

Excmo. Sr. Director,  
Excmos. Sres. Académicos,  
Señoras, Señores:

Es para mí motivo de extraordinaria satisfacción el haber sido admitido en esta prestigiosa y entrañable Real Academia de Farmacia. Antes que nada quiero agradecer públicamente a todos los académicos el apoyo que ha hecho posible mi presencia aquí y expresamente deseo destacar a D. Florencio Bustinza por haber aceptado el encargo de contestar a mi discurso. El inmerecido honor de ser Académico de número de la Real Academia de Farmacia tiene para mí matices sentimentales profundos, ya que entre sus miembros hay muchos de los que fueron mis profesores y sobre todo porque aquí se encuentra mi padre y maestro, a quien debo entre otras muchas cosas la enseñanza de amar profundamente a España, a la Universidad y a la Ciencia.

Vengo a ocupar en la Academia el puesto que dejó el Excelentísimo Sr. D. Paulino Borrallo Nueda, a quien conocí desde mi niñez y con cuya familia tengo lazos de antigua amistad. Doctor en Farmacia y Profesor químico del Laboratorio Municipal de Madrid, encarnó el Doctor Borrallo esa síntesis gloriosa de profesional farmacéutico e investigador. Heredó la farmacia de su padre, situada en la madrileñísima Plaza de Cascorro, que dirigió toda su vida. En el plano profesional llegó a ser Presidente del Colegio de Farmacéuticos de Madrid y Presidente del Consejo General de Colegios Farmacéuticos. Destacó también como estudioso e investigador, y son numerosos los trabajos publicados sobre todo en el área del análisis bromatológico y en el de la detección de fraudes en especias y plantas medicinales. Destacan entre sus trabajos los títulos siguien-

tes publicados en el Boletín del Laboratorio Municipal y de Higiene de Madrid: «Modificación del método Herlat para la determinación de la cafeína en los cafés» (1934), «Análisis del café molido» (1935), «Aplicación del método Foucry a la determinación de cloro de cenizas» (1933), «Bromatología de la pimienta negra en grano» (1934), así como «Adulteraciones de la Pimienta negra» (1936), publicado en Farmacia Moderna.

## CAPÍTULO PRIMERO. LA SISTEMÁTICA, BREVE BOSQUEJO HISTÓRICO

Se denomina Sistemática Botánica la ciencia que se ocupa de la clasificación u ordenación de los vegetales, así como de su variación, diversidad y de las relaciones de cualquier tipo que existen entre ellos. La Taxonomía Vegetal, que algunos hacen sinónima a la Sistemática, sería la parte dedicada a fijar los criterios, técnicas y normas para la clasificación.

Hasta el momento, se han descrito más de 400.000 especies, lo que nos da idea de la magnitud del problema con que se enfrenta la Sistemática Vegetal, así como condiciona la necesidad de que a todos los seres vegetales conocidos les deban ser asignados sus correspondientes rangos taxonómicos. Tal exigencia científica es una premisa del todo necesaria antes de su utilización, tanto por motivos puramente teóricos, como por sus posibles aplicaciones. La taxonomización de los vegetales tiene entre otras muchas ventajas su valor predictivo en orden no sólo a la morfología, fisiología y filogenia, sino también en los campos de la bioquímica, genética, agricultura, etc.

Los diferentes intentos de clasificación u ordenación de los vegetales se pueden agrupar en cuatro tendencias o ensayos que se corresponden, de forma más o menos cerrada, con otras épocas históricas: clasificaciones prelinneas, artificiales, naturales y filogenéticas.

### 1. *Clasificaciones prelinneas*

Se puede admitir como la primera clasificación de los vegetales la de Aristóteles (384-322 a. d. C.) y su discípulo Teofrasto (372-287 a. de C.), que agruparon los vegetales en árboles, arbustos, matas y hierbas. Sin embargo, se considera como la primera clasificación científica la de Cesalpino (1519-1603) que designó cada planta cono-

cida con una corta frase latina en la que trataba de condensar sus caracteres esenciales. Botánicos coetáneos de Cesalpino tales como Belon (1517-1574) y más tarde Baubin (1560-1624) simplificaron el método nomenclatural reduciéndolo prácticamente al empleo de un sustantivo seguido de un adjetivo, procedimiento normalizado definitivamente años más tarde por Linné.

En lo que respecta a las clasificaciones en las que se utilizaron ya caracteres referentes a la organización y morfología comparada de los vegetales; tratando de subordinar el valor de los mismos en orden a una taxonomía, se puede citar por su gran importancia las de J. Ray (1628-1705) y Tournefort (1656-1708), precursores de Linné, quienes junto con Magnol (1638-1715) introdujeron ya los conceptos de género y familia natural.

## 2. *Clasificaciones artificiales o linneanas*

Son aquellas que sitúan una especie en el sistema, con la ayuda de caracteres morfológicos elegidos arbitrariamente. Persiguen un fin práctico, que es el de facilitar la determinación de las plantas. El botánico Linné (1707-1778), fijaría definitivamente la nomenclatura binaria de la especie, y daría el impulso decisivo al desarrollo de los procedimientos científicos de ordenación y determinación de los vegetales. Su obra *Systema naturae* (1735) marcaría un hito decisivo en la historia de la Botánica. Linné trató de crear un sistema natural para ordenar los vegetales, y su «sistema sexual», que se impuso rápidamente en el mundo científico, es la expresión de tales ideas. Desgraciadamente, tal método reposa casi exclusivamente sobre consideraciones numéricas del androceo y gineceo, por lo que las «auténticas» relaciones entre los géneros y las especies que Linné evidentemente intuía no dieron el resultado anhelado. Así, todavía su obra, si bien precursora, debe ser considerada como artificial. En cualquier caso Linné tiene su puesto de honor en la historia de la Botánica por su vocación, capacidad ordenadora y visión sintética de las Ciencias Naturales.

Adanson (1727-1806), adversario científico de Linné, sobre todo del «sistema sexual», creó otra clasificación basada en 65 caracteres a los que confirió el mismo valor. Su obra, sin duda también

poco natural al no admitir la subordinación de unos caracteres respecto a otros, tiene, sin embargo, un gran valor como precursora, pues ha sido la base de la taxonomía numérica actual.

### 3. *Clasificaciones naturales*

La primera, y más destacada de las propuestas fue la de los Jussieu: Bernard (1699-1777) y Antoine-Laurent (1748-1816), quienes al contrario de otros botánicos, dieron a unos caracteres mayor categoría o capacidad diagnóstica, mientras que a otros les confirieron un valor secundario. Tal valoración y subordinación del conjunto de caracteres les sirvió para establecer sus «familias naturales», y por ello marcarían el comienzo de otra época en la historia de las clasificaciones botánicas que se puede denominar natural.

A. P. De Candolle (1778-1841) distinguió netamente en sus obras la noción entre clasificaciones artificiales y naturales. Insistió en que las primeras podían ser muy útiles y facilitar la determinación de las plantas, en base a la utilización de caracteres elegidos arbitrariamente y dispuestos de forma contradictoria en una clave. No obstante, las segundas, o naturales, deberían basarse en las auténticas afinidades de los vegetales y tener en cuenta todo el conjunto de caracteres, incluyendo los anatómicos. Un ensayo importante fue el de J. Lindley (1799-1865), cuyo sistema natural influyó mucho posteriormente en Hutchinson.

### 4. *Clasificaciones filogenéticas*

Desde que J. B. de Lamarck (1744-1829) planteara en 1793 la cuestión de la variabilidad de las especies, que según él no eran fijas ni inmutables, se abrió la diatriba entre creacionistas o fijistas, y evolucionistas. Pese al gran precursor que fue Lamarck, la influencia del creacionista G. Cuvier impidió el rápido desarrollo de tales ideas. Pero sesenta años después, la obra fundamental de C. Darwin (1859) daría un impulso decisivo a las ideas evolucionistas gracias a su célebre teoría del «origen de las especies mediante la selección natural». Desde esa época se comenzaron a interpretar las semejanzas entre

organismos actuales y pretéritos en consecuencia de su constitución genética y de una ascendencia común. Sin embargo, el avance de la sistemática en la época post-darwiniana fue también lento a causa de la tradición artificialista de Linné, y porque se atendía sobre todo a los ensayos especulativos para establecer troncos o sistemas filogenéticos, tratando de relacionarlos con las clasificaciones obtenidas hasta entonces con métodos exclusivamente morfológicos y empíricos.

Otro hecho que junto con la teoría de Darwin, constituyó el fundamento de la moderna sistemática, fue el de la aplicación de las leyes de la herencia formuladas por Mendel (1856), pero redescubiertas en el siglo xx. También el descubrimiento de las mutaciones, por H. de Vries (1901-1905), ha permitido explicar muchos fenómenos en la formación de nuevas especies. La sistemática entró así en un período «filogenético» en el que, más que nuevas clasificaciones, lo que se pretendía era conocer la filosofía de la evolución. Por otro lado, como en la mayoría de los casos en que hay una gran similitud morfológica entre las familias naturales clásicas, a su vez están relacionadas filogenéticamente, no hubo grandes cambios en la sistemática de los pequeños táxones: especies, géneros, tribus y familias.

Pese a que el mundo de la criptogamia ya tenía una extensión considerable en las primeras décadas del siglo actual, la atención principal de los evolucionistas se centró sobre el régimen de las plantas con flores o fanerógamas. Los sistemas filogenéticos de clasificación en las angiospermas atendieron primordialmente a la constitución de la flor primitiva. Sobre esta cuestión se debe destacar antes que a otra a la escuela de Engler. Afirmaba que la flor primitiva era unisexual, sin pétalos y anemógama, y que a partir de este tipo primitivo se originaron, en evolución paralela, las series progresivas de los diversos grupos. Mantiene la escuela engleriana que el estróbilo de las primitivas gimnospermas era unisexual, es decir provisto sólo de macrosporófilos o microsporófilos. Tales estróbilos unisexuados fueron los que dieron lugar a las amentos femeninos o masculinos. Las flores hermafroditas se consideran como derivadas de inflorescencias bisexuales contraídas (pseudanto), que simulan flores unisexuales y a las que posteriormente envolvía el perianto. Fueron predecesores de estas teorías los botánicos alemanes Braun y Eichler. Posteriormente Wettstein, en su *Handbuch der Systematis-*

*chen Botanik* (1930-35), ha refundido la teoría engleriana aportando numerosos conocimientos. Su clasificación ha sido adoptada por muchos sistemáticos y ha tenido una gran influencia en la Botánica española de la postguerra, a raíz de su traducción al castellano por Font Quer (1944).

El mundo vegetal criptogámico fue desarrollándose paralelamente gracias a los esfuerzos de Pascher, Smith, Geitler, Svedelius, Buller y muchos otros. Pero han sido los progresos ultramicroscópicos y bioquímicos, en particular los conocimientos precisos sobre la constitución química de los pigmentos de los cromatóforos y las sustancias de reserva, los que han permitido un planteamiento filogenético decisivo en el ámbito de los talófitos autótrofos.

En contraposición a la escuela engleriana surgió la angloamericana comenzada por Bessey (1915), que mantuvo que la flor primitiva era bisexuada, entomógama y provista de pétalos. Hutchinson trató de mejorar esta teoría e intentó demostrarla en base a nuevos conocimientos anatómicos, palinológicos y geográficos. En síntesis, definía la flor primitiva angiospérmica como derivada de las gimnospermas. Las angiospermas primitivas, según ellos, estaban constituidas por estróbilos bisexuados, provistos de macrosporófilos y microsporófilos, que por sucesiva diferenciación darían lugar a pétalos, sépalos, estambres y carpelos. El eje del estróbilo acortado daría origen al receptáculo y los apéndices se disponían de manera espiralada. El tipo más representativo de flor primitiva sería el de *Magnolia*, dentro de las *Ranales* leñosas, lo que dio lugar al apelativo de teoría ranaliana la formulada por la escuela de Bessey y de Hutchinson.

Basado en la doble fecundación, que es común a todas las angiospermas, Bessey consideró todas ellas monofiléticas y derivadas de gimnospermas primitivas, que podían asemejarse como idearon Arber y Parkin (1907) al grupo de los *Bennettitales*. En el seno de las angiospermas dicotiledóneas trazó dos líneas evolutivas a partir de las *Ranales* atendiendo a su flor: hipogina (desde *Cariofilales* hasta *Lamiales*) y peri-epigina (desde *Rosales* hasta *Asterales*). En cuanto a las monocotiledóneas las consideró derivadas de las *Ranales* herbáceas a través de las *Alismatales*. Hutchinson, al aceptar la hipótesis apriorística de que las plantas leñosas son más antiguas que las herbáceas, derivó las angiospermas de las gimnospermas mediante

dos líneas filogenéticas: leñosa (*Magnoliales*) y herbácea (*Ranales*). Las monocotiledóneas, atendiendo a la naturaleza de su perianto, las dividió en *Calyciferae*, *Corolliferae* y *Glumiflorae*. Evidencias morfo-anatómicas tales como la presencia de traqueidas, haces vasculares dispersos, polen monocarpado, flores aisladas y disposición espiralada de los apéndices parecen dar la razón a la teoría de que las *Ranales* son el grupo más antiguo de las angiospermas. Además, las especies del grupo *Fagae-Piperaceae* (fagáceas, betuláceas, etc.) son más evolucionadas, ya que entre otras cosas poseen vasos. La escuela ranaliana ha creado una nueva sistemática, con evidentes cambios de orden en los grupos taxonómicos, respecto a la sistemática clásica y a la alemana. Emberger (1960) ha seguido también la escuela ranaliana.

