



REVISIONES TAXONÓMICAS, CIENCIA DE FRONTERA Y PROGRAMAS NACIONALES

/// SERGIO I. SALAZAR-VALLEJO* Y NORMA EMILIA GONZÁLEZ



Palabras clave: ignorancia, Linneo, México, turbo-taxonomía

Keywords: ignorance, Linnaeus, Mexico, turbo-taxonomy

El Colegio de la Frontera Sur, Depto. Sistemática y Ecología Acuática, Unidad Chetumal, 77019 Chetumal, Quintana Roo, México

* Autor para correspondencia: negv0707@hotmail.com, ngonzale@ecosur.mx (N.E. González)

RESUMEN

Para incentivar la propuesta de un programa nacional en taxonomía, se consideran cuatro aspectos fundamentales. Uno, la importancia de las revisiones taxonómicas ya que, al transformar la calidad de la investigación, son análogas a la piedra filosofal de los alquimistas. Dos, que las revisiones (y la taxonomía) deben considerarse como ciencia de frontera porque persiguen abatir la ignorancia. Tres, que dado que no conocemos la mayor parte de la biota planetaria debemos incrementar los esfuerzos de investigación en esa dirección, incluyendo enfoques de turbo-taxonomía. Cuatro, que debemos organizarnos mejor en una iniciativa nacional, encabezada por CONACYT y la UNAM, en la que se impulsen proyectos coordinados de alcance nacional.

ABSTRACT

In order to encourage a proposal for a national taxonomical program, four fundamental issues are herein considered. First, the importance of taxonomic revisions, which because of their transforming of research quality, they are analogous to the alchemists' philosopher stone. Second, that taxonomic revisions (and taxonomy) must be regarded as frontier science because they try to overcome ignorance. Third, because we ignore most planetary species we must increase our research activities in this field, including turbo-taxonomy approaches. Fourth, we must coordinate ourselves towards a national initiative, led by both CONACYT and UNAM, to promote national research projects in this field.

INTRODUCCIÓN

La taxonomía es una de nuestras actividades intelectuales más antiguas (Britz *et al.*, 2020). Mucho antes del surgimiento de la agricultura, clasificamos a los organismos en útiles o perjudiciales movidos por la curiosidad y por la necesidad de sobrevivir. La formalización de la taxonomía como ciencia, empero, empezó muchísimo más tarde y principalmente gracias a dos obras de Linneo (Fig. 1): *Species Plantarum* en 1753 para la taxonomía botánica, y la décima edición de *Systema Naturae* en 1758 para la zoológica.

260 años de tradición taxonómica han resultado en la descripción de casi dos millones de especies. Una división simple mostraría que el promedio de caracterización de especies es de unas 7700 especies por año. No obstante, el desarrollo del conocimiento taxonómico ha variado mucho desde las breves diagnósicas de Linneo para las 12000 especies contenidas en sus obras. En efecto, las diagnósicas se fueron extendiendo hasta llegar a ser descripciones progresivamente más detalladas, incluyendo ilustraciones; recientemente, hay una tendencia creciente a acompañar las descripciones con la secuenciación de por lo menos un gen.

El trabajo taxonómico se ha realizado en obras de distinta extensión, que algunos consideran como una serie progresiva. Iría desde la descripción de especies individuales, o grupos de especies en un área biogeográfica, hasta llegar a trabajos de mayor alcance en los que se estudian los componentes de una unidad evolutiva, lo que corresponde a las revisiones.

Una buena proporción de los taxónomos ha realizado descripciones sueltas de especies. Pese a tener el material ya analizado, a veces describen una especie a la vez por artículo, en la misma o diferentes revistas, con un posible interés en incrementar su producción (aunque algunos objetarán que es resultado de las presiones del 'publicar o perecer'). Unos pocos taxónomos deciden revisar el material tipo de todas las especies de un grupo (complejo de especies, género, tribu, subfamilia, familia) y realizar una caracterización estandarizada para los taxa incorporados, incluyendo ilustraciones más o menos homogéneas. Con ello, modifican la calidad de la información sobre el grupo y facilitan, por dicha caracterización y por las claves incorporadas, la mejora progresiva en el conocimiento del grupo (Boero, 2015). Las revisiones son poco frecuentes, o raras. Por ejemplo, en 2001-2015 Zootaxa publicó 17808 artículos (1190/año), y en el mismo lapso 1190 monografías (68/año), lo que indica que menos del 6% de la producción editorial de la revista se dedica a las monografías (<https://www.mapress.com/zootaxa/support/Statistics.htm#Number%20of%20monographs/books>).

