
Colecciones botánicas y micológicas ecuatorianas y su importancia en el estudio, uso sustentable y conservación de la biodiversidad

Ecuadorian botanical and mycological collections and their importance in the study, sustainable use and of biodiversity

Alina Freire-Fierro¹, Jorge Caranqui², María Eugenia Ordóñez³, y Zhofre Aguirre⁴

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. ²Universidad Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. ³Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. ⁴Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Resumen

Con el objetivo de conocer el estado actual de las colecciones botánicas y micológicas ecuatorianas, y de determinar su importancia en el estudio, uso sustentable y conservación de la biodiversidad, se realizaron encuestas a los curadores y directores de los herbarios y fungario ecuatorianos. Sobre la base de las encuestas realizadas en 2015 y en 2019, y de la consulta a la base de datos mundial Index Herbariorum, se determinó que Ecuador presenta 16 herbarios y un fungario activos. La región de la Sierra y Quito en particular, presentan el mayor número de herbarios. Los herbarios más grandes del país se encuentran en Quito (QCA y QCNE) y los mismos también registran el mayor número de especímenes botánicos. Las colecciones con sus 879.394 especímenes son de vital importancia para estudios básicos y aplicados y sufren de un reto bastante grande ya que cuentan apenas con 60 personas entre investigadores/profesores/técnicos que cuidan de estas colecciones.

Palabras claves: Herbarios, biodiversidad, Ecuador, colecciones botánicas, fungario

Abstract

In order to determine the current situation of the botanical and mycological Ecuadorian collections, and to determine the importance in the study, sustainable use and conservation of the biodiversity, we requested in 2015 and 2019, information in an Excel template to curators and herbarium directors. Based on these interviews, and on information from the world database of herbaria Index Herbariorum, we found that Ecuador has 16 active herbaria and one fungarium. The Andean region and Quito in particular have the highest

Recibido: 14 de enero 2019 - revisión aceptada 24 de abril 2019

¹Correspondiente al autor: alina.freire@utc.edu.ec

number of herbaria and the largest herbaria in the country are also in Quito (QCA and QCNE). These herbaria have also the largest number of botanical specimens. The herbaria and fungarium, with their 879,394 specimens are of vital importance for basic and applied scientific study, but are in a challenging situation as there are only 60 staff members including faculty/technicians to take care of these collections.

Keywords: Herbaria, biodiversity, Ecuador, botanical collections, fungarium.

Introducción

El estudio la biodiversidad ecuatoriana, en particular de la diversidad vegetal del Ecuador se inicia con la llegada de los primeros estudiosos españoles luego de la conquista.

Los especímenes recolectados como muestras testigo para estos estudios fueron originalmente transportados hasta España y otros países de Europa hasta cuando William Jameson funda en 1860 el herbario Q, que fue el primero del país (Montalvo y Sarabia 2000).

Los herbarios, o centros especializados en donde se depositan especímenes botánicos secos que sirven como muestras testigo para estudios científicos, forman generalmente parte de instituciones académicas y/o científicas de un país determinado. Para colecciones de hongos, estos repositorios se conocen como fungarios.

Hasta la presente fecha, y de acuerdo con el Index Herbariorum, la base de datos de herbarios del mundo (Thiers, 2016-), para el Ecuador se registran como activos 16 herbarios y un fungario.

Con la crisis climática que estamos viviendo, el registro del conocimiento tangible a través

de las muestras botánicas en los herbarios, como intangible a través de la información en las etiquetas de las especies vegetales es cada vez más importante y urgente ya que este conocimiento es necesario para propuestas de escenarios y modelos que contribuyan a la toma de políticas y decisiones que lleven a la protección y conservación de la biodiversidad, como lo es manifestado por el Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2016).

Esta urgencia es especialmente crítica para el Ecuador, al ser considerado como uno de los 35 “puntos calientes” de diversidad del planeta (Marchese, 2015). Esta categorización se debe a que en Ecuador, pese a que su área es pequeña, se han registrado 17.548 especies de plantas vasculares, 5.480 de ellas endémicas (Ulloa et al. 2017). Para hongos, se estima que se podrían registrar hasta 100.000 especies, 5.000 de las cuales han sido ya descritas (Thomas Læssøe, com. pers. 2003, en Freire-Fierro, 2004).

