

Carlos Moreno-Castilla

Simetría y belleza en las flores

GRANADA, 2025

COLECCIÓN DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

© CARLOS MORENO-CASTILLA

© UNIVERSIDAD DE GRANADA

Campus Universitario de Cartuja

Colegio Máximo, s.n., 18071, Granada

Telf.: 958 243 930 - 246 220

Web: editorial.ugr.es

ISBN: 978-84-338-7666-9

Depósito legal: Gr./1739-2025

Edita: Editorial Universidad de Granada

Campus Universitario de Cartuja. Granada

Fotocomposición: Tarma, estudio gráfico. Granada

Diseño de cubierta: Tarma, estudio gráfico. Granada

Imprime: Printhauss. Bilbao

Printed in Spain

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Todo tiene su belleza,
pero no todo el mundo la ve.
Confucio

In memoriam
Mari Carmen Serrano Tur (1950-2019)

A mis hijos Carlos y Laura

Índice

Prefacio	11
Introducción	13
Estructura y morfología de la flor. Diversidad y clasificación de las angiospermas	19
2.1. ESTRUCTURA Y MORFOLOGÍA DE LA FLOR.....	19
2.2. DIVERSIDAD Y CLASIFICACIÓN DE LAS ANGIOSPERMAS.....	22
Simetría floral	25
3.1. ELEMENTOS Y OPERACIONES DE SIMETRÍA.....	25
3.2. FLORES ZIGOMORFAS, ACTINOMORFAS Y BISIMÉTRICAS.....	28
3.3. FLORES QUIRALES.....	35
3.3.1. <i>Concepto de quiralidad</i>	35
3.3.2. <i>Quiralidad en la corola</i>	36
3.3.3. <i>Enatioestilia</i>	41
Polinización	43
4.1. POLINIZACIÓN ZOÓFILA.....	44
4.2. PERCEPCIÓN DE LA SIMETRÍA POR LOS INSECTOS POLINIZADORES	48
Evolución y bases moleculares de la simetría floral	53
5.1 BASES MOLECULARES DE LA SIMETRÍA FLORAL.....	58
Bibliografía	63

Prefacio

Este es un libro de divulgación científica sobre la simetría en las flores. La simetría es de gran importancia en diferentes áreas científicas. Así, en química inorgánica, especialidad a la que he dedicado mi carrera docente e investigadora, la simetría de las moléculas y sólidos cristalinos se utiliza para clasificarlos y predecir muchas de sus propiedades. Además, las formas simétricas abundan en la naturaleza ya que, como se verá en la introducción, existen razones científicas que las explican. Las plantas con flores son las más evolucionadas del reino vegetal, siendo la flor el resultado de la evolución para permitir una reproducción sexual más efectiva. La simetría es una característica importante de las flores que junto a la forma, tamaño, color y olor sirven para atraer a los polinizadores y, además, hacen moldear nuestro sentimiento de belleza.

La estructura y morfología de las flores, así como su diversidad y clasificación, se verán brevemente con el objetivo de resaltar aquellos aspectos que después tendrán importancia al estudiar la simetría floral. Esta se refiere normalmente a la corola y también al perianto. Las flores pueden presentar una corola con simetría bilateral (zigomorfía), radial (actinomorfía) y más raramente bisimetría. A veces las flores no presentan una simetría perfecta debido a razones medio ambientales, genéticas, envejecimiento o a causa de los herbívoros. En este capítulo también se verá la quiralidad, un tipo de simetría que también tiene gran importancia en química inorgánica. En las flores se puede encontrar en la corola y en el órgano sexual femenino (el estilo). En el libro se recogen múltiples fotografías de flores que muestran la diversidad y belleza de la simetría floral. La gran mayoría de las mismas fueron realizadas por mí en Granada, Motril, Calahonda y las Alpujarras, en Asturias (Oviedo, Senda del oso y Naranco) y en Praga.

A continuación se verá la polinización de las flores, fundamentalmente la llevada a cabo por insectos, ya que en ésta tiene una gran importancia la simetría floral y porque los insectos juegan un papel muy importante en la evolución de la misma. Por último se estudiará esta evolución y las bases moleculares de la simetría floral. La evolución de la simetría floral está muy ligada a la aparición de nuevos insectos polinizadores.

