

VIERAEA	Vol. 45	409-422	Santa Cruz de Tenerife, octubre 2017	ISSN 0210-945X
---------	---------	---------	--------------------------------------	----------------

Colecciones en museos de Ciencias Naturales: herramientas esenciales para resolución de problemas actuales*

FÁTIMA HERNÁNDEZ MARTÍN

*Museo de Ciencias Naturales de Tenerife. Museo de la Naturaleza y El Hombre
(Antiguo Hospital Civil)*

*Fuente Morales s/n. 38003 Santa Cruz de Tenerife (islas Canarias)
fatima@museosdetenerife.org*

HERNÁNDEZ, F. (2017). Biological collections: essential tools for solving current mysteries. *VIERAEA* 45: 409-422. <https://doi.org/10.31939/vieraea.2017.45.27>

RESUMEN: Los modernos museos de ciencias naturales juegan un papel fundamental en relación con la crisis de biodiversidad, programas de educación, así como en la gestión cultural y liderazgo. Sus importantes colecciones no solo documentan dicha biodiversidad, sino que proporcionan referencias para entender los cambios que han ocurrido a través del tiempo en el Planeta (Hromada *et al.* 2015). Estas colecciones almacenan especímenes, algunos incluso pertenecientes a especies aún ignotas o mal determinadas (Kress, 2014). Muchos expertos coinciden (Suárez & Tsutsui, 2004), en que estas piezas no se utilizan al 100% de su capacidad, teniendo en cuenta su implicación respecto a resolución de problemas que acucian a la Humanidad. Según Bradley *et al.* (2014), aunque represente un elevado coste presupuestario, los resultados que se obtienen proporcionan ayuda para solventar problemas inherentes al siglo XXI, algunos muy graves y en campos tan convergentes como seguridad pública, sanidad, cambio climático, prevención de catástrofes, cultivos agrícolas, enfermedades locales o pandemias. Especímenes que, desde la mitad del siglo XX, son considerados elementos de información, fundamentales bibliotecas de ciencia y, en la actualidad además, herramientas (recursos) para encontrar solución a los enigmas mentados que tanto preocupan.

Palabras claves: museos, colecciones, taxonomía, problemas medioambientales.

* Conferencia pronunciada el día 11 de mayo de 2017, dentro del ciclo *Transitus... cómo hemos cambiado* (Detectives de la Naturaleza, VIII edición, Museo de la Naturaleza y El Hombre).

ABSTRACT: Modern museums of natural science in the twenty century play an important role related to the biodiversity crisis, education programs and cultural management also. Their collections are documented biodiversity and give us the tools for to know the changes occurs during the past through the time (Hromada *et al.* 2015). The collections (may be) are keeping specimens, some them related to *nonata* (unknown) species or mistaken named. All experts are talking about the scarcity use of these collections, however they have the tools for the solution of problems affecting all people. According Bradley *et al.* (2014), the budget for this, the cost, is very expensive, but the collections are resolving our questions about security, local health, natural disasters, agriculture or diseases... The specimens since middle twenty century are considered science library and we help us to find the solution to several problems before mentioned that are affecting.

Key words: museums, collections, taxonomy, environmental problems.

“... Modern museums have multiple meanings, objectives and constituencies. But one thing is certain: nowhere is there now a museum where all people can renew their trust in science and in democracy...”

(David Hurst Thomas, curator at the American Museum of Natural History, New York City)

SOBRE CUÁNTOS Y QUIÉNES

De acuerdo con Mora *et al.* (2011) en su publicación *How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?*, la diversidad biológica es uno de los aspectos más sorprendentes de nuestro planeta y conocer cuántas especies habitan la Tierra, una de las cuestiones fundamentales, que no solo preocupa sino que aún debe resolverse en ciencia. De hecho, la respuesta a la pregunta resulta extraordinariamente enigmática y sería muy posible que también fuese lo que intrigase a cualquier visitante del espacio exterior que llegase a nuestro mundo (May, 1998, 2010 & 2011) y se encontrase con la necesidad de cuantificar la vida existente. Por ello, Mora *et al.* (op. cit.) siguen considerando la taxonomía como la herramienta más eficaz para realizar dicha estimación, evidentemente en los últimos tiempos con el apoyo de técnicas moleculares. Y es que, recordemos, desde hace unos doscientos cincuenta años, gracias a dicha disciplina, alrededor de 1.900.000 especies han sido descritas, la gran mayoría en el medio terrestre. Respecto medio marino tan solo 243.000 (es decir un 16%) (Costello & Chaudhary, 2017). No obstante, un elevado porcentaje de especies son ignotas, hallándose pendientes de determinar, según Costello *et al.* (2013), entre 3 y 5 millones; Mora *et al.* (op cit) dan cifras de un millón y medio y Chapman (2009) unos once millones, es decir, cifras variables según las fuentes consultadas.