Los herbarios y fungarios, al ser los repositorios de estas muestras testigos para muchos estudios, son también muy importantes ya que las muestras anteriormente colectadas son la base para

la realización de identificaciones correctas. Actualmente, muchos biorepositorios están digitalizando sus muestras y publicándolas en portales como GBIF (www.gbif.org) o Tropicos (www.tropicos.org). Sin embargo, trabajos pilotos (Goodwin et al. 2015) han demostrado que hasta un 58% de los especímenes digitalizados pueden presentar errores en las identificaciones. De aquí, se evidencia la importancia de la preservación de las colecciones para la verificación de las identificaciones botánicas y micológicas.

Los puntos arriba mencionados son indicadores de la necesidad de mantener y mejorar a los herbarios tanto del Ecuador como del planeta.

Metodología

Para este estudio, se realizó una encuesta en línea en el mes de octubre de 2015 a los curadores y directores de herbarios del Ecuador, solicitándoles datos y valores correspondientes a sus respectivos herbarios (Anexo 1). Los resultados más relevantes fueron tabulados (Tabla 1) y datos adicionales de la encuesta están disponibles con la primera autora. Esta encuesta fue actualizada por algunos herbarios entre julio y septiembre de 2019. Adicionalmente, se obtuvieron datos del Index Herbariorum (Thiers, 2019).

En adición al análisis de los datos enviados por curadores y directores, se incluyen también tres estudios de caso de colecciones científicas. Se presenta información sobre el primer fungario del Ecuador (QCAM), así como información sobre herbarios

especializados en botánica aplicada (UTCEC), y en estudios florísticos de los Andes Centrales del Ecuador (CHEP), en vegetación del sur de la Sierra ecuatoriana (LOJA), en la Amazonía (ECUAMZ). Además, se incluyen datos sobre el único banco de germoplasma del Ecuador especializado en especies nativas de la región Sierra y Costa del Ecuador.

El análisis de los datos digitales de las colecciones se lo realizó sobre la base de los datos presentes en las bases de datos Plants Jstor (<http://plants.jstor.org>) y Tropicos (www.tropicos.org).

Para la elaboración del mapa conceptual sobre la importancia de herbarios/fungarios se utilizó el programa CMap Cloud (<https://cmapcloud.ihmc.us/>) sobre la base de la experiencia personal de los autores y de la literatura (Ahmed y Hasan 2016, Bebbler et al. 2010, Funk 2003, Greve et al. 2016, Lughandha et al. 2018, Nesbitt y Nualart et al. 2017)

Resultados y Discusión

Visión general de los herbarios del Ecuador

De acuerdo a los datos proporcionados por curadores de herbarios ecuatorianos, disponibles con la primera autora y por el Index Herbariorum, en el Ecuador se tienen 16 herbarios activos y un fungario (Tabla 1, Figura 1). Para la región de la Costa, se registra un herbario (GUAY), para la Sierra (Andes) se tienen 14 herbarios, 8 de los cuales localizados en Quito. Para la Amazonía se

tiene un sólo herbario (ECUAMZ) y para Galápagos, también se registra un solo herbario (CDS). De las 17 instituciones, con la excepción de QCNE que pertenece al Instituto de Biodiversidad INABIO, QPLS que pertenece a Biblioteca Ecuatoriana Aurelio Espinosa Pólit, y CDS que pertenece a la Fundación Científica Charles Darwin, las restantes 14 pertenecen a universidades.

Los herbarios y el fungario registran 879.394 especímenes botánicos, incluyendo a 3.560 tipos nomenclaturales. De estos especímenes, la mayoría está totalmente procesada y archivada en la colección (Figura 1). Para el manejo de estas casi 900.000 colecciones, se cuenta con 60 empleados que incluyen a curadores, profesores-investigadores, administradores de colecciones y asistentes. Este bajo número de personal perjudica enormemente al buen manejo y aprovechamiento de las colecciones botánicas, las cuales son utilizadas no solamente para investigaciones básicas, sino también para programas de vinculación y educación tanto a estudiantes escolares, de colegio, universitario de las materias afines, así como a público en general.

En lo que respecta a colecciones, todos los herbarios constan de muestras botánicas de plantas, y lógicamente el fungario, consta de muestras micológicas. Muestras palinológicas están depositadas en el herbario CDS y QCA, muestras de importancia económica se registran principalmente para los herbarios UTCEC, CHEP, QUSF y UTPL y muestras históricas están depositadas principalmente en Q y QPLS.

