

VIERAEA	Vol. 46	pp. 745-768	Santa Cruz de Tenerife, octubre 2019	ISSN 0210-945X
---------	---------	-------------	--------------------------------------	----------------

## Colecciones y *ciencia-ciudadana*: un vínculo en el siglo XXI

FÁTIMA HERNÁNDEZ MARTÍN

Directora del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife.  
 Museo de la Naturaleza y la Arqueología (Antiguo Hospital Civil)  
 Fuente Morales s/n 38003 Santa Cruz de Tenerife (islas Canarias)  
 fatima@museosdetenerife.org

HERNÁNDEZ, F. (2019). Colecciones y ciencia ciudadana: un vínculo para el siglo XXI. *Vieraea*, 46: 745-768. <https://doi.org/10.31939/vieraea.2019.46.tomo02.18>

**RESUMEN:** Los proyectos de *ciencia-ciudadana* están resultando muy eficaces para involucrar a público variopinto en asuntos referidos a investigación en diversas disciplinas, en este caso sobre medio natural, cooperando en proyectos, desarrollando productos editoriales sobre divulgación de la naturaleza (comunicando ciencia) (Gura, 2013), así como informando sobre tópicos de interés que afectan al futuro de todos. Asimismo, estamos de acuerdo con lo expresado por McKinley *et al.* (2017) respecto a que relacionar a un mayor número de personas con la ciencia puede aumentar nuestra comprensión de los sistemas

de la Tierra y nos ayuda a encontrar soluciones viables a los problemas que amenazan al Planeta (estudios de cambio climático, análisis fenológicos, transformación de paisajes, especies invasoras, patógenos...). En este artículo abordamos estas cuestiones, además de hacer un recorrido espacial-temporal y señalar aspectos de interés que –desde antiguo– han llevado a desarrollar esta provechosa herramienta de trabajo que –en definitiva– acerca la sociedad a la ciencia, algo especialmente importante en los modernos museos de ciencias naturales.

**PALABRAS CLAVE:** ciencia-ciudadana / medio natural / museos / colecciones.

**ABSTRACT:** *Citizen-science* projects are very effective to involve diverse public in matters related to research in various disciplines, in this case on natural environment. Its profile is rapidly rising, cooperating with scientific teams,

developing editorial products on nature dissemination (a way of communicating science according to Gura, 2013), and reporting about the interesting topics related our future. Also, according McKinley *et al.* (2017) proliferated in the

last decade, becoming a critical form of public engagement in science and an increasingly important research tool for the study of large-scale patterns in nature (biological studies of global climate change, including phenology analysis, landscape ecology, as well as in rare and invasive species, diseases...). In this article we address these issues,

in addition to making a spatial-temporal journey and pointing out aspects of interest that —from old— have led to the development of this useful work tool, which —in short— brings society closer to science, something especially important in the modern museums of natural sciences.

**KEY WORDS:** citizen science / natural environmental / museums / collections.

*“...Nunca seremos capaces de predecir el futuro con certeza total, pero necesitamos tener un modelo de estrategia, a partir de los conocimientos existentes, para prever los efectos aún desconocidos que, sobre la biodiversidad, se ocasionen...”*

(Araújo & Rahbek, 2006)

Según Miller-Rushing *et al.* (2012) han expresado recientemente, la *ciencia ciudadana*, es decir, involucrar a público general en ciencia, que plantee cuestiones, recopile información de campo, interprete —junto con científicos— observaciones y elabore conclusiones... ha resultado ser una vía de especial interés (Dickinson *et al.*, 2012) muy útil a la investigación, gracias a la aportación de un amplio número de datos que, *a posteriori*, una vez estrictamente validados, maneja el científico. Además, ha sido un método para intrigar al ciudadano *de a pie* sobre procesos, generando una intensa relación entre investigador y público, sin que ello signifique que el aficionado puede reemplazar el papel que desempeña el profesional. De hecho, actividades que no producen nuevos conocimientos, no son analizadas, validadas o comunicadas más allá de los participantes, no se consideran (valoran) dentro del concepto actual de *ciencia-ciudadana*.

Habría que recordar, no obstante, que anteriormente a la profesionalización de la ciencia (hacia finales del siglo XIX, dato cambiante según los autores que se consulten), la investigación científica era dirigida por aficionados (*amateurs*), es decir, estudiosos que no eran pagados/retribuidos como científicos (Vetter, 2011). Algunos, incluso, es de todos conocido, llegaron a ser muy perseguidos por defender determinadas teorías. Desde principios del siglo XVII, etapa que se considera de la *revolución científica*, incluso antes, era habitual que algunos de estos expertos reclutaran colaboradores para la recolección “*in situ*” de observaciones

del medio natural, en tiempos en que al científico se le conocía con el nombre de filósofo natural.

Por ejemplo, desde 1776 hasta 1786, una red de observadores recogió datos meteorológicos para la prestigiosa *Royal Society* de Londres, en una campaña que se extendió hasta 1792. Estos datos constituyen –en la actualidad– información básica para estudios de climatología histórica (Desaive *et al.*, 1972). Asimismo, Vicq d’Azyr, con la ayuda del meteorólogo Louis Cotte, diseñó una encuesta que distribuyó por todo el territorio francés, donde médicos provinciales se encargaban de reunir las observaciones epidemiológicas y meteorológicas, en base al cuestionario establecido, que debían ser enviadas a la *Royal Society* para su análisis y evaluación. El propósito de todo esto era averiguar el origen de las epidemias que afectaban al país, buscar relación entre estaciones y establecer un catálogo de particularidades zonales para desarrollar una geografía de enfermedades. Los corresponsales registraban varias observaciones diarias de temperaturas, presión atmosférica, variaciones higrométricas, dirección del viento y estado del cielo, que se repetían tres veces cada jornada, usando barómetro, higrómetro y termómetro graduados con la escala Reaumur (Puerto Sarmiento, 1997 *vide* Urteaga, 1997).

Según cuenta Brenna (2011), a mitad del siglo XVIII se conocía un obispo noruego que llegó a crear una *red de informadores* –tan amplia– que le suministraban, no solo datos, sino objetos propiamente dichos (piezas de historia natural) destinados a engrosar los gabinetes de curiosidades a la usanza de entonces. Este método era frecuente entre los primeros naturalistas, tal es el caso de John Ray y Carolus Linnaeus que –de esta forma– pudieron coleccionar especímenes y hacer observaciones a lo largo del mundo (conocido por entonces). En cierta manera podemos afirmar que fue *ciencia-ciudadana* (el aviso de varamiento de una ballena) lo que llevó a Alberto Durero (en Amberes del siglo XVI) a marchar hacia la zona costera (Zierikzee) para retratarla y recoger anotaciones de campo, si bien cuando llegó, el mamífero ya se había liberado y regresado de nuevo al océano. Como consecuencia del viaje contrajo una enfermedad, por lo que desde Amberes regresó a Nüremberg y no llegó a reponerse. La esposa del retratista afirmaba –por entonces– en alusión a los artilugios que le enviaban “... *tenemos en casa un armario lleno de caparzones de tortugas, plumas de faisanes de la India y avestruces de África...*”

No podemos olvidar que eran frecuentes las observaciones realizadas en el medio natural por granjeros, cazadores o naturalistas que las incorporaban a la vida cotidiana, eran parte de su existencia, de su *modus vivendi*... Por ejemplo, los viticultores en Francia han estado registrando días de vendimia durante más

de 640 años (Chuine *et al.*, 2004), mientras que los diarios de la corte de Kyoto (Japón) han grabado fechas del tradicional festival de cerezos en flor unos 1.200 años (Primack *et al.*, 2009). En China, tanto ciudadanos como funcionarios, han seguido la pista de plagas de langostas al menos durante 3.500 años (Tian *et al.*, 2011) y Estados Unidos cuenta con importantes registros fenológicos aportados por agricultores y organizaciones agrícolas en relación a eventos, como la siembra, cosechas y azotes de plagas (Hopkins, 1918). Asimismo, en 1442, sacerdotes sintoístas (en Japón) comenzaron a llevar registros de las fechas de congelación de un lago cercano, mientras que en 1693 comerciantes finlandeses iniciaron la toma de datos para dicho fenómeno en un río local. Juntos crearon los registros más antiguos de hielo en aguas continentales en la historia de la Humanidad y marcaron los primeros indicios del cambio climático, según un nuevo informe reciente, publicado por la Universidad de York y la de Wisconsin (Sharma *et al.*, 2016).