Precisamente, en relación a especies marinas, Appeltans *et al.* (2012) concluyen que únicamente entre uno y dos tercios de dichas especies son conocidas por la ciencia, registro que, no obstante, se ha incrementado notoriamente a partir de 1955 (Costello *et al.*, 2013 a y b; Pimm *et al.*, 2014), debido a un mayor esfuerzo de identificación, aplicación de nuevas tecnologías, exploración de hábitats ignotos en especial abismos oceánicos donde se siguen hallando especies de extrañas morfologías y curiosas fisiologías (Copley *et al.*, 2016); proyectos de compilación de datos (*Censo de Vida Marina* por ejemplo) o el uso de técnicas moleculares avanzadas, entre otros muchos factores. Aún así, Mora *et al.* (op. cit.) establecen que, después de cientos de años de clasificación taxonómica sin solución de continuidad, aunque con periodos de mayor esfuerzo, solo una pequeña fracción de especies terrestres (14%) y oceánicas (9%), conocidas, registradas oficialmente en publicaciones, ha sido incluida en bases de datos, es decir, son accesibles, aunque se hacen notables esfuerzos por ampliarlas (Costello *et al.*, 2013a y b), en tiempo y forma adecuados (Geman & Geman, 2016) para ir con rigor extremo y evitar errores (Garnett & Christidis, 2017; Wheeler *et al.*, 2004; Wheeler *et al.*, 2012 and Hill *et al.*, 2012), creando un legado de conocimiento para los futuros habitantes del Planeta (Robertson *et al.*, 2014; Pyle, 2016).

PAPEL DE LOS MUSEOS DE CIENCIAS NATURALES

Ante estas estimaciones, seguimos defendiendo el valor fundamental que representan las colecciones de los museos de Ciencias Naturales, como bien expresan Krishtalka & Humphrey (2000) en su publicación *Can Natural History Museums Capture the Future?* En ella, los autores establecen los principales retos para el siglo XXI de estos centros aglutinadores de conocimiento, es decir, su relación con la crisis de biodiversidad, complemento a la educación de niños y jóvenes (Cook *et al.*, 2014), programas públicos y gestión cultural y liderazgo. Conquista de futuro que se está empezando a notar en algunas de las principales instituciones, por lo que se debe continuar —debemos continuar— combinando antiguos datos con la información existente derivada de nuevos productos que se desarrollan. Además, los museos del siglo XXI juegan un papel decisivo, en relación a las colecciones biológicas, documentando biodiversidad, proporcionando —en definitiva— puntos de referencia para entender los cambios que han ocurrido en ella a través del tiempo (Hromada *et al.* 2015). Y es que no hay que olvidar que las tasas actuales de desaparición de especies son tan altas (2 E/MSY, 2 extinciones por 10.000 especies de vertebrados/100 años) que nos pueden estar indicando que una *sexta extinción en masa* (donde se pierde el 75% de especies) estaría en sus inicios, argumento que defienden algunos autores (Barnosky *et al.*, 2011; Lips, 2011; Dirzo *et al.*, 2014; Ceballos *et al.*, 2015, Régnier *et al.*, 2015), materializándose hacia el año 2.200 (Monastersky, 2014). Algunos de ellos insisten en la necesidad de establecer medidas conservacionistas urgentes (Vignieri & Fahrenkamp-Uppenbrink, 2017). Se trata, evidentemente, de observaciones de cambios muy rápidos en los ecosistemas, que están incidiendo en la biota mundial y causando la disminución de la riqueza, abundancia y distribución de todo tipo de especies, en especial las más vulnerables (Hart *et al.*, 2014; Hromada *et al.*, 2015). De hecho, Kress (2014) pone como ejemplo el acusado descenso —ya constatado— en el número de aves (biomasa) presente en unos 25 países

Europeos (20% menos en relación a los datos del año 1980), así como el 50% de pérdida global de individuos de todos los grupos animales desde 1970. De ahí que interese la consulta periódica del LPI (*living planet index*) indicador que muestra el estado actual de los ecosistemas, basado en las tendencias poblacionales de vertebrados terrestres, dulceacuícolas y marinos (18.000 poblaciones de unos 3.600 mamíferos, aves, peces, reptiles y anfibios de todo mundo), y cuyo valor orienta al Convenio de Diversidad Biológica (CDB) sobre cómo progresa su objetivo de frenar la pérdida de biodiversidad en el periodo 2011-2020. Citemos como ejemplo que el 60% de los primates (componentes esenciales de biodiversidad tropical) se halla en peligro de extinción y un 75 % han visto mermadas sus poblaciones (Estrada *et al.*, 2017). Señalemos, además, que es de interés estudiar la vinculación entre especies nativas y foráneas, según nos indican en un reciente trabajo Dyer *et al.* (2017). Así como los datos que aportan Pimm *et al.* (2014) en relación a especies, ratios de extinción, distribución y protección. Recientemente, Ceballos *et al.* (2017), usando una muestra de 27.600 especies de vertebrados terrestres con análisis detallado de 177 especies de mamíferos, observan una alto grado de pérdida incluso en aquellas de “*low concern*”.