Las revisiones serían, por su rareza y porque sus resultados transforman y potencian la calidad del conocimiento taxonómico, análogas a la piedra filosofal de los alquimistas. Es decir, transforman el 'plomo' de la información atomizada y heterogénea, en el 'oro' de una



Figura 1. Carl von Linné en 1738, retrato de su boda. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Carlos_Linneo#/media/

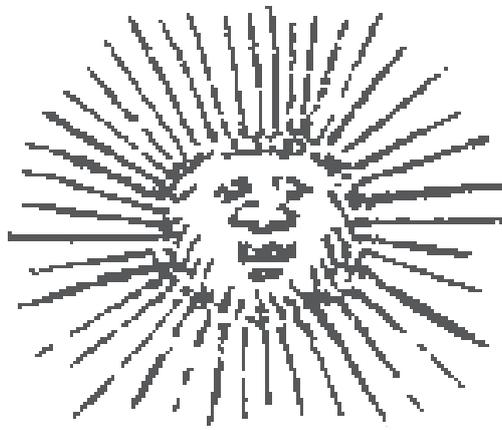
monografía de la mayor calidad posible. Por supuesto, los alquimistas no hallaron la piedra filosofal. Además, aunque sean las revisiones tan poco frecuentes, siguen siendo la obra cumbre de un trabajo taxonómico. Por fortuna, hay algunas referencias básicas sobre cómo realizar las revisiones taxonómicas y su consulta es recomendable a los interesados (Maxted, 1992; Bolton, 2007; Salazar-Vallejo, 2018, 2019).

El que no haya mayor esfuerzo para hacer las revisiones se podría comprender como extensión del argumento sobre la fragmentación de los resultados: las revisiones requieren mucha mayor inversión económica, de esfuerzo personal y de horas de trabajo, y resultan en una única publicación. Ciertamente ha habido muchas voces para abandonar el enfoque cuantitativo en la evaluación curricular, concentrado en el número de publicaciones y el factor de impacto de las revistas correspondientes, pero parece distante que se cambie el esquema (Salazar-Vallejo y Carrera-Parra, 1998). Hay que insistir todo lo que podamos y ser optimistas al aspirar a que nuestros productos sean valorados por su calidad, pero no ingenuos. El enfoque simplista del factor de impacto no desaparecerá pronto.

CIENCIA DE FRONTERA

Los fondos para investigación taxonómica han sido muy escasos en México por lo menos desde los años 80 del siglo pasado (Lamothe-Argumedo, 1989). El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) abrió una convocatoria sobre ciencia de frontera y el motivo de esta reflexión es indagar sobre su significado y si la taxonomía, o las revisiones taxonómicas, podrían considerarse como ciencia de frontera.

La convocatoria correspondiente solicita "proyectos de investigación científica que aborden retos, preguntas o problemas de investigación de una manera no



convencional." Esta definición refleja que la "ciencia de frontera es cualquier intento de investigación que trascienda los paradigmas científicos." Sin embargo, no parece estar bien aterrizado el marco de referencia. Por un lado, según comentó Yureli Cacho Carranza, de la Agencia Informativa Conacyt: la investigación de frontera "se ubica en los límites del desarrollo de la investigación científica y tecnológica para generar cambios tecnológicos y de conocimiento importantes, vinculados al progreso económico e industrial de cualquier país." Dicho sea de paso, difiere de lo que el Foro Económico Mundial considera como fronterizo, o lo que denomina fronteras del futuro: biología cuántica, aprendizaje de computadoras con datos cortos, superconductividad a temperatura ambiente, y venómica (<https://www.weforum.org/agenda/2018/11/frontiers-of-science-research-global-future-councils-2018/>).

Para comprender mejor el asunto y mostrar cómo la taxonomía y las revisiones son ciencia de frontera, procede revisar unos antecedentes y brindar unas explicaciones. En los Estados Unidos, la síntesis de Vannevar Bush (Fig. 2) al terminar la segunda guerra mundial (Bush, 1945), muy apropiadamente denominada *Ciencia: la frontera infinita*, tuvo gran impacto en las políticas públicas, incluyendo el establecimiento de la National Science Foundation y de otros programas. La obra ha sido vuelta a considerar en varias ocasiones, en particular porque al definir la investigación básica combinó aquella orientada a la innovación práctica con la que era movida por la curiosidad. Según Wilcox (2016) los tres principios fundamentales de Bush eran que el gobierno federal debe financiar la investigación básica, que los académicos deben tener libertad de investigación, y que el ingreso a las universidades debe depender de las capacidades de los interesados.

