

LA INVESTIGACIÓN BOTÁNICA Y FÚNGICA EN EL REAL JARDÍN BOTÁNICO. CÓMO SOBREVIVIR A LOS CAMBIOS AMBIENTALES

*Esteban Manrique, María-Paz Martín, Inés Álvarez, Isabel Sanmartín,
Javier Diéguez, Mariano Sánchez, Félix Alonso, Esther García-Guillén,
Leopoldo Medina, Jesús García-Rodrigo, María Bellet.*
Real Jardín Botánico. Consejo Superior de Investigaciones Científicas-CSIC.

RESUMEN

El Real Jardín Botánico (RJB) ocupa un lugar muy prominente en la ciencia botánica y de los hongos, y es un centro de excelencia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que lleva a cabo una investigación multidisciplinar en 5 de los 6 reinos de organismos eucariotas del árbol de la vida. Las investigaciones del RJB se enfocan en comprender la sistemática y evolución de la diversidad de organismos de estos 5 reinos, desde sus genes, las especies y los ecosistemas de los que forman parte. El RJB desarrolla líneas de investigación frontera enfocadas desde la sistemática y florística de plantas vasculares, la biodiversidad, biogeografía y sistemática molecular de hongos, hasta la biología evolutiva de plantas y sus patrones, procesos y mecanismos, la colonización y evolución en islas oceánicas, y la biodiversidad escondida, ahondando en el estudio de su ecología, evolución y conservación. El RJB está situado en un lugar privilegiado de Madrid, junto a la Glorieta de Atocha, y ha de sobrevivir a las nuevas como son el cambio global, incluido el cambio climático y la contaminación atmosférica. En este artículo se hace referencia a los objetivos y las actividades que desarrolla este importante centro de investigación botánica.

1. INTRODUCCIÓN

El 17 de octubre de 1755, Fernando VI ordenó la creación del Real Jardín Botánico de Madrid. Inicialmente instalado en el soto de Migas Calientes, en las inmediaciones de lo que hoy se denomina Puerta de Hierro, a orillas del río Manzanares, herencia del primitivo jardín de Aranjuez fundado por Felipe II, en los aledaños del Palacio de la Moncloa. En él se mostraban las más de 2000 plantas obtenidas por José Quer Martínez, su primer director, botánico y cirujano militar, y en el que tuvieron lugar las primeras enseñanzas de botánica.

A partir de 1774, Carlos III dio instrucciones para su traslado al actual emplazamiento del paseo del Prado, inaugurándose en 1781. Sabatini -arquitecto del Rey- y Juan de Villanueva al que debemos el Museo del Prado, el Observatorio Astronómico y otras obras- se hicieron cargo del proyecto. En esos años se construyeron las tres terrazas escalonadas, se ordenaron las plantas según el método de Linneo -uno de los botánicos más importantes de la Historia- y se construyeron también la verja que rodea el Jardín, los emparrados y el invernáculo llamado Pabellón Villanueva -en el que se encuentra la cátedra donde impartió sus clases Antonio José Cavanilles.

Desde el Real Jardín Botánico se impulsaron las expediciones a América y al Pacífico, con el fin de describir la flora de los nuevos lugares. La Guerra de la Independencia trajo al Jardín años de abandono y tristeza, destacando los esfuerzos de Mariano de La Gasca por mantenerlo dentro de las

corrientes científicas europeas. Ya en la década de 1880 a 1890, el Jardín sufre importantes pérdidas, con la segregación de dos hectáreas para construir el edificio que actualmente ocupa el Ministerio de Agricultura. Tras la guerra civil española, el Real Jardín Botánico pasa a depender del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y es declarado Jardín Artístico en 1942. En 1974 se cerró al público para abordar las obras de restauración que lo devolvieran a su estilo original.