Ello nos lleva a valorar aún más el papel que desempeñan los museos de ciencias naturales, en concreto, sus colecciones, consideradas... “*ventanas al pasado, información del presente y ayuda para predecir el futuro*” (Kress, 2014), y que almacenan alrededor de tres billones de especímenes, algunos pertenecientes a especies aún ignotas o mal determinadas (Kress, op.cit.; Smith & Blagoderov, 2012; Otero-Ferrer *et al.*, 2017).

Y aunque, tiempo atrás, la historia natural se desarrolló en la época de exploración y descubrimiento y, en esos primeros momentos, el papel de los especímenes fue de suma importancia, decisivo para teorías de visionarios como Darwin y Wallace, esa etapa aún no ha concluido, diríase no ha hecho sino empezar. Recordemos que no se ha clasificado la mayoría de especies que existen, incluso para muchas de ellas no se han establecido exactamente funciones y valor potencial (Wilson 2003). Pensemos que solo el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife (Museo de la Naturaleza y El Hombre) alberga (con las correspondientes fluctuaciones de actualización relacionadas con las fechas de este documento) un total de 398.608 registros en las colecciones (correspondientes a varias disciplinas).

Claro que siempre hay voces reticentes respecto a la recolección de especímenes para colecciones, como el conocido caso de Minter *et al.* (2014) que las vinculan a la merma de especies, proponiendo otras vías de estudio (fotografías, vídeos o toma de muestras no letales). O el de Marshall & Evenhuis (2015) que recientemente han descrito una nueva especie de la familia Bombyliidae, teniendo como base únicamente imágenes fotográficas. Sin embargo, los taxónomos, caso de Kress (2014), opinan que describir una nueva especie sin depositar un holotipo es una mala práctica, si bien con excepciones (Lindenmayer & Scheele, 2017) como ciertos vertebrados, invertebrados pelágicos o especies ubicadas en enclaves de difícil acceso. De hecho, este tema, en los últimos años, se ha convertido en foco de discusión para muchos autores (Dubois & Nemésio, 2007; Minter *et al.*, 2014; Krell & Wheeler, 2014; Marshall & Evenhuis, 2015; Santos *et al.* 2016) (ver Cianferoni & Bertolozzi, 2016), así como Chaladze (2017); Ceriaco, Gutiérrez, Dubois *et al.*, 2016; Donegan (2008); Faúndez (2017); Gutiérrez & Pine (2017) y Zhang (2017).

Cierto es que algunos holotipos se han destruido (recuérdense los casos excepcionales durante la II Guerra Mundial, debido a los bombardeos), pero fueron reemplazados por

neotipos (artículo 75 del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica). Asimismo, Cianferoni & Bartolozzi (2016) consideran (al igual que la mayoría de los investigadores) que designar una nueva especie, basándose únicamente en fotografías acarreará serios y delicados problemas en el futuro. Otros como Amorim *et al.* (2016) son más tajantes —si cabe— y en su trabajo *Timeless Standards for Species Delimitation*, de manera muy crítica afirman...” describir una especie en base a fotografías de un ejemplar vivo, no solo limita la observación de caracteres, sino que se pierde información presente en los vouchers, caso de detalles de anatomía interna, por citar solo algunos de los innumerables y poco éticos inconvenientes...” Ninguna imagen, según Amorim *et al.* (op. cit.), incluso en 3-D suministra los datos de un espécimen (testigo real) preservado adecuadamente —para la posteridad— en un Museo, y que gracias a esto puede ser consultado, dibujado, diseccionado, comparado y fotografiado, bajo las pautas del museo correspondiente. Las fotografías se deberían usar solo cuando los especímenes no se pudieran preservar, debido a razones técnicas legales o de conservación (Krell, 2016).

Según algunos autores (Pape, 2016) necesitamos usar nuevas tecnologías, pero al tiempo reconocer el valor de los especímenes de museos y la estabilidad nomenclatural como elementos cruciales para la taxonomía. Además la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica ha publicado recientemente (marzo, 2017) la declaración 45- *Addition of Recommendations to Article 73 and the term “specimen, preserved” to the Glossary*, en orden a clarificar los textos relativos a este asunto en el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (4ª edición, 1999).

Según Rocha *et al.* (2014), el trabajo de Minter *et al.* (2014) es una opinión aislada que ha sido rebatida —muy criticada— con claros argumentos por la casi totalidad de los autores. Y es que hay que enfatizar que los museos e instituciones afines mantienen estrictos, respetuosos y correctos protocolos de actuación, tanto en recolección (captura), como en tratamiento, mantenimiento, estudio y exhibición. Los argumentos de Minter *et al.* (op. cit.) no se apoyan en las causas que sí son responsables de la extinción de especies: pérdida y degradación de hábitats, organismos invasores, desastres naturales, acción antrópica especial... Inventarios de biodiversidad que constituyen información básica que puede ser obtenida de colecciones de investigación, cuya consulta ha permitido aclarar asimismo aspectos conflictivos sobre determinación taxonómica (ver Otero-Ferrer *op. cit.*, 2017 respecto a colecciones del género *Hippocampus* presentes en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife). Conocimiento que, amplio en dimensiones espaciales y temporales, ha facilitado el determinar áreas de protección y desarrollar estudios de impacto ambiental.