Las bases moleculares que controlan la simetría floral se han estudiado usando diferentes plantas modelo. Actualmente, se conocen mejor en la especie denominada boca de dragón, una flor con simetría bilateral, por ello me referiré únicamente a ella en este libro. Por último, también se incluyen las citas bibliográficas usadas en su confección.

La temática de este libro fue objeto de una conferencia impartida en abril de 2024 en un ciclo de divulgación de la ciencia llevado a cabo en el Espacio V Centenario de la Universidad de Granada. Quiero agradecer a Anabel su apoyo durante todo este tiempo. Sinceramente espero que este libro pueda ser de utilidad a otras personas.

Introducción

La simetría es un fenómeno común en el mundo que nos rodea. En el lenguaje cotidiano se relaciona con la armonía y atractivo de las formas y proporciones de un objeto. Sin embargo, no todos los objetos con estas características son simétricos desde el punto de vista matemático. Por ejemplo, los objetos de la Fig. 1.1 parecen simétricos por su armonía y atractivo, pero desde el punto de vista matemático sólo lo son el Iris japónica (lirio japonés), la molécula de fullereno (C_{60}), la ventana en la fachada de San Miguel de Lillo en Oviedo, la fíbula amazigh de Melilla, la fuente del Paseo de los Tristes en Granada y la mariposa monarca.

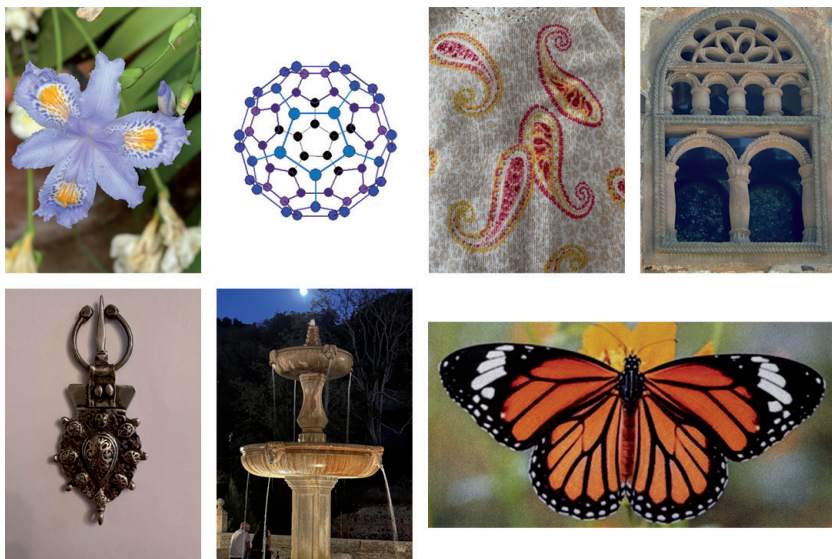


FIG. 1.1. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Iris japónica (lirio japonés). Molécula de fullereno, C_{60} . Tejido de cachemir. Ventana en la fachada de San Miguel de Lillo (Oviedo). Fíbula amazigh (Melilla). Fuente del Paseo de los Tristes (Granada). Mariposa monarca.

Por el contrario, al patrón del cachemir que tiene el tejido le faltan elementos de simetría en el lenguaje matemático, ya que según de Real Academia Española (RAE), la simetría matemática es la correspondencia exacta en la disposición regular de las partes o puntos de un cuerpo o figura con relación a un centro, un eje o un plano.

Werner Heisenberg físico teórico alemán y premio Nobel de física en 1932, por sus contribuciones a la mecánica cuántica, indica que: “en última instancia en el centro de la naturaleza encontramos simetrías matemáticas” [Heisenberg, 1966]. O sea, la simetría impregna la naturaleza y esto no es sólo una cuestión estética. ¿Por qué? Por tres razones científicas [du Sautoy, 2009].