Numerosos fueron los suministradores de datos y especímenes, incluso colaboradores activos, que tenía el protomédico Francisco Hernández en la Nueva España, en especial para las experimentaciones realizadas –en los huertos– con los exóticos productos que tenían que inventariarse (y describirse, dibujarse, comentarse). El papel de estos apasionados de la naturaleza fue fundamental a la hora de registrar y dejar constancia de hechos naturales. Los primeros viajes científicos patrocinados por las cortes europeas (la expedición del antes mentado Francisco Hernández, la de Sir Walter Raleigh a Virginia o Georg Markgraf al Brasil holandés) estuvieron marcados por dicha preocupación. En dichos viajes los acompañantes (en especial artistas/ilustradores capaces de representar de manera rigurosa las formas de la naturaleza como complemento imprescindible al texto escrito) fueron de suma importancia para dichas empresas (Pimentel, 2003). Léase John White, primer artista inglés en plasmar la naturaleza de Carolina del Norte, así como la vida marina que iba visualizando mientras el barco en que viajaba y que había partido desde la lejana Inglaterra se acercaba a las costas americanas.

Por ejemplo, según relatan Marples & Pickering (2016), las colecciones de historia natural de *Sir H. Sloane* fueron obtenidas –principalmente– a partir del envío de comerciantes, capitanes de barco, físicos, estudiantes, miembros de la aristocracia, que manejaban información respecto a dichos objetos, para remitirlos posteriormente a Sloane. Así, examinando archivos de la *East India Company* (EIC) de Madrás se ha puesto de manifiesto numerosa documentación –sobre plantas medicinales– que circulaba entre habitantes de la zona (auténticas redes de conocimiento de entonces) antes de que fueran llevadas a Londres, para formar

parte de la colección de Historia Natural (Russnock 1999; Molho & Curto 2007). El análisis de la correspondencia de Sloane ha demostrado cómo, granjeros, caso de John Bartram (1699-1777), cirujanos navales como James Cuninghame (1698-1709) o toda una amplia variedad de profesionales (por ejemplo George Raper, oficial destinado al Penal de Nueva Gales del Sur, Plumb, 2010) eran los auténticos artífices del traslado e información a Europa de nuevos especímenes y/o dibujos. En el caso de James Cuninghame (1698-1709), una vez establecido en la llamada Cochinchina (Jarvis & Oswald, 2015), suministró plantas para herbarios, así como insectos (Santos-Guerra *et al.*, 2011) con destino a la colección Sloane. En el viaje que realizó a bordo del barco *Tuscan*, hizo escala en la isla de La Palma (enero de 1698) en ruta hacia China, produciéndose un curioso incidente relacionado con asuntos internacionales de entonces (Jarvis & Oswald, 2015). Durante su estancia recolectó plantas (que formaron parte del Herbario de Sloane), así como lepidópteros por encargo de James Petiver (boticario), amigo del mentado Sloane. Información y especímenes que –descritos o dibujados por el propio Petiver y Leonard Plukenet (autor de la obra *Phytographia*)– fueron la base para estudios de Historia Natural. Curiosamente, en China, Cuninghame encargó unas ochocientas acuarelas sobre plantas nativas que presentó a su regreso a Inglaterra (en la *Royal Society*) y se mostró sorprendido con un tinte rojo, usado para escribir, extraído de la gardenia. Señalemos también el caso de Fanny Parkes que, desde India donde estaba destinado su esposo, mandaba plantas para el Museo Británico (1814) o Flora Martin, nacida Campbell, que no solo recolectaba hongos sino que publicó, presentó, experimentó y compartió experiencias sobre micología, favoreciendo el desarrollo de la disciplina en Australia, además de ser una excelente ilustradora científica (Maroske *et al.*, 2018) (83 nuevos taxones, Maroske & Vaughan, 2014). Destacamos las valiosas aportaciones al conocimiento de la flora de Australia de la colectora P.J. Murphy (Kruss, 2018), que contribuyó con 1.123 especímenes donados al Herbario de Victoria (Australia).

Cabe mencionar, asimismo, las ilustraciones y datos que, desde los doce años de edad (cuando descubrió el esqueleto post-craneal de un ictiosaurio), enviaba Mary Anning (1799-1847) a la *Geological Society of London*, en concreto sobre fósiles de la costa de Lymes (Inglaterra). En opinión de Torrens (1995) representaron una importantísima contribución a la Paleontología, cuya nota discordante fue, sin duda, la ausencia de reconocimiento a esta estudiosa de los fósiles, con categoría y análisis crítico de auténtica científica (Burton, 2012) que permitió, entre otros muchos logros, la descripción del género *Hybodus* (tiburón prehistórico) en 1839, con especial detalle respecto a la especial morfología de los dientes.

También contó Darwin (Williams, 2008) con colaboradores alrededor del mundo

que le suministraron información y especímenes a partir de 1858 cuando, instalado en su casa *Down House* en Kent, trabajaba arduamente en su famosa teoría.

Los colectores de datos (o especímenes) no han quedado relegados a los siglos XVIII o XIX, son también un fenómeno contemporáneo. Por ejemplo, el caso de Peter Davis, un gran bateador de Edimburgo, que colectó un holotipo en Turquía en 1938 y en los 38 años siguientes ha recogido unos 448 tipos de plantas (Bebber *et al.*, 2012).

Y es que la creación empírica de conocimiento necesariamente requiere de la involucración (palabra muy usada actualmente en *ciencia-ciudadana*) de público variopinto, no solo para reseñas en libros, sino en la ubicación de ejemplares –los propios especímenes–, testimonios personales sobre hallazgos en lugares ignotos o excelentes dibujos usando técnicas diversas (Daston, 1988; Schieber, 2009; Plumb, 2010; Bebber *et al.*, 2012). Estas contribuciones –desde antaño y llevadas a cabo por estos aficionados– han ayudado –en gran parte– a constituir las valiosas colecciones de animales, plantas, rocas, fósiles o todo tipo de *artefactos* a lo largo de todo el mundo que –en principio– formaron parte de las cámaras o gabinetes de maravillas o curiosidades y –más tarde– de los museos de ciencias naturales, principalmente nacionales.

Según Pearson *et al.* (2011), el desarrollo histórico de varios campos tales como astronomía, ciencia militar, arqueología, geología, física, informática, horticultura, ictiología, malacología, ornitología o entomología, compartieron un patrón común con respecto a la relación entre expertos y *amateurs* (Leadbeater & Miller, 2004).