Señalemos, por otro lado, que el dato (variable y susceptible de discusión) sobre porcentaje de descripción anual (6.000 especies/año, Mora *et al.*, 2011; 17.000 especies/año, Fontaine *et al.*, 2012), sigue siendo complejo. Mientras la mayoría de las especies se hallan ampliamente distribuidas (Pimm *et al.*, 2014), haciendo fácil su estudio (su localización), las nuevas descripciones se realizan —cada vez más— sobre especies que tienen restringidos rangos de distribución, viven en determinados ambientes muy crípticos, en pequeño número y son altamente vulnerables al impacto del hombre (Pimm *et al.*, 2014; Urban, 2015). De hecho, algunas se extinguirán antes de ser descritas, jamás se conocerán (algo dramático, pero cierto) (Crawford *et al.*, 2010). Según Henen (2016) es necesario, por tanto, planificar tipología de muestreo, en especial dirigida a estudiantes o investigadores, antes de que lle-

ven a cabo a cabo sus propios programas de investigación. Trabajo de campo, investigación científica y colecciones de referencia de los Museos que hoy en día, diríase, son más necesarios y están más vigentes que nunca (Grieneisen, Zhan, Potter & Zhang, 2014).

MUSEOS, GUARDIANES DE LAS COLECCIONES

Kemp (2015), en su trabajo *The Endangered Dead*, publicado en la revista *Nature* defiende la importancia no solo de las colecciones —en especial las muy antiguas, aún no estudiadas... “*this is the repository of all life that we know has existed...*”—, también el papel de los conservadores (curator y/o curador en América) cuyo estudio y cuidado de las mismas es fundamental. De hecho, según Kemp (*op. cit.*) los conservadores e investigadores de museos han denominado la dificultad de identificar especies: *impedimento taxonómico*, en especial hablan del “retraso temporal” (*lag time*), tiempo que transcurre desde que una especie es descubierta (y depositada en museos) hasta que se describe (y *por ende* se publica en revistas especializadas para la comunidad científica). Este tiempo puede llegar a prolongarse unos veinte años, en ciertos casos de animales (Fontaine *et al.*, 2012 fide Kemp, 2015) o 50 años para plantas (Bebber *et al.*, 2010), mientras especímenes pertenecientes a especies nonatas (olvidadas) *languidecen* en los almacenes de museos... Este *lag time* se incrementará —peligrosamente— si los *staffs* de museos no tienen en cuenta la importancia de ampliar equipos. De hecho, según el autor antes mentado, existen casos de descubrimientos de interesantes especies (no conocidas para la ciencia o nuevas para un territorio concreto) cuyo *lag time* había sido de más de cien años (por ejemplo en algunos museos americanos) y como bien expresan Pimm *et al.* (2014) existen unas 70.000 especies —en los museos— esperando ser descritas por expertos (Gardner *et al.*, 2014). Por ello, estudiar e identificar especímenes de antiguas colecciones, algunas donadas por particulares (miles de ejemplares en algunos casos) según Kemp (2015) es fundamental. Según dicho trabajo, “*we are in the middle of a biodiversity crisis, and collections-based institutions have a unique role in society to document that biodiversity*”. En la mencionada publicación, y en opinión de un alto cargo del *American Museum of Natural History*, se puntualiza que no debemos olvidar (frente a educación y entretenimiento, también necesarios e importantes) el papel prioritario de los departamentos científicos.

COLECCIONES, CUSTODIOS DE SECRETOS DE VIDA

Los museos según Suárez & Tsutsui (2004) no se utilizan al 100% de su capacidad, teniendo en cuenta el potencial conocimiento que estas instituciones albergan, respecto a resolución de problemas que acucian a la Humanidad, si las colecciones se *utilizaran más* (=estudiaran más). Argumento que también desarrollan Schilthuizen *et al.* (2015) o Hill *et al.* (2012).

Recientemente, dicha utilidad en general ha empezado a ser defendida con vehemencia (DiEuliis *et al.*, 2016). Según Bradley *et al.* (2014), evidentemente ello implica un coste elevado presupuestario, pero los resultados que se obtienen de las investigaciones propor-



Ejemplos de colecciones custodiadas en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife.

cionan ayuda para solventar problemas inherentes al siglo XXI, algunos muy graves. Y es que no podemos obviar que las colecciones biológicas, donde se incluyen, además de las clásicas conocidas, material genético, tejidos, otolitos, huevos, pieles, huesos, esqueletos, así como herbarios botánicos, contribuyen, de manera notoria, tanto a la ciencia como a la sociedad, y en campos tan divergentes como seguridad pública, sanidad local, cambio climático, prevención de catástrofes, cultivos agrícolas, enfermedades puntuales, pandemias... Pensemos que alrededor del 60% de las muestras de tejido, que se han utilizado para documentar algunos de los problemas ambientales mencionados previamente, se han obtenido de ejemplares custodiados en museos (durante muchos años) (Kress, 2014).