Primera, porque es una forma de comunicación básica entre animales y plantas. La simetría tiene que ver con el lenguaje. Es una forma de transmitir información ya sea de alimentación o de superioridad genética. Así, para la abeja la simetría de las flores es fundamental para la supervivencia. La visión del ojo de la abeja ha evolucionado lo suficiente como para percibir que en la simetría está el sustento. Para la abeja, la supervivencia del mejor adaptado significa hacerse un experto en simetría. Además, la planta necesita atraer a la abeja a la flor para que la polinice y así transmitir su herencia genética, por lo que la planta ha intervenido también en ese diálogo natural.

La flor que consigue una simetría perfecta produce una mayor cantidad de néctar y más dulce y por tanto atrae a más abejas y sobrevive más tiempo en la batalla evolutiva. Sin embargo, la simetría es difícil de conseguir y las plantas tienen que gastar más energía y recursos naturales en conseguirla. La planta individual mejor adaptada o más saludable tiene la suficiente energía como para gastarla en crear una forma más simétrica. La flor o el animal con una simetría perfecta envían una señal muy clara de superioridad genética que tienen sobre sus vecinos. Tanto los humanos, como los animales, estamos programados genéticamente para considerar bonitas las formas con simetría perfecta y ser atraídos por ellas [du Sautoy, 2009]. Hay estudios que indican que cuanto más simétricos son los humanos más probable es que empiecen a practicar antes el sexo, pues el objetivo es transmitir sus herencias genéticas cuando están en la plenitud [Millás y Arsuaga, 2022].

Segunda, la simetría no es sólo la precursora del lenguaje si no que es el camino que sigue la naturaleza para ser eficaz y económica. Así, los panales de miel contruidos por las abejas tienen celdillas hexagonales, ya que como se ha

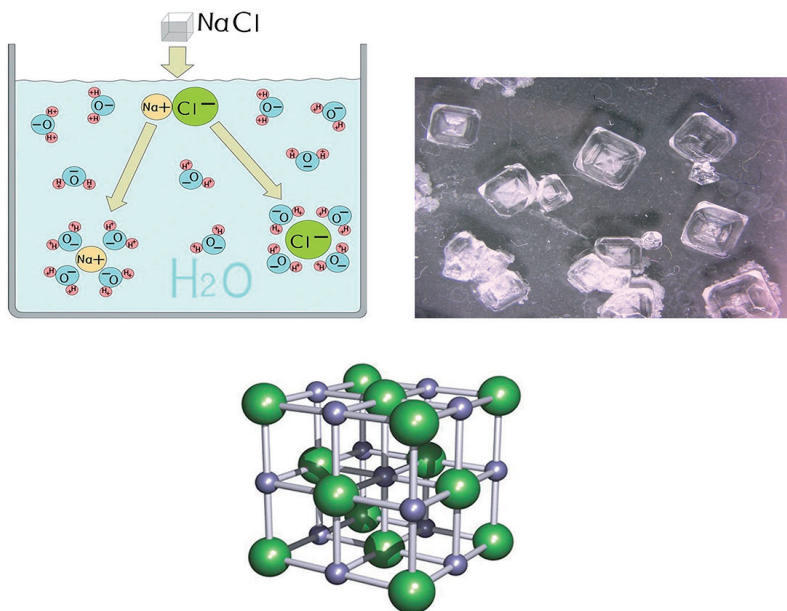


FIG. 1.2. Disolución de NaCl en agua y su posterior cristalización en una red cristalina con simetría cúbica centrada en las caras.

demostrado matemáticamente con los hexágonos se necesita menos cantidad de cera para crear el máximo número de celdas [du Sautoy, 2009].

Tercera, porque la simetría es el estado más estable y eficiente. El mundo inanimado está lleno de ejemplos de atracción de las formas por la simetría. Cuando se crea una pompa de jabón, esta intenta adoptar la forma de una esfera perfecta que es la forma tridimensional con mayor simetría. La química, la física y la biología dependen de una gran variedad de objetos simétricos. Por ejemplo, la cristalización del NaCl a partir de una disolución acuosa de esta sal (Fig. 1.2). En disolución acuosa el NaCl está disociado y los iones Na^+ y Cl^- se encuentran hidratados debido a la polaridad de las moléculas de agua, estando distribuidos al azar en la disolución y sometidos al movimiento browniano.