Pielke (2010) afirmó que conforme la política científica se orientó a buscar beneficios para la sociedad, el término investigación básica entró en desuso en las revistas Nature o Science. Un corolario de esa perspectiva en la que la investigación básica es movida sólo por la curiosidad correspondería con la del sabio en una torre de marfil, una crítica del distanciamiento de la problemática social que se popularizó en el siglo XIX. O todavía peor, discurrendo cuestiones obtusas como el adivinar cuántos ángeles cabrían en la cabeza de un alfiler, como narra la anécdota de los monjes bizantinos ante la invasión de Constantinopla por los turcos otomanos en 1453.

En la taxonomía, como en muchas otras disciplinas, el principal motor para la investigación es abatir la ignorancia: 'lo que no sabemos y deseamos saber' (McGuinness, 2015). Seguro que la curiosidad fue uno de los catalizadores para seleccionar un grupo de estudio por los taxónomos en ciernes. No obstante, encaminamos nuestra acción intelectual a resolver incógnitas de distinta intensidad o relevancia social. Es decir, hacemos taxonomía para conocer la composición de especies de una región particular, lo mismo que para hallar especies productoras de metabolitos secundarios con utilidad en farmacia, o para caracterizar especies para potenciar la agricultura o el control biológico de plagas. El panorama, entonces, cubriría desde lo elemental, hasta lo más orientado a la solución de problemas sociales o económicos. Por supuesto, cada temática tiene su propia frontera, misma que radica en el umbral de la ignorancia. Del mismo modo, la percepción de la urgencia de atender alguna de estas fronteras depende de muchas variables, por lo que sería temerario dejar de fomentar una para priorizar otra.



Figura 2. Fotografía de Vannevar Bush en 1945. Fuente: <https://sites.google.com/site/lindacorchuelo07/1945-vannevar-bush-y-el-memex>

Faltaría comprender el significado de los paradigmas y cómo definir una actividad científica que pudiera trascenderlos. Stuessy (2009) indicó que 'un paradigma es una forma de conceptualizar una porción del universo; es decir, un marco de referencia filosófico o teórico.' En la historia de la ciencia, ha habido propuestas que son aceptadas de manera generalizada y han sido dignas de tan alta consideración, que devienen dogmáticas. Los ejemplos más comunes en taxonomía serían las conclusiones sobre sinonimias realizadas por especialistas, a veces basadas en información fragmentaria o secundaria, y, entre los anélidos marinos, la consideración de que la mayoría de las especies eran cosmopolitas. En este terreno, ese era el paradigma hasta fines de la década de los 80 del siglo pasado. Rechazarlo requirió revisiones taxonómicas, incluyendo materiales tipo, y de realizar comparaciones directas entre ejemplares de distintas procedencias. La conclusión fue, y sigue siendo en la mayoría de los casos, que las cosmopolitas son muy raras, excepción hecha de las especies que acompañaron a otras para maricultura, o de las que pueden trasladarse con las embarcaciones, fijos al casco en el agua de lastre. Incluso en esas condiciones, sólo serían aceptables las ubicables en el mismo horizonte ecológico (Salazar-Vallejo et al., 2014).

Para sorpresa de algunos, la mecánica fundamental del quehacer taxonómico, la misma usada para trascender los paradigmas taxonómicos mencionados, procede también de Linneo. En efecto, la introducción a su *Genera Plantarum* de 1737 (Fig. 3), realizada a sus 29 años, contenía diagnosis para 935 géneros de plantas. Dicha introducción es conocida como *Ratio operis*, consta de 32 aforismos, con referencias cruzadas, en los que Lineo critica a sus predecesores y contemporáneos, y proporciona explicaciones sucintas sobre el proceder del taxónomo. Müller-Wille y Reeds (2007) hicieron la primera traducción al inglés y para los fines de estas consideraciones, lo más relevante de la teoría y práctica (Müller-Wille, 2007) serían que el proceso involucra un razonamiento inductivo, basado en la recolección de toda la información disponible y por sí mismo (autopsia), y en cotejar los atributos ejemplar por ejemplar, especie por especie. Por el apremio, también deberíamos reconsiderar el uso de las diagnosis (Renner, 2016).

¿CUÁNTO FALTA PARA DOCUMENTAR LA DIVERSIDAD PLANETARIA?

Abatir la ignorancia sobre la biota del planeta es extremadamente urgente (Dubois, 2010). Estamos en una crisis ambiental generalizada, en la que es posible que muchas especies se extingan, aunque no se hayan documentado extinciones masivas todavía, los impactos a las poblaciones son ya evidentes (Young et al., 2016; Briggs, 2017; Ceballos et al., 2017).