Por ejemplo, colecciones de mosquitos del *Bernice Pauahi Bishop Museum* (Honolulu) han evidenciado diez años después de iniciarse investigaciones, que su ADN se puede analizar y averiguar qué ocurrió en épocas pasadas, qué sucede ahora y qué podría ocurrir en un futuro con los patógenos que dichos insectos portan (Kemp, 2015). También el estudio de colecciones de fósiles —tanto marinos como terrestres— está poniendo en evidencia aspectos del clima y poblamiento del pasado de las islas Canarias. Colecciones del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife han permitido detectar cambios acontecidos en la biodiversidad de las Islas durante los últimos millones de años. El análisis de los gasterópodos terrestres provenientes de más de 50 yacimientos de las islas orientales revela que durante los últimos 50.000 años se han producido, al menos, cuatro grandes oscilaciones climáticas (Yanes *et al.*, 2011), que han originado la extinción de algunas especies (Castillo *et al.*, 2006). En el caso de los moluscos marinos también se observan cambios en la paleodiversidad de las Islas, como la extinción de numerosas especies de gasterópodos marinos desde el Mioceno superior hasta la actualidad (Martín-González, 2016).

Suárez & Tsutsui (*op. cit.*) afirman que estas importantes contribuciones no son reconocidas (ni siquiera muchas veces conocidas) por el público y/o responsables, lo que conlleva a que se obtenga insuficiente financiación, no solo para conservar, sino para estudiar este rico patrimonio natural.

Es nuestra obligación que las colecciones estén bien custodiadas y conservadas. Ello requiere un compromiso para apoyar y formar especialistas, así como mantener instalaciones modernas (infraestructuras). Por otro lado, el beneficio de estas colecciones a la sociedad (salud pública y seguridad; contaminantes, agricultura, pérdida de hábitats, cambio climático...) debe aprovecharse al máximo mediante la introducción de esta información en bases de datos accesible a todos y en cualquier momento, creándose activas redes de intercambio de datos. Y como muy bien expresa Michel Van-Präet (Profesor Emérito del Museo de Historia Natural de París)... "*los cambios que las sociedades deben realizar exigirán un mayor intercambio de la información disponible, una información que los museos guardan en sus colecciones...*" Además concluye en uno de sus artículos... "*... los museos tienen la enorme responsabilidad social de reinterpretar y potenciar sus colecciones...*" (referido a cambios en la percepción de la naturaleza en el mundo actual).

El código deontológico de las colecciones de Historia Natural ha sido ratificado por la Asamblea General del ICOM hace relativamente poco tiempo —agosto de 2013— (Dorfman, 2013). Según Dorfman, *op. cit.*, publicar los resultados de los análisis relacionados con las colecciones es una responsabilidad ética, especialmente en momentos cruciales en que se está destruyendo a ritmo muy acelerado la vida silvestre.

Somos conscientes que el papel actual de los museos, en este caso nos referimos solo a los de Ciencias Naturales, está cambiando y, por tanto, el reconocimiento de la importancia del material biológico que albergan. Especímenes incluidos en preparaciones microscópicas, frascos herméticos con líquidos especiales; en papeles —libres de ácidos— de herbarios, cámaras frigoríficas o sometidos a técnicas de naturalización que, desde la mitad del siglo XX, son considerados elementos fundamentales, bibliotecas de ciencia; no solo testigos de vida en la Tierra, sino herramientas (recursos) para encontrar la solución a enigmas que preocupan y...mucho. Y es que, recordemos, también en los museos puede desarrollarse una intrigante novela de misterio, aunque siempre, no se preocupen ustedes, en los museos de ciencias naturales tendrá un final feliz...

BIBLIOGRAFÍA

- APPELTANS, W., S.T. AHYONG, G. ANDERSON, M.V. ANGEL, T. ARTOIS, N. BAILLY, R. BAMBER, A. BARBER, I. BARTSCH, A. BERTA, ...& M. COSTELLO (2012). The magnitude of global marine species diversity. *Current Biology* 22: 2189-2202.
- AMORIM, D. S., C.M. SANTOS, F.T. KRELL, A. DUBOIS, S.S. NIHEI, O.M.P. OLIVEIRA, A. PONT, H. SONG, V.K. VERDADE, D.A. FACHIN, B. KLASSA, C.J. LAMAS, S.S. OLIVEIRA, C.J.B. DE CARVALHO, C.A. MELLO-PATIU, E. HAJDU, M.C. COURI, V.C. SILVA, R.S. CAPELLARI, R.L. FALASCHI, R. L., ...& D. GRIMALDI (2016). Timeless standards for species delimitation. *Zootaxa*, 4137 (1): 121-128.
- BARNOSKY, A. D., N. MATZKE, S. TOMIYA, G.O.U. WOGAN, B. SWARTZ, T.B. QUENTAL, C. MARSHALL, J.L. MACGUIRE, E. L., LINDSEY, K. C. MAGUIRE, B. MERSEY & E.A. FERRER (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471:51-57.
- BARROWCLOUGH, G.F., J. CRACRAFT, J. KLICKA & R. M. ZINK (2016). How many kinds of birds are there and why does it matter? *PlosOne* DOI:10.1371/journal.pone.0166307
- BEBBER, D. P., M.A. CARINE, J.R.I. WOOD, A.H. WORTLEY, D.J. HARRIS, G.T. PRANCE, G. DAVIDSE, J. PAIGE, T.D. PENNINGTON, N.K.B. ROBSON & E.W. SCOTLAND (2010). Herbaria are a major frontier for species discovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América* 107(51): 22169-22171.
- BRADLEY, R., L.C. BRADLEY, H. J. GARNER & R. J. BAKER (2014). Assessing the value of natural history collections and addressing issues regarding long-term growth and care. *BioScience* 64 (12): 1150-1158.
- CASTILLO, C., Y. YANES, M. R. ALONSO & M. IBÁÑEZ (2006). *Napaeus lajaensis* sp. nov. (Gastropoda: Pulmonata: Enidae) from a Quaternary Aeolian deposit of northeast Tenerife, Canary Islands. *Zootaxa*, 1307, 47-54.
- CEBALLOS, G., P.R. EHRLICH & R. DIRZO (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc. Natl. Acad. Sci.* doi:10.1073/pnas.1704949114/-/DCSupplemental.
- CEBALLOS, G., P.R. EHRLICH, A. D. BARNOSKY, A. GARCÍA, R. M. PRINGLE & T.M. PALMER (2015). Accelerated modern human induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1: e1400253.