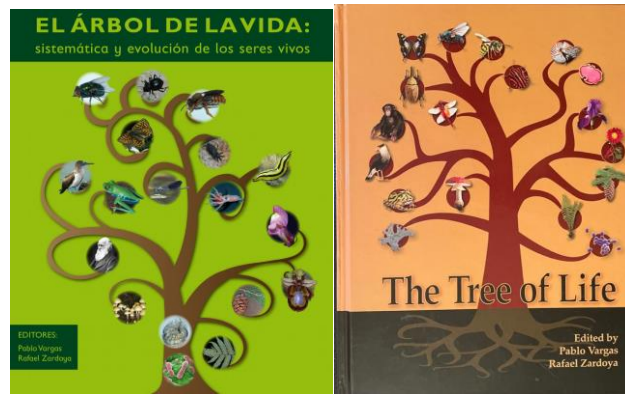
Actualmente el Real Jardín Botánico ocupa un lugar muy prominente en la ciencia botánica y de los hongos, situado en un lugar privilegiado de Madrid, junto a la Glorieta de Atocha, ha de sobrevivir a las nuevas como son el cambio global, incluido el cambio climático y la contaminación atmosférica. Desde este punto de vista nos preguntamos ¿qué será de las actuales colecciones vivas si no consiguen acomodarse a los cambios? ¿qué nuevas plantaciones son las que habría que ir promocionando para que el JB no pierda su belleza y no deje de ser ese paisaje fundamental de la ciudad de Madrid? La investigación científica podrá ir dándonos progresivamente respuestas a todo esto y poder conseguir así un jardín resiliente para el disfrute de todos los visitantes.

2. INVESTIGACIÓN

El Real Jardín Botánico (RJB) es un centro de excelencia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que lleva a cabo una investigación multidisciplinar en 5 de los 6 reinos de organismos eucariotas del árbol de la vida. Las investigaciones del RJB se enfocan en comprender la sistemática y evolución de la diversidad de organismos de estos 5 reinos, desde sus genes, las especies y los ecosistemas de los que forman parte. El RJB desarrolla líneas de investigación frontera enfocadas desde la sistemática y florística de plantas vasculares, la biodiversidad, biogeografía y sistemática molecular de hongos, hasta la biología evolutiva de plantas y sus patrones, procesos y mecanismos, la colonización y evolución en islas oceánicas, y la biodiversidad escondida, ahondando en el estudio de su ecología, evolución y conservación. Esta investigación está apoyada por unidad técnica (UTAI) que coordina el uso de instalaciones, espacios, instrumentación científica y personal técnico de apoyo necesarios para el desarrollo de estas tareas de investigación. La UTAI comprende un laboratorio de sistemática molecular, un equipo de microscopía electrónica de barrido y de video-microscopía de alta resolución, microscopía de fluorescencia y sistemas de análisis y procesamiento de imágenes, además de un invernadero de Investigación y una colección de cultivos puros de hongos. En esta vicedirección se integra también el banco de germoplasma que gestiona el banco de semillas y el “Index Seminum” anual con el fin de participar en el programa colaborativo de intercambio de semillas con otros jardines botánicos.

La vicedirección de investigación coordina, por otro lado, las actividades de formación de posgrado en las que se encuentra el Master Oficial en Biodiversidad de Áreas Tropicales y su Conservación. Dentro del programa estratégico de másteres que ofrece el CSIC, este máster es único en el área Área Global Vida en cuanto al elevado número de matriculaciones registrado en sus 7 años de existencia. Además, un indicador fundamental es el grado de éxito en empleabilidad de los alumnos egresados, llevando a cabo su doctorado en el CSIC sino también en otros centros de excelencia en investigaciones sobre biodiversidad y evolución como son las universidades de Arizona, Liverpool, Oslo, Praga, Toronto, o Wageningen, el CIBIO (Oporto), etc.

