

Darwin alrededor de las orquídeas

Las orquídeas han sido consideradas como una de las más exquisitas obras de la naturaleza por sus flores espectaculares y su extraordinario parecido con los insectos que las visitan. Carlos Linneo, el padre de la clasificación de las especies, diría de una *Ophrys*: «sus flores se asemejan tanto a moscas, que un lego en la materia al verlas creería que se trata efectivamente de dos o tres moscas instaladas en el tallo».¹

Andrés Moreira-Muñoz

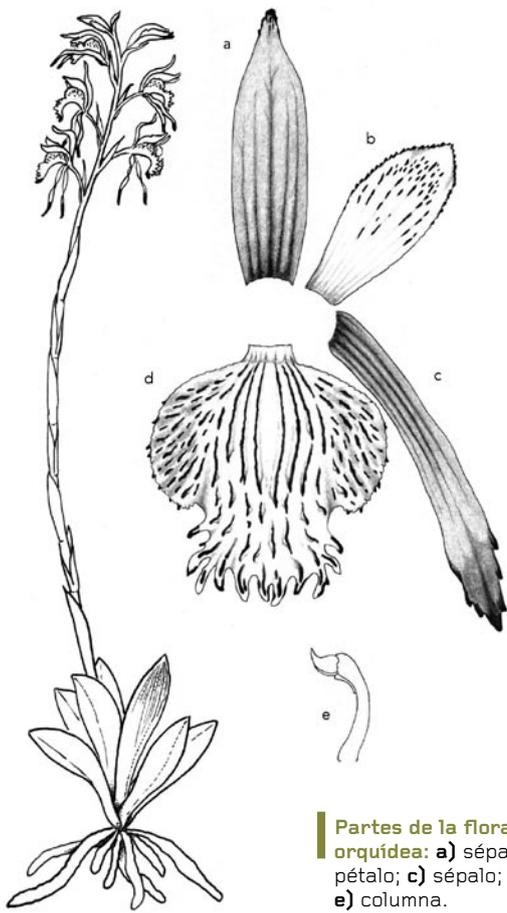
La atracción que ejercen las orquídeas sobre los insectos favorece la polinización cruzada, promoviendo la diversidad genética al interior de las poblaciones. Esta estrecha relación flor-insecto motivaría a Darwin a dedicar el siguiente libro después del *Origen de las especies* al detallado análisis de la historia natural de las orquídeas. Pretendía de esta forma demostrar que «incluso aquellas plantas tan extraordinarias podían explicarse como resultado de una maravillosa suma de adaptaciones evolutivas». El libro vería la luz en 1862 con el extenso título: *Sobre las variadas estrategias por las cuales las orquídeas británicas y foráneas son fertilizadas por insectos, y sobre los buenos efectos*

de la polinización cruzada.² De hecho, en la palabra *contrivances* (ingenio), se advierte una clara alusión a los ingenios a los que recurriera William Paley para invocar la obra de un ingeniero tras la Creación. Tal como la mayoría de las obras de Darwin, ésta tuvo pronto una segunda edición en 1877 con un nombre algo más sintético: *Las variadas estrategias por las cuales las orquídeas son fertilizadas por insectos*.³ Ello debido al incesante intercambio epistolar con otros expertos, que permitió a Darwin complementar y reafirmar sus observaciones con especies de otras partes del globo; por ejemplo del sur de Brasil, gracias a los datos que le aportaba Fritz Müller.