- CERÍACO, L. M.P., E.E. GUTIÉRREZ & A. DUBOIS (2016). Photography-based taxonomy is inadequate, unnecessary, and potentially harmful for biological sciences. *Zootaxa*, 4196 (3):435-445.
- CHALADZE, G. (2017). Taxonomy should be more photography based-eliminated need of physical specimen to study morphology. *Zootaxa* 4247(3): 331.
- CHAPMAN, A. D. (2009). *Numbers of Living Species in Australia and the world* (Biodiversity Information Services. Toowoomba, Australia, 2009).
- CIANFERONI, F. & L. BARTOLOZZI (2016). Warning: potential problems for taxonomy on the horizon? *Zootaxa*, 4139 (1):128-30.
- COOK, J.A., S. V. EDWARDS, E. A. LACEY, R.P. GURALNICK, P.S. SOLTIS, D.E. SOLTIS, C. K. WELCH, K.C. BELL, K.E. GALBREATH, C. HIMES, J.M. ALLEN, T. A. HEATH, A.C. CARNAVAL, K.L. COOPER, M. LIU, J. HANKEN & S. ICKERT-BOND (2014). Natural History Collections as Emerging Resources for Innovative Education. *BioScience* 64 (8): 725-734.
- COPLEY, J.T., L. MARSH, A. G. GLOVER, V. HUHNERBACH, V.E. NYE, W.D.K. REID, C. J. SWEETING, B.D. WIGHAM & H. WIKLUND (2016). Ecology and biogeography of megafauna and macrofauna at the first known deep-sea hydrothermal vents on the ultraslow-spreading Southwest Indian Ridge. *Sci. Rep.* 6, 39158; doi: 10.1038/srep39158 (2016).
- COSTELLO, M.J., P. BOUCHET, G. BOXSHALL, K. FAUCHAUD, D. GORDON, B.W. HOEKSEMA, G.C. B. POORE, R.W.M. VAN SOEST, S. STÖHR, T.C. WALTER, B. VANHOORNE & W. D. W. APPELTANS (2013). Global coordination and standardization in marine biodiversity through the world register of marine species (WoRMS) and related databases. *PlosOne* 8 (1):20 pp.
- COSTELLO, M.J. & C. CHAUDHARY (2017). Marine Biodiversity, Biogeography, Deep-Sea Gradients, and Conservation. *Current Biology* 27:R511-R527.
- COSTELLO, M.J., S. WILSON & B. HOULDING (2013). Predicting total global species richness using rates of species description and estimates of taxonomic effort. *Syst. Biol.*, 61 (5): 871-873.
- CRAWFORD, A.J., K. R. LIPS & E. BERMINGHAM (2010). Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panamá. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107:13777-13782.
- DIÉULIIS, D., K. R. JOHNSON, S.S. MORSE & D.E. SCHINDEL (2016). Specimen collections should have a much bigger role in infectious disease research and response. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América* 113 (1): 4-7.
- DIRZO, R., A. TATSUYA, W.J. SUTHERLAND, L. JOSEPH & A. PETER (2014). Are natural history collections coming to an end as time-series? *Frontiers in Ecology and the Environment* 12: 436-438.
- DYER, E.E., P. CASSEY, D. W. REDDING, B. COLLEN, V. FRANKS, K.J. GASTON, K.E. JONES, S. KARK, C.D. ORME & T.M. BLACKBURN (2017). The Global Distribution and Drivers of Alien Bird Species Richness. *PLoS Biol* 15(1): e2000942. doi: 10.1371/journal.pbio.2000942
- DONEGAN, T.M. (2008). New species and subspecies descriptions don not and should not always require a dead type specimen. *Zootaxa* 1761:37-48.