Con el devenir de los tiempos, según expresan Miller-Rushing *et al.* (2012), en concreto en los últimos ciento cincuenta años, la profesionalización de la ciencia fue un hecho, mientras que *los amateurs* quedaron un poco al margen, algo que se está intentando solventar con proyectos novedosos de *ciencia-ciudadana*. Ciertamente es que el asunto no es baladí (Rasmussen & Prys-Jones, 2003; Dalton, 2005; Corado, 2005; Olson, 2008; Boessenkool *et al.*, 2010), no debe ser tomado en absoluto como banalidad, ya que desarrollar e implementar datos en proyectos de educación y ciencia requiere un considerable esfuerzo (Bonney *et al.*, 2017), demostrándose además que está focalizando preferencias sociales sobre determinados grupos taxonómicos e ignorando otros (Troudet *et al.*, 2017). Implica control/coordiación exhaustiva y rigurosa y –lo principal– validación de la información. Asimismo, el perfil del colaborador debe ser muy especial, destacando la ilusión, es decir, ganas de colaborar por parte de alguien que se presupone interesado y que debe acatar las pautas establecidas por los responsables. Estos señalan protocolos de trabajo que permiten el ulterior uso correcto de dichos

datos, preocupación que se pone de manifiesto en el trabajo de Bonter & Cooper (2012) donde se describe uno de estos protocolos de validación desarrollados por los responsables del proyecto, en este caso el *FeederWatch sobre observación de avifauna*. También, según Venkatraman (2010), es necesario adoptar un modelo en el que todos los participantes sean reconocidos por contribuir a estos proyectos. Así se expresa Burton (2012) al afirmar que hay que hallar vías para reconocer el mérito de estas aportaciones (dando visibilidad a los contribuyentes) “...all volunteers emphasized the power of being recognized for their individual contributions as a crucial motivational factors...”.

Merece destacarse la colaboración para obtener datos masivos sobre el *mosquito tigre* (género *Aedes*), trabajo que apareció publicado en la prestigiosa revista *Nature Communications*. El estudio destaca que la *ciencia ciudadana* pudo revolucionar el seguimiento de organismos vectores de enfermedades globales como el caso de este insecto. Los autores expresan que, gracias a la *ciencia ciudadana*, se han ampliado las áreas de vigilancia en el territorio español para estudiar dicha especie. “...No es lo mismo tener un equipo de expertos que debe desplazarse a cientos de kilómetros, que una red de voluntarios distribuidos por todo el país dispuestos a colaborar con la ciencia...” han explicado (Palmer *et al.*, 2017). Así, desde el año 2014, el proyecto ha recibido más de 3.600 alertas confirmadas de *mosquitos tigre* de toda España y algunas han sido consideradas excepcionales. Todos estos hallazgos hechos por la ciudadanía (datos y fotos *in situ*) se han validado científicamente en colaboración con las universidades participantes en el proyecto, permitiendo inspecciones y al desarrollo de protocolos de salud pública.

Resultan relevantes algunos proyectos, caso de *Poseidón* puesto en marcha en relación al medio marino de Canarias, con unos 350 observadores, los cuales, a través del avistamiento de especies en el medio litoral de las Islas, ofrecen datos de gran valor científico para la conservación del medio marino del Archipiélago. Asimismo, el proyecto *Lanius* que se ha desarrollado en torno al Parque Nacional del Teide (isla de Tenerife, Canarias) y que ha tenido como objetivo sensibilizar y hacer partícipe al público del conocimiento y conservación del Parque, a través de la investigación de las interacciones ecológicas y evolutivas que se dan entre la comunidad de avifauna y el entorno.

Recordemos que establecer una cuota sostenible para *los inuits* sobre capturas de ballena boreal (*Balaena mysticetus*) fue posible gracias al conocimiento que, sobre rutas migratorias y comportamiento de estos animales, tenía dicho pueblo, información que pudo ser ratificada –más tarde– mediante métodos acústicos, valoraciones aéreas y análisis de isópodos estables (Huntington, 2000). También de interés fueron los datos que se han proporcionado sobre poblaciones de be-

lugas (*Delphinapterus leucas*) (Huntington, *op cit.*) o bancos de arenque (*Clupea pallasii*) y que permitieron adoptar medidas de restauración después del desastre ecológico provocado por el Exxon Valdez (1989).

Otro ejemplo interesante se refleja en el estudio titulado *Undersea Constellations: The Global Biology of an Endangered Marine Megavertebrate Further Informed through Citizen Science*, de Bradley *et al.* (2017). En este caso, la ciencia ciudadana ha sido en opinión de los autores que estudiaban el tiburón ballena "...*fundamental in amassing large spatial and temporal data sets to elucidate key aspects of whale shark life history and demographics and will continue to provide substantial long-term value...*".

También, como escribe Alan Jones en la revista *BioScience*, en relación al libro *Citizen Science: How Ordinary People Are Changing the Face of Discovery*, cuya autora es Caren Cooper (2016)... "ya el artista Vincent van Gogh escribió en 1882 que las grandes cosas se hacen por lograr unir muchas pequeñas...", relatando que William Whewell (el estudioso inglés al que se le atribuye, algo que muchos ponen en duda, la invención de la palabra científico) coordinó miles de voluntarios-observadores alrededor del mundo para registrar, simultáneamente, mediciones de mareas en periodos de dos semanas. Los millones de datos que recopiló suministraron un conocimiento muy profundo sobre los océanos y ayudaron a elaborar el primer modelo global acerca del comportamiento de las mareas, información que ha sido esencial para la seguridad y eficacia del transporte marítimo, entre otros muchos aspectos... (Jones, 2017).

Destacamos la reseña aparecida –recientemente– en *Nature* (2018) sobre el descubrimiento de una supernova por parte de un *amateur* (Castelvecchi, 2018) o el trabajo publicado en marzo de 2018 (MacDonald *et al.*, 2018), en relación al interesante descubrimiento (a través de la foto de otro *amateur*) de una *subaurora* (estructura distinta de las tradicionales auroras ovaes con un inusual nivel de electro temperatura, denominada STEVE). El estudio de auroras boreales forma parte de proyectos de *ciencia-ciudadana*, como por ejemplo *Aurosaurus* (MacDonald *et al.*, 2015; Case *et al.*, 2016). El descubrimiento de STEVE apoya, una vez más, la importancia del nexo aficionados/científicos, sintetizando información compleja y preguntando, consultando, a los expertos, sobre estos hechos (Dickinson *et al.*, 2012).

Descubrimientos de enanas marrones (caso de WISEA, Kuchner *et al.*, 2017), especies nuevas de leguminosas de gran colorido en África del Sur (Bello *et al.*, 2015) o exóticos coleópteros de Borneo (Taxon Expedition, Freitag *et al.*, 2018) son algunos de las implicaciones de ciudadanos en ciencia. Cabe mencionar el proyecto de la Universidad de Washington –año 2015– en relación a ciudadanos que

transcriben los textos de los cuadernos de bitácoras de cientos de balleneros en el Ártico entre 1800 y 1900 a fin de conocer datos climatológicos en series temporales, titulado *Old Weather*.

Señalar la entrega al Museo de Ciencias Naturales de Tenerife (dado lo curioso y raro del ejemplar) de *Tremoptopus violaceus* delle Chiaje, 1830, cefalópodo de extraña morfología, perteneciente (Finn, 2014) a la familia Tremoctopodidae, capturado con *potera*, por un lugareño, el año 1995, en el muelle de Santa Cruz de Tenerife. Al margen del interés para las colecciones del Museo (registro TFMCBM/M0180), no deja de ser una aportación interesante sobre la distribución de estos enigmáticos animales cuya vida se desarrolla lejos de la costa, siendo por tanto difíciles de visualizar. El colector, que lo entregó al Museo, desconocía no ya el tipo de vida de estos organismos, sino la existencia de este enigmático grupo. También el caso de un pez, conocido como chopo (*Kiphusus sectator*, TFMCBMVP358), de extraña coloración amarilla que un pescador llevó al Museo en el año 1992 –sorprendido por su tonalidad– y que hoy se exhibe flamante en la sección de ictiología de una de las salas marinas del MUNA.