Cuando las moléculas de agua se van evaporando lentamente la disolución se va saturando en NaCl, apareciendo en el fondo del recipiente cristaliticos cúbicos de esta sal, cuya estructura íntima consiste en un ordenamiento de los iones Na^+ y Cl^- según una simetría cúbica centrada en las caras.

Por último, la mente humana parece programada para percibir el orden y la estructura de las formas simétricas y, desde tiempos antiguos hasta hoy, la simetría ha jugado un papel muy importante en manifestaciones subjetivas como la poesía, música, arte y arquitectura.

Las plantas con flores o angiospermas son espermatofitas, o sea plantas productoras de semillas, pero como indica su nombre (gr. *angios*: vasija y *sperma*: semilla) éstas se encuentran en el interior del fruto. Las angiospermas son las más evolucionadas del reino de las plantas representando *ca.* del 90% de todas las especies de este reino [Devesa Alcaraz y Carrión García, 2017; Jiang and Moubayidin, 2022]. La clave innovadora básica de la enorme diversidad de las angiospermas es la flor [Simpson, 2019a]. Esta tiene una estructura fascinante con una gran diversidad de tamaño, color, olor, forma y número de componentes y en la que su simetría es una característica decisiva de la diversidad floral. Todo ello diseñado por la evolución con la función específica de conseguir una reproducción sexual más eficiente de la planta. Por tanto, las flores y su diversidad, como componentes del entorno humano, participan en moldear nuestro sentimiento de belleza, la cual se puede considerar un marcador de la evolución.

Las angiospermas aparecieron en la tierra de forma “brusca” con una gran diversidad de estructuras florales y especies durante el Cretácico inferior, *ca.* 129 - 121 millones de años (ma), en zonas tropicales de 0 a 30° de latitud N. Por más que se ha buscado no se ha encontrado ningún fósil incontestablemente angiospermo del Jurásico. Todos los fósiles precretácicos supuestamente angiospermos tienen problemas de interpretación o de datación de los espacios que ocupan [Devesa Alcaraz y Carrión García, 2017].

Darwin utilizó la expresión “misterio abominable” al referirse y tratar de entender el origen, la rápida expansión y el incremento del dominio de las angiospermas sobre las gimnospermas y helechos en la Tierra. Darwin era gradualista y la ausencia de fósiles adecuados le indujo a pensar que las angiospermas aparecieron de repente y triunfaron rápidamente. El término abominable aludía a la negativa y frustración de Darwin por aceptar que el origen de las angiospermas pudiera haber sido repentino y contrario a la acumulación de cambios graduales que planteaba y defendía en su obra [Darwin, 2009].

En un corto espacio de tiempo geológico las angiospermas se diversificaron enormemente y dominaron todos los hábitats terrestres. Actualmente, la hipó-

tesis que prevalece sugiere que las angiospermas se hicieron dominantes a través de un incremento en su máximo potencial para llevar a cabo la fotosíntesis y, por tanto, para la ganancia total de carbono por la planta permitiendo a las angiospermas superar a los helechos y a las gimnospermas, los cuales habían dominado previamente los ecosistemas terrestres. Así, usando una combinación de anatomía, citología y modelado del transporte de agua líquida e intercambio de CO_2 entre las hojas de las angiospermas y la atmósfera, se ha obtenido una fuerte evidencia experimental de que la reducción del genoma de las angiospermas fue la causa de su éxito y rápida distribución alrededor de la tierra [Simonin and Roddy, 2018]. Los genomas más pequeños permiten la construcción de células más pequeñas, lo que hace que las hojas tengan muchos estomas pequeños y que aumente la densidad de sus venas. Esto incrementa la velocidad de intercambio de CO_2 y H_2O y, por tanto, que se produzca una ganancia neta de carbono fotosintético. La disminución del tamaño del genoma sólo ocurrió entre las angiospermas y fue el prerequisite necesario para su rápida velocidad de crecimiento entre las plantas terrestres [Simonin and Roddy, 2018].