- DORFMAN, E. (2013). Normas para los museos de ciencias naturales. *Noticias del Icom* 66 (3):28-29.
- DUBOIS, A. & A. NEMESIO (2007). Does nomenclatural availability of nomina of new species or subspecies require the deposition of vouchers in collections? *Zootaxa* 1409:1-22.
- ESTRADA, A., P.A. GARBER, A.B. RYLANDS, C. ROOS, E. FERNÁNDEZ-DUQUE, A. DI FIORE, K. A. NEKARIS, V. NIJMAN, E. W. HEYMANN, ... & B. LI (2017). Impeding extinction crisis of the world's primates: why primates matter. *Science Advances* 3:1-16.
- FAÚNDEZ, D.I. (2017). Photography-based taxonomy: Is it necessary to reform the Code, and what that exactly means? *Zootaxa*, 4247 (3):332
- FONTAINE, B., A. PERRARD & P. BOUCHET (2012). 21 years of shelf life between discovery and description of new species. *Curr. Biol.* 22 (22):R943-4.
- FONTAINE, B., K. ACHTERBERG, M.A. ALONSO-ZARAZAGA, R. ARAUJO, M. ASCHE, H. ASPÖCK, U. ASPÖCK, AUDISIO, P., ... & P. BOUCHET (2012). New Species in the Old World: Europe as a Frontier in Biodiversity Exploration, a Test Bed for the 21st Century Taxonomy. *PlosOne* 7 (5):e36881. doi:10.1371/journal.pone.0036881.
- GARDNER, J.L., A. TATSUYA, W.J. SUTHERLAND, L. JOSEPH & A. PETERS (2014). Are natural history collections coming to an end as time series? *Frontiers in Ecology and the Environment* 12:436-438.
- GARNETT, S.T. & L. CHRISTIDIS (2017). Taxonomy anarchy hampers conservation. *Nature* 546:25-27.
- GEMAN, D. & S. GEMAN (2016). Science in the age of selfies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América* 113 (34):9384-9387.
- GRIENEISEN, M. L., Y. ZHAN, D. POTTER & M. ZHANG (2014). Biodiversity, taxonomic infrastructure, international collaboration, and new species discovery. *BioScience*, 64(4), 322-332. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu035>
- GUTIÉRREZ, E. E. & R.H. PINE (2017). Specimen collection crucial to taxonomy. *Science* 355 issue 6331: 1275.
- HART, R., J. SALICK, S. RANJITKAR & X. JIANCHU (2014). Herbarium specimens show contrasting phonological responses to Himalayan climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América* 111 (29): 10615-10619.
- HENEN, B.T. (2016). Do scientific collecting and conservation conflict? *Herpetological conservation and Biology* 11 (1):13-18.
- HILL, A., R. GURALNICK, A. SMITH, A. SALLANS, R. GILLESPIE, M. DENSLOW, ... & L. FORTON (2012). The notes from nature tools for unlocking biodiversity records from museum records through citizen science. *Zookeys* 209:219-233.
- HROMADA, M., A. CANADY, P. MIKULA, A. TOWNSEND & P. TRYJANOWSKI (2015). Old natural history collections for new millennium – birds and mammals in the collection of PHMR. Tibor Weisz in Sarisske Museum Bardejov, Slovakia. *Folia Oecologica, Acta Universitatis presoviensis* 7(2): 115-141.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON ZOOLOGICAL NOMENCLATURE (2017). Declaration45 Addition of recommendations to Article 73 and of the term “specimen, preserved” to the Glossary. *Bulletin of Zoological Nomenclature* 73 (2-4):96-97.
- KEMP, C. (2015). The endangered dead. *Nature* 518:292-294.