Mora et al. (2011), con una serie de modelos y consulta a los especialistas, concluyeron que habría unos 9 millones de eucariontes en el planeta y que si medimos nuestra ignorancia por la proporción de especies

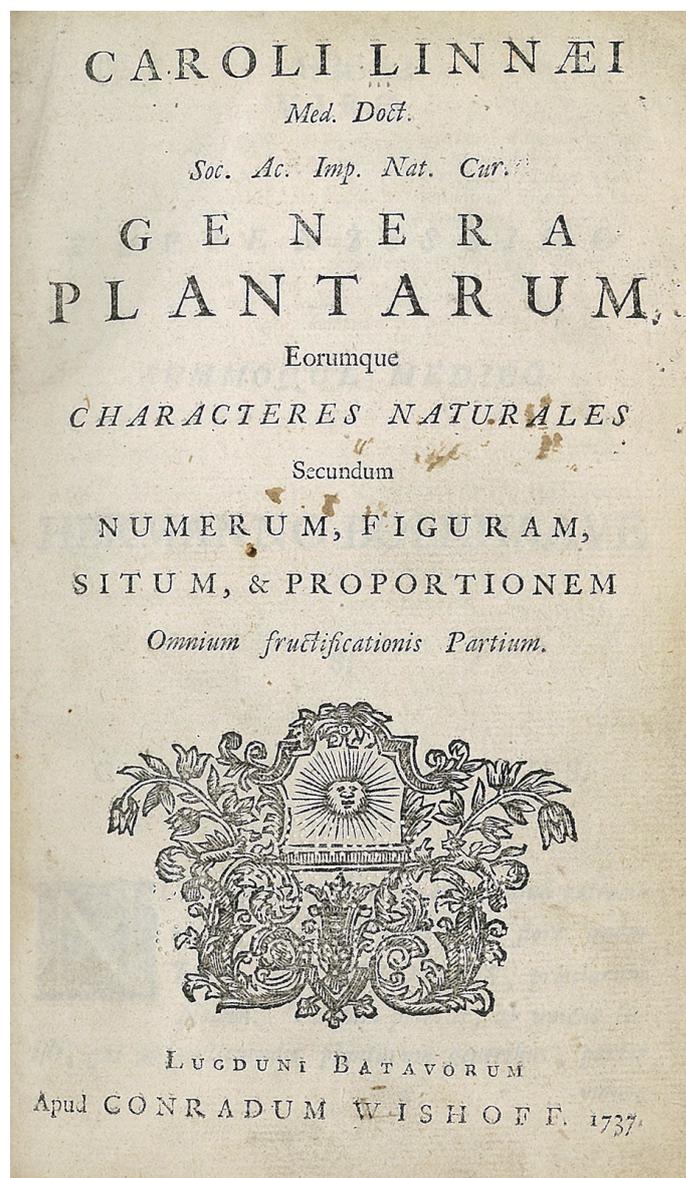


Figura 3. Portada del libro *Genera Plantarum*. Fuente: <https://www.britannica.com/topic/Genera-Plantarum-by-Linnaeus>

indescritas, rondaría el 88% en promedio (86% continentales, 91% marinos). También hicieron otras estimaciones. Si se describen unas 6200 especies por año, cada taxónomo describe unas 25 especies, y cada descripción cuesta un millón de pesos, entonces la humanidad necesitaría unos 303000 taxónomos, que trabajen unos 1200 años, y que tengan un financiamiento de unos 7.3 billones de pesos.

Una ruta crítica sobre lo que los taxónomos mexicanos podrían hacer se perfiló en otra parte (Salazar-Vallejo et al., 2018). La esencia era fortalecer e incluso diversificar las actividades taxonómicas en las instituciones de cada región, incluyendo el crecimiento en plazas, infraestructura y programas de entrenamiento, y para los que la colaboración e interacción entre las distintas sociedades científicas e instituciones de educación superior o investigación científica podrían fructificar en un programa nacional.

PROPUESTAS

La síntesis del maestro Lamothe-Argumedo (Fig. 4) publicada en 1989 no incluyó la necesidad de entrenamiento. Los programas de estudio de las licenciaturas en Biología incorporaban unos cinco cursos en Zoología y otros seis en Botánica, mismos que incluían salidas de campo, y a menudo obligaban una colección para aprobar los cursos. Eso cambió drásticamente cuando se colapsaron los cursos a uno o dos para estas disciplinas y se empeoró porque con la inseguridad creciente, las salidas de campo dejaron de realizarse casi por completo.