Para el ingreso de datos, la mayoría de herbarios utiliza Excel o MySql y ninguno de ellos utiliza la tecnología OCR ("Optical

Character Recognition") ya que en todos los herbarios se tiene el apoyo de estudiantes para la digitalización manual. Con la tecnología OCR que es aplicada en herbarios estadounidenses y europeos (<https://www.idigbio.org/tags/ocr>), el proceso de digitalización se aceleraría sustancialmente, ya que apenas un 42% del material está digitalizado (Figura 2). Del material hasta el momento digitalizado, apenas un 6% ha sido georeferenciado.

La mayoría de los herbarios tienen sus registros publicados en línea sea en la base de datos Tropicos, del Jardín Botánico de Missouri (www.tropicos.org) (UEA, UTCEC, CHEP), o en sus servidores individuales (QCA, QCAM, CDS, HA). En la base de datos de tipos y colecciones especiales Plants Jstor, creado por el consorcio Global Plants Initiative (www.plants.jstor.org), se registran colecciones de los herbarios CHEP, GUAY, HA, LOJA, QCA, QCNE, QPLS, QUSF (Figura 3). Los datos micológicos de QCAM se encuentran disponibles en MycoPortal (<https://mycoportal.org>) y en la base de datos de la Global Biodiversity GBIF (<https://www.gbif.org>).

Para el manejo administrativo de las colecciones y para envíos/recepciones en calidad de préstamos, donaciones, etc. la mayoría de instituciones indicó que no utiliza ningún programa especializado.

De acuerdo a las entrevistas a los curadores y a la revisión en la base de datos de CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), ningún herbario ecuatoriano posee la excepción proveída por el Artículo VII, parágrafo 6 de la Convención (CITES 2019), por lo que ningún herbario ecuatoriano podría recibir ni enviar especies botánicas incluídas en los Apéndices de CITES.

Ejemplos de colecciones botánicas/micológicas ecuatorianas

Herbario de Botánica Aplicada UTCEC

El Herbario UTCEC (Figura 4) fue creado por el Ing. Adolfo Cevallos en el año 2006 en el campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Con su creación, se vino a llenar un vacío científico a nivel regional ya que en este herbario se han venido depositando muestras botánicas de los varios estudios realizados dentro de las cinco carreras de la Facultad Ciencias Agrícolas y de Recursos Naturales (CAREN): Agronomía, Agroindustrias, Turismo, Veterinaria y Medio Ambiente. UTCEC se formó como parte de un proyecto financiado por el gobierno ecuatoriano. En el año 2018 es ingresado en el Index Herbariorum y al momento se cuenta con tres investigadores especializados en sistemática y ecología de plantas vasculares y no vasculares. En el herbario se cuenta con cerca de 2.500 especímenes incluyendo plantas vasculares y briofitas. De éstas, cerca de 2.000 están registradas en la base de datos y de 1.000 de ellas se tienen imágenes digitalizadas. El herbario, como su enfoque es aplicado, registra en su acervo muestras testigos de estudios etnobotánicos, turismo, bioprospección en agroindustria, y colecciones de plantas cultivadas y/o de sus parientes silvestres. Como es un herbario joven, no se cuenta todavía con tipos.

Debido a su ubicación geográfica y a que la universidad UTC es una institución comprometida con la vinculación con el pueblo, el herbario se está enfocando hacia la preservación de muestras botánicas de utilidad así como de colecciones provenientes de los valles secos interandinos del centro del Ecuador.

La mayoría de especímenes corresponden a muestras colectadas por Adolfo Cevallos, David Neill, por colectores que participaron en salidas botánicas auspiciadas por el XII Congreso Latinoamericano de Botánica organizado en Quito en octubre de 2018, y por colecciones de los investigadores de UTCEC, Thalia Morales, Jaime Irazábal, Alina Freire-Fierro y por duplicados de Jaime Jaramillo (Q.E.P.D.) donadas por el herbario QCA.

La colección sigue al sistema de clasificación lineal de familias de angiospermas del APG IV (APG IV, 2016), pero están físicamente distribuidas de manera alfabética por familia.