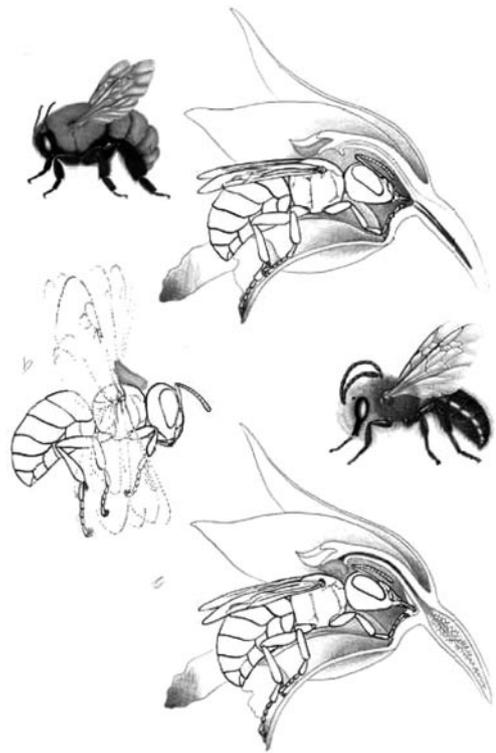
1 *Orchid biology: from Linnaeus via Darwin to the 21st century*, Fay, M., Chase, M.W, *Annals of Botany* 104: 359-364, 2009.

2 *On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects, and on the good effects of intercrossing*. (1862)

3 *The various contrivances by which orchids are fertilised by insects*. (1877)



Partes de la flora de la orquídea: a) sépalo; b) pétalo; c) sépalo; d) labelo; e) columna. (Ilustración S. Elórtogui).



Esquema de polinización en tres actos: a) abeja buscando el néctar; b) abeja volando a otra flor con polinios pegados al cuerpo; c) adherencia de los polinios al gineceo de otra flor (Ilustración S. Elórtogui).

Tal como a lo largo de toda su obra, uno de sus principales colaboradores en esta particular empresa sería su gran amigo Joseph Dalton Hooker, quien desde su posición en el Jardín Botánico de Kew estaba en condiciones de responder a las acuciantes solicitudes de Darwin en el envío de nuevas orquídeas para sus investigaciones.

La fecundación

Lo que tanto llamó la atención de Darwin y de los botánicos hasta el día de hoy, son las múltiples estrategias de fecundación de las orquídeas. Para acercarnos a su comprensión, resulta clave una adecuada descripción de los diferentes componentes de la flor. Darwin se esmera en explicar en forma didáctica las partes de la flor, e insiste a lo largo de toda la obra en las distintas especies y las consecuentes diferencias estratégicas para la polinización.

«La flor de la orquídea consta de cinco partes simples, es decir, tres sépalos y dos pétalos, y de dos partes compuestas, es decir, la columna y el labelo. La columna está formada por tres pistilos y generalmente por cuatro estambres, todos completamente confluentes. El labelo está formado por un pétalo con dos estambres petaloïdes del verticilo exterior, igualmente confluentes por completo». Las estructuras claves para la polinización son aquellas compuestas: el labelo y la columna. El labelo actúa como 'plataforma de aterrizaje' que favorece la permanencia del insecto el suficiente tiempo en la flora como para que el polen se pegue a su cuerpo y pueda ser transportado hacia otra flor. Por su parte, la columna en su parte superior, recibe el polen adosado al insecto, proveniente de otra flor. El polen no se encuentra libre como en la mayoría de las plantas con flores, sino que se encuentra agrupado en dos saquitos

El insecto es atraído por la fragancia, pero no encuentra el preciado néctar y se va frustrado a buscar otra flor que le sea más dadivosa. Y sigue desengañándose...



Polinización. Abeja abandonando a *Chloraea multiflora* con polinios sobre su cuerpo (Foto S. Elórtegui).

que se denominan polinios, los cuales poseen una sustancia viscosa que se adhiere al insecto permitiendo el transporte en el cuerpo del insecto o en su probóscide.