Unos pocos años después, se empezó a percibir un grave problema para acometer el reto de la ignorancia de la diversidad: el impedimento taxonómico. Este bloqueo intelectual y temporal involucra la reducción o desaparición de cursos de entrenamiento en taxonomía, la reducción del número de especialistas en los museos del mundo, y el reducido interés y financiamiento para proyectos de investigación en estos temas (Coleman, 2015).

Han habido muchas propuestas con distinto nivel de detalle y varias han sido publicadas (Salazar-Vallejo y González, 2016; Orr *et al.*, 2020; Wheeler, 2020). La pregunta fundamental sería ¿por qué no se han habilitado? o, dicho de otra manera, ¿en qué consiste que estas iniciativas no hayan progresado?

Una posible explicación es la inequidad en los recursos disponibles para las instituciones mexicanas. Es decir, si una institución como la Universidad Nacional Autónoma de México mantiene colecciones que son, por derivación, nacionales, entonces devienen sus programas también de ese nivel. Además, si algo está bien o funciona para la UNAM, entonces también lo será para la nación. No es así. Es verdad que buena parte de la investigación nacional se realiza en su seno; también es cierto que igualmente son relevantes las universidades estatales y los centros CONACYT (Liedo y Salazar-Vallejo, 2010). Empero, deberíamos reconocer que las iniciativas y programas académicos de la UNAM se han quedado cortos ante el reto de la biodiversidad nacional, y al papel que los taxónomos mexicanos deberían tener con la biodiversidad planetaria. No porque falte talento sino porque la magnitud del reto es tal que una institución no podrá resolverlo. El punto es delicado y merece una reflexión serena antes del rechazo automático, mismo que cabría más en el principio de autoridad, o del dogmatismo, que en una discusión entre científicos.

También vale la pena considerar la trascendencia, en cuanto a programas nacionales, de las sociedades científicas del país, especialmente de las orientadas a la diversidad animal, toda vez que las botánicas tienen, o tuvieron, los programas Flora de México y Flora Mesoamericana como las plumas de su sombrero. Por ello, las propuestas principales de esta opinión serían dos, equivalentes e interdependientes: 1) que la UNAM encabece, de la mano de las sociedades científicas, un programa nacional en investigación taxonómica que vaya más allá de las bases de datos

que tan bien ha emprendido CONABIO; 2) Que el CONACYT incentive esta y otras propuestas similares al otorgar reconocimiento y respaldo presupuestal a través de fondos directos para hacer revisiones y tesis doctorales, estancias de investigación, y para modernizar o expandir infraestructura y plazas para nuevos taxónomos. Por ejemplo, una propuesta limitada a los invertebrados marinos, y que merecería actualización, indicó que unas 210 nuevas plazas (70 curadores, 140 especialistas), cada una con dos microscopios y una computadora, así como un mobiliario modesto, costaría unos 130 millones de pesos por año (Salazar-Vallejo *et al.*, 2007).

Los taxónomos practicantes podrían echar mano de algunas herramientas que permitan resolver el cuello de botella de las descripciones taxonómicas. Una sería tener una plataforma para generar descripciones automáticas (Magalhaes, 2019), otra sería combinar diagnosis con fotos de buena calidad de los atributos diagnósticos, y acompañarlos de la secuencia de por lo menos un gen, lo que se ha denominado Turbo-Taxonomía. Ya hay muchos avances en estos esfuerzos colectivos que han resultado, por citar unos pocos ejemplos, en la descripción de unas 100 especies de insectos por artículo (Riedel *et al.*, 2013a, b; Meierotto *et al.*, 2019), o de 60-70 especies de líquenes (Lücking *et al.*, 2016), o de plantas (Muñoz-Rodríguez *et al.*, 2019).

Australia presenta varias semejanzas con México y no sólo en ser megadiversos, contar con una alta marginación social y población indígena, ya que también tienen los taxónomos muchos problemas (Hutchings, 2017). Pese a ello, los científicos australianos se han organizado para proponer un programa nacional, e incluso han conjuntado intereses con Nueva Zelandia



Figura 4. Fotografía de Rafael Lamothe-Argumedo al recibir la medalla UNAM. Fuente: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v85n1/v85n1a36.pdf>

para lanzar un programa binacional (Fig. 5) en taxonomía para la siguiente década (TDPWG, 2018). Ciertamente que no hay garantía de recursos, pero han alcanzado un nivel de organización que merece imitarse. Ojalá lo podamos conseguir en el futuro mediato. Un mecanismo sería promover que haya una reunión nacional, de la que emane un comité ad hoc, y que la ruta crítica involucre la propuesta ante CONACYT y reuniones con las comisiones correspondientes de las cámaras con miras a la asignación presupuestal correspondiente.