Asimismo, estamos de acuerdo con lo expresado por Mckinley *et al.* (2017) respecto a que involucrar a un mayor número de personas en ciencia puede aumentar nuestra comprensión de los sistemas de la Tierra y nos ayuda a encontrar soluciones viables a los problemas que amenazan al Planeta. De acuerdo con dichos autores (Mckinley *et al.*, op. cit.), cierto es que la *ciencia ciudadana* no es la panacea, y se necesita averiguar aún cómo puede apoyar la comprensión (y ofrecernos resultados positivos) sobre patrimonio natural. Sin embargo, sí representa una opción prometedora para enfrentar desafíos serios en los campos de biología de la conservación, manejo de los recursos naturales y protección ambiental. De hecho, ya está contribuyendo a la gestión de los recursos naturales, el medio ambiente y la formulación de políticas adecuadas. Cada año decenas de miles de voluntarios obtienen (observan) desde bosques, praderas, humedales, costas, lagos, arroyos, almacenes de colecciones de museos de ciencias naturales e incluso los propios patios, balcones o jardines de sus casas, información científica utilizable (Oberhauser & LeBuhn, 2012), muchas veces mediante interesantes aplicaciones para dispositivos móviles (Kress *et al.*, 2018). Muchos proyectos de envergadura y la obtención de series de datos no serían posibles sin los voluntarios que producen esta información, recogiendo observaciones en grandes áreas geográficas, detectando eventos o especies raras, así como apoyando en los laboratorios y museos al personal científico de proyectos establecidos (Hiller *et al.*, 2017) que, de otro modo, sería más complejo llevar a cabo. La ciencia ciudadana ha hecho contribuciones evidentes a la ciencia, facilitando publicaciones (en re-

vistas especializadas), así como conjuntos de datos que necesitan manejar los administradores de recursos naturales y ambientales (Huntington, 2000, TEK= Traditional Ecological Knowledge).

Según Mckinley *et al.* (2017), este tipo de iniciativas brinda también beneficios más allá de la ciencia, ofreciendo la oportunidad de discursos abiertos basados en el conocimiento científico al que un mayor número de personas puede acceder, comprender y sobre el que confiar (Chennell, 1998). La ciencia ciudadana puede ayudar a identificar patrones y brechas y ayudar a establecer prioridades y asignar recursos. Al difundir el conocimiento científico e involucrar a un mayor número de personas en la formulación de políticas de gestión, se alcanzan soluciones que conducen a mejores resultados ambientales y sociales, evitándose muchas veces conflictos innecesarios (Chadler *et al.*, 2012).

Por lo que a los museos de ciencias naturales respecta (Ballard *et al.*, 2017; Miller-Rushing *et al.*, 2012; Winker, 2004), esta importante relación (compartiendo objetivos) ha quedado reflejada especialmente en su implicación en colecciones recientes e históricas de museos de Historia Natural. Especímenes, fotografías, observaciones (documentadas y archivadas) ayudan a museos e instituciones afines en asuntos relativos a ecología, evolución y biología conservacionista (Lacey *et al.*, 2017). Colecciones o datos acerca de ellas que se amplían por las aportaciones de un combinado entre profesionales científicos y naturalistas *amateurs*, que se inició y extendió por Europa desde el siglo XV (Marple & Pickering, 2016). Según explica Beidleman (2004), los museos de ciencias naturales no contienen solo colecciones de especímenes, suelen custodiar archivos históricos con cartas, libretas de campo, dibujos, fotografías (algunos centros desde hace más de un siglo), cuadros... con valor en biología. Algunas colaboraciones –por ejemplo con estudiantes– resultan muy interesantes como es el caso de los programas del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife (Hernández, 2017) en prácticas de Grado, Máster o Voluntariado, o el ejemplo del programa para estudiantes de la Universidad de California (Hiller *et al.*, 2017). De hecho, se incrementa el número de plataformas digitales centradas en participar en colecciones, su conservación e intercambio de información sobre Historia Natural y se dedica tiempo y esfuerzo a organizar proyectos de *ciencia-ciudadana* que incluyen entre otros objetivos: identificación por fotografías, datos para museos y taxonomía de organismos... (Tewksbury *et al.*, 2014).

No olvidemos, además, al igual que opinan Miller-Rushing *et al.* (2012), que las colecciones se usan de manera intensiva para desarrollar modernos sistemas de taxonomía, es decir, nominar, clasificar y comprender la dinámica de la evolución y distribución de especies, como ya expresó Hernández (2017), así como

numerosos autores preocupados por la temática (caso de Araujo & Rahbek, 2006; Feely & Silman, 2011). De hecho, recientemente, y como ya hemos comentado (Hernández, *op. cit.*), dicha utilidad en general ha empezado a ser defendida con vehemencia (DiEuliis *et al.*, 2016). Según Lowman & Kress (2017) conservadores e investigadores de museos de ciencias naturales publican sobre biodiversidad, presentan exposiciones temáticas, organizan expediciones, catalogan especímenes e interactúan con los departamentos de educación para ofrecer conocimiento de gran rigor científico. En el caso de las colecciones, según Bradley *et al.* (2014), evidentemente, implica un elevado coste presupuestario, pero los resultados que se obtienen de las investigaciones proporcionan ayudas para solventar problemas inherentes al siglo XXI, algunos muy graves. Y es 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, en asuntos como seguridad pública, sanidad local, cambio climático, prevención de catástrofes, cultivos agrícolas, enfermedades puntuales, pandemias... y 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) (Goodwin *et al.*, 2015; Lacey *et al.*, 2017; Sunderland *et al.*, 2012; Kress, 2014; Buerki & Portela, 2018; Sánchez-Cordero & Martínez-Meyer, 2000; Pinto *et al.*, 2010).

De acuerdo con Gardner *et al.* (2014), colecciones históricas (integrando diferentes grupos taxonómicos) han suministrado datos para evidenciar –entre otras cuestiones– *cuellos de botella* genéticos provocados por insecticidas, así como alteraciones en la coloración del plumaje o en tamaño corporal en determinados grupos de vertebrados. Por ejemplo, cómo disminuye la masa corporal de aves paseriformes o se aprecian cambios de talla en relación con el aumento de temperatura (Yom-Tov, 2000; Gardner *et al.*, 2009). También –en dicho grupo de aves– variabilidad corporal debido al cambio climático (Gardner *et al.*, 2014) y, en el caso de avifauna no paseriforme, modificación de la coloración del plumaje por calentamiento (Karell *et al.*, 2011). En relación a mamíferos, variabilidad de alzado (Moritz *et al.*, 2008), en talla corporal (Meiri *et al.*, 2009), así como pérdida de diversidad genética (Rubidge *et al.*, 2012). Para el grupo de los reptiles, incremento de la subdivisión genética (Bi *et al.*, 2013) y del tamaño del cuerpo por aumento de temperatura (Wikelski & Romero, 2003).

Se han apreciado modificaciones del rango geográfico de distribución, sensibilidad a la temperatura o variaciones en vuelo de licénidos (mariposas de la familia Lycaenidae) (Parmesan *et al.*, 1999; Polgar *et al.*, 2013; Kharouba *et al.*,

2014). Cambios fenológicos en abejas silvestres (Bartomeus *et al.*, 2011), o en la sexualidad asociada a infecciones por parásitos (Hornett *et al.* 2009).

Respecto a vegetales, disminución de la anchura de la hoja por cambio climático (Guerin *et al.*, 2012); modificaciones en densidad de estomas, en relación al aumento de CO<sub>2</sub> (Woodward, 1987), floración temprana por incremento de temperatura (Calinger *et al.*, 2013) o alteraciones en fructificación (Kauserud *et al.*, 2008). El estudio de antiguas colecciones (caso de *Orphrys sphegodes*) está aportando datos fenológicos con implicación en meteorología de gran importancia para análisis sobre cambio climático (Robbirt K.M. *et al.*, 2010).