Esta relación aparentemente perfecta entre las orquídeas y sus polinizadores no lo es tanto: aproximadamente un tercio de las orquídeas no producen néctar y basan su polinización en la 'decepción alimenticia'.⁴ El insecto es atraído por la fragancia, pero no encuentra el preciado néctar y se va frustrado a buscar otra flor que le sea más dadivosa. Y sigue desengañándose... Pero la atracción es tan fuerte que no lo puede evitar, tropezando una y otra vez con la misma piedra. De esta forma, la flor asegura el intercambio del polen, minimizando la autopolinización. Algunas de las más atractivas orquídeas pertenecen a este grupo, incluidas la mayor parte de las especie chilenas, insinuando que el proceso de selección natural ha

actuado hacia una especialización del mecanismo de atracción del polinizador, dejando de lado la producción de néctar.

Darwin por supuesto se dio cuenta de este fenómeno y no podía dar crédito a lo que vio: resultaba para él increíble que los insectos no reaccionaran negativamente a este engaño, dejando pronto de lado las flores de las cuales no había nada que esperar. Sin embargo, fruto de sus dedicados experimentos, llegó a la siguiente conclusión: las especies (las menos) que efectivamente poseen néctar, tienen a la vez los polinios más pegajosos, es decir, no requieren que los polinizadores estén un tiempo prolongado en la flor. En cambio la mayoría de las especies estudiadas por Darwin, poseen polinios que tardan en endurecerse y pegarse al insecto. En estos casos, los insectos deben entretenerse por más tiempo en la flor, y muchos de ellos efectivamente se demoran haciendo perforaciones en la membrana interior de los nectarios, para poder obtener el néctar desde los espacios intercelulares. He ahí que, al menos las especies británicas, no son tan desatentas con sus visitantes, sólo que requerirían un poquito más de dedicación.

Hoy, gracias a los avances en biología molecular, es posible conocer incluso los genes que participan en el desarrollo de las flores.⁵ Asimismo sabemos, gracias a los hallazgos paleobotánicos, que la relación entre orquídeas e insectos no es para nada nueva: se han encontrado recientemente polinios pegados a una abeja extinta en el ámbar del Mioceno de República Dominicana,⁶ es decir, esta relación existe desde hace al menos ¡20 millones de años! De hecho, Carlos Reiche ya había especulado en 1910, que una de las causas de la riqueza de especies de los géneros *Chloraea* y *Bipinnula* se debería al aislamiento de sus ancestros producto del alzamiento de la cordillera de los Andes durante el Mioceno (5 a 23 millones de años atrás).

4 "Algunos alcances a la interacción entre insectos y orquídeas", Novoa, P., *Revista Chagual* (Jardín Botánico de Santiago) 3: 32-37, 2005.

5 "Why are orchid flowers so diverse? Reduction of evolutionary constraints by paralogues of class B floral homeotic genes", Mondragón-Palomino, M., Theißen, G., *Annals of Botany* 104: 583-594, 2009.

6 "Dating the origin of the Orchidaceae from a fossil orchid with its pollinator", Ramírez, S.R., Gravendeel, B., Singer, R.B., Marshall, C.R., Pierce, N.E., *Nature* 448: 1042-1045, 2007.



De la orquídea. Frutos de *Chloraea blettioides* (Foto S. Elórtogui).

El fruto

Mención especial merece la gran cantidad de semillas que producen las orquídeas. Estas son de las más pequeñas que se encuentran en el mundo vegetal. Darwin calculó que una sola cápsula (fruto) de *Orchis maculata* podía contener seis mil 200 semillas. Tomando en cuenta que una planta de la especie puede tener hasta 30 cápsulas, la cantidad de semillas de una sola planta puede alcanzar las 186 mil. Aquí entra a operar la selección natural, puesto que si cada una de las semillas diera a luz una planta, una sola de ellas sería potencialmente capaz de poblar el planeta entero. Darwin usó el siguiente raciocinio: «un acre de tierra [0,405 h]