Para llevar a cabo su investigación el RJB ha conseguido financiación a través de proyectos competitivos en los programas marco de la UE, VII PM, Horizon 2020, LIFE, Plan Estatal, MITECO y de las comunidades autónomas. También proyectos de Fundaciones de reconocido prestigio como la Fundación BBVA y la Fundación Biodiversidad, participando adicionalmente en iniciativas de transferencia de conocimiento como la supervisión de doctorados industriales en colaboración con empresas y en la creación de empresas de base tecnológica del CSIC (Spin Off's). El resultado de las investigaciones del RJB ha quedado reflejado en importantes publicaciones científicas de alto impacto como Science, Nature, PNAS, Nature Communications, New Phytologist, Systematic Biology, Plos Genetics, or Plos Pathogens. Son destacables la finalización de Flora Ibérica o la edición del “El árbol de la vida”, posteriormente traducido al inglés como “The Tree of Life”.



Portada del libro “El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos” (2012), editado por Pablo Vargas (RJB-CSIC) y Rafael Zardoya (MNCN-CSIC). Se incluye como ejemplo de la diversa investigación científica que se realiza actualmente en el Real Jardín Botánico. Traducido al inglés por la editorial norteamericana Sinauer (2014). Ambas versiones sintetizan la nueva clasificación de los seres vivos sobre la base de todos los avances evolutivos hasta la fecha. El árbol de los seres vivos, que está basado en la filogenia con secuencias de ADN aplicando el principio filogenético de ascendencia-descendencia directa (principio de monofilia), tiene consecuencias fundamentales para poder entender la biodiversidad y sus verdaderas relaciones de parentesco.



Flora Ibérica, proyecto nacido en 1980 y finalizado en 2021 tras la publicación de 21 volúmenes con descripciones y claves dicotómicas para la identificación de las familias, géneros, especies y subespecies reconocidas de las plantas vasculares que crecen espontáneamente en la Península Ibérica e Islas Baleares. Castroviejo, S. (coord. gen.). 1986-2012, Aedo, C. (Coord. gen.)2013-2021. Flora Ibérica 1-21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

3. JARDINERÍA Y ARBOLADO. COLECCIONES VIVAS.

La vicedirección integra la Unidad Técnica de Jardinería y Arbolado y la Escuela Taller. Desde la Unidad Técnica se trabaja en la mejora y conservación de las colecciones vivas del Jardín y de la superficie expositiva; se participa en el asesoramiento sobre jardinería y arbolado en comisiones estatales, autonómicas y municipales; y con instituciones europeas, como EAC (European Arboriculture Council) y americanas como ISA (International Society of Arboriculture). La Escuela Taller (estudiantes entre 16 y 25 años) está financiada por el Ministerio de Trabajo y Economía Social a través del SEPE (Servicio de Empleo Público Estatal), con una cofinanciación del RJB-CSIC e imparte dos certificados de profesionalidad, uno de jardinería y otro de mantenimiento de arbolado.

Además, desde septiembre del 2022, dentro del programa europeo TÁNDEM se forma a estudiantes en producción de semillas y plantas de vivero.

Para facilitar el seguimiento de las colecciones, en 1974 se estableció un registro individual y sistemático de las plantas, que incluye su origen, ubicación e incidencias; registro que, a partir de 1986, se mantiene informatizado desde la Unidad de Jardinería y Arbolado. En la actualidad, en el Jardín se exhiben más de 5.500 especies de todo el planeta, unos 60.000 especímenes, aunque la mayor parte de las plantas tienen su origen en la región mediterránea (Sur de Europa y Norte de África), así como en otras zonas del mundo con similar climatología (California, Argentina-Chile, Sudáfrica, Sur de Australia). Las plantas con requerimientos especiales de temperatura y/o humedad (como orquídeas, bromelias, plantas insectívoras, plantas endémicas de las islas Canarias y muchas suculentas, entre ellas abundantes cactáceas) se exhiben en el invernadero de exhibición “Santiago Castroviejo”, en la estufa fría de las Palmas y en los nuevos invernaderos de multiplicación de “el Jardinillo”.