Los postulados evolutivos en que se basa la escuela ranaliana enumerados por Hutchinson (1959) son 24, distribuidos en cuatro grupos: *a*) principios generales (1 al 3); *b*) concernientes al aspecto general de las plantas (4 al 7); *c*) concernientes a la estructura de las plantas vasculares (8 al 10), y *d*) concernientes a las flores y frutos (11 al 24):

1. La evolución no camina sólo hacia adelante sino también hacia atrás, y en este último caso implica una degradación o degeneración.
2. La evolución no se realiza al mismo tiempo en todos los órganos de la planta, y un órgano o serie de órganos puede evolucionar mientras que otra serie se mantiene estacionaria o experimenta una retrogradación.
3. Cuando ha ocurrido una progresión particular o retrogresión, ésta persiste hasta el final del filo.
4. Los árboles y arbustos de ciertos grupos son probablemente más primitivos que las plantas herbáceas.
5. Los árboles y los arbustos son más antiguos que las lianas, ya que el hábito de lianas lo han adquirido debido a las particulares condiciones del medio.
6. Las plantas perennes son más antiguas que las bianuales, y de ellas han derivado las anuales.
7. Las fanerógamas acuáticas son en general más recientes que las terrestres, y lo mismo se puede decir de los epífitos, saprófitos y parásitos.
8. Las plantas con los haces vasculares en disposición colateral formando un anillo completo (sifonostela primitiva y protostela de dicotiledóneas) son más antiguas que las que tienen los haces separados (eustela y atactostela de monocotiledóneas).
9. Las disposiciones en espiral de las hojas sobre los tallos y de los verticilos



florales preceden a la disposición opuesta y verticilada. 10. Por regla general las hojas simples son anteriores a las hojas compuestas. 11. Las flores hermafroditas o bisexuadas preceden a las flores unisexuales, y las dioicas son probablemente más recientes que las de condición monoica. 12. Las flores solitarias son más primitivas que las inflorescencias, las formas más evolucionadas de las últimas son la umbela y el capítulo. 13. Las flores con sus piezas en espiral imbricadas son más antiguas que las verticiladas y valvadas. 14. Las flores con muchas piezas (polímeras) preceden a las que tienen pocas piezas (oligómeras), siendo acompañadas por una progresiva esterilización de los pares reproductivos (esporófilos). 15. Las flores con pétalos preceden a las apétalas, las últimas son el resultado de una reducción. 16. Las flores de pétalos libres (dialipétalas) son más primitivas que las de pétalos soldados (simpétalas). 17. La actinomorfia de las flores es anterior a la zigomorfia. 18. La hipoginia es la estructura primitiva y de ella han derivado después la periginia y epiginia. 19. Los carpelos libres (apocarpia) son más primitivos, y a partir de ellos derivan los carpelos soldados (sincarpia). A veces, sin embargo, cuando los carpelos han permanecido unidos débilmente durante la evolución pueden nuevamente hacerse casi libres. 20. La posesión de muchos carpelos (poliarpia) precede a la de pocos carpelos (oligoarpia). 21. Las semillas endospermicas con embrión pequeño son más primitivas. Las semillas sin endosperma son más recientes. 22. En las flores primitivas hay muchos estambres y en las más evolucionadas pocos. 23. Los estambres libres preceden a los soldados. 24. Los frutos compuestos son más recientes que los frutos simples, y por regla general la cápsula precede a la drupa o a la baya.

Entre los datos objetivos disponibles para formular teorías filogenéticas cabe destacar por su interés y precisión los tipos embriológicos de Soueges (1934 a 1951) establecidos a partir de las formas adoptadas por las células del joven embrión habidas las sucesivas mitosis del cigoto. Estos datos han permitido a Mertre (1967) proponer una clasificación embriogénica que relaciona los tipos de Soueges con la filogenia.

Los nuevos conocimientos morfológicos, anatómicos, palinológicos, genéticos, ecológicos y químicos, debidos en una buena medida

al uso de las técnicas modernas, llevan a la sistemática a un nuevo período, en que se intenta incluir en una clasificación todas las evidencias conocidas, incluso las filogenéticas. Sporne (1956) propone un nuevo índice de especialización, capaz de compendiar en un diagrama horizontal todos los grupos taxonómicos, situados en círculos concéntricos por unos «índices de evolución». Estos «índices de evolución», se obtienen para cada grupo taxonómico mediante el uso de todos los caracteres posibles (incluidos químicos y citológicos), así como los correlativos entre los grupos.

Cabe destacar el esfuerzo realizado recientemente por diversos botánicos en busca de otros sistemas nomenclaturales, que no sean el binomial linneano. Hace poco se ha propuesto instituir un sistema de nomenclatura uninominal en el cual los actuales nombres genéricos y específicos estarían unidos o enlazados por un guión formando uninomios estabilizados, regidos por las leyes sencillas y liberados de muchas de las restricciones del Código de Nomenclatura. Los géneros y táxones de mayor categoría constituirían grupos relativamente informales.

Otra solución propuesta consistiría en introducir un sistema de numeración para sustituir los nombres. Así, habría dos números para cada grupo taxonómico: un número de referencia arbitrario, el cual quedaría ya unido permanentemente a una especie, aunque la clasificación cambiase, y un número de clasificación que indicaría por medio de sus cifras la posición taxonómica de un organismo. El International Plant Index, que se está confeccionando actualmente, se propone dar a cada planta su número de clasificación. Una ventaja del sistema numerado es que sería apto para acumular información, que podría obtenerse automáticamente en un momento dado con el empleo de máquinas electrónicas, cuyo uso se va imponiendo cada día más en la clasificación biológica. Evidentemente, un sistema basado en números, no tiene el valor nemotécnico que presenta un sistema basado en nombres. La solución que se impondrá probablemente en el futuro, será la basada en disponer de un sistema paralelo de nombres y números, que pueda ser utilizado según los objetivos.

## CAPÍTULO II. LOS CARACTERES

Cuando se realiza en Botánica una determinación, es el individuo completo el que se sitúa dentro del sistema. Pero no puede olvidarse que lo que ha proporcionado la información para su conocimiento han sido los caracteres de dicho individuo.

Como carácter consideramos cualquier propiedad, externa o interna, cualitativa o cuantitativa, de un vegetal, susceptible de ser utilizada para su clasificación. Son caracteres, por ejemplo, la forma de las hojas, número de carpelos, pubescencia, sabor, ecología, número de cromosomas, etc. Como tales propiedades del vegetal, es el hombre quien las aprecia, dicho ejercicio lleva consigo cierto subjetivismo, ya que en realidad la abstracción de las propiedades o caracteres las efectúa el botánico. Por ello, para que la determinación sea correcta, es muy importante emplear un número elevado de caracteres, lo que a la vez reducirá al máximo el subjetivismo en la apreciación. Una ciencia auxiliar, la Taxometría, se ha desarrollado recientemente para allanar en lo posible estos problemas.

A la hora de ponderar los caracteres de los vegetales se nos plantean, entre otros, dos problemas. Primero, si todos los caracteres tienen el mismo valor discriminativo o taxonómico, y segundo si poseen la misma significación filogenética. Sobre la primera pregunta podemos razonar que es necesario elegir los caracteres buenos y se entienden por buenos, aquellos que son fáciles de observar, variables dentro del grupo taxonómico estudiado, poco condicionables por el medio externo, fundados sobre base genética, y que muestran correlación con otros grupos taxonómicos. En cuanto a su significación filética es preciso tener en cuenta que la aparición de un carácter igual en dos plantas, no entraña parentesco filogenético salvo en los casos de poder argüir su homología arquetípica. Hay que recordar que la evolución no siempre ha marchado por caminos divergentes, sino que lo ha hecho también por paralelismo y convergencia. En tal sentido se llaman caracteres homólogos aquellos que tienen el mismo origen. Análogos serán aquellos que tienen la misma función, pero no están relacionados filogenéticamente. Una especialidad biológica contemporánea, la cladística, se ocupa de distinguir entre homología y homoplasia.

Mayr, Linsley y Usinger (1953) definen un carácter taxonómico como «Cada atributo de un organismo por el cual se diferencia de otro organismo perteneciente a una entidad taxonómica diferente». Esta definición ha sido criticada por Socal y Sneath (1963) por estar basada, según ellos, en un círculo vicioso: «Pues si los táxones están condicionados por los caracteres, aquéllos no pueden reconocerse antes que éstos». En cualquier caso, pensamos que la noción y validez de los caracteres no tienen sentido si no se plantea de un modo comparativo.

En los primeros tiempos, los vegetales se clasificaban casi exclusivamente por sus caracteres externos. El sistema sexual de Linneo se basa en la creencia apriorística de la mayor importancia relativa de los órganos sexuales (flores), dentro del Reino Vegetal. Datos biométricos posteriores han confirmado que, dentro de una misma población, los caracteres de la flor son menos variables que los vegetativos. De todos modos, incluso las actuales clasificaciones de fuerte vocación filogenética, como las de Hutchinson y Takhtajan, se basan también en postulados y axiomas filéticos, no siempre desprovistos de subjetivismo o apriorismo. Recientemente, se ha pretendido atribuir un valor preponderante a los caracteres internos tanto químicos como citológicos, pero esto también resulta infundado, y puede afirmarse de una forma categórica que para efectuar una adecuada clasificación hay que tener en cuenta un número muy elevado de caracteres (internos y externos), además de hacer hincapié en las relaciones evolutivas de cada grupo taxonómico y en su ecología.

Smith-White (1954) postula: «Si las relaciones filéticas son aceptadas como una base taxonómica, los caracteres citológicos deben tener un mayor significado que los usuales caracteres morfológicos». También A. Löve (1960) es partidario de esta opinión, que refleja en su frase: «Debemos recordar que los cromosomas no son otros caracteres más, comparables a los externos morfológicos que se usan para la identificación del material de herbario. Los cromosomas determinan los caracteres externos, mientras que tales caracteres no determinan los cromosomas. Es evidente que el describir los cromosomas como caracteres de la importancia del color de las flores o de la carencia de pelos en el tallo, es una mala interpretación de los principios de la biología evolucionista». Sin embargo, otro eminente citotaxónomo,

A. Fernandes (1951), que tiene una gran experiencia florística, dice lo siguiente: «Aunque alguna vez se constate que hay un estrecho paralelismo entre los caracteres cariológicos y los morfológicos externos, otras veces no ocurre así. Por eso hay que ser muy prudente en lo que concierne a la aplicación de los datos cariológicos a la sistemática. Sin embargo, cuando los caracteres cariológicos se empleen en conexión con los caracteres provenientes de otras fuentes de información, podrán contribuir de una manera decisiva a la solución de muchas cuestiones».

### *Caracteres morfológicos*

Eugenio Guye opinaba que: «El fenómeno físico dependía de la escala de observación», de ello, se puede desprender que el límite entre la morfología y la anatomía es necesariamente impreciso. Se ha convenido que la morfología abarque las estructuras que puedan verse a simple vista (hasta 1 mm.) y la anatomía comience con el empleo del microscopio óptico (hasta 1  $\mu$  m.), siguiendo después los niveles apreciables con el microscopio electrónico. Como dato informativo podemos resumir como poder de resolución: ojo humano (100  $\mu$  m.), binocular (0,5  $\mu$  m.), microscopio óptico (0,4-0,14  $\mu$  m.), microscopio electrónico (4-200 Å).

Los caracteres morfológicos, llamados también externos, han sido manejados por los botánicos desde la más remota antigüedad debido a su facilidad de observación y a la carencia de otras técnicas que permitieran el estudio interno del vegetal. En cuanto a los caracteres palinológicos, aún cuando provienen también de la forma o estructura de los granos de polen y por tanto son morfológicos, los tratamos aparte debido a que para su observación necesitan técnicas propias, y poseen una nomenclatura especial que los aísla como una ciencia independiente. Los caracteres morfológicos clásicos, aunque sería muy prolijo enumerarlos, pueden, a su vez, ser agrupados en vegetativos y florales. Entre los vegetativos están los que tratan de la raíz, tallo y hojas. Entre los florales, el estudio se refiere sobre todo a los órganos sexuales de la planta, que desde Linné fueron estudiados de una manera profunda, en la creencia de que estos caracteres eran mejores que los vegetativos, hecho que no siempre puede generalizarse y que depende del grupo taxonómico de que se trate.

El tallo es en los cormófitos, según Font Quer (1970): «La porción del eje de la planta que trae hojas». El tallo junto con la raíz y las hojas, forma una unidad vegetativa que se denomina brote o vástago. Está formado por los nudos de donde salen las hojas, y los entrenudos, cuya disposición se condiciona por la filotaxia o manera de disponerse aquellas durante el crecimiento del vegetal. El tallo está constituido por tres sistemas de tejidos: dérmico, fundamental y vascular. El tejido dérmico, que es para nosotros la epidermis, se incluye entre los caracteres anatómicos. El tejido fundamental constituye la corteza, la médula y las áreas interfasciculares, cuando existen. Formado, este último, por un parénquima provisto de espacios intercelulares, cuyas células llevan cloroplastos, inclusiones como taninos, almidón, cristales, etc., y a veces esclereidas, fibras, o látex. La corteza, que procede del periblema, se sitúa entre la epidermis y el tejido vascular.

Sobre el tejido vascular, y en particular acerca del cilindro central o estela, se ha emitido gran número de teorías de clara intención filogenética, Schoute (1903), Bower (1930), Nast (1944), etc. Según Van Tieghem (1886), la estela constituye la unidad vascular. Está formada por xilema, floema y tejido fundamental asociado. Este cordón o haz vascular así constituido, según la posición relativa de sus componentes, corresponde a tres tipos: colateral, bicolateral y concéntrico, circunstancia que constituye un excelente dato taxonómico y filogenético. Cuando el cuerpo primario no tiene médula, es decir, es un cilindro denso, la estela adopta las formas de protóstela y plectóstela. La protóstela es la más sencilla y primitiva de todas las estelas, está constituida por una columna axial maciza de xilema, rodeada por un cilindro de floema. Una modificación de ésta es la actinostela en la que el xilema se presenta acanalado y en las concavidades se halla el floema. En la plectóstela, frecuente en los licopodios, el xilema y floema ocupan bandas alternantes. Un segundo tipo estelar derivado de la protóstela es la sifonóstela, que corresponde ya a estructuras cuyo tallo está provisto de médula. A su vez, la sifonóstela se denomina sifonóstela ectofloemática si el floema rodea al xilema, y anfifloemática si lo tiene a sus dos lados. De este último tipo derivaría la dictióstela típica de las filicinas. De la sifonóstela ectofloemática derivarían la eústela y atactóstela. La eústela consta de cordo-

nes vasculares alternando con áreas interfasciculares y es propia de dicotiledóneas y equisetos. La atactóstela lleva los cordones vasculares dispersos sin orden aparente y es muy común en las monocotiledóneas.

En contraposición a la teoría estelar, la teoría de los rastros foliares admite que el tallo es una estructura compuesta cuyo desarrollo se debe al crecimiento de las hojas en él, y define un rastro foliar como el cordón que conecta el sistema vascular del tallo con el de las hojas. De este modo, el cordón vascular del tallo se considera como la parte más baja del sistema vascular de la hoja. El tejido parenquimatoso situado entre los rastros foliares se denomina laguna foliar, y su número es característico de determinados grupos vegetales. Así, las dicotiledóneas tienen los nudos de tres tipos: uni, tri o multilacunares, mientras que las monocotiledóneas tienen nudos multilacunares, y los helechos sólo unilacunares.

Desde el punto de vista taxonómico se ha utilizado la raíz menos que el brote. Sin embargo, hay estudios realizados con valor diagnóstico sobre su epidermis, pelos absorbentes, exodermis (subepidermis con membranas suberificadas), velamen (epidermis especial que absorbe y almacena agua) y endodermis. Comparada la estructura de la raíz con la del tallo, se anotan las siguientes diferencias: En la raíz, el meristema apical de crecimiento no es terminal como en el tallo, sino que se sitúa debajo de la caliptra. En general, la raíz no posee médula ni tampoco lagunas foliares. Dos capas, inexistentes en el tallo de las angiospermas, limitan en la raíz el cilindro vascular: endodermis y periciclo. La endodermis está formada por células parenquimatosas compactas, cuyas membranas presentan una banda de composición química (lignina, suberina, celulosa) diferente del resto de las células. Esta banda se llama de Caspary y constituye un elemento típico de la raíz. Más al interior del eje, otra capa suele presentarse en la raíz: el periciclo. Por demás, la epidermis de la raíz no está cutinizada, el parénquima cortical no lleva clorofila y es más rico en almidón que el tallo.