Estructura y morfología de la flor. Diversidad y clasificación de las angiospermas

2.1. ESTRUCTURA Y MORFOLOGÍA DE LA FLOR

La flor es un conjunto de hojas altamente modificadas que funcionan para atraer a un polinizador o, si no usa ningún polinizador animal, para optimizar la dispersión de los granos de polen. Las flores se forman mediante la expresión de varios genes en los meristemos florales que permiten la diferenciación coordinada de los órganos florales como los sépalos, pétalos, estambres y carpelos, cada uno de ellos diseñados con una función específica para una reproducción eficiente de la planta [Jiang and Moubayaidin, 2022]. Los meristemos están formados por células embrionarias totipotenciales que contienen toda la información genética de la planta completa y pueden convertirse en cualquier tejido de esta.

Los órganos florales procedentes de los meristemos se insertan en el receptáculo que se encuentra en el extremo del pedicelo y que une la flor a la rama (Fig. 2.1). Basado en la distribución de los órganos florales en el receptáculo, las flores pueden ser espiraladas y cíclicas o verticiladas, dependiendo de que los órganos se dispongan en espiral o en círculos alrededor del receptáculo, respectivamente. Estas últimas son las más abundantes entre las angiospermas y en ellas los órganos están organizados en verticilos (Fig. 2.1). Los sépalos y pétalos son los verticilos más externos (forman el cáliz y la corola, respectivamente). Los sépalos cubren el resto de las partes de la flor hasta que esta se abre. La conjunción del cáliz y la corola forman el perianto y este se considera el vestido (clámides) de la flor. Por ello si el cáliz y la corola tienen el mismo color se denomina homoclamídeo, o si el cáliz es verde y la corola de otro color se denomina heteroclamídeo. En algunas flores homoclamídeas los sépalos y pétalos tienen la misma forma, color y tamaño (a veces los sépalos son algo

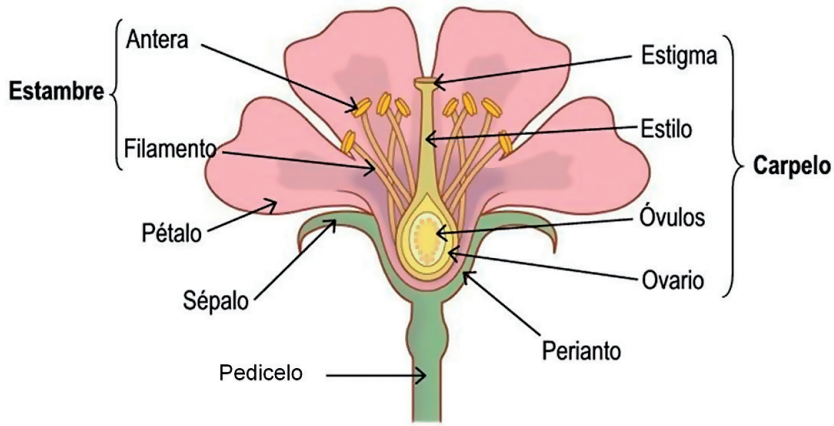


FIG. 2.1. Estructura de una flor.

más pequeños). El perianto homoclamídeo se denomina perigonio y sus piezas tépalos. Por otra parte, las flores dialipétalas tienen los pétalos libres o separados y las gamopétalas los tienen soldados entre sí.

Los estambres y carpelos se sitúan en el interior (son los verticilos correspondientes al androceo y gineceo, respectivamente). Los estambres producen el polen en las anteras. El gineceo está formado por uno o varios carpelos que pueden formar uno o varios pistilos. Cada uno de ellos suele tener una zona ensanchada u ovario, donde se encuentran los óvulos, que se estrecha en el estilo, en cuyo extremo se encuentra el estigma, zona receptora de los granos de polen. Esta sería una flor completa o hermafrodita, ya que contiene los dos verticilos reproductivos en la misma flor. Si sólo contiene uno de los verticilos reproductivos sería una flor imperfecta o unisexual. Las plantas monoicas tienen las flores masculinas y femeninas en el mismo individuo y las plantas dioicas las tienen en individuos distintos. La principal función del perianto es proteger los órganos de reproducción y atraer a los polinizadores por su simetría, color, forma, tamaño y olor.