La colección de árboles está formada por unos 1300 especímenes entre los que se encuentran algunos centenarios y nueve incluidos en el “Catálogo de árboles monumentales de la Comunidad de Madrid”. Los planos informatizados, en los que se reflejan también las dimensiones de las copas, ayudan a la gestión de los árboles. Con el fin de mejorar su gestión y conservación, haciéndola más sostenible, se inició desde la Dirección un estudio de análisis de las series temporales de datos climatológicos y de contaminación atmosférica, así como de la fenología y la cuantificación y tasa de absorción de carbono de algunos de los ejemplares.



Vista general del estanque oval del Real Jardín Botánico con algunas plantas acuáticas y bonsáis alrededor.

En la primera terraza se mantiene la colección de plantas ornamentales que, en algunos cuadros, van rotando a lo largo del año (e.g. dalias con tulipanes y narcisos), lo que permite tener plantas con flores en todas las estaciones. La colección de rosas, restaurada en 2021, contiene una amplia representación de rosas antiguas que se va incrementado cada año con nuevas especies, variedades o híbridos; y la colección de plantas útiles incluye las medicinales, las de huerta y algunas plantas industriales (e.g. algodón). En la segunda terraza o terraza intermedia, denominada de las Escuelas Botánicas, se encuentra la colección científica, en la que las plantas están agrupadas filogenéticamente por familias, y muchas proceden de los estudios que realizaron y realiza el personal investigador del RJB. Esta es una de las zonas del jardín más difícil de conservar, ya que las plantas que desaparecen, ya sea por inclemencias climáticas o plagas, no siempre es posible reponerlas en las campañas de recolección.

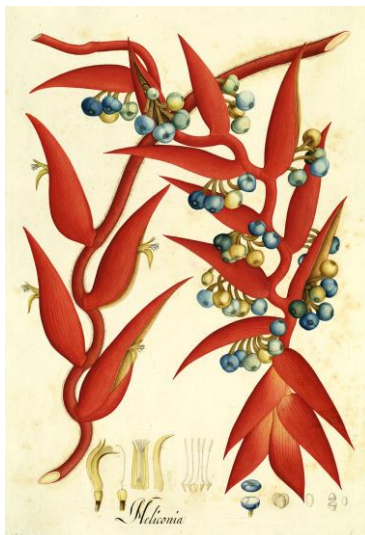


Vista general de las plantaciones de tulipanes en la primera terraza o de los Cuadros.

El paseo de los olivos alberga las variedades tanto de mesa como de aceite; en el emparrado, pérgola de hierro forjado del s. XVIII restaurada en 2022, se conserva la colección de variedades de vides de mesa y de vino. En la parte más alta del Jardín, se exhibe la colección de bonsáis, iniciada en 2005, y que actualmente consta de 108 ejemplares de Asia y Europa y un estanque con plantas acuáticas.

4. COLECCIONES Y DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICAS.

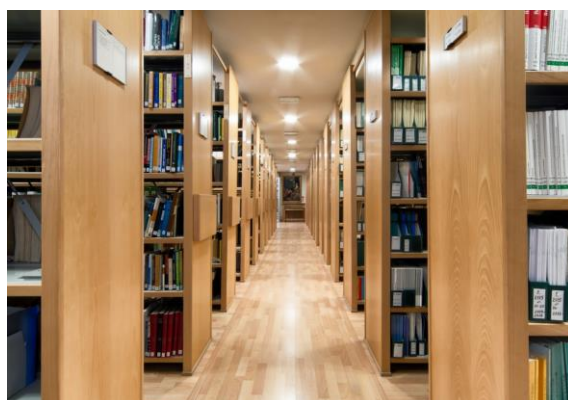
Los especímenes y muestras originales son los testigos de las observaciones y experimentos en los que se basan los estudios de biodiversidad, hacen que la ciencia sea reproducible y revisable y, por lo tanto, son claves para el avance del conocimiento. Estos materiales están depositados en las colecciones de Historia Natural, donde se gestiona su custodia, conservación y accesibilidad. Las colecciones de Historia Natural del RJB están principalmente integradas en la Unidad de Herbario, que alberga colecciones de organismos en los que clásicamente se ha enfocado la Botánica (i.e., plantas incluyendo musgos, hongos, líquenes, algas y protistas). En su conjunto, estas colecciones suman 1,25 millones de ejemplares, de los que aproximadamente 11.000 son materiales “tipo”. Los “tipos” son ejemplares únicos, que han sido designados por los autores en las descripciones originales de los taxones (e.g., especies, subespecies, etc.) y que son imprescindibles para darles identidad. A esta colección se suma las de las colecciones históricas de las expediciones científicas de los siglos XVIII y XIX,