- KRELL, F.T. & Q.D. WHEELER (2014). Specimen collection: plan for the future. *Science (Letters)* 344 (6186): 815-816.
- KRELL, F.T. (2016). Preserve specimens for reproducibility. *Nature* 539: 168.
- KRESS, W.J. (2014). Valuing collections. *Science* 346:1310.
- KRISHTALKA, L. & P. HUMPHREY (2000). Can Natural History Museums capture the future? *BioScience* 50(7):611-617.
- LINDENMAYER, D. & B. SCHEELE (2017). Do not publish. *Science* 356 (6340):800-801. Doi:10.1126/science.aan.1362.
- LIPS, K.R. (2011). Museum collections: mining the past to manage the future. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América* 108 (23): 9323-9324.
- MARSHALL, S.A. & N. L. EVENHUIS (2015). New species without dead bodies: a case for photo-based descriptions, illustrated by a striking new species of *Marleyimyia* Hesse (*Diptera, Bombyliidae*) from South Africa. *Zookeys* (525):117-127.
- MARTÍN-GONZÁLEZ, E. (2016). *Gasterópodos (Mollusca, Gastropoda) marinos del Neógeno de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria (Islas Canarias): revisión sistemática, paleoecología y bioestratigrafía*. Tesis Doctoral, inédita, 218 pp.
- MAY, R. (1998). *The dimensions of life on Eaeth*. In: Raven P.H. editor. *Nature and human society: the quest for a sustainable world*. Washington (dc): National Academy Press: 30-45.
- MAY, R. (2010). Tropical arthropod species, more or less? *Science* 329:41-42.
- MAY, R. (2011). Why worry about how many species and their loss? *PLoS Biology* 9 (8): 2pp.
- MINTEER, B. A., J.P. COLLINS, K. E. LOVE & R. PUSCHENDORF (2014). Avoiding (re) extinction. *Science* 344:260-261.
- MONASTERSKY, R. (2014). Life, a status report. *Nature* 516:159-162.
- MORA, C., D. P. TITTENSOR, S. ADL, A.G.B. SIMPSON & B. WORM (2011). How many species are there on Earth and in the oceans? *PLoS BIOL* 9, 1-8.
- OTERO-FERRER, F., J. A. GONZÁLEZ, M. FREITAS, R. ARÁUJO, J. M. N. AZEVEDO, W. V. HOLT, F. TUYA & R. HAROUN (2017). When natural history collections reveal secrets on data deficient threatened species: Atlantic seashores as a case study. *Biodiversity Conservation*, DOI 10.1007/s10531-017-1385-x
- PAPE, T. (2016). Species can be named from photos. *Nature* 537: 307.
- PIMM, S.L., C.N. JENKINS, R. ABELL, T.M. BROOKS, J.L. GITTLEMEAN, L.N. JOPPA, P.H. RAVEN, C.M. ROBERTS & J.O. SEXTON (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection. *Science* 344:1246752.
- PYLE, R.L. (2016). Towards a Global Names Architecture: The future of indexing scientific names. *Zookeys* 550:261-181. Doi:10.3987/zookeys.550.10009.
- RÉGNIER, C., G. ACHAZ, A. LAMBERT, R.H. COWIE, P. BOUCHET & B. FONTAINE (2015). Mass extinction in poorly known taxa. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (25): 7761-7766. Doi: 10.1073/pnas.1502350112.
- ROBERTSON, T., M. DÖRING, R. GURALNICK, D. BLOOM, J. WIECZOREK, K. BRAAK, ... & P. DESMET (2014). The GBIF integrated publishing toolkit: Facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet. *PLoS ONE*, 9(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102623>

- ROCHA, L.A., A. ALEIXO, G. ALLEN, F. ALMEDA, C.C. BALDWIN, M.V.L. BARCLAY, J. M. BATES, A. M. BAUER, F. BENZONI, C.M. BERNES,... & C.C. WITT (2014). Specimen collection: an essential tool. *Science* 344:814-815.
- SANTOS, C.M.D., D.S. AMORIM, B. KLASSA, D.A. FACHIN, S.S. NIHEI, C.J.B. DE CARVALHO, R.L. FALASCHI, C.A. MELLO-PATIU, M.S. COURI, S.S. OLIVEIRA, V.C. SILVA, G.C. RIBEIRO, R.S. CAPELLARI & C.J.E. LAMAS (2016). On typeless species and the perils of fast taxonomy. *Systematic Entomology*, 41, 511-515. <http://dx.doi.org/10.1111/syen.12180>.
- SCHILTHUIZEN, M., C. S. VAIRAPPAN, E. M. SLADE, D. J. MANN & J.A. MILLER (2015). Specimens as primary data: museums and “open science”. *Trends in Ecology & Evolution* XX:1-2. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.03.002>.
- SMITH, V. & V. BLAGODEROV (2012). Bringing collections out of the dark. *Zookeys*, 209:1-6. <https://doi.org/10.3897/zookeys.209.3699>
- SUÁREZ, A.V. & N. D. TSUTSUI (2004). The value of Museum collections for research and society. *BioScience* 54(1):66-74.
- URBAN, M.C. (2015). Accelerating extinction risk of climate change. *Science* 348:571-573.
- VIGNIERI, S. & J. FAHRENKAMP-UPPENBRINK (2017). Ecosystem Earth. *Science* 356 (6335):258-259.
- WARD, D.F. (2012). More Than Just Records: Analysing Natural History Collections for Biodiversity Planning. *PLoS ONE* 7(11):e50346doi:10.1371/journal.pone.0050346
- WHEELER, Q. D., P. H. RAVEN & E.O. WILSON (2004). Taxonomy: impediment or expedient? *Science* 303: 285.
- WHEELER, Q. D., S. KNAPP, D. W. STEVENSON, J. STEVENSON, S.D. BLUM, B.M. BOOM, ... & J. B. WOOLLEY (2012). Mapping the biosphere: exploring species to understand the origin, organization and sustainability of biodiversity. *Systematics and Biodiversity*, 10(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/14772000.2012.665095>
- WILSON, E.O. (2003). The encyclopedia of life. *Trends in Ecology and Evolution*. 18:77-80.
- YANES, Y., C.J. YAPP, M. IBÁÑEZ, M.R. ALONSO, J. DE LA NUEZ, M.L. QUESADA, C. CASTILLO & A. DELGADO (2011). Pleistocene-Holocene environmental change in the Canary Archipelago as inferred from the stable isotope composition of land snail shells. *Quaternary Research*, 75, 658-669.
- ZHANG, Z. (2017). Species names based on photographs: debate closed. *Zootaxa* 4269 (4): 451-452.