Al momento, y con el propósito de proveer de información fidedigna para la identificación de especies, se está en conversaciones con Ithaka/Jstor para firmar un convenio de cooperación, y así tener acceso a las imágenes tipo depositadas en los herbarios miembros del consorcio Global Plants Initiative (<http://plants.jstor.org>).

También, UTCEC se ha registrado como uno de los proveedores de datos de GBIF para en un futuro cercano enviar datos de nuestras colecciones a este repositorio global.

El herbario cuenta con una sala de preparaciones en donde también se acomoda un compactador que incluye a 9 armarios. Se cuenta con una sala de trabajo en donde se tienen 4 computadoras, dos impresoras, 2 estereoscopios, 2 microscopios y equipo necesario para realizar disecciones. En la misma sala se realiza la digitalización y toma de fotos de los especímenes con una cámara digital empotrada en un stand. En otro espacio se cuenta con la sala de montaje y otra sala de secado. Además, se tienen dos oficinas de trabajo para el personal de planta.

Las actividades como colección, secado y herborización son realizadas por estudiantes de prácticas pre-profesionales de la universidad, así como por estudiantes de pregrado de los cursos de Flora del Ecuador, Flora del Ecuador, Botánica General, Botánica Sistemática, y Biodiversidad y Conservación; y debido a que Latacunga está en un lugar frío y seco, la colección no sufre de daños por plagas. La identificación de las muestras, distribución del material montado en la colección, procesos legales con el Ministerio del Ambiente, atención a investigadores nacionales e internacionales y procesos como recepción/intercambio de especímenes son realizados por las curadoras o el coordinador del herbario. Para el ingreso de datos realizado por estudiantes y personal de planta se utiliza Excel, y se está considerando comenzar a utilizar la plataforma Symbiota (www.symbiota.org) de acuerdo con los campos de DarwinCore (<https://dwc.tdwg.org/>).

Herbario CHEP

El Herbario CHEP (Figura 5) fue creado en el año 1996 dentro del convenio de colaboración con la Universidad de Illinois – Chicago, en el campus de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Cuando el convenio terminó el herbario contó con 1500 especímenes en su mayoría provenientes de la Estación Experimental “Pastaza” que queda ubicada en la carretera Puyo- Macas Km. 32. En el año 2001 se reinician las actividades del herbario siendo Rector el Dr. Silvio Alvarez que contrata al Ing. Jorge Caranqui. Estamos en el Index Herbariorum y se cuenta con 18.300 especímenes incluyendo plantas vasculares, también se registran alrededor de 600 especímenes de plantas vasculares. Todas están registradas en una base de datos (Excel) y de 200 de ellas

se tienen imágenes digitalizadas. El herbario, como su enfoque es un herbario regional, cuenta con una predominancia de muestras de especímenes botánicos provenientes de los tipos de vegetación de la zona central del Ecuador como es páramo, matorral seco y/o húmedo, bosque montano y bosque siempre verde de tierras bajas

(Chimborazo, Tungurahua, Bolívar y Pastaza). El herbario cuenta con 20 muestras tipos (Caranqui 2011, 2018)

La mayoría de especímenes corresponden a muestras colectadas por Jorge Caranqui, estudiantes de la ESPOCH, Doel Soejarto, David Neill, Silverstone, N. Ramos, entre otros. El herbario en principio realizó actividades de intercambio de muestras principalmente con los Herbarios QCNE y QCA de los que provienen casi el 30% del origen de sus colecciones y con las determinaciones de dichas muestras se ha enriquecido el acervo taxonómico del herbario.

La colección sigue al sistema de clasificación lineal de familias de angiospermas del APG IV (APG IV, 2016), pero están físicamente distribuidas de manera alfabética por familia dentro de los tres clados superiores Monocotiledóneas, Magnoliidae y Eudicotiledóneas.

Las imágenes tipos se encuentran depositadas en la base de datos Plants Jstor del consorcio Global Plants Initiative (<http://plants.jstor.org>). Mucha información de los especímenes del Herbario se encuentran en la base de datos Tropicos (www.tropicos.org).

El herbario cuenta con 16 anaqueles metálicos, 8 de madera, uno de vidrio en el cual se deposita la colección principal, también tiene una sección de pre-archivo y

una de archivo de muestras no montadas; se cuenta también con una secadora de muestras y un herbario estudiantil de 600 especímenes para uso didáctico.

Desde el 2011 se cuenta con la patente anual de funcionamiento otorgado por el Ministerio del Ambiente, previo cumplimiento de requisitos según la ley ecuatoriana.