La hoja es un apéndice del tallo y forma una unidad con él llamada brote. Morfológicamente en la hoja pueden diferenciarse el peciolo, cuya estructura es análoga al tallo pero, sin embargo, secundario, el limbo o porción ensanchada en donde se verifica la mayo-

ría de la fotosíntesis, la vaina, que sólo la poseen ciertas dicotiledóneas y las monocotiledóneas (estructura multilacunar), y las estípulas típicas de los tallos con estructura trilacunar. Anatómicamente, al igual que sucede en el resto del cuerpo vegetativo, tres tejidos fundamentales constituyen la hoja: dérmico, fundamental y vascular. Vamos a describir sucintamente la hoja tipo de una angiosperma y la de una gimnosperma.

### *Estructura de la hoja de una angiosperma*

La epidermis que recubre toda la superficie está revestida de cutina y no lleva cloroplastos, excepto en las plantas acuáticas. El mesófilo, generalmente asimétrico, está constituido en la mayor parte de los casos por un parénquima cuyas células dispuestas en empalizadas son de longitud variable y las encargadas de realizar la máxima cantidad de fotosíntesis. A continuación se encuentra otro parénquima de células laxas, con abundantes espacios intercelulares que favorecen el intercambio gaseoso (parénquima lagunoso). En el caso de que el mesófilo sea simétrico, dos capas de parénquima en empalizada limitan la de parénquima lagunoso. Los bordes del limbo llevan algo de esclerénquima que les proporciona consistencia ante el posible desgarramiento por el viento. Las plataneras tan abundantes en las Islas Canarias, carecen de él, de ahí el aspecto deflecado de sus hojas. El tejido vascular lo constituye fundamentalmente un haz o cordón, llamado vulgarmente vena media. Las hojas de las angiospermas son pluri-nerviadas, y, según la disposición de las venas, la hoja es reticulada (dicotiledóneas) o estriada (monocotiledóneas). Este haz o vena media es como una costilla prominente, que lleva colénquima o esclerénquima, floema, xilema y una vaina endodermoide, a veces amilífera como en las dicotiledóneas y las gramíneas. La presencia de esta vaina, sencilla o doble, es un carácter taxonómico en dos subfamilias de las gramíneas: panicoideas y pooideas. Paunero (1968), ha trabajado con éxito sobre la taxonomía de las gramíneas basándose precisamente en los caracteres foliares.



### *Estructura de la hoja de una gimnosperma*

Tomando como modelo la hoja de una especie perteneciente al género *Pinus* se advierte la poca relación de superficie a volumen, carácter típico de las hojas xeromórficas. El corte transversal es triangular, con epidermis revestida de cutina y una hipodermis esclerificada. Los estomas están como empotrados y provistos de unas células anejas que semejan estar suspendidas sobre la cavidad estomática. Llevan uno o dos haces rodeados de tejido vascular y endodermo.

### *Caracteres florales*

Desde antiguo se ha concedido una gran importancia taxonómica a los caracteres florales de las plantas. Por caracteres florales se entienden aquellos que proporciona la flor, eje de crecimiento limitado con apéndices estructuralmente semejantes a las hojas, que pueden ser de dos clases: fértiles (gineceo y androceo) y estériles (pétalos, sépalos, tépalos). La anatomía floral está siendo utilizada en la taxonomía con notable éxito, sobre todo en lo que respecta a la vascularización de cada una de las partes de la flor y a las relaciones filogenéticas con el sistema vascular básico del vegetal, desarrollo y origen del embrión (embriología en sentido estricto), así como a la ontogenia de la flor, el fruto, la semilla y el polen. La importancia que se ha atribuido a los estudios del sistema vascular, se basa en la suposición de que este sistema está menos sujeto a la plasticidad fenotípica que los caracteres externos, así como a que varía de una manera más lenta durante la evolución.

### *Los sépalos*

Son predominantemente estructuras de triple traza, llamadas también trilacunares, con muchas hojas. Lo mismo sucede con los tépalos, por eso ambos son considerados de origen de bráctea. Cuando el sépalo tiene estructura unilacunar, lo que se considera más primitivo filogenéticamente, también poseen tal estructura las hojas de

tallo. Los sépalos están recubiertos por sus dos caras de una epidermis cutinizada provista de estomas y tricomas. El parénquima fundamental raramente lleva células en empalizada, sino células isodiamétricas dispuestas de una manera laxa, generalmente con cloroplastos, cristales, vasos laticíferos, etc.

### *Los pétalos*

La epidermis de los pétalos lleva, sobre todo en las dicotiledóneas, unas células especiales con membranas onduladas, tricomas, papilas y estomas carentes de función. La cutícula, es estriada, lo que resulta muy característico. Su tejido fundamental consta de células con cromoplastos, a veces aceites volátiles, almidón, etc. En cuanto al tejido vascular, los pétalos son en general estructuras típicamente unitrazas (en dicotiledóneas), con una vena grande y pequeñas venillas dispuestas dicotómicamente.

### *Los estambres*

Homólogos a microsporófilos, constituyen el androceo o apéndice fértil masculino de la flor. Los estambres encierran los sacos polínicos o microsporangios, que originarán las microsporas o granos de polen punto de partida del gametófito masculino. Su tejido vascular es unitraza como el de los pétalos, lo que establece entre ambos una semejanza filogenética. Los estambres más primitivos son foliiformes (de aspecto de hojas) con tres venas. En la evolución, estas tres venas se han reducido a una que termina en la antera, tal como presentan las angiospermas actuales. El estambre lleva un tejido fundamental consistente en un parénquima vacuolado con pigmentos, que en la antera y conectivo está más especializado, por lo que pueden distinguirse en él dos partes: endotecio y tapete. El endotecio se halla bajo la epidermis y sus células llevan unos engrosamientos secundarios, en forma de tiras perpendiculares a la epidermis, que facilitan la apertura de las anteras. El tejido conocido como tapete está relacionado con la nutrición de las células madres del polen, y lleva una célula de núcleos muy destacados, cuyo protoplasma se tiñe densamente.

*Los carpelos*

Constituyen el gineceo o apéndice fértil femenino de la flor. Homólogos a macrosporófilos, encierran los óvulos en cuyas nucelas se origina la macróspora, y ésta, previa meiosis, origina el saco embrionario (en las angiospermas) que es el gametófito femenino, propiamente dicho. En las ranales primitivas el carpelo es foliiforme, conduplicado, con los bordes sin involución y los óvulos situados en la superficie ventral, lo que se conoce como placentación basal. Al evolucionar, los bordes se vuelven hacia adentro del carpelo, y los óvulos aparecen en la línea de sutura o placentación parietal. El sistema vascular del carpelo es de estructura trilacunar con tres venas como las hojas y los sépalos, de las que por ello se considera derivado filogenéticamente. El tejido fundamental del ovario lleva un parénquima revestido de una epidermis cuticularizada. El estilo y el estigma ofrecen ciertas peculiaridades encaminadas a favorecer el paso del tubo polínico. Así, el estigma lleva una epidermis glandular que excreta un líquido azucarado. Su tejido subepidérmico, con células ricas en citoplasma, posee a veces almidón para ayudar la progresión del tubo polínico a su través. El estilo, en la mayoría de las angiospermas cuando existe, es macizo, sin canales, pero invadido de tejido estigmatoide, lo mismo que la pared del ovario hasta el óvulo, en donde se realizará la fusión de los gámetas masculino y femenino. La epidermis que recubre el estilo, como la del ovario, está cutinizada y puede tener estomas desprovistos de función. El ovario súpero, propio de la flor hipógina, posee una estructura comparable a la del brote. El origen del ovario ínfero, propio de la flor epígina, se interpreta como el resultado de la adherencia progresiva de los tres verticilos externos. Otra teoría conocida como caulinar o en copa, propone que el origen se debe al hundimiento del gineceo en el receptáculo floral. Parece confirmar esta última teoría el hecho de que los haces vasculares, de la parte baja del ovario ínfero, están invertidos en su orientación (floema adaxial).

### *La semilla*

Cuando el óvulo o rudimento seminal está fecundado y se ha transformado, se constituye la semilla. Esta, cuando completa, consta de embrión, endosperma y episperma. Al obliterarse el micrópilo del óvulo, la cicatriz que deja en la semilla se llama hilo. El funículo del óvulo anátropo cuando se suelda a la semilla se llama rafe. A veces las semillas están provistas de unas excrescencias que se denominan arilo, que si está ubicado en la región micropilar, como ocurre en el ricino, se denomina carúncula. El valor taxonómico de todos los elementos seminales es muy grande.

### *El embrión*

El embrión o esporófito joven, que dará la nueva planta, consta de un meristema radicular, un hipocótilo (tallito) con un meristema apical y en ocasiones del cotiledón o cotiledones. Tanto el hipocótilo como los cotiledones llevan procambium. El endosperma puede estar formado a partir de la fusión de las dos células polares del saco embrionario con el segundo gámeto masculino, que es lo que ocurre en las angiospermas. Es triploide ( $3n$ ) y se conoce como endosperma secundario para diferenciarlo del haploide ( $n$ ), y asexuado típico de las gimnospermas que se llama endosperma primario. Algunas semillas que no llevan endosperma (o albumen), se denominan exalbuminosas y en este caso su embrión es de gran tamaño a causa del desarrollo de los cotiledones. La cubierta que rodea la semilla se llama episperma y está generalmente formada por dos capas que se denominan testa y endopleura. Proceden de los tegumentos externos del óvulo.

### *El fruto*

Los estudios taxonómicos sobre los frutos se basan sobre todo en su histología. Dentro de ella, la descripción del pericarpo o carpología ocupa un destacado lugar, tanto en los frutos secos como en los carnosos. Basándose en los caracteres morfoanatómicos del fruto,

Sáenz de Rivas & Heywood (1974) han estudiado el género *Daucus* en España. Vamos a describir brevemente algunos frutos. Entre los dehiscentes procedentes de un carpelo tenemos el folículo y la legumbre; derivado de varios carpelos, la cápsula. El folículo lleva un epicarpo estrecho cuyas células tienen membranas engrosadas, meso y endocarpo con células parenquimatosas de paredes delgadas. Los tres haces vasculares suelen ir rodeados de una vaina esclerenquimatosa. La dehiscencia del folículo se efectúa por la línea de sutura del carpelo. La legumbre lleva un epicarpo de membranas engrosadas, un mesocarpo parenquimatoso y un endocarpo esclerificado. La dehiscencia se efectúa por dos líneas: la de sutura del carpelo y la que sigue al haz vascular mediano. La cápsula tiene un pericarpo con tejido esclerenquimatoso. Su dehiscencia es variable: mediante un opérculo (opercular), mediante poros o agujeros (foraminal), por la línea de sutura carpelar (septicida), o por la del haz vascular mediano de cada carpelo (loculicida). La cariopsis es un fruto seco indehiscente que posee un pericarpo delgado adherido a la testa de la semilla.

Los frutos carnosos llevan un epicarpo cutinizado con colénquima subepidérmico. Debajo está el tejido carnoso que se forma en la maduración, bien por aumento de células sin división celular o bien por división celular seguida de aumento en el tamaño. Cuando todo el tejido fundamental del ovario se transforma en carnoso tenemos una baya. Si el mesocarpo es carnoso, pero el endocarpo es duro, es una drupa, que lleva un epicarpo delgado y un endocarpo de superficie más o menos rugosa con esclereidas apretadas.

### *Caracteres anatómicos*

Los estudios anatómicos se comienzan a realizar en la actualidad de una manera general, acorde con la tendencia a creer que los caracteres internos de las plantas son de más valor sistemático que los externos. Sin embargo, los datos anatómicos publicados hasta la fecha son insuficientes para realizar una clasificación coherente de los vegetales. Pese a la utilidad de los caracteres anatómicos, existen ciertas limitaciones y peligros en su uso. En primer lugar se sitúa la dificultad de observación de los caracteres, que precisa de manipula-

ciones más o menos largas en el laboratorio. En segundo lugar, resulta que dada la escasa bibliografía conocida, en ocasiones se insiste sobre algo ya realizado. En tercer lugar, si el anatomista no tiene un amplio y profundo conocimiento de la Botánica, suele caer en el defecto de encontrar significativos ciertos caracteres triviales y tal vez pasa por alto otros más importantes. A veces resulta frecuente que caracteres de gran valor taxonómico para un grupo, no lo sean para otro. Solereder (1908, 1930) y Metcalfe (1950, 1960), entre otros, han trabajado sobre estos temas, y Carlquist (1961) ha confeccionado un importante resumen sobre las aportaciones de la Anatomía a la Taxonomía. Los caracteres que por su fijeza, variación, repartición, etc., pueden considerarse en general buenos para la sistemática son: epidermis, sistema vascular y esclerénquima. Vamos pues a describirlos brevemente.

### *Epidermis*

La epidermis es una capa de células que cubre todo el vegetal, excepto la caliptra de la raíz y los meristemas apicales. Adopta la forma del órgano al que envuelve. En las angiospermas tiene origen de túnica, a partir del dermatógeno, meristema primario que por esa cualidad sólo crece longitudinalmente. Dura toda la vida en los vegetales que sólo tienen crecimiento primario. Ciertos vegetales llevan, debajo de la capa de células epidérmicas, otras capas cuya identidad con la epidérmica propiamente dicha y su origen común, por sucesivas divisiones del dermatógeno, se incluyen en la denominación conjunta de epidermis pluriestratificada. En la epidermis, en general, se pueden diferenciar las células epidérmicas, los estomas y los tricomas. Las células epidérmicas son tabulares, isodiamétricas, poliédricas, compactas y, a veces como en los pétalos, onduladas. La epidermis, salvo en las raíces está cubierta de una capa de cutina de naturaleza grasa, llamada cutícula. La cutícula presenta a veces acúmulos de resina, cera, aceite, etc., lo que tiene importancia taxonómica. Linsbauer (1930), en su tratado sobre la epidermis, describe la presencia de estos acúmulos cuticulares, distintos de los promontorios netamente epidérmicos. También se han descrito unas células epidérmicas papilosas y otras provistas de cloroplastos, que poseen ciertos esciófitos.