En base al número de órganos florales en cada verticilo distinto, es decir la merosidad, las flores se pueden clasificar en trímeras, tetrámeras y pentámeras, en las cuales los órganos pertenecientes a cada verticilo son tres, cuatro y cinco

(o múltiplo de esos números) respectivamente [Ronse de Craene and Smets, 1994; Jiang and Moubayidin, 2022].

La morfología, número y posición de los órganos florales en el perianto, determina principalmente la arquitectura de la flor. Así, siempre ha sido el fenotipo principal que define su simetría. La arquitectura simétrica del perianto forma el andamio de la flor, por lo que los cambios en su morfología, incluyendo los tipos de simetría, tienen consecuencias directas en la función de la flor, es decir, en su eficiencia reproductora [Jiang y Moubayidin, 2022].

Las flores dobles son aquellas que presentan un número extra de pétalos muy superior al número usual para la especie en cuestión, debido a que en ellas un grupo de estambres son reemplazados por pétalos. Esta es una de las características de muchas especies ornamentales como rosales, camelias, claveles, etc. Estos cultivares son grupos de plantas seleccionadas artificialmente por diversos métodos, propagándose muchas de ellas asexualmente mediante esquejes o estacas.

Las flores pueden originarse de forma solitaria en el extremo de los tallos principales terminales o en extremos de tallos cortos laterales, que se originan en las axilas de las hojas o en forma opuesta a ellas. Sin embargo, es muy frecuente que las flores se dispongan en sistemas ramificados especiales denominados inflorescencias, que muchas veces están relacionados con la mejora de la capacidad de atracción de los polinizadores, la eficiencia del intercambio del polen o la eficacia en la dispersión de los frutos.

En una inflorescencia las flores pueden estar sentadas sobre los tallos o sostenidas por un tallo más o menos largo y ramificado. La arquitectura de las inflorescencias entre las angiospermas es muy diversa pudiendo ser simples o compuestas. Las simples a su vez pueden ser racemosas o cimosas, dependiendo del destino del meristemo terminal del tallo. En las inflorescencias racemosas este meristemo promueve el crecimiento de la inflorescencia produciendo meristemas laterales que producirán flores o bien tallos laterales secundarios que repetirán el modelo del tallo principal. En las inflorescencias cimosas el meristemo terminal del tallo forma una flor y el crecimiento de la inflorescencia resulta del desarrollo de uno o más tallos laterales que a su vez repiten este modelo. Las inflorescencias compuestas surgen al asociar de formas diferentes los módulos cimosos y/o racemosos [Coen and Nugent, 1994; Prenner et al., 2009; Citerne et al., 2010]. La Fig. 2.2 muestra algunos ejemplos de inflores-



FIG. 2.2. Ejemplos de inflorescencias. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Umbela en *Pelargonium hortorum*, geranio. Corimbo en *Iberis amara*. Espádice en *Anthurium andreanum*. Capítulo en *Gazania rigens*. Aumento del centro del capítulo. Panícula en *Aesculus x carnea*, castaño de indias rojo.

cencias como umbela, corimbo, espádice, capítulo o cabezuela y panícula. La inflorescencia en capítulo como en la *Gazania rigens* es típica de las asteráceas también llamadas flores compuestas. Así, una ampliación del centro de la *Gazania* muestra las pequeñas flores situadas en el capítulo.

2.2. DIVERSIDAD Y CLASIFICACIÓN DE LAS ANGIOSPERMAS

El campo de la botánica que se ocupa de la descripción, identificación, nomenclatura, y clasificación de las plantas y otras especies vivas es la taxonomía. Esta consiste en un sistema jerárquico cuyas categorías reflejan parentesco. Así, una especie es un conjunto de organismos reproductivamente homogéneo capaz de producir descendencia fértil, aunque cambiante a lo largo del tiempo y el espacio. Las especies que provengan de un antepasado común, además de los caracteres diferenciados específicos, pueden tener otros muchos comunes y, por tanto, se pueden agrupar en una categoría superior, el género. De igual



FIG. 2.3. *Anthirrinum majus*, boca de dragón, blanca.