Herbario ECUAMZ

Herbario LOJA

Fungario QCAM

El Fungario QCAM (Figura 6) empezó como parte del Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito a inicios de los años 90. En ese entonces tuvo la colaboración de la British Mycological Society la cual contribuyó con colecciones importantes de especímenes, especialmente de la zona de Cuyabeno en la provincia de Sucumbíos. En el año 2000 el Fungario se separa del Herbario para formar una colección independiente. Gracias a una colaboración con la Universidad de Copenhagen hubo un incremento significativo de las muestras de hongos de todo el país. Las muestras fueron curadas y catalogadas taxonómicamente en base a caracteres morfológicos. En el año 2012 hubo un cambio en el manejo del Fungario, que lo dinamizó, modernizó, y convirtió al Fungario QCAM como el más grande del Ecuador. En la actualidad cuenta con más de 7700 especímenes secos, y alrededor de 200 muestras vivas en cultivo *in vitro*. Se almacenan más de 2700 muestras de tejidos y más de 2600 secuencias de ADN de la colección. Los datos de las colecciones son accesibles libremente a través del portal <https://biowe.bio> e incluyen fotos, mapas de

distribución, guías de especies identificadas, entre otros. La clasificación taxonómica de las muestras se las hace en base a datos tanto moleculares (secuencias de ADN) como morfológicas, macroscópicas y microscópicas, y el debido análisis filogenético, siguiendo el sistema de clasificación del Index Fungorum (www.indexfungorum.org). Los datos de la colección también están integrados al portal de colecciones micológicas MycoPortal (<https://mycoportal.org>) y al GBIF (<https://www.gbif.org>).

Las principales áreas de investigación dentro del Fungario son estudios para catalogar la diversidad micológica de todas las regiones del Ecuador, estudios taxonómicos, filogenéticos, de la biología de los hongos y de conservación. Además, se realizan estudios poblacionales de hongos patógenos en plantas, tanto de cultivos como silvestres. El Fungario mantiene colaboraciones nacionales e internacionales para proyectos de investigación.

El Fungario QCAM cuenta con un espacio independiente para albergar las muestras en 15 armarios herméticos metálicos. Existe un área de laboratorio para manejo de muestras provenientes del campo, un área de microscopía, cultivo y almacenamiento, además de un área exclusiva para trabajo molecular. Las diferentes labores son realizadas por técnicos, estudiantes, voluntarios e investigadores asociados bajo la dirección de la Curadora. El Fungario cuenta con toda la documentación legal para su funcionamiento y para la colecta y manejo de recursos genéticos de hongos.

Pese a que por mucho tiempo las colecciones micológicas no han sido consideradas como importantes, esta situación ya está cambiando (Andrew et al. 2018).

Banco de Germoplasma de especies nativas ecuatorianas, La Maná.

Conclusiones y Recomendaciones

Los herbarios y colecciones científicas representan un insumo cada vez más importante para la documentación de la biodiversidad y de la información intangible anexada a la misma. Con los procesos acelerados de pérdida de esta diversidad, se estima que entre el 20 y 60% de especies botánicas corren riesgo de extinción en los próximos 30 años si se mantienen los mismos niveles en el uso de la tierra, explotación directa de los organismos, cambio climático, contaminación y especies invasoras (Díaz et al. 2019). Las colecciones, además de tener un uso en investigaciones básicas para determinar diversidad florística/micológica, procesos evolutivos, rangos de distribución actual e histórica, etc.; cumplen también un rol imprescindible en ciencias aplicadas como por ejemplo la determinación de potenciales especies alimenticias, medicinales, resilientes frente al cambio climático, etc. (Figura 7).

El Ecuador, un país en desarrollo y altamente biodiverso, presenta un reto enorme en coleccionar, documentar y estudiar a las especies botánicas/micológicas, especialmente si consideramos que una de cada tres especies de plantas vasculares solamente se registra únicamente para nuestro país (Ulloa et al. 2017). Además, todavía se descubren nuevas especies a una tasa aproximada de una especie nueva cada dos días, como lo registra Neill (...) en donde en el período 2005-2010 fueron descritas 719 nuevas especies. Como país, tenemos un potencial enorme, así como un reto igualmente grande ya que para la colección y estudio de estas muestras es necesario un incremento de investigadores botánicos, así como un apoyo a nivel

del estado para priorizar la investigación científica de profesores/investigadores de las universidades y centros de investigación ecuatorianos.