### *Los estomas*

Son las aberturas de la epidermis por las que el vegetal mantiene contacto con el medio ambiente. Abundan en las partes verdes de las plantas, particularmente en el envés de las hojas; también, aunque desprovistos de función, los llevan en los pétalos de algunas plantas. Se originan a partir de la protodermis o epidermis fundamental, y no todos de un modo simultáneo. En las hojas paralelinerviadas adoptan una disposición en filas longitudinales y los maduros se sitúan a distinto nivel que los inmaduros. Por el contrario, en las hojas de venación reticulada, como la mayoría de las dicotiledóneas, los estomas se distribuyen irregularmente, maduros al lado de inmaduros. El aparato estomático consta en esencia de dos células oclusivas a ambos lados de la abertura por la que se produce el intercambio de la planta con el medio externo, y a veces de dos células anejas que también son diferentes del resto de las epidérmicas. Tanto la génesis como el número, posición y forma de las células oclusivas y de las anejas, son caracteres muy útiles en la taxonomía y filogenia (Guyot, 1966).

### *Tricomas*

Es un término que incluye todos los apéndices externos de la epidermis, tanto espículas y pelos, como glándulas, escamas, papilas e incluso los pelos absorbentes de las raíces. Estos apéndices son de funciones diversas, aparecen tempranamente en la génesis del vegetal y suelen ser constantes dentro de un mismo grupo taxonómico. Estas cualidades, unidas a su casi universal presencia en las angiospermas los convierte en caracteres de primer orden para la taxonomía. Los tricomas proceden de células epidérmicas papilares, pero cualquier célula epidérmica puede en potencia originar un tricoma (meristemoides). Existen unos postulados filogenéticos, en función de la morfología del tricoma, que resumidos pueden enunciarse: *a*) un tricoma unicelular es más primitivo que uno pluricelular, *b*) los tricomas con simetría radial son más primitivos que los que no la poseen, etc. Los pelos, sean uni o pluricelulares, escamosos o peltados en su forma, pueden además ser glandulosos. En este caso acumulan

y excretan sustancias como aceites volátiles, mucilagos, gomas y resinas. Están cubiertos por una membrana generalmente de celulosa, cutinizada o lignificada que a veces se impregna de sílice o de carbonato cálcico. Las excrescencias depositadas sobre los tricomas, que se observan claramente con el microscopio electrónico de barrido, son asimismo unos caracteres muy útiles para la taxonomía (Heywood & Dakshini, 1971). Los pelos radicales, que cumplen la misión de absorber el agua y las sales nutritivas viven tan sólo unos días, y al caer, la membrana radicular se suberifica. A veces persisten, pero pierden su poder absorbente.

### *Sistema vascular vegetal*

Constituido por xilema y floema, provee de buenos y numerosos caracteres taxonómicos. El xilema es el sistema de tejidos vegetales encargado de la conducción ascendente del agua y sales nutritivas desde el suelo. Está constituido por traqueidas, tráqueas a las que acompañan en los vegetales vasculares evolucionados, parénquima xilemático y fibras leñosas. Las tráqueas son vasos pluricelulares abiertos con los tabiques intercelulares reabsorbidos, de largura entre un centímetro a varios metros. Son propios de vegetales evolucionados, y no se encuentran en helechos ni en gimnospermas. Las células que componen estos vasos o tráqueas, llamadas elementos de los vasos, se unen entre sí mediante una lámina perforada que puede ser simple o compuesta por otras muchas. En este segundo caso, las formas que adoptan las láminas perforadas son variadas: escalariformes, reticuladas, foraminadas. Las traqueidas son vasos cerrados, cortos, de alrededor de 1 mm. de longitud, cuya unión se efectúa mediante tabiques transversales oblicuos, llevan unas puntuaciones simples llamadas poros areolados, que permiten la perforación de la membrana celulósica. Existen en todas las plantas vasculares y filogenéticamente son más primitivas que las tráqueas.

El xilema así descrito se denomina primario y en él pueden distinguirse dos estadios de su desarrollo que se conocen como protoxilema y metaxilema. El protoxilema aparece al comenzar la diferenciación vascular. Rico en células parenquimatosas, sus elementos traqueales llevan sobre las membranas unos espesamientos en forma anular he-



licoidal. El metaxilema aparece algún tiempo después que el protoxilema y alcanza su estado adulto cuando el órgano vegetal ha terminado su desarrollo. Lleva más células traqueales con espesamientos lignificados que el protoxilema, que adoptan las formas; helicadas, escalariformes, reticuladas y con puntuación. Aún cuando su tiempo de aparición y madurez son distintos, protoxilema y metaxilema se asolapan y presentan transgresiones. Cuando el protoxilema aparece en la parte más externa del vegetal y crece hacia el interior, se llama xilema exarco. Se denomina endarco cuando el protoxilema aparece por el contrario, en la parte interna del vegetal, y su crecimiento es centrífugo, hacia afuera. Intermedio es el xilema mesarco, que crece en las dos direcciones, centripeta y centrífuga. Filogenéticamente el exarco antecedente al mesarco y éste al endarco. La estructura de las membranas secundarias o espesamientos que recubren paulatinamente el xilema primario es de gran valor taxonómico.

El floema es el sistema de tejidos que conduce la savia elaborada en sentido descendente y la reparte por todo el vegetal. Está constituido por elementos cribosos, parénquima floemático y fibras. Su color es más oscuro que el del xilema. Las células floemáticas tienen membranas menos rígidas y persistentes que las xilemáticas, lo que unido a que requieren técnicas más complicadas para su observación, hace que el floema sea menos utilizado en taxonomía. Las células cribosas, filogenéticamente más primitivas que los tubos cribosos, llevan unas áreas deprimidas en sus membranas, provistas de unos poros o perforaciones por las que pasan los cordones que conectan unas células con otras. Estas áreas, que están rodeadas de calosa, se denominan áreas cribosas y se sitúan en las membranas laterales de las células. Los tubos cribosos más especializados llevan placas cribosas, que no son más que conjuntos de áreas cribosas cuyos cordones son más grandes, sus cilindros de calosa sobresalen más, y su situación es generalmente terminal. Mientras que los helechos y gimnospermas llevan sólo células cribosas, las angiospermas presentan tubos cribosos. En el floema primario se distinguen por orden de aparición, protofloema y metafloema. El protofloema lo constituyen elementos cribosos que al irse obliterando pasan a ser fibras. Lo mismo que el protoxilema, sus células están sujetas a estiramientos al alargarse el correspondiente órgano. El metafloema, al igual que el metaxilema, alcanza el estado adulto cuando los tejidos que lo rodean han

llegado a su crecimiento completo en longitud. Sus elementos son mayores que los del protofloema y sus áreas cribosas más visibles.

El crecimiento secundario del sistema vascular es característico de muchas gimnospermas y dicotiledóneas. La actividad de un meristema llamado cambium, da lugar al aumento de los tejidos vasculares en grosor, del mismo modo que el procambium originaba el crecimiento primario en longitud. El cambium es como un cilindro unistrato situado entre el floema y el xilema primario. Produce indefinidamente xilema secundario hacia el interior del eje vegetal y floema secundario hacia el exterior. Se llama cambium fascicular al que se halla entre el líber y leño de los haces vasculares y cambium es periódico, sobre todo en los climas contrastados, y así se observan en el leño del vegetal distintas capas de crecimiento. El leño temprano de primavera, tiene células más grandes y con menos cantidad de membrana por unidad de volumen que el leño tardío de verano. Cuando los elementos del leño (xilema secundario) aún están vivos la capa leñosa se denomina albura, y si ya están muertos duramen. El duramen, que en términos vulgares es el corazón de un tronco, es de color más oscuro y almacena gomas, resinas, aceites, taninos y otras materias coloreadas.

El felógeno es otro meristema secundario, formado a partir de la epidermis o subepidermis y situado en todo el perímetro del eje o en áreas aisladas, produce súber hacia afuera y felodermis hacia la parte interna. Al conjunto de súber, felógeno y felodermis se le llama peridermis y en los vegetales provistos de crecimiento secundario en grosor sustituye a la epidermis. El estudio de la peridermis en las dicotiledóneas leñosas, de las lenticelas del súber (corcho), de las suberificaciones y lignificaciones, proporciona datos muy útiles para la taxonomía.

### *Esclerénquima*

Constituye el tejido de sostén del vegetal ya desarrollado. Está formado por células con las membranas secundarias lignificadas, que según la forma que adoptan se llaman esclereidas (poliédricas, cortas) o fibras (largas, ahusadas). Se distribuye este tejido por todo el cuerpo vegetal: corteza, médula, xilema, floema, epidermis, tanto en

tallo, como en hojas, frutos, etc. Su grosor, repartición, morfología, etcétera, ofrece datos taxonómicos de mucho interés.

### *Caracteres palinológicos*

Erdtman (1963, 66, 69) ha realizado un estudio profundo sobre los caracteres polínicos y su aplicación a la taxonomía. Introduce dicho autor un sistema nomenclatural para expresar la morfología polínica, que denomina NPC (de N = número, P = posición y C = carácter o forma de las aberturas). El número de aberturas o lugares de salida del tubo polínico de los granos de polen y esporas, o nomotrema, varía entre uno y siete ( $N_1$  a  $N_7$ ), es decir, con una, dos, tres, cuatro, cinco, seis o más de seis aberturas por grano de polen, que así se denominará respectivamente monotrema, ditrema, tritrema, tetratrema, pentatrema y politrema. En el caso de que no exista ninguna abertura, el grano de polen se denominará atrema. Las aberturas pueden situarse en distintas posiciones sobre el grano de polen. Erdtman reconoce, además de un grano en donde reúne los granos de polen cuya posición abertural es desconocida, otros seis ( $P_1$  a  $P_6$ ) que denomina respectivamente: catatrema ( $P_1$ ), anacatrema ( $P_2$ ), anatrema ( $P_3$ ), zontrema ( $P_4$  y  $P_5$ ) y pantotrema ( $P_6$ ), según que lleven las aberturas respectivamente:  $P_1$  en el polo proximal,  $P_2$  en los polos proximal y distal,  $P_3$  en el polo distal,  $P_4$  y  $P_5$  en una a dos zonas ecuatoriales y  $P_6$  si las aberturas están esparcidas por todo el grano de polen. El carácter o forma de las aberturas también lo escinde en siete grupos ( $C_0$ - $C_6$ ). En  $C_0$  reúne los que permanecen todavía inciertos.  $C_1$  son aquellos cuya abertura es sólo un adelgazamiento de la exina.  $C_2$  puede representarse por una abertura en cruz, los granos de polen se denominan en este caso tricomicolpados y es propio de musgos y helechos.  $C_3$  agrupa los granos cuyas aberturas son colpadas, es decir, en forma de surco.  $C_4$  si las aberturas son en forma de poro, y los granos se llamarán porados.  $C_5$  describe los granos de polen y esporas con aberturas compuestas de un colpo y un poro, y que por tanto se llamarán granos colporados. Por último,  $C_6$  es una forma de abertura compuesta por dos poros, y los granos se denominan pororados.

Para definir la forma de un grano de polen, dos son las medidas

esenciales: eje polar (P) y diámetro ecuatorial (E). Según la relación entre sí, que dichas medidas presenten, los granos se denominarán; prolado, subprolado, esferoidal, suboblado y oblado, que van gradualmente desde  $P/E = 8/4$  a  $P/E = 4/8$ . La exina, o cubierta externa de la esporodermis, puede a su vez dividirse en sexina y nexina, situadas de fuera adentro de la cubierta polínica. La relación de espesores entre ambos provee de buenos datos taxonómicos, así como el relieve de la primera, apreciable claramente con el microscopio electrónico de barrido. Este relieve ha demostrado ser de una gran variabilidad en el Reino Vegetal (liso, verrugoso, pilato, etc.), al mismo tiempo que tiene bastante fijeza dentro del mismo taxon, lo que le confiere la categoría de «buen» carácter. El tamaño y disposición de dichas excrescencias, representan otros tantos datos taxonómicos utilizables. Para la observación de la nexina, cubierta más interna de la exina, así como de la constitución de las aberturas se utiliza una técnica que consiste en romper los granos de polen mediante ultrasonido, y observarlos después al microscopio electrónico de barrido (Hildeux, 1972).

Las observaciones de los granos de polen con las modernas técnicas del microscopio electrónico de barrido (scanning) permiten apreciar casi tridimensionalmente su esporodermis, que, como se sabe, permanece intacta a través del tiempo. La fijeza de los caracteres esporodérmicos del polen a nivel genérico y específico ha sido la causa de su utilización en taxonomía. Cerceau-Larrival (1962), basándose en la morfología polínica, propone para las *Umbelliferae* varias líneas filogenéticas que se corresponden muy bien con los datos aportados por la morfología y la citotaxonomía. Silvestre (1972), en la misma línea, aporta datos sobre los géneros *Conopodium* y *Bunium* y Sáenz de Rivas (1973, 1974), apoyándose en la microscopía electrónica de barrido distingue los tres géneros europeos de las *Fagaceae* y diversas especies ibéricas del género *Quercus*.

#### *Caracteres citológicos*

La Citotaxonomía, aunque de un modo general comprende el estudio de la célula vegetal aplicado a la sistemática, hasta el momento, en la práctica, se refiere sobre todo al estudio y comportamiento de

los cromosomas y de los materiales hereditarios. Entendemos por cariosistemática la ciencia taxonómica que utiliza los caracteres del núcleo, en particular la forma y comportamiento de los cromosomas durante la división celular (mitosis y meiosis).

Los organismos poseen un aspecto externo apreciable directamente por nuestros sentidos que se conoce con el nombre de fenótipo. Dicho fenótipo es el resultado de las interacciones entre la dotación genética transmisible por la herencia del individuo o genotipo y su adaptación al medio ambiente. Se consideran hoy día como elementos constitutivos del genotipo todas las estructuras celulares que contienen ADN, en particular los cromosomas (genoma), los plastidios (plastoma) y ciertas estructuras citoplasmáticas (plasmón). No obstante, es el ADN localizado en los cromosomas el principal portador de los factores de la herencia. Los genes o cistrones, que representan la unidad genética elemental contenida en los cromosomas (aunque también se admite que pueden hallarse en el citoplasma: plasmatógenes), tienen naturaleza nucleoproteica, y estructuralmente son simples segmentos de las gigantescas cadenas de ADN de los cromosomas. Los materiales hereditarios se transmiten de padres a hijos sobre todo por medio de la información enzimática acumulada en los genes.

Los segmentos de las cadenas de ADN o genes están constituidos por millares de sencillas subunidades o nucleótidos (ésteres fosfóricos de los nucleósidos) formados elementalmente por ácido fosfórico, desoxirribosa, y una base nitrogenada pirimidínica (timina o citosina) o purínica (adenina o guanina). Las moléculas helicoidales de ADN, capaces de reduplicarse, contienen en forma de código el mensaje hereditario, y el detalle de dicha información son las bases nitrogenadas. Los procesos de mutación y recombinación son los que modelan los cromosomas, y estas estructuras contienen codificado el modelo de cada organismo. En las últimas décadas, bioquímicos, genetistas y biólogos han tratado de poner en claro la naturaleza del mensaje hereditario y han logrado descifrar algunas claves representativas del código. La conclusión principal ha sido reconocer que los únicos materiales portadores de la información genética en todas las formas de vida parecen ser las moléculas de ADN y ARN.