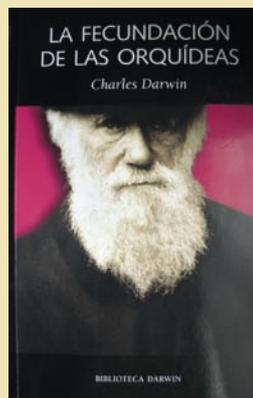
puede tener 174.240 plantas, cada una con un espacio de seis pulgadas cuadradas, justo lo suficiente para su crecimiento. Por tanto, si suponemos unas 400 semillas malas en cada cápsula, un acre quedaría densamente cubierto por la progenie de una única planta. Al mismo ritmo de aumento, los nietos cubrirían un espacio que sobrepasaría ligeramente la isla de Anglesea; y los bisnietos de una sola planta casi vestirían de verde uniforme (a una tasa de 47 a 50) la superficie de tierra de todo el globo». El actuar de la selección natural por supuesto evita esta invasión global. Hoy en día sabemos además que las orquídeas se relacionan en su crecimiento temprano con hongos simbióticos (micorrizas) que le permiten desarrollarse.⁷ En ausencia de estos hongos el paso de la semilla a la plántula es imposible.

La predicción

Toda teoría que se precie de tal debe ser capaz de predecir situaciones en relación con el o los fenómenos que pretende explicar. Pues bien, este es uno de los casos más sorprendentes en el estudio de las orquídeas de Darwin. Es posible que el mismísimo Wallace le haya enviado un ejemplar de la orquídea 'estrella de Navidad' (*Angraecum sesquipedale*) desde las remotas selvas de Madagascar. Dicha orquídea posee grandes flores de 15 cm con un espolón de casi 30 cm de longitud. Al verla, Darwin inmediatamente pensó en el gran insecto que se necesitaría para polinizarla, el cual debía lógicamente ser poseedor de una lengua (espiritrompa) al menos tan larga como dicho espolón. En palabras del propio Darwin: «No debe pasarse por alto la *Angraecum sesquipedale*, cuyas grandes flores de seis puntas, parecidas a estrellas formadas por cera blanca como la nieve, han despertado la admiración de los viajeros en Madagascar. Debajo del labelo cuelga un nectario verde en forma de látigo de asombrosa longitud. En algunas flores que me envió Mr. Bateman encontré nectarios de 11 pulgadas y media de largo [30 cm], con solo una pulgada y media inferior [3,8 cm] llena de néctar. Cabría preguntarse cuál puede ser la utilidad de un nectario de tan desproporcionada longitud. Confío en que veremos que la fecundación de la planta depende de esta longitud y de que el néctar se almacena solo en el extremo inferior y delgado. Sin embargo, es sorprendente que los insectos sean capaces de alcanzar el néctar. Nuestras esfinges inglesas tienen probóscides tan largas como su cuerpo, ¡pero en Madagascar debe de haber mariposas nocturnas con probóscides capaces de extenderse hasta una longitud de entre 10 y 11 pulgadas [de 25,4 a 28 cm]!». ».

⁷ "Classification of Orchidaceae in the age of DNA", Chase, M.V., Curtis Botanical Magazine 22: 2-7, 2005.