AGRADECIMIENTOS

Parte de estas reflexiones fueron presentadas durante el XXIV Congreso Nacional de Zoología en la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, en Monterrey en noviembre de 2019. La Sociedad Mexicana de Zoología y el comité organizador local fueron muy amables con nosotros. Las recomendaciones de un revisor anónimo ayudaron a mejorar la claridad de esta contribución✿

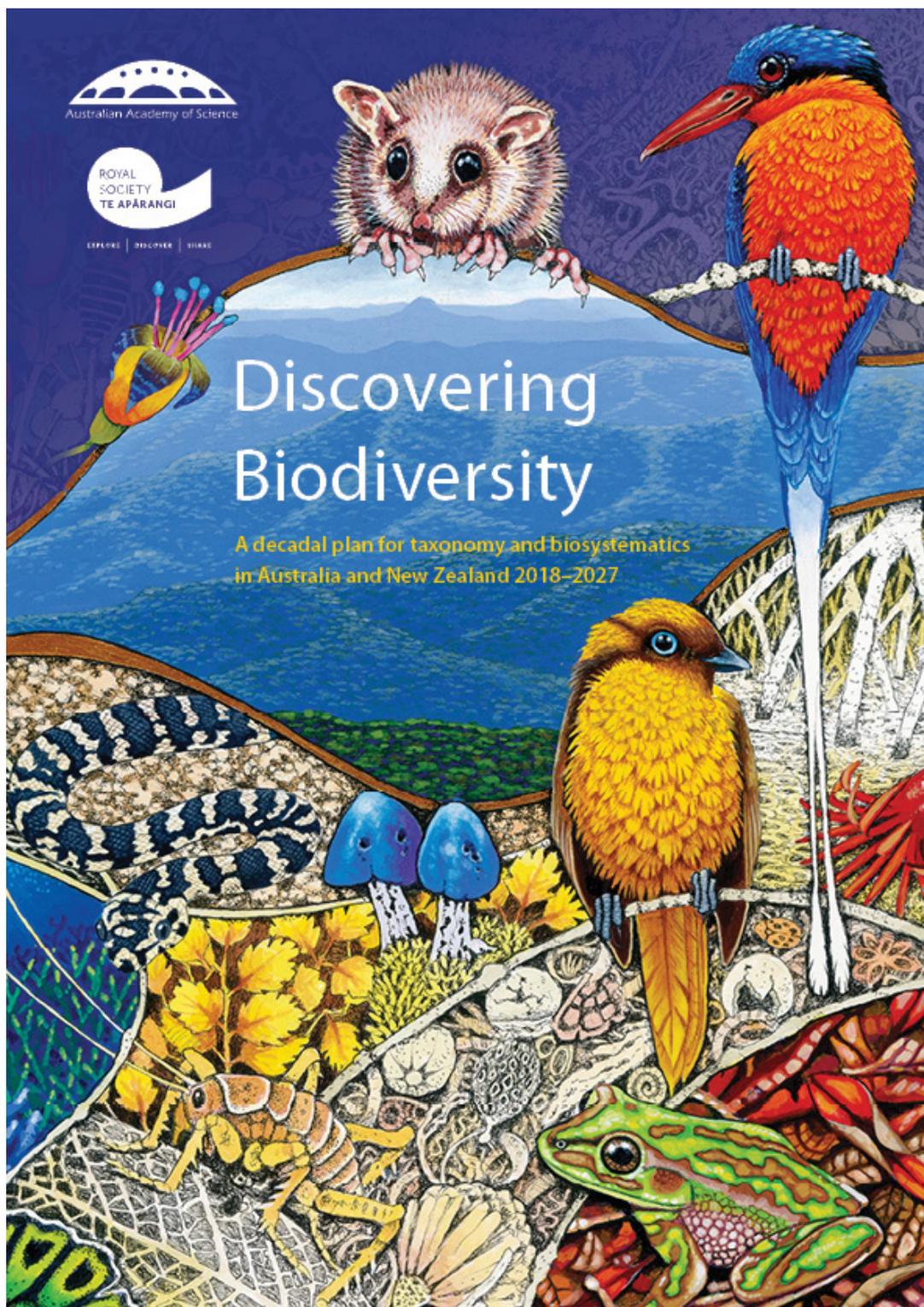


Figura 5. Portada del programa binacional Australia-Nueva Zelandia para la biodiversidad. Fuente: <https://www.science.org.au/support/analysis/decadal-plans-science/discovering-biodiversity-decadal-plan-taxonomy>