La estructura en doble hélice del ADN propuesta por Watson y Crick (1954) ha sido admitida universalmente. Así, el ADN está for-

mado por dos filamentos helicados o cadenas complementarias de polinucleótidos que se mantienen unidas a través de sus bases nitrogenadas por enlaces hidrógeno, que forman pares obligatorios en los que siempre se unen adenina con timina y guanina con citosina. Por tanto, cada filamento de la doble hélice y la secuencia asociada de bases, es complementaria del otro filamento y de sus bases. En consecuencia, cada cadena de polinucleótidos puede servir de molde para la reconstrucción de la otra. Estos filamentos helicados en una variedad casi infinita de combinaciones y actuando en tripletes, es decir en combinaciones de tres (codones): suministran 64 «palabras cifradas» diferentes, que son las que especifican los aminoácidos y que parecen ser capaces de poner en forma de clave todos los caracteres que los organismos transmiten de una generación a la siguiente. Se estima que con sólo una parte de un gen, es decir unos mil nucleótidos, existen teóricamente cuatro elevado a mil posibilidades distintas de ordenación a las cuatro bases en la cadena. En última instancia el papel de los genes, es decir, la información del mensaje genético, consiste en especificar la estructura molecular de las proteínas. La información genética parece que está impresa en las moléculas de ADN en orden a una secuencia linear de unidades de aminoácidos, que condicionan las moléculas de proteína, que en consecuencia son colineares. Cada subunidad de aminoácidos es dirigida a un lugar apropiado de la cadena proteica en función de la secuencia del detalle de la clave de la molécula o moléculas del ADN que cada organismo hereda de sus antepasados, y, es precisamente este ADN, el que es modelo a través de la evolución.

Otro aspecto importante de la actuación de los factores hereditarios y de la información almacenada en la secuencia de bases del ADN es su influencia en el desarrollo ordenado de la ontogenia del ser. Todo hace pensar que junto a los genes estructurales o cistrones portadores de la herencia, debe haber genes reguladores que deciden si un gen estructural debe entrar en actividad o no. Parece que como regulador actúa una sustancia protídica, el «represor», que reacciona con una parte del gen estructural u «operador». Así, pues, la actividad del operón («represor» más «operador») condiciona la acción del gen en un momento dado.

Las investigaciones sobre los polinucleótidos han sido la llave fundamental que ha permitido adentrarse en el mundo de la herencia.

De entre los hitos fundamentales en la carrera de las investigaciones en torno a los ácidos nucleicos cabe destacar el descubrimiento en 1955 por Severo Ochoa y Marianne Grunberg-Manago de la polinucleótidosfosforilasa, enzima capaz de sintetizar ARN en presencia de ribonucleótidos.

El número exacto de proteínas necesarias para el funcionamiento de una célula viva no se conoce todavía, pero parece que se aproxima a varios centenares. La mayor parte, si no todas las proteínas, funcionan como enzimas o catalizadores biológicos, y son las responsables de los cientos de reacciones químicas que tienen lugar simultáneamente dentro de la célula. Una proteína típica es una molécula que contiene centenares de aminoácidos unidos en un orden específico. Cada proteína, generalmente, contiene todos o la mayor parte de los veinte tipos distintos de aminoácidos naturales existentes. La clave estructural para cada proteína está contenida en un solo gen, que necesita un molde intermedio: el ARN mensajero, similar al ADN pero con ribosa en lugar de desoxirribosa y la base uracilo (U) en lugar de la timina. Este ARN mensajero parece que deja el núcleo de la célula y se une a los ribosomas. Los aminoácidos son transportados a los lugares apropiados sobre la cadena de ARN mensajero mediante el concurso de otro ácido ribonucleico, el ARN transferente, que contiene un enzima activamente específico que liga un determinado aminoácido.

La mayoría de los estudios cariosistemáticos en los espermatófitos se centran, como hemos dicho, en el conocimiento del cariograma mitótico y meiótico. Para examinar el cariograma mitótico se realizan técnicas sencillas como las de Tjio & Levan (1950), Kawano (1965), Valdés (1969), etc., que en síntesis fijan las raicillas con un desnaturalizador o antimitótico y tiñen a continuación los cromosomas. De este modo las mitosis de las células de los meristemas radicales quedan detenidas y la observación de la metafase de los cromosomas resulta simple y clara. Para observar su comportamiento durante la meiosis se utilizan las anteras del estambre antes de que amarillean, se fijan en una solución de alcohol acético con indicios de acetato férrico y se introducen después en una solución de carmín acético al 45 por 100 que se calienta suavemente, y se aplastan entre porta y cubre. Durante la prófase el bivalente se abre en sentido longitudinal

y se observan sus cuatro cromatidios, no separados completamente sino unidos en varios puntos que se llaman quiasmas. Cada bivalente lleva uno o varios quiasmas, que pueden corresponder a los puntos por los cuales los cromatidios no hermanos de un bivalente han sufrido un sobrecruzamiento o intercambio de segmentos entre cromatidios de cromosomas homólogos.

El número de cromosomas somático ( $2n$ ) es muy variable en los vegetales superiores y oscila desde cuatro en *Haplophappus gracilis* a más de 500 en algunos helechos. No obstante, su habitual constancia dentro de una misma especie, su frecuente correlación con las entidades sistemáticas y la facilidad de su determinación, hacen del número cromosómico un buen carácter taxonómico. Se llama número básico o gamético ( $x$ ) al número de cromosomas de los gámetas de las especies diploides. También se define el número básico de cromosomas como el común múltiplo más pequeño dentro de una serie poliploide. De esta forma, en un taxon diploide el número zigótico o somático será  $2x$ , en un tetraploide  $4x$ , en un octoploide  $8x$ , y así sucesivamente. A veces, en un género o grupo de especies hay más de un número básico de cromosomas, bien sea por ganancia o por pérdida de cromosomas a nivel diploide o poliploide (condición de aneuploide o anfidiplloide). En estos grupos, se reservará la denominación de «número básico primario ( $x_1$ )» para los que caen dentro del límite prescrito para el número básico al nivel diploide ( $x = 2-13$ ). A los restantes se les denominará «números básicos secundarios ( $x_2$ )». Puede suceder que  $x_2$  sea menor que 13 en aquellos grupos en que los poliploides derivan de especies con números básicos por debajo de 7. Darlington (1963) usa los términos dibásico y tribásico para los números derivados a través de anfidiplloides que tengan dos o tres números primarios.

El número básico de cromosomas permanece generalmente constante en los táxones de rango de género o inferior al género. La principal variación en el número cromosómico es la poliploidía, que parece haber ocurrido casi en la mitad de las angiospermas (Darlington & Wylie, 1955). Otra variación del número cromosómico es la aneuploidía que entraña un número de cromosomas supernumerarios que no es múltiplo del número básico. Después de haber estudiado un número considerable de cariogramas en angiospermas, parece dedu-



cirse que el número básico para la mayoría de ellas era originalmente siete. Por eso, cuando «n» sea mayor de 14, podrá pensarse que se trata de un poliploide. Sin embargo, las variaciones debidas a la aneuploidia conducen a frecuentes excepciones.

Forma y talla de los cromosomas. Aún cuando se pueda utilizar la medida del volumen de ADN del cromosoma, el mejor dato sigue siendo su morfología. La longitud varía entre 0,5 y 3  $\mu$  m., y dentro de un mismo cariograma los cromosomas pueden ser de tamaños variables. Uno de los datos más utilizados en citotaxonomía es el de la aparición de los cromosomas B o supernumerarios, es decir, de cromosomas especiales que no se aparean con los cromosomas del complemento normal (cromosomas A) y que no sufren la disyunción en la meiosis. La posición de la constricción primaria o centrómero permite clasificar los cromosomas en metacéntricos, cuando el centrómero lo divide en dos brazos aproximadamente iguales (isobraquiales), submetacéntricos, que son los heterobraquiales de brazos poco distintos, acrocéntricos o subtlocéntricos, cuando el dimorfismo braquial es muy acusado y por último en telocéntricos, que serían aquellos cuyo centrómero estaría situado en un extremo del cromosoma. La posición extrema del centrómero y por ende la existencia de un sólo brazo, fue largamente discutida hasta que Jiménez-Martín & al. (1965) demostraron por procedimientos ópticos tal situación.

Existen algunos inconvenientes en el uso indiscriminado del número cromosómico en taxonomía. El principal deriva de que muchas de las determinaciones realizadas son únicas y están basadas en plantas mal clasificadas o que no han sido debidamente conservadas después en los herbarios, con lo que no es posible certificar o repetir la experiencia. Otro se debe a que el material conocido cariológicamente hasta la fecha es muy pequeño y en su mayor parte corresponde a las flores del hemisferio boreal templado: por ejemplo, de las especies enumeradas en *Flora Europaea*, vol. 2 (1968), sólo se conoce el número cromosómico de un 27 por 100 de ellas. También hay que tener en cuenta las variaciones cromosómicas existentes en el seno de las poblaciones ya que los complejos de poliploides, hibridaciones, introgresiones y retrocruzamientos, agudizan el problema de la determinación del número cromosómico. Pese a todo, dada la estabilidad del número cromosómico y su marcada correlación con los gru-

pos taxonómicos, este carácter puede usarse, no sólo como indicador de la dirección que ha tomado la evolución, sino también como un dato preciso para el enjuiciamiento y separación de los táxones.

Para interpretaciones filogenéticas basadas en la morfología de los cromosomas se han propuesto algunos postulados que, si bien con excepciones, parecen responder a los hechos: *a)* Los poliploides derivan de los diploides. *b)* En las plantas más evolucionadas abundan más los cromosomas pequeños que los grandes. *c)* En las especies más evolucionadas se encuentra probablemente mayor cantidad de cromosomas acro o telocéntricos que metacéntricos. *d)* Los números básicos primarios arquetípicos dan origen a los números básicos primarios derivados, y ambos son precursores de los números básicos secundarios.

### *Caracteres químicos*

Las sustancias químicas de las plantas han sido conocidas por el hombre desde la más remota antigüedad, sobre todo aquellas que tenían aplicaciones medicinales o alimenticias. Después de la última Guerra Mundial los principios químicos vegetales comenzaron a adquirir gran relieve en el campo de la taxonomía. Se comprobó su indudable valor no sólo como indicadores de las relaciones de parentesco de los grandes táxones, sino también como caracteres discriminativos de los grupos taxonómicos de menor entidad. Inmediatamente sobrevino una época en la que se multiplicaron las investigaciones quimiotaxonómicas, y como consecuencia se propendió a considerar los caracteres químicos, más importantes que los morfológicos. Se argüía, con cierta razón, que al tratarse de caracteres internos estaban más ligados a la fisiología del vegetal que los externos. Por otra parte, es indudable que los caracteres químicos son mensurables con menor subjetividad que los morfológicos, y, en alguna ocasión, más estables frente al medio externo. No obstante, lo mismo que los caracteres externos, presentan también a la hora de clasificar los inconvenientes de paralelismo, convergencia, reversibilidad e influencia frente a los factores ambientales.

Muchos bioquímicos y genetistas insisten en la gran importancia que tiene para la Taxonomía Vegetal el estudio de las proteínas y de

los ácidos nucleicos, ya que estos, al ser constituyentes de los genes, tienen un papel preponderante en la herencia. No obstante, siendo tan complejas las interacciones fenotipo: proteína: gen, y tan desconocida en la mayoría de los casos la estructura y secuencia completa de los aminoácidos en las proteínas, no pueden todavía utilizarse directamente dichas moléculas en la taxonomía.

En la actualidad, a pesar de que existe una activa investigación de los químicos orgánicos sobre la flora —y se deben destacar aquí las escuelas españolas de Ribas-Marqués y de A. González, y como no, la inglesa de Harborne—, los quimiotaxónomos no han concluido aún el estudio comparativo de determinados productos en todas las entidades taxonómicas. Por esa circunstancia sus conclusiones tienen todavía sólo carácter probabilístico. En ocasiones, lo que constituye un carácter quimiotaxonómico no es la presencia o ausencia de una determinada sustancia, sino su concentración. No se puede olvidar que los productos químicos de las plantas aparecen en ellas como resultado final de un proceso evolutivo, que no suele ser parejo al morfológico. La presencia de un mismo componente químico en dos vegetales no presume siempre un estrecho parentesco entre ambos, pues ha podido formarse siguiendo diferentes procesos, o incluso partir de distintas moléculas. Por eso, en algunas ocasiones, es más importante averiguar a través de qué ruta metabólica se ha producido una sustancia, que sólo tratar de detectar su existencia, porque de ello puede depender su significación sistemática. De esas ideas nace el concepto de análogo y homólogo aplicados a la quimiosistemática: análogos serán los productos secundarios de dos vegetales cuya procedencia o ruta metabólica sea diferente y homólogos en el caso contrario. Dado que el proceso metabólico por el que se ha formado un producto químico vegetal adquiere esa preponderancia, en la actualidad se intenta realizar su biosíntesis en el laboratorio, y para ello se utilizan metabolitos precursores marcados isotópicamente. Generalmente la marcha del proceso se mide por técnicas radioquímicas, con lo que se habrá constatado por métodos indirectos, la serie de los intermediarios entre el precursor marcado y el producto final investigado.

Otra de las consideraciones a tener en cuenta en quimiotaxonomía es que un producto químico no se encuentra simultáneamente en to-

dos los órganos de la planta, y que en su concentración influyen factores como la edad del vegetal y el medio ambiente, circunstancias que pueden dar lugar, si no se tiene la cautela debida, a errores de interpretación. Por ello, se deben seleccionar caracteres poco variables en función del medio ambiente y que sean de cierta facilidad de determinación en el laboratorio. Además, es conveniente a la hora de escoger un buen carácter químico que su concentración en el grupo taxonómico investigado sea elevada. Por ejemplo, la existencia de clorofila a en las plantas verdes no es un buen carácter porque se encuentra en todas ellas, en cambio la presencia de clorofila e sí lo es porque sólo existe en las xantoficeas. Hoy día los grandes grupos taxonómicos de todas las algas (divisiones y clases) se reconocen y diferencian químicamente a través de sus pigmentos (clorofilas, carotenos, xantófilas, ficobilinas, etc.) y de las sustancias de reserva.