Para otros esto parecía el producto de su imaginación, pero para él, que venía observando sistemáticamente los frutos del proceso de evolución en diferentes organismos, era algo totalmente lógico. La suposición sería incluso ridiculizada por los entomólogos de la época, puesto que no se conocía ningún insecto con un apéndice alimenticio tan largo. Pues bien, Darwin no decepcionó a sus seguidores: para la segunda edición del libro, Fritz Müller ya le había enviado una esfinge de probóscide casi tan larga como se esperaba, y prontamente el mismo Wallace descubriría en África varios esfingidos con una espiritrompa que casi daba el largo, la esfinge de Morgan (*Xanthopan morgani*). Finalmente en 1903, entomólogos descubrirían la subespecie que poliniza a la estrella de Navidad: *Xanthopan morgani praedicta*. Tal como predijera Darwin, la polilla tiene efectivamente una espiritrompa de casi 30 cm de largo; de ahí el nombre 'praedicta' dado por Rothschild y Jordan a la subespecie. Al decir de Domínguez (2007): «Este es el triunfo del método darwiniano y, al mismo tiempo, su gran gloria (...) Darwin no sólo asesta un serio golpe al finalismo de las explicaciones físico-teológicas de los fenómenos adaptativos, sino que con sus atinadas predicciones deslumbra a la posteridad. Las estrategias de las orquídeas no son obra del Creador, sino el fruto maravilloso de la paulatina preservación de las mejoras realizadas por la selección natural». «Si la creación especial es responsable de la vida en la Tierra, entonces ¿por qué son tan importantes los mayores niveles de variabilidad producto de la polinización cruzada, de manera que las morfologías extremas y la incompatibilidad genética hacen la auto-polinización menos frecuente o incluso imposible? Estas bizarras relaciones con polinizadores serían innecesarias si la evolución no fuese responsable de toda la diversidad biológica». ⁸ Y en palabras del propio Darwin: «¿Podemos sentirnos satisfechos al decir que cada orquídea fue creada, exactamente tal como la vemos ahora, a partir de cierto 'tipo ideal'; que el Creador omnipotente, habiendo establecido un plan para todo el orden, no se salió de este plan; que Él, por tanto, hizo que el mismo órgano llevara a cabo diversas funciones –a menudo de trivial importancia en comparación con su función real–, convirtió otros órganos en meros rudimentos inoperantes y los organizó a todos como si tuvieran que estar separados y después hizo que funcionaran? ¿No es una idea más sencilla y comprensible que todas las Orquideae deben lo



DARWIN OCULTO

Solo desde el año 2007 contamos con la traducción al castellano del libro que siguió al *Origen de las especies*, en el cual se presentan numerosos hechos nuevos que sustentan en gran parte su teoría, el que fue traducido al español por Carmen Pastor como *La fecundación de las orquídeas*; Biblioteca Darwin, Universidad Pública de Navarra, Editorial Laetoli, 2007. En la introducción del libro traducido, Martí Domínguez analiza las razones por las cuales gran parte de la obra de Darwin ha sido tan poco traducida (y, por lo tanto, poco difundida) al español, al parecer en no poca medida debido a «la mayoría conservadora que constituía la comunidad científica» en la España decimonónica. El hecho de que esta verdadera laguna del conocimiento no se haya llenado hasta hace solo un par de años es curioso por decir lo menos.

que tienen en común al hecho de descender de una planta monocotiledónea que, como muchas otras de la misma clase, poseía 15 órganos ordenados alternadamente tres dentro de tres en cinco verticilos, y que la actual estructura maravillosamente modificada de la flor se debe a una larga trayectoria de paulatina modificación, en la que se ha preservado cada modificación que resultó útil para la planta, durante los incesantes cambios a los que quedó expuesto el mundo orgánico e inorgánico?».

Tomando en cuenta que una planta de la especie puede tener hasta 30 cápsulas, la cantidad de semillas de una sola planta puede alcanzar las 186 mil. Aquí entra a operar la selección natural.

⁸ Fay y Chase, 2009, op cit.