principalmente la de Ruiz y Pavón a Perú y Chile (1777-1788), de la que proceden las mejores colecciones del árbol de la quina, la de José Celestino Mutis al Virreinato de Nueva Granada (1783-1816) y la de Sessé y Mociño a Nueva España (1787-1803).

Otras colecciones relevantes son las de carácter documental, integradas por todo tipo de documentos (e.g., dibujos, estampas, fotografías, cuadernos, anotaciones, cartas, etc.) generados en el curso de las investigaciones científicas, así como otros documentos de carácter más histórico o museístico que son aquellos referentes a la historia de los centros de investigación, instrumentos, herramientas y artilugios científico-técnicos. En el RJB este tipo de colecciones forman parte de la Unidad de Archivo, donde cabe destacar la documentación generada durante las expediciones científicas de los siglos XVIII y XIX, particularmente los más de 6.600 dibujos de la expedición de José Celestino Mutis (1783-1816) por su valor científico, histórico y artístico.

Las publicaciones son imprescindibles para permitir la difusión de los resultados obtenidos en las investigaciones científicas. En el RJB, la Unidad de Biblioteca alberga unos 37.000 títulos de monografías, más de 2.000 de publicaciones periódicas, además de otras colecciones de folletos, obras en microfichas y mapas. Entre las colecciones del fondo antiguo cabe destacar unos 500 ejemplares de obras “Prelinneas” de los siglos XV al XVIII, donde se incluyen tres incunables.



Vista general de las estanterías de la Biblioteca del Real Jardín Botánico.

Una de nuestras misiones es hacer accesible la investigación y consulta de nuestras colecciones sin comprometer la integridad de este patrimonio. Esto es en parte posible gracias a la digitalización de especímenes del herbario (<http://coleccioner.rjb.csic.es/>), documentos (<http://mutis.rjb.csic.es/paginas/>) y publicaciones (<https://bibdigital.rjb.csic.es/>) que permite el acceso on-line libre y gratuito, reduciendo las consultas presenciales y favoreciendo el acceso desde todas las partes del mundo. Sin embargo, desde finales del siglo XX los especímenes han cobrado un nuevo valor como recurso genético, lo que supone un gran reto de gestión debido al tipo de muestreo requerido. Por último, nuestro proyecto inmediato es modernizar e interconectar las bases de datos de todas nuestras colecciones, para ofrecer una información de gran calidad a la comunidad científica y a la sociedad en general. Para ello, se ha creado recientemente la Unidad Técnica de Informática para la Biodiversidad que también da apoyo a Universidades y a otros centros de investigación del área de Recursos Naturales que albergan colecciones de Historia Natural.



Pliego de una de las quinas originales de Ruiz y Pavón (Cinchona officinalis L.) que mantiene las etiquetas originales junto con las más actuales, resultado de los diversos trabajos taxonómicos que se han realizado en este grupo. MA-815661, Herbario del Real Jardín Botánico, CSIC.

5. DIVULGANDO LA CIENCIA EN TIEMPOS DE PANDEMIA Y POST-PANDEMIA

La Vicedirección de Cultura Científica, Programas Educativos y Comunicación y Divulgación Científicas, tienen como misión coordinar, desarrollar y llevar a cabo actividades educativas y divulgativas de la Ciencia Botánica. El Real Jardín Botánico hace las veces de centro de investigación y “museo vivo”, con gran número de seguidores en redes sociales (Instagram o Twitter) y una web que es consultada por visitantes de distintas partes del mundo. El RJB es también uno de los centros del CSIC más activos en actividades de educación ambiental, con variedad de talleres dirigidos a familias y centros escolares, además de un campamento de verano; la Unidad de Programas Educativos se encarga también de la elaboración de los paneles informativos para el visitante del Jardín.