Asimismo, se ha constatado pérdida de diversidad genética debido a aislamiento antropogénico en poblaciones de osos (Miller & Waits, 2003), modificación en dietas de aves marinas (Becker & Beissinger, 2006), disminución de poblaciones en relación a producción primaria (Hilton *et al.*, 2006), cambios en la forma de los huevos por exposición a pesticidas (Olsen *et al.*, 1993), mortalidad de aves por exposición a compuestos órgano-fosforados (Walker & Newton, 1998) y pérdida de alelos en colecciones de pieles añosas por contacto con insecticidas (Groombridge *et al.*, 2000)... entre otros muchos ejemplos que pudiéramos señalar. También, distribución geográfica de especies extintas, incluso siglos después de su desaparición (Burgio *et al.*, 2018) o afectaciones por virus en avifauna (caso del estudio de Parker *et al.* [2011]). Decker *et al.* (2018) han revelado una nueva amenaza para las mariposas monarcas, dado que los niveles de dióxido de carbono atmosférico reducen las propiedades de ciertas plantas que protegen de enfermedades a estos icónicos insectos.

De hecho, recientemente Gropp (2018) expresaba que “...*el futuro necesita las colecciones de Historia Natural, y su potencial uso en educación e investigación... son base fundamental para la investigación biológica...*”

Y frente a lo que pudiera parecer ingente material presente en las colecciones (Loss *et al.*, 2013, 2014), se especifica que dicha cantidad no es excesiva. En relación a esto, Loss *et al.* (*op. cit.*) estiman que entre 365 y 988 millones de pájaros mueren en EE.UU. por colisión con edificios, mortalidad solo superada por la predación activa de gatos domésticos (1,3- 4 billones anuales).

Además, en opinión de un antiguo director de la Smithsonian Institution... “*una colección estudiada puede darnos una nueva respuesta a un determinado problema, de ahí la importancia de las antiguas... ellas no solo cuentan el número de especies existentes, sino cómo están relacionadas, añadiendo una visión evolutiva al tema de conservación...*”

Tampoco debe obviarse que colecciones de fotografías (en particular bancos de imágenes antiguas sobre paisajes, de determinados espacios naturales, es-

pecies en sus ambientes...) representan un recurso fundamental para estudiar transformaciones causadas por cambio climático, sobreexplotación de recursos, contaminación, invasión de especies, así como impactos de herbívoros. De hecho, Kwok (2017) destaca la importancia de las fotografías antiguas (colecciones de imágenes de particulares, de archivos fotográficos) para investigaciones sobre cambios sufridos por los ecosistemas a lo largo del tiempo.

Como ha publicado recientemente la revista *Nature* (Dance, 2017), los científicos que trabajan en modernos museos tienen un amplio rango de herramientas (además de los tradicionales, léase exposiciones permanentes y temporales) para involucrar (entusiasmar) a todo tipo de público, caso de las nuevas tecnologías, la palabra escrita o hablada y evidentemente los *proyectos de ciencia ciudadana* (Averett, 2015; Dance, 2017; Flemons & Berents, 2012). En los museos de ciencias naturales se aprende acerca de asuntos como cambio climático, desastres naturales o importancia de especies en el engranaje ecológico, de forma complementaria a estudios básicos de enseñanza reglada (Dance, 2017; Hiller *et al.*, 2017). Las colecciones de los museos de Historia Natural continúan siendo espacios vitales para producir conocimiento y representan un punto de encuentro entre ciencia y arte, público y academia (Marples & Pickeringm, 2016; Star & Greisemer, 1989, Konrat *et al.*, 2018).

Por ello, nos parece relevante que la *ciencia-ciudadana* esté resultando una herramienta muy eficaz para involucrar al público (no solo a los más jóvenes, también a jubilados) en asuntos referidos a investigación en diversas disciplinas, en este caso sobre medio natural, ayudando a cooperar en proyectos, desarrollando productos editoriales sobre divulgación (es una manera de comunicar ciencia según Gura, 2013), así como a informar sobre tópicos de interés que afectan, en definitiva, al futuro de todos. Así que deseamos (trabajamos en ello) que nuestros museos se llenen cada día con público de todo tipo que se entusiasme con nuestras colecciones (diversas y amplias), quiera saber acerca de ellas, nos acompañe con deleite en el estudio e identificación –con afán detectivesco si cabe– de aquellas aún ignotas... pero sobre todo que las considere elementos cruciales (joyas de valor incalculable) que posibiliten el descifrar enigmas, solucionar problemas (recurso único para investigar y divulgar en varias disciplinas, Rouhan *et al.*, 2017, Gascon *et al.*, 2015), además de valorar su contribución en la belleza/armonía/ecología del Planeta. Colecciones, mimado patrimonio de la Humanidad, disfrute de unos pocos, pero en la esperanza (y obligación) de conocimiento –cada día– de muchos más.

BIBLIOGRAFÍA

ARAUJO, M.B. & C. RAHBK (2006)

How does climate change affect biodiversity? *Science*, 313:1396-1397.

AVERETT, N. (2015)

Citizen Volunteers Pitch in on Digitization Backlog. *BioScience*, 65 (6): página 632.

BALLARD, H. L., L. D. ROBINSON, A. N. YOUNG, G. B. PAULY, L. M. HIGGINS, R. JOHNSON & J. TWEDDLE (2017)

Contributions to conservation outcomes by natural history museum-led citizen science: Examining evidence and next steps. *Biological conservation*, 208:87-97.

BARTOMEUS, I., J. S. ASCHER, D. WAGNER *et al.* (2011)

Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América*, 108: 20645-49.

BEBBER, D.P., M.A. CARINE, G. DAVIDSE, D. J. HARRIS, E. M. HASTON, M. G. PENN, S. CAFFERTY, J.R.I. WOOD & R. W. SCOTLAND (2012)

Big hitting collectors make massive and disproportionate contribution to the discovery of plant species. *Proceedings Royal Society Biology*, 279:2269-2274.

BECKER, B.H. & S.R. BEISSINGER (2006)

Centennial decline in the trophic level of an endangered seabird after fisheries decline. *Conservation Biology*, 20: 470-79.

BEIDLEMAN, R. (2004)

More than Specimens in Natural History Museums. *BioScience*, 54(7): 1 página (612).

BELLO, A., C. H. STIRTON, S. M. B. CHIMPHANGO & A. M. MUASYA (2015)

*Psoralea diturnerae* and *P. vanberkelae* (Psoraleeae, Fabaceae): two new species restricted to the Core Cape Region of South Africa. *PhytoKeys*, 44: 97

BI, K., T. LINDEROTH, D. VANDERPOOL *et al.* (2013)

Unlocking the vault: next generation museum population genomics. *Molecular Ecology*, 22: 6018-32.

BOESSENKOOL, S., B. STAR, R.P. SCOFIELD, P. J. SEDDON & J.M. WATERS (2010)

Lost in translation or deliberate falsification? Generic analyses reveal erroneous museum data for historic penguin specimens. *Proceedings Royal Society Biology*, 277:1057-1064.

BONNEY, R., C.B. COOPER, J. DICKINSON, S. KELLING, T. PHILLIPS, K. V. ROSENBERG & J. SHIRK (2017)

Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and

Scientific Literacy. *BioScience*, 59 (11): 977–984.

**BONTER, D.N., C.B. COOPER (2012)**

Data validation in citizen science: a case study from Project FeederWatch. *Frontiers Ecology Environmental*, 10(6):305-307, doi:10.1890/110273.

**BRADLEY, R., L.C. BRADLEY, H. J. GARNER & R. J. BAKER (2014).**

Assesing the value of natural history collectiosn and addressing issues regarding long-term growth and care. *BioScience*, 64 (12): 1150-1158.