LITERATURA CITADA

- Boero, F. 2015. We need monographs, and revisions. *Italian Journal of Zoology*, 82: 149-150. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11250003.2015.1041718>
- Bolton, B. 2007. How to conduct large-scale taxonomic revisions in Formicidae; pp 52-71 In Snelling, R. R., Fisher B. L. y Ward P. S. (eds), *Advances in Ant Systematics (Hymenoptera: Formicidae): Homage To E. O. Wilson - 50 Years of Contributions*. Memoirs of the American Entomological Institute, 80. https://www.antwiki.org/wiki/images/6/6e/Bolton%2C_B._2007a.pdf
- Briggs, J.C. 2017. Emergence of a sixth mass extinction? *Biological Journal of the Linnean Society*, 122: 243-248. <https://academic.oup.com/biolinnean/article/122/2/243/3869095>
- Britz, R., Hundsdörfer, A. y Fritz, U. 2020. Funding, training, permits - the three big challenges of taxonomy. *Megataxa*, 1: 49-52. <https://www.biotaxa.org/megataxa/article/view/megataxa.1.1.10>
- Bush, V. 1945. *Science: The Endless Frontier*. A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research. (reimpr. 1965 con introducción y 5 apéndices. National Science Foundation, 220 pp. <https://nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R. y Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30): E6089-E6096. doi.org/10.1073/pnas.1704949114
- Coleman, C.O. 2015. Taxonomy in times of the taxonomic impediment - Examples from the community of experts on amphipod crustaceans. *Journal of Crustacean Biology*, 35: 729-740. doi.org/10.1163/1937240X2381.
- Dubois, A. 2010. Taxonomy in the century of extinctions: taxonomic gap, taxonomic impediment, taxonomic urgency. *Taprobranca*, 2: 1-5. doi.org/10.4038/tapro.v2i1.2702.
- Hutchings, P. 2017. An advocate for taxonomic research in Australia. *Pacific Conservation Biology, Special Issue*, pp A-C.
- Lamothe-Argumedo, R. 1989. Problemas y perspectivas de la taxonomía zoológica en México. *Ciencias*, 3: 44-54. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11017>
- Liedo, J.P. y Salazar-Vallejo, S.I. 2010. La relevancia del Sistema CONACYT en la actividad científica. *EcoFronteras*, 38: 18-20.
- Lücking, R. (+ 52 coautores). 2016. Turbo-taxonomy to assemble a megadiverse lichen genus: seventy new species of *Cora* (Basidiomycota: Agaricales: Hygrophoraceae), honouring David Leslie Hawksworth's seventieth birthday. *Fungal Diversity*, 84: 139-207. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13225-016-0374-9.pdf>
- Magalhaes, I.L. 2019. Spreadsheets to expedite taxonomic publications by automatic generation of morphological descriptions and specimen lists. *Zootaxa*, 4624: 147-150. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4624.1.12>
- Maxted, N. 1992. Towards defining a taxonomic revision methodology. *Taxon*, 41: 653-660. <http://www.jstor.org/stable/1222391>
- McGuinness, W. 2015. The future of scientific thought. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 45: 95-100. <http://dx.doi.org/10.1080/03036758.2015.1013142>
- Meierotto, S., Sharkey, M.J., Janzen, D.H., Hallwachs, W., Hebert, P.D.N., Chapman, E.G. y Smith, M.A. 2019. A revolutionary protocol to describe understudied hyperdiverse taxa and overcome the taxonomic impediment. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 66: 119-145. DOI 10.3897/dez.66.34683.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B. y Worm, B. 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology* 9(8): e1001127, 8 pp. doi:10.1371/journal.pbio.1001127