El tamaño de las moléculas químicas, que tiene un gran valor en quimiotaxonomía, ha permitido establecer ciertas tipologías que resumidas son las siguientes. L. Carreras Matas, *in litt.*, establece la siguiente clasificación:

1. Quimiotaxonomía en sentido estricto. (Métodos químicos convencionales aplicables a moléculas medianas y pequeñas, orgánicas o inorgánicas.)
  - 1.1. Estudio de productos secundarios del metabolismo: alcaloides, terpenos, flavonoides, etc.
  - 1.2. Estudios de productos fundamentales del metabolismo, orgánicos e inorgánicos, cuando su elevada concentración constituye un rasgo diferencial del grupo.
2. Bioquímica taxonómica. (Métodos bioquímicos aplicables a macromoléculas con carácter de constituyentes primarios.)
  - 2.1. Investigación indirecta de las macromoléculas: hibridación del DNA, serología de proteínas, etc.
  - 2.2. Investigación directa de la estructura: análisis de la estructura primaria de proteínas, citocromo C, papaína, etcétera.

Alston y Turner (1963), han considerado dentro de la Quimiotaxonomía los siguientes capítulos referentes a moléculas pequeñas: aminoácidos no proteicos; ácidos grasos; carbohidratos (azúcares, alcoholes, oligosacáridos, polisacáridos); alcaloides; sustancias cianogénicas; sustancias fenólicas (flavonoides); quinonas; terpenoides (terpinas); mezclas.

Mentzer (1966), por su parte, ha hecho la siguiente clasificación de los productos químicos vegetales: 1. Constituyentes primarios o básicos: 1.1. Proteínas, 1.2. ADN, ARN, 1.3. Clorofilas, 1.4. Polisacáridos. 2. Constituyentes secundarios; 2.1. Aminoácidos no proteicos, 2.2. B-cianina y B-xantina, 2.3. Terpenos, 2.4. Flavonoides. 3. Mezclas.

Para la investigación de los productos químicos vegetales de tamaño molecular mediano o pequeño, se emplea preferentemente la cromatografía, que como se sabe, es un método físico de separación de varios componentes, basado en la existencia de una fase móvil y otra estacionaria. La separación de sustancias se realiza por la retención mediante adsorción superficial en las moléculas de la capa estacionaria, de partes de la fase móvil. Así, y paulatinamente, la fase móvil sustituirá a la estacionaria a una velocidad variable de unas moléculas a otras. En la cromatografía de gases la fase móvil está constituida por un gas inerte llamado portador, que actúa como soporte de los productos volatilizados que se intentan separar. La fase estacionaria puede ser un sólido o un líquido depositado sobre un soporte sólido. El análisis de los componentes ya separados se realiza por condensación y ulterior análisis. De esta forma se establece el perfil cromatográfico típico para un individuo, población o especie. En las manipulaciones pueden utilizarse material de herbario además del fresco.

Para la investigación de las grandes moléculas proteicas se utiliza la serología, cuyo fundamento es el siguiente. El extracto proteico de una planta (material antigénico de referencia) se inyecta a un conejo, que formará los anticuerpos correspondientes. Este suero de conejo con los anticuerpos, es el que se utilizará para reaccionar con el material antigénico procedente de los táxones a estudiar. La reacción es por tanto cruzada. Se utilizan los siguientes procedimientos para determinar la cantidad de precipitado obtenido. *a)* Método de Heidelberger y Kjendall (1929, 1935) que determina el nitrógeno proteico cuantitativamente. *b)* Método de Boyden, que establece la similitud de las proteínas de las plantas, comparadas después de las precipitaciones serológicas a base de medir la turbidez con el fotorefléctómetro, y establecer la curva normal de titulación. *c)* Método de Moritz, que realiza las precipitaciones serológicas en un medio de gel-alginato, con lo que las capas se pueden recoger fácilmente para

averiguar cuáles son las moléculas que se han formado durante el experimento, es decir, efectuar un análisis cualitativo del precipitado, se utilizan métodos de difusión de antígenos y anticuerpos a través de geles. Si se aplica un campo eléctrico (las partículas proteicas están cargadas), estamos en presencia de la inmunoelectroforesis. En las técnicas en que ambos (antígeno y anticuerpo) emigran en una doble difusión, las bandas, líneas y arcos que se forman, constituyen un espectro característico. Los geles que se utilizan preferentemente para estos análisis son los de acrilamida.

Otro procedimiento para la investigación indirecta de grandes moléculas es la hibridación del ADN. Estos estudios se han realizado en bacterias, aunque Bendich y Bolton (1967) lo hicieron en ciertas papilionáceas y gramíneas. Como el ADN integrante de los genes está compuesto por dos subunidades o filamentos retorcidos en espiral de un modo tal que cada uno es complementario del otro, un filamento aislado experimentalmente puede servir de molde para reconstruir su pareja. De ahí que las semejanzas entre los ADN de dos táxones puedan averiguarse al obligar a un filamento a reconstruir el otro «in vitro», con material genético procedente de un taxon diferente. Estas investigaciones han establecido no sólo las relaciones entre dos táxones, sino que son aplicables a la filogenia. Otra línea de investigación prometedora es la desarrollada por Boulter (1973) sobre secuencias de aminoácidos.

### CAPÍTULO III. TRATAMIENTO NUMÉRICO DE LA INFORMACIÓN

La Biometría o Biología cuantitativa es la ciencia que trata de la aplicación de los métodos estadísticos y matemáticos al estudio de los fenómenos vitales, y en nuestro caso a los caracteres de las plantas. El empleo de la Estadística para la interpretación de los resultados permite una clasificación y análisis de los conjuntos de datos, con objeto de interpretarlos entre sí, e inducir las leyes que los regulan. En Matemáticas se llega frecuentemente a nuevos teoremas o leyes mediante la comprobación de una serie de casos particulares, pero el teorema o propiedad no se incorpora a la ciencia mientras no ha sido demostrado mediante los recursos de la lógica, a partir de axiomas fundamentales colocados al principio de la teoría.

En ciencias como la Botánica en que no existen dichos axiomas no caben tales demostraciones y se utiliza el método de la inducción probabilística o inferencia estadística. En estos casos, al inducir una ley que regule el fenómeno observado, al no existir axiomas fundamentales para demostrarlo, sólo cabe comprobarlo en el mayor número de casos posibles, y considerar el conjunto de observaciones realizadas como una parte de todas las experiencias posibles. Es indudable que tal tipo de conocimientos inductivos es inherente a las ciencias experimentales por su misma naturaleza, pues en ellas, al proponer una ley para describir un cierto tipo de fenómenos, no cabe otra cosa que comprobarla mediante nuevos experimentos y tratar de dar una medida de la confianza. El objeto de las manipulaciones estadísticas es estudiar el efecto de la influencia de unos factores sobre otros, o la relación más o menos precisa entre los mismos, es decir, realizar un control de la calidad de la observación y eliminar las causas perturbadoras de un experimento.

En síntesis, la Estadística acomete tres aspectos distintos para la interpretación de un fenómeno biológico: *a)* descripción de la observación realizada; *b)* análisis de los conjuntos de observaciones con sus problemas de interdependencia y eliminación de los factores cuya influencia pueda enmascarar los resultados, y *c)* revisión de los fenómenos que en condiciones análogas han de producirse. Con ello el biólogo adquiere una idea abstracta de la totalidad del mismo, aún cuando sólo haya realizado una observación parcial.

Los principales métodos estadísticos aplicados a la Taxonomía Vegetal son: la media aritmética, la varianza (concepto introducido para dar una medida de la dispersión de los datos alrededor de su media aritmética) y la desviación típica que es la raíz cuadrada de la varianza y que representa otra medida de la dispersión de datos alrededor de la media. Cuando se trata de comparar la variabilidad relativa de diversos grupos de muestras, aunque las bases de cálculo estén en unidades diferentes, se aplica el coeficiente de variación de Pearson. En ocasiones también se utiliza el coeficiente de Galton, que tiene por objeto observar la variación simultánea de pares de caracteres. Cuando los grados de libertad son menos de 60, es decir las muestras son poco numerosas, la distribución de los promedios se ajusta mediante la (*t*) de Student. Con este dato, *t* de Student, o el correspondiente a muestras numerosas, se obtiene en las «Tablas de Fischer y Ya-

tes» (1), la probabilidad (P) de que cualquier diferencia sea debida al azar o corresponda a una realidad, lo que nos atestiguará la bondad del experimento.

La Taxonomía numérica o Taxometría es una ciencia que nació para objetivar en lo posible la apreciación que de los caracteres hace el botánico. Esta ciencia tiene sus antecedentes remotos en Adanson (1757), y recientemente en Pearson (1926) y Anderson (1949). El último autor ideó un diagrama de dispersión simbólica, en el cual las ordenadas y las abscisas indican los valores de dos caracteres numéricos que permiten situar geoméricamente cada individuo, del que se completa la descripción ajustándole signos convencionales que representan diversos caracteres cuanti o cualitativos. El grado de parecido de los individuos será traducido por la proximidad relativa de puntos representativos y la mayor o menor similaridad de los signos convencionales. Se ha visto que para fenómenos de introgresión es un buen método, pero tiene el inconveniente de que no se puede utilizar un gran número de individuos ni de caracteres.

La Taxonomía numérica está basada en las semejanzas presentadas por caracteres observados en los táxones que se comparan, y opera con un número elevado de caracteres simultáneamente. Las operaciones que se realizan pueden resumirse según Sokal & Sneath (1963) en: 1) elección de las unidades que han de ser estudiadas, llamadas, para abreviar, Unidades Taxonómicas Operativas (UTO), y que son, por ejemplo, individuo, estirpe, raza, etc. 2) selección del carácter. Para que la Taxometría sea lo más objetiva posible deben utilizarse más de 50 caracteres unitarios; éstos se codifican por todo (+), nada (—), no comparable (NC), o no hay dato (0). Todos los caracteres son en principio equivalentes. A continuación se confecciona una tabla «t» (UTO) × «n» (caracteres), y se realiza el tercer proceso. 3) Medida de la semejanza. La semejanza completa (s) se calcula comparando cada UTO con todas las demás, y se tabulan los resultados. 4) Después se pasa el análisis de grupos. Se reordena lo tabulado para que queden agrupadas las UTO que más semejanza tengan entre sí. Estos grupos se llaman fenones y pueden a su vez ordenarse en un dendrograma. 5) Por último se realiza la discriminación. Se

(1) Statistical Tables for Agricultural, Biological and Medical Research, 1953-ed. Oliver & Boyd, Edinburgo.



hace una valoración *a posteriori* de lo obtenido para seleccionar los caracteres que puedan considerarse buenos para el grupo que se ha estudiado.

Un ejemplo de la Taxometría aplicada es el estudio del género *Laccinium* (Smith, 1969) y del género *Loudetia* (Lubke & Phipps, 1972). En este último, basado en la anatomía foliar, que además otorga a los caracteres un valor filogenético que permite establecer lazos de parentesco entre las especies.

En la aplicación estricta de los métodos taxométricos, se acepta que todos los caracteres tienen en principio el mismo valor. Sin embargo, cuando un carácter controla otros varios, el sistema puede resultar incorrectamente aplicado. La valoración ponderal de los caracteres y otros problemas de esa índole, han sido recientemente considerados (Williams, 1969; Sneath, 1969; Mc Neill, 1972). Desde hace pocos años se ha desarrollado otra línea de trabajo dentro de la Taxometría, para la elección del programa adecuado a aplicar en la realización del análisis de poblaciones vegetales mediante computadoras (Govoni et al., 1970). Los métodos de la Taxonomía Numérica se han aplicado también a problemas de delimitación de nuevas especies (Rogers & Appan, 1969), confección de claves de identificación (Hall, 1970), elección de rangos (Hall, 1969), etc. Por nuestra parte hemos aplicado el procedimiento de Sokal y Sneath para estudiar comparativamente los caracteres palinológicos de los *Quercus* españoles (Sáenz de Rivas, 1973), en el que las especies quedaron claramente agrupadas según sus similitudes, dentro de los subgéneros *Sclerophylloids*, *Lepidobalanus* (= *Quercus*) y *Cerris*.

#### CAPÍTULO IV. LA ESPECIE Y LA POBLACIÓN

La especie es la unidad fundamental y básica de la Sistemática. El Diccionario de la Lengua Española (1970) define la especie, en su acepción para Botánica y Zoología, como: «Cada uno de los grupos en que se dividen los géneros y que se componen de individuos que, además de los caracteres genéricos, tienen en común otros caracteres por los cuales se asemejan entre sí y se distinguen de los de las demás especies».

El famoso botánico Linné, instaurador de la nomenclatura binaria de la especie, en su obra básica *Species Plantarum* (1753) dio nombre a unas 5.900 especies distintas. Para diferenciarlas buscó discontinuidades en sus caracteres morfológicos, y para crear los rangos taxonómicos superiores a la especie (género, familia, orden y clase) atendió preferentemente a los caracteres del aparato reproductor de la planta. Por tal razón a su clasificación se la ha llamado «Sistema Sexual». La visión biológica que tenía Linné de la especie queda reflejada en su frase «contamos tantas especies cuantas formas distintas fueron creadas desde el principio». Como todos los creacionistas concebía la especie basada en un tipo fijo desde la creación del Universo. No obstante su fijismo creacionista, en sus obras de madurez, tal vez menos conocidas, se refleja ya la idea de que la naturaleza no es inmutable, sino que existe una transformación, es decir, una continua evolución. De todos modos, las ideas creacionistas y su noción sobre la especie prevalecieron incluso durante toda la primera mitad del siglo XIX, lo que ha dado lugar a la época de las llamadas clasificaciones artificiales, que hemos ya comentado en el capítulo primero.

El naturalista Lamarck admitió en un comienzo las ideas creacionistas de Linné sobre la especie, pero más adelante defendió que un organismo, por adaptación al medio podía dar lugar a otro distinto, como resultado de las alteraciones morfológicas debidas a las influencias externas, y que estos nuevos caracteres podían ser conservados mediante la herencia. Son por tanto las teorías lamarquistas precursoras del evolucionismo científico. Pese a que fue un genial innovador, sus ideas fueron criticadas acerbamente incluso por sus propios discípulos, y murió abandonado y desprestigiado.

Darwin (1809-1882), tras su famoso viaje por el Nuevo Mundo, planteó la gran dificultad existente en delimitar las especies debido a su constante evolución a través de los tiempos, ya que las diferencias morfológicas se funden insensiblemente. Las hipótesis darwinistas sobre la evolución se pueden concretar en los siguientes postulados: 1. Además de las variaciones discontinuas y bruscas entre las especies, existen otras, continuas y lentas, que actúan en el proceso evolutivo. 2. La selección natural es el freno que impide el crecimiento de los seres vivos en progresión geométrica. 3. Mediante la selección natural sólo sobreviven los individuos que poseen unas ciertas

ventajas sobre el resto de la población. Dichas ventajas son hereditarias. 4. Los procesos más importantes que actúan bajo el término selección natural son los siguientes: a) «selección estabilizante» o normalizadora, que tiene por objeto eliminar los individuos que se separan significativamente de la media en la curva normal, es decir, los que presentan las máximas variaciones al nacer respecto al fenotipo medio; b) «selección direccional», que actúa cuando el ecótopo cambia en una dirección particular; c) «selección de ruptura», que sobreviene cuando un medio homogéneo se diversifica. El último postulado darwinista puede definirse diciendo que la selección natural actúa sobre millones de organismos que viven en un medio ambiente en continuo cambio, por lo que constantemente se producen nuevos tipos, que se diferencian de sus antecesores y que pueden sustituirlos en el proceso de la evolución.