**BRADLEY, M.N., J.H. HOLMBERG, Z. ARZOUMANIAN, S. D. REYNOLDS, R.P. WILSON, D. ROB, S. J. PIERCE, A. C. GLEISS, R. DE LA PARRA, B. GALVAN & D. L. MORGAN (2017)**

Undersea Constellations: The Global Biology of an Endangered Marine Megavertebrate Further Informed through Citizen Science. *BioScience*, 67(12): 1029–1043.

**BRENNA, B. (2011)**

Clergymen abiding in the field: the making of the naturalist observer in eighteenth-century Norwegian natural history. *Scientific Context*, 24:143-166.

**BUERKI, S. & R. PORTELA (2018)**

Museum collections are the key to studying lemurs' diet: gastrointestinal morphology of *Cheirogaleus major*. *Systematics and Biodiversity*, 16 (3).

**BURGIO K., C. CARLSON & A. BOND (2018)**

Georeferenced sighting and specimen occurrence data of the extinct Carolina Parakeet (*Conuropsis carolinensis*) from 1564 - 1944. *Biodiversity Data Journal*, 2018; 6: e25280

**BURTON, A. (2012)**

The ichthyosaur in the room. *Frontiers Ecology Environmental*, 10 (6):340.

**CALINGER, K.M., S. QUEENBOROUGH & S. CURTIS (2013)**

Herbarium specimens reveal the footprint of climate change on flowering trends across north central North America. *Ecology Letters*, 16: 1037–44.

**CASE, N.A., D. KINGMAN & E.A. MACDONALD (2016)**

A real-time hybrid aurora alert system: Combining citizen science reports with an auroral oval model. *Earth Space Sci.*, 3:257-265.

**CASTELVECCHI, D. (2018)**

Amateur astronomer catches first glimpses if birth of a supernova. *Nature News*, 563: 168-169.

**CHADLER, M., D.P. BEBBER, S. CASTRO, M.D. LOWMAN, P. MOURIA, N. OGUGE & D. I. RUBENSTEIN (2012)**

International citizen science: making the local global. *Frontiers Ecology Environmental*, 10 (6):328-331.

- CHENNELL, F. (1998)  
The Teacher Scientist Network. *Current Biology*, 8(16), pág. 547.
- COOPER, C. (2016)  
*Citizen Science: How Ordinary People Are Changing the Face of Discovery*.  
Overlook Press. ISBN: 146830867X:1-304.
- CORADO, R. (2005)  
The importance of information on specimen labels. *Ornitologica Neotropical*,  
16:277-278.
- CHUINE, I., P. YIOU, N. VIOVY *et al.* (2004)  
Historical phenology: grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 432:  
289-290.
- DALTON, R. (2005)  
Ornithologists stunned by bird collector's deceit. *Nature*, 437:302-303.
- DANCE, A. (2017)  
Collate, curate and animate. *Nature*, 552:279-281.
- DASTON, L. (1988)  
The factual sensibility. *Isis*, 79: 452-67.
- DECKER, L. E., J. C. DE ROODE & M. D. HUNTER (2018)  
Elevated atmospheric concentrations of carbon dioxide reduce monarch  
tolerance and increase parasite virulence by altering the medicinal properties  
of milkweeds. *Ecology Letters*, DOI: 10.1111/ele.13101.
- DESAIVE, J.P., J-P. GOUBERT, E. LE ROY LADURIE, J. MEYER, O. MULLER & J. P. PETER  
(1972)  
*Médecins, climat et épidémies à la fin du XVIII siècle*. Paris-La Haye, Mouton.
- DICKINSON, J.L., J. SHIRK, D. BONTER, R. BONNEY, R. L. CRAIN, J. MARTIN, T. PHILLIPS  
& K. PURCELL (2012)  
The current state of citizen science as a tool for ecological research an public  
engagement. *Frontiers Ecology Environmental*, 10(6): 291-297.
- DIEULIIS, 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.
- FEELEY, K. J. & M. R. SILMAN (2011)  
Keep collecting: accurate species distribution modeling requires more  
collections that previously thought. *Diversity Distribution*, 17:1132-1140.
- FINN, J. K. (2014)  
Family Tremoctopodidae. pp. 240-243, in P. Jereb, C.F.E. Roper, M.D. Norman  
& J.K Finn eds. *Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue*

*of cephalopod species known to date*. Volume 3. Octopods and Vampire Squids. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes (Rome, FAO)*. 4(3): 353 pp. 11 pls.

FLEMONS, P. & P. BERENTS (2012)

Image based Digitisation of Entomology Collections: Leveraging volunteers to increase digitization capacity. *ZooKeys*, 209: 203–217.

FREITAG, H., C. V. PANGANTIHON & I. NJUNJIC (2018)

Three new species of *Grouvellinus* Champion, 1923 from Maliau Basin, Sabah, Borneo, discovered by citizen scientists during the first Taxon Expedition (Insecta, Coleoptera, Elmidae). *ZooKeys*, 754:1

GARDNER, J. L., R. HEINSOHN & L. JOSEPH (2009)

Shifting latitudinal clines in avian body size correlate with global warming in Australian passerines. *Proceedings Royal Society Biological*, 276: 3845–52.

GARDNER, J. L., T. AMANO, W. J. SUTHERLAND, L. JOSEPH & A. PETERS (2014)

Are natural history collections coming to an end as time-series? *Frontiers in Ecology Environment*, 12:436-438.

GARDNER, J.L., T. AMANO, P.R.Y. BACKWELL et al. (2014)

Temporal patterns of avian body size reflect linear size responses to broad scale environmental change over the last 50 years. *Journal Avian Biology*; doi:10.1111/jav.00431.

GASCON, C., T. M. BROOKS, T. CONTRERAS-MACBEATH, N. HEARD, W. KONSTANT, J. LAMOREUX, F. LAUNAY, M. MAUNDER, R. A. MITTERMEIER, S. MOLUR, R. K. AL MUBARAK, M.J. PARR, A. G. J. RHODIN, A. B. RYLANDS, P. SOORAE, J. G. SANDERSON & J-C VIÉ (2015)

The Importance and Benefits of Species. *Current Biology*, 25:R431–R438.

GOODWIN, Z. A., D. J. HARRIS, D. FILER, J. R. I. WOOD & R. W. SCOTLAND (2015)

Widespread mistaken identify in tropical plant collections. *Current Biology*, 26:R1066-R10067.

GROOMBRIDGE, J. J., C. G. JONES, M. W. BRUFORD et al. (2000)

“Ghost” alleles of the Mauritius kestrel. *Nature*, 403: 616.

GROPP, R. (2018)

Specimens, Collections, and Tools for Future Biodiversity-Related Research. *BioScience*, 68 (1):3.

GUERIN, G.R., H.WEN & A. J. LOWE (2012)

Leaf morphology shift linked to climate change. *Biology Letters*, 8: 882–86.

GURA, T. (2013)

Amateur experts. Involving members of the public can help science projects – but researchers should consider what they want to achieve. *Nature*, 496:259-261.