Las actividades divulgativas “Maratón científico” y “Cine en el jardín”, con quince y siete ediciones respectivamente, atraen la atención de otros centros del CSIC, universidades españolas y extranjeras y público interesado. Han sido más de 2.000 personas las que han disfrutado del ciclo de cine que pone en valor las colecciones vivas del jardín y la conservación del medio natural a través del cine.



Presentación de la película El olivo de Iciar Bollaín en el Paseo de los Olivos del RJB. En la imagen la actriz principal, Anna Castillo, posa ante la prensa. Fotografía: Jesús G. Rodrigo | RJB-CSIC

La pandemia desencadenada por la COVID-19 supuso una oportunidad única para impulsar acciones digitales relacionadas con la educación y la comunicación de la ciencia a la sociedad, tales como la creación de exposiciones virtuales, visitas del Jardín Histórico a través de Google Street View, o la difusión de nuestras actividades a través del canal YouTube. La percepción del RJB como un “espacio abierto y seguro” durante el período de alerta sanitaria contribuyó a visibilizar nuestra actividad científica en los medios, por ejemplo, con debates online sobre el impacto de la crisis ambiental y la sobreexplotación de los recursos naturales en la aparición de pandemias; el objetivo es transmitir a la sociedad el papel de la ciencia para proporcionar soluciones a muchos de estos retos.

Nuestro compromiso con la educación ambiental se ve plasmado en la Unidad de Programas Educativos, y su participación activa en acciones de innovación docente, como los proyectos europeos BIGPICNIC (H2020), para promover la agricultura sostenible, o EU4OCEAN (HorizonteEuropa) para fomentar el conocimiento de los ecosistemas marinos en comunidades no costeras, como parte de la “Década de los Océanos” de la ONU. Durante el período de alerta sanitaria, la falta de visitantes presenciales se suplió con dos programas innovadores: “El Botánico se traslada a las Aulas”, para llevar los talleres educativos a los centros escolares, o “Recursos para el Aula en Cuarentena”, para ofertar recursos educativos a través de nuestra página web.

La necesidad de atraer visitantes de comunidades desfavorecidas al jardíns botánico nos ha llevado a la creación de programas como “El Jardín accesible” en colaboración con la FECYT y la Sociedad de Amigos del RJB, para incentivar la visita de centros escolares y familias de comunidades desfavorecidas social y económicamente. La reciente puesta en práctica de una actividad pionera para trabajar con niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA), “Empower Parents”, con la intención de que las familias disfruten de un tiempo de ocio de divulgación científica, ha facilitado que los educadores aprenden a interactuar con niños con discapacidades intelectuales.

El *Diario del Jardín Botánico*, es una publicación anual impresa, divulgativa de la que se distribuyen gratuitamente 25.000 ejemplares a centros de investigación, universidades, bibliotecas, archivos, hemerotecas y otras instituciones de todo el país con los logros del RJB durante el año.

6. INTERNACIONALIZACIÓN

El RJB también se mueve a nivel internacional mediante la colaboración científica y la firma de convenios con el fin de intercambiar información relevante y participar en consorcios y alianzas internacionales como el Consorcio Internacional de Jardines Botánicos para la Conservación (BGCI), la Alianza de Jardines Botánicos y Cambio Climático (CCABG) y la Asociación Ibero-Macaronésica de Jardines Botánicos (AIMJB) y, a nivel nacional, con la Asociación de Museos y Centros de Ciencia y Técnica de España. Recientemente, en 2021, y dentro del conjunto “El Paseo del Prado y el Buen Retiro: Paisaje de las Artes y las Ciencias” ha sido reconocido como Patrimonio Mundial de la UNESCO, reflejando así el carácter idiosincrásico del RJB.