modo, si varios géneros tienen caracteres comunes se pueden agrupar en otra categoría superior, la familia y así sucesivamente, las familias se agrupan en órdenes, los órdenes en clases, las clases en divisiones y las divisiones en reinos. Las especies se nombran utilizando un sistema bimodal con dos palabras latinas, la primera es un sustantivo y la segunda un adjetivo. Así, por ejemplo, la especie *Anthirrinum majus*, Fig. 2.3, cuyo nombre vernáculo es boca de dragón. Género: *Anthirrinum*. Familia: Scrofulariaceae. Orden: Lamiales. Clase: Eudicotiledóneas. División: Angiospermas. Reino: Plantas [Cavero y López, 2007].

Las angiospermas están constituidas por *ca.* 270.000 especies distribuidas en unas 400 familias, siendo el número de especies presentes en España *ca.* 7.500 [Devesa Alcaraz y Carrión García, 2017]. Las relaciones e historia de un grupo de organismos como las angiospermas tanto actuales o vivas, como ya extintas y que evolutivamente provienen de un ancestro común se denomina clado. Las relaciones dentro del clado se determinan por métodos taxonómicos y por deducción filogenética enfocados en las características transmisibles observadas, como la secuencia del ADN, la de las proteínas o la morfología. Generalmente estas relaciones filogenéticas se representan en forma de cladograma o árbol filogenético [Simpson, 2019b]. Este tiene una estructura ramificada y las ramas

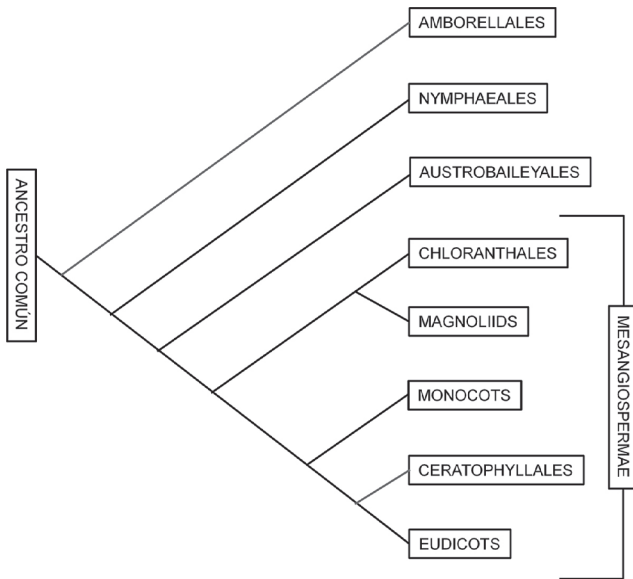


FIG. 2.4. Cladograma muy simplificado de las angiospermas.

del árbol se conocen como linajes y representan la secuencia ancestral-descendiente de poblaciones a lo largo del tiempo

La Fig. 2.4 muestra un cladograma muy simplificado de las principales clases de las angiospermas basado en el APG IV (Angiosperme Phylogenic Group IV) publicado en 2016 [Simpson, 2019b; 2019c]. La gran mayoría de ellas, en términos de diversidad de especies, pertenecen a dos clases: monocotiledóneas y eudicotiledóneas. Así, las monocotiledóneas o monocots representan alrededor del 22 % de las angiospermas, mientras que las eudicotiledóneas o eudicots (dicotiledóneas verdaderas) es un grupo mucho más grande ya que contiene el 75 % de las angiospermas. Tradicionalmente las dicotiledóneas se definían como aquellas plantas que poseían embriones con dos cotiledones (parte del embrión y de la semilla que dará lugar a la primera hoja). Sin embargo, hoy en día se acepta que la posesión de dos cotiledones es un hecho ancestral en las angiospermas y no una peculiaridad evolutivamente novedosa de ningún otro linaje de las mismas [Simpson, 2019b]. Las monocots son principalmente dímeras o trímeras y las eudicots son tetrámeras o pentámeras [Ronse de Craene and Smets, 1994].