HERNÁNDEZ, F. (2017)

Colecciones en museos de ciencias naturales: herramientas esenciales

- para resolución de problemas actuales. *Vieraea, (Contribuciones especiales)*, 45:409-422.
- HILLER, A. E., C. CICERO, M. J. ALBE, T. L. W. BARCLAY, C. L. SPENCER, M. S. KOO, R. C. K. BOWIE & E. A. LACEY (2017)  
Mutualism in museums: A model for engaging undergraduates in biodiversity science. *PLOS ONE Biology*, 15(11):1-11).
- HILTON, G. M., D. R. THOMPSON, P. M. SAGAR *et al.* (2006)  
A stable isotopic investigation into the causes of decline in a sub-Antarctic predator, the rockhopper penguin *Eudyptes chrysocome*. *Global Change Biology*, 12: 611–25.
- HOPKINS, A. (1918)  
Periodical events and natural law as guides to agricultural research and practice. *Mon Weather Revue*, 9:1-41.
- HORNETT, E. A., S. CHARLAT, N. WEDELL *et al.* (2009)  
Rapidly shifting sex ratio across a species range. *Current Biology*, 19: 1628–31.
- HUNTINGTON, H. P. (2000)  
Using traditional ecological knowledge in science: Methods and applications. *Ecological Applications*, 10:1270-1274.
- JARVIS, C. E. & P. H. OSWALD (2015)  
The collecting activities of James Cuninghame Frs on the voyage of Tuscan to China (Amoy) between 1697 and 1699. *Notes and Records*, 69:135-153.
- JONES, A. G. (2017)  
Many Hands Make Light Work: Citizens Changing the Face of Modern Science. *BioScience*, 67 (12):1062–1063.
- KARELL, P., K. AHOLA, T. KARSTINEN *et al.* (2011)  
Climate change drives microevolution in a wild bird. *Nature Communications*, 2: 208.
- KAUSERUD, H., L.C. STIGE, J.O. VIK *et al.* (2008)  
Mushroom fruiting and climate change. *Proceedings National Academy Scientific USA*, 105: 3811–14.
- KHAROUBA, H.M., S. R. PAQUETTE, J.T. KERR & M. VELLEND (2014)  
Predicting the sensitivity of butterfly phenology to temperature over the past century. *Global Change Biology*, 20: 504–14.
- KONRAT, M. VON., T. CAMPBELL, B. CARTER, M. GREIF, M. BRYSON, J. LARRAIN, L. TROUILLE, S. COHEN, E. GAUS, A. QAZI, E. RIBBENS, T. LIVSHULTZ, T. J. WALKER, T. SUWAL, T. PETERSON, Y. RODRIGUEZ, C. VAUGHN, C. YANG, S. ABURAHMEH, B. CARSTENSEN, P. DE LANGE, C. DELAVOI, K. STRAUSS, J. DRAG, B. AGUERO, C. SNYDER,

J. MARTINEC & A. SMITH (2018)

Using citizen science to bridge taxonomic discovery with education and outreach. *Applications in Plant Sciences*, 6 (2): 1-12.

KRESS, W.J. (2014)

Valuing collections. *Science*, 346:1310.

KRESS, W. J., C. GARCÍA-ROBLEDO, J. V. B. SOARES, D. JACOBS, K. WILSON, I. C. LOPEZ & P. N. BELHUMEUR (2018)

Citizen Science and Climate Change: Mapping the Range Expansions of Native and Exotic Plants with the Mobile App Leafsnap. *BioScience*, XX (X):1-11, doi:10.1093/biosci/biy019.

KRUSS, S. (2018)

A passion for plants: The botanical contribution of collector P.J. Murphy. *Muelleria*, 36:22-50.

KUCHNER, M. J., J. K. FAHERTY, A. C. SCHNEIDER, A. M. MEISNER, J. C. FILIPPAZZO, J. GAGNÉ, L. TROUILLE, S. M. SILVERBERG, R. CASTRO, B. FLETCHER, K. MOKAEV & T. STAJIC (2017)

The First Brown Dwarf Discovered by the Backyard Worlds: Planet 9 Citizen Science Project. *The Astrophysical Journal*, 841 (2): L19

KWOK, R. (2017)

Hidden in the past. Old photos, logbooks and papers are a gold mine for fields such as ecology and climatology. *Nature*, 549:419-421.

LACEY, E. A., T. T. HAMMOND, R. E. WALSH, K. C. BELL, S. V. EDWARDS, E. R. ELLWOOD, R. GURALNICK, S. M. ICKERT BOND, A. R. MAST, J. E. MCCORMACK, A. K. MONFLS, P. S. SOLTIS, D. E. SOLTIS & J. A. COOK

Climate change, collections and the classroom: using big data to tackle big problems. *Evolution, Education and Outreach*, 10(2); 1-13.

LEADBEATER, C. & P. MILLER (2004)

*The Pro-am Revolution: How Enthusiasts Are Changing Our Society and Economy*. Demos.

LOSS, S.R., T. WILL & P.P. MARRA (2013)

The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications*, 4: 1396.

LOSS, S.R., T. WILL & P.P. MARRA (2014)

Bird- building collisions in the United States: estimate of annual mortality and species vulnerability. *Condor*, 116: 8-23.

LOWMAN, M. & W.J. KRESS (2017)

Museum careers –so much more than curating collections. *Frontiers Ecology Environmental*, 10(6):404-405.

- MACDONALD, E. A., N. A. CASE, J. H. CLAYTON, M. K. HALL, M. HEAVNER, N. LALONE, K. G. PATEL & A. TAPIA (2015)  
 Aurorasaurus: A citizen science platform for viewing and reporting the aurora. *Space Weather*, 13: 548–559.
- MACDONALD, E. A., E. DONOVAN, Y. NISHIMURA, N. A. CASE, D. M. GILLIES, B. GALLARDO-LACOURT, W. E. ARCHER, E. L. SPANSWICK, N. BOURASSA, M. CONNORS, M. HEAVNER, B. JACKEL, B. KOSAR, D. J. KNUDSEN, C. RATZLAFF & I. SCHOFIELD (2018)  
 New science in plain sight: Citizen scientists lead to the discovery of optical structure in the upper atmosphere. *Science Advances*, 4 (3):eaq0030.
- MAROSKE, S. & A. VAUGHAN (2014)  
 Ferdinand Mueller's female plant collectors: a biographical register. *Muelleria*, 32:92–172.
- MAROSKE, S., T.W. MAY, A. TAYLOR, A. VAUGHAN & A.M. LUCAS (2018)  
 On the threshold of mycology: Flora martin née Campbell (1845–1923). *Muelleria*, 36:51–73.
- MARPLES, A. & R.M. PICKERING (2016)  
 Exploring cultures of collecting in the early modern world. *Archives of Natural History* 43 (1):1–20.
- MCKINLEY, D. C., A. J. MILLER-RUSHING, H. L. BALLARD, R. BONNEY, H. BROWN, S. C. COOK-PATTON, D. M. EVANS, R. A. FRENCH, J. K. PARRISH, T. B. PHILLIPS, S. F. RYAN, L. A. SHANLEY, J. L. SHIRK, K. F. STEPENUCK, J. F. WELTZIN, A. WIGGINS, O. D. BOYLE, R. D. BRIGGS, S. F. CHAPIN III, D. A. HEWITT, P. W. PREUSS & M. A. SOUKUP (2017)  
 Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation* 208:15–28.
- MEIRI, S., D. GUY, T. DAYAN & D. SIMBERLOFF (2009)  
 Global change and carnivore body size: data are stasis. *Global Ecology Biogeography*, 18: 240–47.
- MILLER, C. R. & L. P. WAITS (2003)  
 The history of effective population size and genetic diversity in the Yellowstone grizzly (*Ursus arctos*): implications for conservation. *Proceedings National Academy Scientific USA*, 100: 4334–39.
- MILLER-RUSHING, A., R. PRIMACK & R. BONNEY (2012)  
 The history of public participation in ecological research. *Frontiers Ecology Environmental*, 10(6):285–290.
- MOLHO, A. & D. R. CURTO (2007)  
*Finding Europe: discourses on margins, communities, images*. Oxford. (Molho, A. & D. R. Curto editores).