- Müller-Wille, S. 2007. Collection and collation: theory and practice of Linnean botany. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 38: 541-562. doi:10.1016/j.shpsc.2007.06.010
- Müller-Wille, S. y Reeds, K. 2007. A translation of Carl Linnaeus's introduction to *Genera plantarum* (1737). *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 38: 563-572. doi:10.1016/j.shpsc.2007.06.003
- Muñoz-Rodríguez, P. (+ 14 coautores). 2019. A taxonomic monograph of Ipomea integrated across phylogenetic scales. *Nature Plants*, 5: 1136-1144. <https://www.nature.com/articles/s41477-019-0535-4>
- Orr, M.C., Ascher, J.S., Bai, M., Chesters, D. y Zhu, C.-D. 2020. Three questions: How can taxonomists survive and thrive worldwide? *Megataxa*, 1: 19-27. <https://www.biotaxa.org/megataxa/article/view/megataxa.1.1.4>
- Pielke, R. 2010. In retrospect: *Science - The Endless Frontier*. *Nature*, 466: 922-923. <https://www.nature.com/articles/466922a>
- Renner, S.S. 2016. A return to Linnaeus' focus on diagnosis, not description: the use of DNA characters in the formal naming of species. *Systematic Biology*, 65: 1085-1095. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syw032>
- Riedel, A., Sagata, K., Suharjono, Y.R., Tänzler, R. y Balke, M. 2013a. Integrative taxonomy on the fast track - towards mores sustainability in biodiversity research. *Frontiers in Zoology*, 10: 15, 9 pp. www.frontiersinzoology.com/content/10/1/15
- Riedel, A., Sagata, K., Suharjono, Y.R., Tänzler, R. y Balke, M. 2013b. One hundred and one species of Trigonopterus weevils from New Guinea. *ZooKeys*, 280: 1-150. doi: 10.3897/zookeys.280.3906
- Salazar-Vallejo, S.I. 2018. Reseña de libro: *The Lost Species: Great Expeditions in the Collections of Natural History Museums*. Christopher Kemp, Univ. Chicago Press, 2017. *Biología y Sociedad*, 1: 84-88. <https://issuu.com/biologiaysociedad/docs/biologiaysociedadn2>
- Salazar-Vallejo, S.I. 2019. Reflexiones sobre cómo llegar a ser un buen taxónomo. *Biología y Sociedad*, 2: 4-18. <https://issuu.com/biologiaysociedad/docs/biologiaysociedadn4>
- Salazar-Vallejo, S.I. y Carrera-Parra, L.F. 1998. Taxonomía biológica, factor de impacto y evaluación curricular para el siglo XXI. *Interciencia*, 23(5): 1-7 www.interciencia.org/v23_05/salazar.pdf.
- Salazar-Vallejo, S.I., Carrera-Parra, L.F., González, N.E. y Salazar-González, S.A. 2014. Biota portuaria y taxonomía; pp 33-54 *In Especies Invasoras Acuáticas: Casos de Estudio en Ecosistemas de México*. Low-Pfeng, A.M., Quijón, P.A. & Peters-Recagno, E.M. (eds). SEMARNAT, INECC & Univ. Prince Edward Island, México, 643 pp. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=713
- Salazar-Vallejo, S.I., Escobar-Briones, E., González, N.E., Suárez-Morales, E., Álvarez, F., de León-González J.A. y Hendrickx, M.E. 2007. Iniciativa mexicana en taxonomía: biota marina y costera. *Ciencia y Mar*, 11(32): 69-77.
- Salazar-Vallejo, S.I. y González, N.E. 2016. Crisis múltiples en taxonomía: Implicaciones para la biodiversidad y recomendaciones para mejorar la situación. *Códice, Boletín Científico y Cultural del Museo Universitario, Universidad de Antioquia*, 17: 42-56. https://issuu.com/muua/docs/c_dice_29_web
- Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E., Barrientos-Villalobos, J., Carbajal-Márquez, R. y Schmitter-Soto, J.J. 2018. El reto taxonómico de la biodiversidad en México. *Biología y Sociedad*, 1: 65-74. https://www.researchgate.net/publication/323199463_El_reto_taxonomico_de_la_biodiversidad_en_Mexico
- Stuessy, T.F. 2009. Paradigms in biological classification (1707-2007): Has anything really changed? *Taxon*, 58: 68-76. <http://www.jstor.org/stable/27756825>
- TDPWG (Taxonomy Decadal Plan Working Group). 2018. *Discovering Biodiversity: A Decadal Plan for Taxonomy and Biosystematics in Australia and New Zealand 2018-2028*. Australian Academy of Sciences y Royal Society Te Aparangi: Canberra y Wellington, 63 pp.
- Young, H.S., McCauley, D.J., Galetti, M. y Dirzo, R. 2016. Patterns, causes, and consequences of Anthropocene defaunation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 47: 333-358. doi: 10.1146/annurev-eolsys-112414-054142
- Wheeler, Q. 2020. A taxonomic renaissance in three acts. *Megataxa*, 1:4-8. <https://www.biotaxa.org/megataxa/article/view/megataxa.1.1.2>
- Wilcox, K.A. 2016. Clearing the path on the *Endless Frontier*. *University of Kansas, Merrill Advanced Studies Center, Research Retreat*, 2016: 1-9. <https://doi.org/10.17161/merrill.2016.7765>