Simetría floral

3.1. ELEMENTOS Y OPERACIONES DE SIMETRÍA

El nombre simetría floral se refiere en teoría a la estructura entera de la flor incluyendo todas las partes (sépalos, pétalos, androceo y gineceo). Sin embargo, en la práctica el término simetría floral se aplica fundamentalmente al perianto, particularmente a la corola, ya que es la parte más notable de la flor, estando implicada en la atracción del polinizador [Damerall and Nadot, 2017]. De acuerdo con esto la simetría floral se define durante el período de antesis, o de apertura de la flor, desde un punto de vista frontal considerando una proyección plana de la misma. Existiendo muy pocos estudios de la simetría floral desde un punto de vista tridimensional [Citterne et al., 2010].

La simetría es un concepto geométrico que puede aplicarse a organismos vivos y objetos inanimados. Así, una flor, un animal, un cristal o una molécula se dice que tienen simetría si poseen dos o más orientaciones en el espacio que son indistinguibles, y el criterio para evaluar éstas se basa en los elementos y en las operaciones de simetría, Tabla 3.1.

TABLA 3.1. Elementos y operaciones de simetría

Elemento de simetría	Operación de simetría	Símbolo
Centro de simetría	Inversión	i
Eje de simetría de orden n	Rotación $2\pi/n$	C_n
Plano especular	Reflexión	σ
	Identidad	E

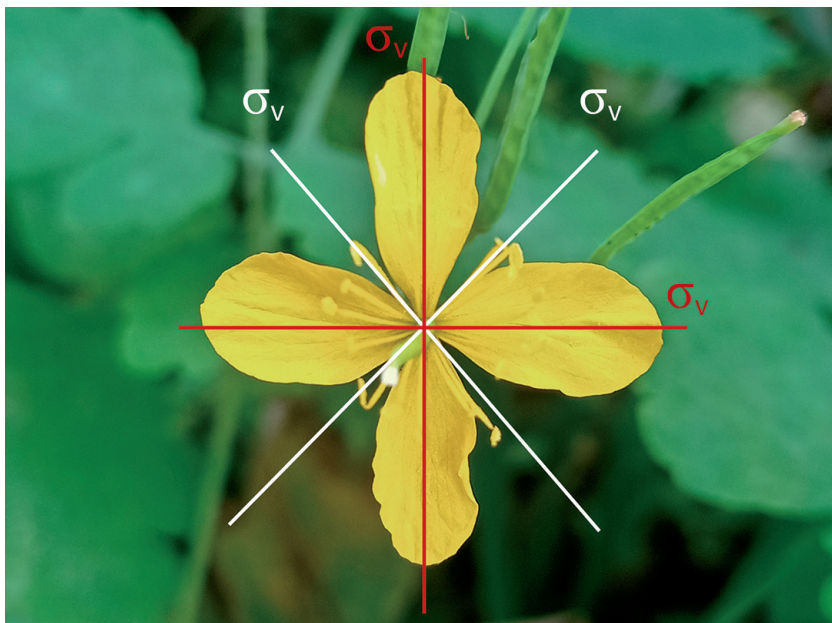


FIG. 3.1. Elementos de simetría en la *Chelidonium majus*, celidonia mayor o flor verruguera.

Una operación de simetría mueve a la flor alrededor de un punto, una línea recta o un plano (elementos de simetría) a una posición indistinguible de la posición original. Si una flor permanece sin cambio después de aplicar todo el conjunto de operaciones de simetría que posee, la simetría resultante sería el grupo de simetría en dos dimensiones al que pertenece la flor [Conway et al., 2016]. Algunos grupos de simetría son finitos pues tienen un número de operaciones de simetría concreto, como son los de las flores, y otros son infinitos puesto que contienen operaciones de simetría como las translaciones [Savriama and Klingenberg, 2011; Savriama, 2018].

La notación de Schoenflies usada normalmente en cristalografía y en química es la que se va a seguir en este libro [Huheey et al., 1993; Conway et al., 2016]. La Tabla 3.1 recoge los elementos y operaciones de simetría que se verán en las flores y para explicarlos se tomará como ejemplo la *Chelidonium majus* de la familia de las Papaveraceae y cuyo nombre vernáculo es celidonia mayor o flor verruguera (Fig. 3.1).