- MORITZ, C., J.L. PATTON, C.J. CONROY *et al.* (2008)  
 Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science*, 322: 261–64.
- OBERHAUSER, K. & G. LEBUHN (2012)  
 Insects and plants: engaging undergraduates in authentic research through citizen science. *Frontiers Ecology Environmental*, 10(6):318–320.
- OLSEN, P.D., P. FULLER & T.G. MARPLES (1993)  
 Pesticide-related eggshell thinning in Australian raptors. *Emu*, 93: 1–11.
- OLSON, S.L. (2008)  
 Falsified Data Associated with Specimens of Birds, Mammals, and Insects from the Veragua Archipelago, Panama, Collected by J.H. Batty. *America Museum Novitates*, [3620]:37 pp.
- PALMER, J.R.B., A. OLTRA, F. COLLANTES, J.A. DELGADO, J. LUCIENTES, S. DELACOUR, M. BENGOA, R. ERITJA & F. BARTOMEUS (2017)  
 Citizen science provides a reliable and scalable tool to track disease-carrying mosquitoes. *Nature Communications*, 8 (916): 13 pp.
- PARMESAN, C., N. RYRHOLM, C. STEFANESCU *et al.* (1999)  
 Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399:579-583.
- PARKER, P. G., E. L. BUCKLES, H. FARRINGTON, K. PETREN, N. K. WHITEMAN, R. E. RICKLEFS, J. L. BOLLMER & G. JIMÉNEZ-UZCÁTEGUI (2011)  
 110 Years of Avipoxvirus in the Galapagos Islands. *PLOS ONE*, 6 (1): e15989
- PEARSON, D.L., A. L. HAMILTON & T.L. ERWIN (2011)  
 Recovery Plan for the Endangered Taxonomy Profession. *BioScience*, 61 (1):58-63.
- PIMENTEL, M. (2003)  
*Ciencia, literatura y viajes en la Ilustración*. Colección Testigos del Mundo. Marcial Pons Historia.342 páginas. ISBN:84-95379-58-9.
- PINTO, C.M., B.D. BAXTER, J.D. HANSON, F.M. MÉNDEZ-HARCLERODE, J.R. SUCHECKI, M.J. GRIJALBA, C. F. FULHORST & R.D. BRADLEY (2010)  
 Using Museum Collections to Detect Pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 16(2):356-357.
- PLUMB, C. (2010)  
*Exotic Animals in Eighteenth-Century Britain*. Thesis submitted to The University of Manchester for the degree of PhD in Museology in the Faculty of Humanities. 293 páginas.
- POLGAR, C.A., R. B. PRIMACK, E.H. WILLIAMS *et al.* (2013)  
 Climate effects on the flight period of Lycaenid butterflies in Massachusetts.

- Biology Conservation*, 160: 25–31.
- PRIMACK, R.B., H. HIGUCHI & A.J. MILLER-RUSHING (2009)  
The impact of climate change on cherry trees and other species in Japan. *Biology Conservation*, 142: 1943–1949.
- RASMUSSEN, P. C. & R. P. PRYS-JONES (2003)  
History vs. mystery: the reliability of museum specimen data. In: Why museums matter: avian archives in the age of extinction. *Bulletin of the British Ornithologist's Club 123A* (eds. N.J. Collar, C.T. Fisher & C. J. Feare), pp:66–94.
- ROBBIRT K.M. *et al.* (2010)  
Validation of biological collections as a source of phenological data for use in climate change studies: a case study with the orchid *Ophrys sphegodes*. *Journal of Ecology*. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2010.01727.x
- ROUHAN, G., L. J. DORR, L. GAUTIER, P. CLERC, S. MULLER & M. GAUDEUL (2017)  
The time has come for the Natural History Collections to claim co-authorship of research articles. *Taxon*, 66 (5):1014–1016.
- RUBIDGE, E.M., J. L. PATTON, M. LIM *et al.* (2012)  
Climate-induced range shift induces genetic erosion in an alpine mammal. *Natural Climate Change*, 2: 285–88.
- RUSSNOCK, A. (1999)  
Correspondence networks and the Royal Society, 1700–1750. *British Journal for the History of Science* 32: 155–69.
- SÁNCHEZ-CORDERO, V. & E. MARTÍNEZ-MEYER (2000)  
Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of América*, 97(13): 7074–7077.
- SANTOS-GUERRA, A., C. E. JARVIS, M. A. CARINE, M. MAUNDER & F. J. FRANCISCO-ORTEGA (2011)  
Late 17<sup>th</sup> century herbarium collections from the Canary Islands: The plants collected by James Cuninghame in La Palma. *Taxon*, 60 (6): 1734–1753.
- SHARMA, S., J. J. MAGNUSON, R. D. BATT, L. A. WINSLOW, J. KORHONEN & Y. AONO (2016)  
Direct observations of ice seasonality reveal changes in climate over the past 320–570 years. *Scientific Reports*, 6: 25061.
- SUNDERLAND, M. E., K. KLITZ & K. YOSHIHARA (2012)  
Doing Natural History. *BioScience*, 62(9): 824–829.
- SCHIEBER, J. (2009)  
Locke on testimony: a re-examination. *History of philosophy Quarterly*, 26: 21–41.

STAR, S. L. & J. R. GRIESEMER (1989)

Institutional ecology, "Translations" and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-1939. *Social Studies of Science*, 19 (3):387-420.

TEWKSBURY, J. J., J. G. T. ANDERSON, J. D. BAKKER, T. J. BILLO, P. W. DUNWIDDIE, M. J. GROOM, S. E. HAMPTON, S. G. HERMAN, D. J. LEVEY, N. J. MACHNICKI, C. MARTÍNEZ DEL RIO, M. E.. POWER, K. ROWELL, A. K. SALOMON, L. STACEY, S. C. TROMBULAK & T. A. WHEELER (2014)

Natural History's Place in Science and Society. *BioScience*, 64 (4):300-310.

TIAN, H.L., C. STIGE, B. CAZELLE *et al.* (2011)

Reconstruction of a 1910-y long locust series reveals consistent associations with climate fluctuations in China. *Proceedings of the National Academy Scientific*, USA, 108:14521-14526.

TORRENS, H. (1995)

Presidential Address: Mary Anning (1799-1847) of Lyme; 'The Greatest Fossilist the World Ever Knew'. *British Journal for History of Science*, 28:257-284.

TROUDET, J., P. GRANDCOLAS, A. BLIN, R. VIGNES-LEBBE & F. LEGENDRE (2017)

Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports*, 7:9132: 14 pp.

URTEAGA, L. (1997)

*Ideas medioambientales en el siglo XVIII. Naturaleza, clima y civilización. En: Historia de la Ciencia y de la Técnica.* Francisco J. Puerto Sarmiento (coordinador). Volumen XXVII. Ediciones Arkal (Madrid).

VENKATRAMAN, V. (2010)

Conventions of scientific authorship. *Science Career Magazine*, 10.1126/science.caredit.a1000039.

VETTER, J. (2011)

Introduction: Lay participation in the history of scientific observation. *Scientific Context*, 24:127-141.

WALKER, C.H. & I. NEWTON (1998)

Effects of cyclodiene insecticides on the sparrowhawk (*Accipiter nissus*) in Britain –a reappraisal of the evidence. *Ecotoxicology*, 7: 185-189.

WIKELSKI, M. & L.M. ROMERO (2003)

Body size, performance and fitness in Galapagos marine iguanas. *Integral Comp. Biology*, 43: 376-86.

WILLIAMS, N. (2008)

Evolution's forgotten anniversary. *Current Biology*, 18(8):316-317.

WINKER, K. (2004)

Natural History Museums in a Postbiodiversity Era. *BioScience*, 54 (5): 455-459.

WOODWARD, F.I. (1987)

Stomatal numbers are sensitive to increase in CO<sub>2</sub> from pre-industrial levels. *Nature*, 327: 617-18.

YOM-TOV, Y. (2001)

Global warming and body mass decline in Israeli passerine birds. *Proceedings Royal Society Biological of London, serie B*, 268: 947-52.

*Fecha de recepción: 07 / 09 / 2018*

*Fecha de aceptación: 03 / 10 / 2018*