Agradecimientos

Agradecemos a los curadores y colegas de los herbarios AMAS, CDS, ECUAMZ, GUAY, HA, HUTI, HUTPL, LOJA, Q, QAP, QCA, QCNE, QPLS, y QUSF por la información proveída en el año 2015 y/o en el año 2019 y/o en el Index Herbariorum. Dicha información fue un insumo importante para la redacción de este artículo. AFF agradece a las autoridades y colegas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial al Ing. MBA Fabricio Tinajero por todo el apoyo prestado al Herbario UTCEC. Sin la iniciativa y arduo trabajo del Ing. Adolfo Cevallos, el herbario UTCEC no se habría iniciado. Patricia Jaramillo proveyó de importantes comentarios para la descripción del Herbario UTCEC.

Literatura Citada

Contribución de todos siguiendo el formato del Council of Science Editors (CSE)

Ahmed, S. y M. Hasan. 2016. Importance of herbaria in herbal drug discovery. *World Journal of Pharmaceutical Sciences (Online)*: 2321-3086. <http://wjpsonline.org>

Andrew C, Diez J, James TY, Kausserud H. 2018 Fungarium specimens: a largely untapped source in global change biology and beyond. *Phil. Trans. R. Soc. B* 374: 20170392. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.039>

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for orders and families of flowering

- plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2016, 181, 1–20.
- 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, y R. W. Scotland. 2010. Herbaria are a major frontier for species discovery. *PNAS* 107: 22169-22171.
- Caranqui, J. 2011. Manual de operaciones Herbario Politécnico (CHEP). <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/504>
- Caranqui, J. 2018. Resultados del Herbario Politécnico (CHEP), 2017 Facultad de Recursos Naturales. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7844>
- CITES, 2019. <https://www.cites.org/eng/res/11/11-15R12.php>
- Díaz, S., J. Settele, E. Brondizio, H. T. Ngo, M. Gueze, J. Agard, A. Arneeth, P. Balvanera, K. Brauman, S. Butchart, K. Chai, L. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnar, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. R. Chowdhury, Y-J. Shin, I. Visseren-Hamakers, K. Willis, y C. Zayas. 2019. Summary for policymakers of the global assesment report on biodiversity and ecosystem services-unedited advance version. IPBES Global Assessment Report. <https://lp.panda.org/ipbes>
- Freire-Fierro, A. 2004. Botánica Sistemática Ecuatoriana. Missouri Botanical Garden, FUNDACYT, QCNE, RLB y FUNBOTANICA. Murray Print, St. Louis. 209 pp.
- Funk, V. 2003. 100 Uses for an Herbarium: well at least 72. *American Society of Plant Taxonomists Newsletter*. 17 (2):17–19
- Goodwin, Z. A., D. J. Harris, D. Filer, J. R. Wood, y R. W. Scotland. 2015. Widespread mistaken identity in tropical plant collections. *Current Biology* 25: R1057-R1069.
- Greve, M., A.M. Lykke, C. W. Fagg, R. E. Gereau, G. P. Lewis, R. Marchant, A. R. Marshall, J. Ndayishimiye, J. Bogaert, J.-C. Svenning. 2016. Realising the potential of herbarium records for conservation biology. *South African Journal of Botany* 105: 317-323.
- IPBES. 2016. The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. Ferrier S., K. N. Ninan, P. Leadley, R. Alkemade, L. A. Acosta, H. R. Akçakaya, L. Brotons, W. W. L. Cheung, V. Christensen, K. A. Harhash, J. Kabubo-Mariara, C. Lundquist, M. Obersteiner, H. M. Pereira, G. Peterson, R. Pichs-Madruga, N. Ravindranath, C. Rondinini and B. A. Wintle (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Alemania. 348 pp.
- Lughadha, E., B. E. Walker, C. Canteiro, H. Chadburn, A. P. Davis, S. Hargreaves, E. J. Lucas, A. Schuiteman, E. Williams, S. P. Bachman, D. Baines, A. Barker, A. P. Budden, J. Carretero,

