K.J., M.B. Araújo, K.D. Bennett, B. Figueroa-Rangel, C.A. Froyd & N.Myers. 2007. How can a knowledge of the past help to conserve the future? Biodiversity conservation and the relevance of long-term ecological studies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 362(1478): 175-86. DOI: 10.1098/rstb.2006.1977
- Whitehouse, N.J. & Smith, D. 2010. How fragmented was the British Holocene wildwood? Perspectives on the "Vera" grazing debate from the fossil beetle record. *Quaternary Science Reviews* 29(3-4): 539-553. DOI: 10.1016/j.quascirev.2009.10.010.
- Wood, J.R., J.M. Wilmshurst, T.H. Worthy, A.S. Holzapfel & A. Cooper. 2012. A lost link between a flightless parrot and a parasitic plant and the potential role of coprolites in conservation palaeobiology. *Conservation Biology* 26(6): 1091-1099. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2012.01931.x
- Vera, F.W.M. 2009. Large-scale nature development – the Oostvaardersplassen. *British Wildlife*: 28-36.

Recibido: 31/03/2016

Aceptado: 14/07/2016