En la actualidad no se considera suficiente el darwinismo para explicar todos los fenómenos relativos a la especiación. Por una parte, no profundiza bastante en la esencia del fenómeno de la variación, y por otra tiene poco en cuenta la posibilidad de formación de nuevas especies por la llamada acción directa o brusca, cuyos principales responsables son las mutaciones y la poliploidía.

Además de los datos objetivos y subjetivos aportados por el darwinismo y por otras teorías evolucionistas, los estudios sobre la variabilidad de los caracteres morfológicos, han llevado a considerar la especie no como un tipo único, tal como preconizaba Linné, sino como un conjunto de individuos que presentan gran parecido en la mayoría de sus caracteres y que además viven en un área y en un tiempo determinados. A ese conjunto de individuos vegetales de la misma especie se denomina población. En genética (Sánchez-Monge, 1970) la población es un grupo de vegetales de reproducción limitada por el medio o por el sistema genético. En geobotánica se ha utilizado el concepto de población para expresar una reunión de individuos vegetales cualesquiera pertenecientes al mismo taxon, si bien con ello no se prejuzga ninguna cualidad genética ni tampoco fitosociológica. Bidault (1971) define la población como «un conjunto de individuos de la misma entidad taxonómica que ocupan un área geográfica determinada y pueden», al menos potencialmente, intercambiar genes». Y por último, Lacadena (1973) sintetiza claramente el

concepto diciendo que una población es un «conjunto de individuos que se reproducen entre sí». No obstante, en los últimos años Crovello, Sokal, Ráven y otros han indicado con claridad que la especie biológica es no operacional, es decir, que es un concepto que no puede llevarse a la práctica, y que las relaciones genéticas dentro de las poblaciones no se ajustan a tales definiciones teóricas simplistas.

La enciclopedia británica introduce el concepto de la variabilidad al enunciar la especie como: «un punto central abstracto alrededor del cual oscila un grupo de variaciones». De ello se desprende, que la especie no tiene nada de fijo ni de concreto, sino que es sencillamente una etapa en la evolución de los seres vivos. Para Simpson (1961) «las especies son conjuntos de poblaciones naturales efectiva o potencialmente interfecundas», es decir, conjuntos sexualmente aislados de otros grupos similares. Estas poblaciones interfecundas o especies biológicas, poseen una gran posibilidad de variación debido a la hibridación entre sus individuos. También de acuerdo con Prevosti (1969) se podría definir la especie como «un conjunto de individuos que tienen la facultad de poder intercambiar información genética ilimitadamente.

Los híbridos formados en el seno de una población para ser fértiles necesitan que durante la meiosis cada cromosoma encuentre su homólogo y se separen los bivalentes. Cuando se trata de un cruce entre individuos de un mismo taxon, cada cromosoma encuentra su homólogo, puesto que los padres son iguales y el nuevo ser resultará normalmente fértil. Pero cuanto más distintos sean los padres, menor probabilidad habrá de ello, por lo cual muchos cromosomas restarán como monovalentes y el híbrido tendrá cada vez mayores probabilidades de ser estéril. Por estas razones, al evolucionar progresivamente dos poblaciones pertenecientes a una misma especie, los individuos de diferentes procedencias llegan a mostrar una cierta ineptitud o dificultad reproductiva. En los casos extremos aquélla puede llegar a ser total, siendo en tal caso sus descendientes completamente estériles. Se admite por regla general que las poblaciones genéticas parentales han alcanzado un grado subespecífico o específico en su diferenciación evolutiva, cuando debido a su progresiva especiación, tanto morfológica como fisiológicamente presentan una elevada

ineptitud para el cruzamiento. Un paso más en este proceso de diferenciación lo constituye la imposibilidad total de obtención de descendencia, aislamiento al que se podría adjudicar el rango de sección o de género. De todo lo anteriormente expuesto sobre la especie biológica se desprende que para poder diferenciar dos especies es necesario que haya entre ellas una barrera de esterilidad, es decir un aislamiento sexual.

Sin embargo, los vegetales superiores plantean ciertos problemas a la hora de definir genéticamente la especie biológica. Estos problemas se deben primordialmente a dos situaciones: las poblaciones de híbridos fértiles y la apomixis o formación de descendientes, sin que exista fecundación mediante los gámetas, ni meiosis. Dentro de ciertos géneros como *Quercus*, *Salix*, *Sideritis*, etc., la hibridación y el retrocruzamiento reiterado o introgresión, están muy extendidos, por lo que los híbridos son a menudo tan fértiles que las poblaciones híbridas complejas enmascaran por completo los límites de las especies. Si se aplicara en estos casos el criterio estricto de aislamiento sexual para separar las especies, éstas quedarían reducidas a muy pocas unidades, y poblaciones bien diferenciadas tanto morfológica como ecológicamente, resultarían inexorablemente agrupadas bajo una misma denominación.

Se ha visto que en las poblaciones simpátricas existe una correspondencia entre la diferenciación morfológica de los órganos reproductores, cronología floral y grado de especiación, relación que no se cumple en las poblaciones alopátricas, pues debido a que se hallan separadas geográficamente, sus individuos no necesitan defenderse de la hibridación. Si en condiciones experimentales conseguimos un cruzamiento, no quiere decir que no haya entre ellos una diferenciación taxonómica. Para que una población se diferencie, se segregue y constituya una especie distinta, es necesario, por tanto, que «invente» unos mecanismos capaces de impedir la hibridación, pues si no lo hace así, puede seguir hibridándose y retrocruzándose y constituir una sola «especie biológica». También es necesario para que se llegue a constituir una nueva especie, que previa o subsiguientemente encuentre un nicho ecológico propio.

El concepto de especie biológica fundado sobre el aislamiento sexual, ha sido concebido en función de seres con flores unisexuales,

lo que no siempre sucede en los vegetales. Lo general es que las flores sean bisexuadas y se produzcan sucesivamente ciclos de autogamia (fecundación de la flor femenina por su propio polen) y alogamia (fecundación cruzada). Stebbins (1957) considera que la autogamia es un carácter más evolucionado que la alogamia. Si obligadamente se produce la autogamia o autofecundación, las poblaciones resultantes o líneas puras obtenidas de un solo genitor, pueden llegar a originar fenotipos muy numerosos, dentro de una misma especie amplia (linneon). Un ejemplo son las 200 «especies» que Jordan distinguió dentro de *Erophila verna*. Otra situación que complica la definición de «especie biológica» dentro de los vegetales superiores es la apomixis o facultad de ciertos vegetales para formar embriones sin fecundación o meiosis previa. Por todo ello, aún conservando la noción de «especie biológica», es necesario en la práctica utilizar las semejanzas y diferencias entre los individuos para definir los táxones, pero se ha de tener presente que los táxones así definidos no tienen el mismo significado evolutivo.

Pese a los múltiples ensayos habidos para definir el concepto de especie la proposición de Stebbins (1950) sigue siendo aún un buen resumen, sobre todo en base genética: «Las especies consisten en sistemas de poblaciones separadas entre sí por discontinuidades completas o muy grandes en su variación; estas discontinuidades deben tener una base genética y reflejar la existencia de mecanismos aisladores que impidan prácticamente el intercambio de genes de un sistema de poblaciones a otro». En el plano exclusivamente fenotípico, la definición de especie de Gilmour (1940) es bastante precisa: «Una especie es un grupo de individuos que, en la suma total de sus atributos, se parecen los unos a los otros en un grado habitualmente aceptado como específico, tal grado en último término será determinado por el juicio más o menos arbitrario de los taxonomistas». Sin embargo, el indudable subjetivismo de esta definición, puede obviarse al emplear las técnicas, caracteres y criterios, actualmente en uso en la Taxonomía Vegetal. Otras muchas definiciones de la especie podríamos aportar o incluso proponer, pero a causa de la complejidad del concepto serían demasiado prolijas. En consecuencia, tal vez por esta razón, no se dispone aún de una definición universalmente válida de la especie.

## CAPÍTULO V. LA VARIACIÓN INFRAESPECÍFICA

La metodología sobre el estudio de la variación hereditaria de las especies y de las unidades infraespecíficas ha sufrido cambios importantes durante el último siglo. Quetelet (1796-1874) y Galton (1822-1911) comenzaron a estudiar de un modo crítico la variación natural, y Pearson (1857-1936), algo más tarde, desarrolló el concepto de «herencia ancestral», que está en contradicción con la teoría de Mendel (1865), replanteada por Jule, quien a su vez sugirió que la ocasional ausencia de segregación de caracteres en la segunda generación, tal vez fuese debido a que un sólo carácter pudiese estar controlado por más de un gen.

Desde hace poco tiempo, las variaciones morfológicas evidenciables dentro de una población se han tratado de interpretar desde ángulos genéticos y ecológicos. Hay especies que presentan distinto fenotipo en función del medio en que ocasionalmente viven. Un ejemplo es *Sagittaria sagittifolia*, que en su ecótopo habitual (cursos de agua lentos) posee hojas de dos clases: unas juveniles enteras, elípticas y sumergidas, y otras adultas, aéreas, con el típico aspecto de flecha; en tanto que en los cursos de agua rápida no produce más que hojas juveniles enteras y además no llega a florecer. Ya es clásico el ejemplo del botánico Turesson, que tras recoger plantas y semillas de numerosas especies en sus medios naturales, las hizo crecer en Malmö y después en Akarp (localidades distanciadas entre sí unos 10 km.). Tras el experimento pudo constatar que especies que tenían fenotipos diferentes en hábitats distintos, conservaban dicho aspecto aunque estuvieran cultivadas en el mismo medio y viceversa. Estas experiencias, sobre todo con *Hieracium umbellatum*, le llevaron a admitir que la variación fenética estaba en relación con el genotipo y llamó a estas razas locales ecótipos. Otro ensayo de este botánico fue cultivar en medios experimentalmente idénticos plantas de la misma especie procedentes del piso alpino, que florecían antes, junto con otras más tardías del piso montaño, con ello pudo comprobar que en el nuevo medio se conservaban las distintas fenologías (adaptación). Por el contrario, las experiencias realizadas con las formas heliófilas de *Lysimachia vulgaris* (Turesson, 1922), de hojas muy di-

versas entre sí, resultó que el dimorfismo foliar era sólo función de la intensidad luminosa y no mostraba fijeza hereditaria alguna (acomodación).

Clausen, Keck y Hiesey (1940) realizaron otro experimento interesante. Recogieron numerosas muestras de *Potentilla glandulosa* en un transecto de unas 200 millas en las montañas de California. Hicieron crecer clones de todas ellas en tres jardines experimentales situados a diferente altitud: Stanford (30 m.), Mather (1.400 m.), y Timberline (3.050 m.), y pudieron comprobar que existían en la especie cuatro ecótipos distintos que hicieron corresponder con otras cuatro subespecies: *glandulosa* (de llanura), *reflexa* y *hanserii* (de altitud media) y *nevadensis* (alpina). Más recientemente Bradshaw (1959-60) ha demostrado que en la naturaleza se pueden encontrar esquemas y variaciones mucho más complejos. En efecto, tras recoger numerosas muestras de *Agrostis tenuis* en diversas localidades del País de Gales y hacerlas crecer experimentalmente en una variada gama de ambientes, desde el nivel del mar hasta los 800 m., concluyó que las plantas diferían perceptiblemente en su morfología y fisiología, pero que no se podían delimitar con exactitud los ecótipos, ya que existía una variación compleja y continua, que contradecía las teorías de Turesson y de los americanos.

Langlet (1934) sugirió que dado que los factores ambientales: hábitat, temperatura, etc., se modifican de un modo lento y continuo en función de los parámetros, latitud y altitud, las variaciones de las especies eran también graduales y no discontinuas. Estas ideas pronto encontraron partidarios. Gregor (1938) recogió gran cantidad de semillas de *Plantago maritima*, procedentes de distintos ecótipos, en el norte de Gran Bretaña y luego las cultivó en su jardín experimental. Tras el experimento pudo comprobar que el aumento progresivo del tamaño del escapo floral, así como el volumen, espesor, longitud de las hojas y peso de las semillas, eran caracteres que variaban de manera continua en función de un determinado gradiente ecológico. En tal sentido Huxley (1938) designó con el nombre de «clines» las variaciones continuas de caracteres en relación con los distintos gradientes del medio.

Si se examinan comparativamente ambas metodologías, se percibe que Turesson y Clausen & col. recolectaban las muestras en



lugares muy aislados entre sí, mientras que Gregor y Bradshaw lo hacían en áreas muy próximas. De este modo era natural que, las muestras recogidas en hábitats extremos y alejados, pudieran resultar ecótupos distintos, fácilmente diferenciables, mientras que las procedentes de áreas vecinas proporcionasen una variación clinal. El muestreo, es, por tanto, un factor muy importante para los resultados. También influye decisivamente el sistema de reproducción de las plantas estudiadas, pues las pequeñas poblaciones locales polinizadas por insectos muestran a menudo discontinuidades ecotípicas muy claras, mientras que éstas son menos probables en el caso de plantas anemógamas.

En definitiva, los ecótupos, que según Turesson (1922) eran «el producto resultante de la respuesta genotípica de una ecoespecie o de una especie de un hábitat particular», son considerados por Gregor (1939), salvo en grupos apomícticos, nada más que como «puntos de referencia en una serie de poblaciones ecotípicas fluctuantes». En trabajos recientes se tiende a no designar ecótupos y se prefiere hablar de variabilidad de poblaciones. Y en el orden práctico se precisa para admitir un taxon que ha de mostrar al menos alguna discontinuidad morfológica evidenciable.

Para la división de la especie, desde un punto de vista simplista, se pueden aceptar las ideas sugeridas por Valentine y Löve (1958). Precisan que para adjudicar a un taxon el rango de subespecie, variedad o forma, se debe proceder del siguiente modo: la subespecie debe corresponder a una clara modificación morfológica con importante base geográfica, la variedad a grupos restringidos, bien sean geográficos o ecológicos, y la forma, dicen, no es otra cosa que el resultado de variaciones ocasionales en el seno de una población. Las unidades infraespecíficas, en particular las subespecies y variedades no tienen una definición precisa. Las sugerencias y definiciones de Stebbins (1950) a este respecto, pueden resultar prácticas: «una subespecie o variedad geográfica es una serie de poblaciones que, teniendo ciertos caracteres morfológicos y fisiológicos comunes, ocupan sólo una parte del área geográfica de la especie, o una serie de estaciones ecológicas similares, y se diferencian por varios caracteres de los ejemplares típicos de otras subespecies, pese a hallarse relacionados por ciertas formas intermedias», o en precisión de Heywood (1960)

«un tanto por ciento de caracteres intermedios». En lo formal, las ideas sobre nuevos táxones sugeridas por Bullock (1968) pueden también ser utilizadas.