- J. J. Clarkson, A. Roberts y M. C. Rivers. 2018. The use and misuse of herbarium specimens in evaluating plant extinction risk. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374: 20170402. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2017.0402>
- Marchese, C. 2015. Biodiversity hotspots: A short cut for a more complicated concept. *Global Ecology and Conservation* 3 (2015) 297–309
- Montalvo, C. y W. Sarabia. 2000. Historia, Rehabilitación e Importancia del Herbario Q. Pp. 22. En: Azanza, M., A. Freire Fierro, D. Neill, S. Sandoval y J. Welling (eds.). Libro de Resúmenes del III Congreso Ecuatoriano de Botánica. FUNBOTANICA y Herbario Nacional del Ecuador. Quito.
- Nesbitt, M. 2014. 22. Use of herbarium specimens in ethnobotany. En: Salik, J., K. Konchar y M. Nesbitt (eds.) *Curating Biocultural Collections, A Handbook*. Royal Botanical Gardens Kew, Inglaterra.
- Nualart, N., N Ibáñez, I. Soriano y J. López-Pujol. 2017. Assessing the Relevance of Herbarium Collections as Tools for Conservation Biology. *Botanical Review* 83: 303-325.
- Thiers, B. 2016-. *Index Herbariorum: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- Ulloa Ulloa, C., P. Acevedo-Rodríguez, S. Beck, M. J. Belgrano, R. Bernal, P. E. Berry, L. Brako, M. Celis, G. Davidse, R. C. Forzza, S. R. Gradstein, O. Hockhe, B. León, S. León-Yáñez, R. E. Magill, D. A. Neill, M. Nee, P. H. Raven, H. Stimmel, M. T. Strong, J. L. Villaseñor, J. L. Zarucchi, F. O. Zuloaga, y P. M. Jørgensen. 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* 358: 1614-1617.

Anexos

Anexo 1: Cuestionario solicitado a curadores y administradores de colecciones botánicas/micológicas ecuatorianas

Acrónimo de su herbario

Fecha de fundación

Institución a la que su herbario pertenece

Página web de su institución

Página web de su herbario

Ciudad

Provincia

Nombre de la primera persona corresponsal de su herbario

Cargo de la primera persona corresponsal de su herbario

Email de la primera persona corresponsal

Teléfono de la primera persona corresponsal

Nombre de la segunda persona corresponsal de su herbario

Cargo de la segunda persona corresponsal de su herbario

Email de la segunda persona corresponsal

Teléfono de la segunda persona corresponsal	Están usando ustedes la tecnología de OCR para la captura de la información de las etiquetas?
Su nombre (dejar en blanco si usted completó alguno de los campos arriba)	
Su email (dejar en blanco si usted completó alguno de los campos arriba)	Estimado no. de especímenes con datos de latitud y longitud
Su teléfono (dejar en blanco si usted completó alguno de los campos arriba)	No. estimado de registros de los especímenes con registros de latitud, longitud y con información de los datos y la incertidumbre de las coordenadas?
Enlace para la base de datos de su herbario	
No. de CITES	Son sus registros disponibles via un URL que unicamente sirve registros de su coleccion?
No. de Patente	
No. de especímenes procesados y archivados para estudio	Son los registros de plantas vasculares disponibles através de alguna red online?
No. plantas vasculares	Si la respuesta es positiva, cual es el nombre de la red?
No. algas	Grupos de plantas en su herbario, incluyendo números (ej. Algas, 20.000; Hongos, 15.000, etc.)
No. hongos	
No. musgos	Colecciones importantes
No. líquenes	Especialización
No. de tipos (especificar si incluye paratipos)	Especialistas
Número estimado de especímenes que necesita ser procesado	Revistas/Publicaciones de su herbario/institución
Número de especímenes completamente (o casi completamente) informatizados	Si Ud. Ha usado el herbario para sus clases, en que cursos/y que nivel lo uso?
Programa de la base de datos (e.g. BRAHMS, Symbiota, Excel, Access, etc).	Ha usado Ud. El herbario en actividades de vinculación y de servicios a la sociedad?
Número de especímenes que están parcialmente digitalizados	No. de investigadores de planta
No. de imagenes de las etiquetas, y también de los especímenes	No. de investigadores asociados
No. de imagenes de las etiquetas, pero no de los especímenes	No. de técnicos (incluyendo personas en montaje, curatoria, secretariado, etc)
	No. de voluntarios
	No. de estudiantes pasantes/becarios/etc.