ORQUÍDEAS EN CHILE

La familia Orchidaceae comprende en el mundo unos 880 géneros y más de 22 mil especies, distribuidos en forma natural en casi todos los continentes, especialmente en las zonas tropicales (solo en Ecuador se han descrito cerca de tres mil especies). Muchas orquídeas son cultivadas como plantas ornamentales o, en el caso de la vainilla, como saborizante. Chile posee una riqueza relativa menor (cerca de 50 especies), aunque no menos interesantes botánicamente por ser únicas (endémicas) de nuestro territorio. Aún así, son especies prácticamente desconocidas por el público en general y por los expertos. Uno de los trabajos clásicos de orquídeas chilenas es el del botánico alemán vecindado en Chile, Carlos Reiche, publicado en 1910. El conocimiento de las orquídeas chilenas es muy fragmentario y en ciertos aspectos deficiente. Un paso reciente en la superación de este déficit es el libro *Orquídeas de la región de Valparaíso*, de los autores Sergio Elórtegui y Patricio Novoa. En dicha región es posible encontrar casi la mitad de las especies chilenas: 20 especies desde el borde del mar hasta las alturas andinas, más una especie restringida a la isla Más Afuera en Juan Fernández. Lugares especialmente ricos en especies son los alrededores de la ciudad de Valparaíso, el Cerro Mauco, Los Molles, el litoral Zapallar-Maitencillo, y el Cerro La Campana. Este último lugar se encuentra protegido ya que constituye un emblemático Parque Nacional, pero la mayor parte de las poblaciones de orquídeas se encuentran desprotegidas y en franco riesgo por el avance de los proyectos inmobiliarios a todo lo largo de la costa de Chile central.



Chilenas. A la izquierda, *Bipinnula apinnula*, Altos de Lircay (Foto S. Elórtegui). Arriba, *Chloraea alpina*, Altos de Lircay (Foto A. Moreira-M.) y *Codonorchis lessonii*, Altos de Lircay (Foto S. Elórtegui).

Lo que Darwin denomina una «idea sencilla y comprensible» sentaría las bases que sustentan su teoría y el desarrollo posterior de la biología y gran parte de los avances científicos actuales. Paradójicamente, y contrariamente a lo que comúnmente se cree, Darwin vivió el constante conflicto entre su teoría y su creencia religiosa, acicateada por la devoción de Emma su mujer; pero el mismo Darwin nos induce a todos, creyentes y no creyentes, a no confundir la verdad objetiva y empírica, producto de una cuidadosa observación, con la verdad revelada. Ambos aspectos de la realidad conviven en planos diferentes y no necesariamente excluyentes.

La relación de Darwin con las orquídeas sería solo el principio de una extensa labor de investigación en plantas, habiéndose luego ocupado de las plantas trepadoras (*On the movements and habits of climbing plants*, 1865), las plantas carnívoras (*Insectivorous plants*, 1875) la polinización de las plantas en general (*The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom*, 1876), y las formas de las flores (*The different forms of flowers on plants of the same species*, 1877). La mayor parte de estos detallados trabajos verían segundas y terceras ediciones o reimpressiones. Y resulta admirable que aún hoy, muchos de los temas de investigación propuestos por Darwin se encuentren plenamente vigentes.⁹

Luego de sorprender al mundo con su teoría y de escribir sendos libros y miles de cartas para complementar y apoyar sus ideas, Darwin se habría retraído paulatinamente cada vez más en Down House, dedicado al cultivo de orquídeas y plantas carnívoras en el invernadero, y recorriendo el sendero que llamaba The Sandwalk, al borde del cual sigue creciendo *Orchis mascula*... [1]

GLOSARIO BÁSICO

Endémico: exclusivo de una región o país.

Esfinge = esfíngido: grupo de mariposas (nocturnas o diurnas) que se alimentan de néctar gracias a sus largas probóscides.

Labelo: pétalo medio, atractivo a los insectos, que funciona como plataforma de aterrizaje.

Micorriza: relación simbiótica de la raíz de una planta con un hongo.

Nectario: parte de la flora que contiene el néctar.

Polinio: granos de polen unidos por una sustancia viscosa.

Probóscide: trompa de ciertos insectos que les sirve para alimentarse, también llamada espiritrompa.

⁹ "The different forms of flowers – what have we learned since Darwin?", Weller, S.G., *Botanical Journal of the Linnean Society* 160: 249–261, 2009.

Agradecimientos: Sergio Elórtegui y Patricio Novoa han facilitado generosamente imágenes de su recién publicado libro. Mélica Muñoz Schick facilitó la ilustración de Carlos Reiche. El resto de las imágenes han sido tomadas en el curso del trabajo de campo financiado por el proyecto Fondecyt Iniciación (2008) 11085016.