De acuerdo con Sánchez-Monge (1970), se conoce con el nombre de especiación «el proceso por el cual aparecen nuevas especies» (táxones). El mecanismo de diversificación de los seres vivos o especiación puede realizarse de modos diversos, y dicha especiación puede ser gradual o brusca (Valentine, 1962). La especiación gradual, que es un fenómeno difícil de comprobar, se produce cuando en una población de área homogénea cambian las condiciones del medio y actúa la selección estabilizadora. Así, los individuos o se adaptan o se ven impelidos a emigrar hacia áreas vecinas de condiciones ecológicas análogas a las primitivas. A continuación entra en juego la selección direccional, y con el concurso del tiempo se transforman en individuos genéticamente diferentes de los padres, sobre todo si, como insiste Prevosti (1969), hay un aislamiento geográfico que impide un activo intercambio de genes en la población. En la especiación brusca intervienen fundamentalmente dos fenómenos: la mutación y la poliploidía.

En sentido amplio, una mutación es un cambio en el material hereditario de un individuo no atribuible a segregación ni a recombinación. En un orden práctico se puede distinguir entre mutaciones génicas, que son cambios mínimos en la estructura y propiedades hereditarias de uno o pocos genes, y mutaciones cromosómicas que son modificaciones importantes en la estructura o número de los cromosomas. Experiencias en microorganismos han demostrado que el fundamento de una mutación es una modificación en las secuencias de las bases del ADN. En la naturaleza la frecuencia de tales alteraciones parece ser pequeña. Sin embargo, experimentalmente, agentes mutágenos como los rayos X pueden provocar toda una variación de modificaciones genéticas, desde cambios en la secuencia de bases del ADN, hasta modificaciones visibles en los cromosomas.

Anderson (1949) ha ofrecido una serie de ejemplos de infiltración gradual de materiales hereditarios de híbridos interespecíficos en una o ambas especies parentales, como resultado de repetidas hibridaciones espontáneas. Este proceso llamado introgresión o retrocruzamiento, está más repartido y es más importante en las angiospermas de lo que pudiera pensarse. Para demostrar la introgresión dicho autor propuso

un método biométrico que llamó «índice de hibridación», que consistía en el estudio comparativo de los caracteres morfológicos de las dos especies parentales y de sus híbridos. Se han realizado pocos estudios experimentales sobre la introgresión, tal vez por el tiempo que es necesario para ello (Gorenflot, 1964).

La poliploidía, o fenómeno por el cual un organismo tiene en sus núcleos más de dos juegos completos de cromosomas o genomios, constituye un activo sistema de especiación. Un individuo u órgano es un auténtico diploide cuando su dotación autosómica contiene sólo dos juegos de cromosomas homólogos y cada juego corresponde al número básico del género ( $x$ ). Si el taxon contiene un número de cromosomas múltiplo de  $x$ , superior a dos, se habla de poliploide: ( $3x$ ) triploide, ( $4x$ ) tetraploide, ( $6x$ ) hexaploide, etc. A veces, para facilitar la comprensión pero de un modo impropio, se denominan diploides los individuos que tienen la dotación cromosómica de los dos gametas, es decir se hallan en su diplofase, prescindiendo del número básico ( $x$ ) de cromosomas del grupo taxonómico. Cuando un poliploide tiene todos los juegos de cromosomas de su genomio idénticos se denomina outoploide o autopoliploide; si no ocurre así por ser resultado de una hibridación y los cromosomas no forman multivalentes sino bivalentes en la meiosis, los poliploides se designan como aloploides.

Los autopoloides deben su origen a causas diversas, por ejemplo a fenómenos de dispermia, que es una fecundación simultánea del óvulo por dos espermatozoides con lo que se originan semillas, y posteriormente individuos, triploides, por una modificación del ciclo evolutivo normal, bien sea por traumatismo, por acción del frío o por ciertas sustancias mitoclásicas como la colchicina, que inhibe la formación del tabique y subsiguiente escisión en la anafase. Los autopoloides formados en la naturaleza se parecen morfológicamente a sus padres en grado sumo, por lo que a simple vista muchas veces no es posible diferenciarlos. Como por otra parte su poca fertilidad los hace ser de escasa viabilidad, la autopoloidía juega un papel pequeño como creadora de nuevos táxones. Se ha querido ver que la biomasa y magnitud de las plantas autopoloides es mayor que la de sus correspondientes diploides, lo que ha dado posibilidades de aplicación en la agricultura.

La formación de los aloploides, que son los poliploides más frecuentes en la naturaleza, está precedida de una hibridación. Por ello las posibilidades de variación del fenotipo son mucho mayores que en el caso de los autopoloides. Asimismo, al multiplicar su dotación cromosómica posteriormente, el híbrido puede superar la esterilidad. Según Allard la hibridación, en sentido amplio, es la unión de dos gámetas que difieren entre sí, al menos, en la constitución alélica de un segmento. Si se hibridan dos especies cuyos gámetas lleven cromosomas no homólogos  $x = ABCD$ , y  $x' = EFGH$ , el individuo poseerá la dotación  $x + x' = ABCDEFGH$ . En el momento de la meiosis, ningún cromosoma encontrará su homólogo, con lo que restarán todos al estado de monovalentes. A estos casos, en general poco viables, corresponden los verdaderos aloploides. Un caso especial de los poliploides lo constituyen los llamados aloploides segmentales, que proceden de la hibridación de plantas que poseen un antepasado común, y por ello unas dotaciones cromosómicas con analogías en los genes o segmentos (loci). Su carácter citológico esencial es la posibilidad de formación de multivalentes, por lo que suelen ser fértiles. Existe un gran número de especies que tienen un origen aloploide (*Polypodium interjectum*, *Galeopsis tetrahit*, *Nicotiana rustica*, etc.).

La aneuploidia es otro tipo de ploidía en la cual un organismo tiene un número cromosómico que no es múltiplo del número básico. Según Lacadena (1973), la aneuploidía puede referirse a distintos niveles ploídicos (haploide, diploide, poliploide), pudiendo haber cromosomas por exceso (hiper) o por defecto (hipo). Frente a los individuos normales o disómicos se pueden reconocer los: nulisómicos ( $2n - 2$ ), es decir, aquellos que les falta un par de cromosomas homólogos, monosómicos ( $2n - 1$ ) que les falta un cromosoma completo, trisómico ( $2n + 1$ ), aquellos que tienen un cromosoma por triplicado, etcétera. Un individuo aneuploide se forma a partir de gámetas aneuploides, los cuales a su vez se originan por diversas causas, como puede ser la no disyunción durante la meiosis. La viabilidad de los aneuploides varía de unos grupos taxonómicos a otros. Algunos géneros en las labiadas (Gómez, 1970) muestran series aneuploides muy desarrolladas.

Los cromosomas accesorios, llamados también cromosomas B,

parece que entrañan un aumento de vigor y variabilidad para el individuo que los posee, pero a la vez una cierta pérdida de su fertilidad.

La poliploidía existe en todos los vegetales: algas, briófitos, pteridófitos y angiospermas. Pocos casos se han observado en los hongos, así como en las gimnospermas (excepto *Pseudolarix*, *Sequoia*, *Juniperus* y *Podocarpus*). Stebbins (1971) ha encontrado que existe una elevada proporción de poliploides dentro de las angiospermas. Esta poliploidía parece ser más frecuente en las plantas herbáceas vivaces que en las anuales, y en las leñosas de los países templados que en las de las tropicales dentro de las angiospermas, las monocotiledóneas tienen un mayor porcentaje de poliploides, lo que está en consonancia con el hecho de que son más modernas que las dicotiledóneas.

Se ha discutido mucho acerca de la relación entre las floras ricas en especies poliploides y la latitud, ya que por ejemplo, mientras en Sicilia hay un 37 por 100 de poliploides; en Groenlandia tal porcentaje alcanza el 71,9 por 100 (A. y D. Löve, 1949). Basándose en estas experiencias se ha establecido la hipótesis de que los poliploides toleran mejor los climas fríos. Sin embargo, no puede afirmarse categóricamente que exista una correlación general entre poliploidía, latitud y altitud. Una explicación a los hechos encontrados sería que dado que la poliploidía es más frecuente entre las plantas vivaces, las floras que contengan mayor cantidad de ellas, como son las árticas, poseerán más elevado porcentaje de poliploides. Los táxones diploides, antecesores de los poliploides, son relativamente más frecuentes en los países que no sufrieron las glaciaciones, es decir permanecen en ellos como relictos. Una característica fisiológica de los poliploides es la reducción de su fertilidad y el aumento del vigor y resistencia frente a las condiciones ecológicas hostiles. Por ello es corriente que los poliploides se dispongan en las zonas periféricas del área de los diploides, que es donde hay más oportunidades de variación. En resumen, se puede decir que aunque el área de los poliploides es distinta a la de sus predecesores diploides, las numerosas excepciones encontradas no permiten llegar a correctas conclusiones sobre su distribución geográfica. Es preciso para ello un cuidadoso estudio, no sólo de los porcentajes de poliploides en un área, sino de la morfología, comportamiento fisiológico, relación del poliploide frente a sus antepasados diploides, etc. El estudio del origen y del área de los

poliploides y de los endemismos (Favarger, 1969 y Favarger & Contandriopoulos, 1961) tiene, además de aplicación taxonómica, una gran importancia en el conocimiento de la paleohistoria y de la vegetación.

## CAPÍTULO VI. CÓDIGO INTERNACIONAL DE NOMENCLATURA

Como dice el propio Código, la «Botánica requiere un sistema de nomenclatura sencillo y preciso a la vez, que sea empleado por los botánicos de todos los países y comprenda de un lado, los términos que designan los rangos de las unidades o de los grupos taxonómicos y, de otro, los nombres científicos propios de cada grupo taxonómico de plantas».

Para fijar de un modo práctico y supranacional la denominación de las especies así como la del resto de las unidades taxonómicas, los botánicos han acordado ajustarse a unas normas o reglas aceptadas internacionalmente. Desde 1867 hasta la fecha se han realizado once Congresos Internacionales de Botánica y en la mayor parte de ellos se ha acordado elaborar un Código de Nomenclatura para cubrir esta necesidad. Los once Congresos que llevan tal nombre, se han celebrado en las ciudades de París (1867-1954), Viena (1910), Cambridge (1930), Amsterdam (1935), Estocolmo (1950), Montreal (1959), Edinburgo (1964) y Seattle (1969). El próximo Congreso (1975) tendrá lugar en Leningrado. Como ciertos grupos taxonómicos requieren reglas especiales, existe un apéndice especial al Código Internacional de Nomenclatura para las bacterias y virus (Ames, Iowa, junio 1958) y otro para las Plantas Cultivadas (Utrecht, junio 1961).

El último Código Internacional de Nomenclatura (marzo, 1972) consta de tres divisiones: I. Principios, II. Prescripciones obligatorias o «leyes», y III. Disposiciones relativas a su propia enmienda. Además, lleva tres apéndices especiales (nombres de híbridos, de familias y de géneros a conservar y rechazar) y dos guías (determinación de tipos y citación de la bibliografía).

Los seis «Principios» en que se basa el Código Internacional de Nomenclatura, contenidos en la división I, son: 1. La nomenclatura botánica es independiente de la zoológica. 2. La aplicación de los nombres de los grupos taxonómicos está determinada por el método

de los tipos nomenclaturales. 3. La nomenclatura de un grupo taxonómico se funda en la prioridad de la publicación. 4. Cada grupo taxonómico, de delimitación, posición y rango dados, no puede llevar más que un nombre correcto, que es el más antiguo conforme a las reglas, salvo excepciones específicas. 5. Los nombres científicos de los grupos taxonómicos son considerados latinos, cualquiera que sea su etimología. 6. Las reglas de nomenclatura tienen un efecto retroactivo, salvo indicación contraria.

La división II, que trata de las reglas y recomendaciones, contiene seis capítulos que se reparten los 75 artículos donde se especifican las prescripciones obligatorias o «leyes». Los artículos tienen el doble objeto de ordenar y aclarar la nomenclatura legada por el pasado y preparar la del futuro. Los artículos van seguidos de las recomendaciones que tratan, además de aclarar puntos oscuros o secundarios, sobre todo prevenir para el futuro. Así, mientras que un nombre en contradicción con una regla debe ser rechazado por ilegítimo, si sólo atenta contra una recomendación se puede conservar. Los seis capítulos de la división II se ocupan en particular de lo siguiente: capítulo I, «rango de los táxones y términos que los designan»; capítulo II, «validez, tipificación y prioridad de los táxones»; capítulo III, «nombre de los táxones»; capítulo IV, «publicación de los táxones»; capítulo V, «conservación, elección y rechazo de los nombres de los táxones»; capítulo VI, «ortografía de los nombres de los táxones».

El capítulo I incluye cinco artículos que definen el sistema de clasificación de los grupos taxonómicos de cualquier rango, y como cada individuo pertenece jerárquicamente a un número sucesivo de táxones, de los cuales la especie es el rango base. Se especifica cuáles son los grupos taxonómicos en orden descendente: división (*divisio*), clase (*clasis*), orden (*ordo*), familia (*familia*), género (*genus*) y especie (*specie*). Y si se tiene necesidad de mayor número de rangos taxonómicos el Código prevé su formación por la adición del prefijo sub- al nombre del rango correspondiente, o por introducción de nuevos términos, así: *divisio*, *subdivisio*, *clasis*, *subclasis*, *ordo*, *subordo*, *familia*, *subfamilia*, *tribu*, *subtribu*, *genus*, *subgenus*, *sectio*, *subsectio*, *serie*, *subserie*, *specie*, *subespecie*, *varietas*, *subvarietas*, *forma*, *subforma*.

El capítulo II comprende nueve artículos repartidos en cuatro secciones. La sección 1 se ocupa de los términos: nombre y combina-

ción, así como de si éstos son o no legítimos, válidos y efectivos. La palabra nombre designa cualquiera cuya publicación sea válida, tanto si es legítimo como ilegítimo. El nombre de un taxon de rango inferior al género que comprenda el del género seguido de uno o varios epítetos se llama combinación. Un nombre o una combinación son legítimos si están de acuerdo con las reglas, en caso contrario son ilegítimos. La sección 2, regula que la aplicación de los nombres de los táxones de rango de familia o inferior debe hacerse mediante el método de los tipos nomenclaturales. Un tipo nomenclatural (*typus*) es el ejemplar de herbario o cualquier otro elemento constituyente del taxon, el cual se asocia permanentemente el nombre de dicho taxon, bien sea correcto o sinónimo. Dentro de los tipos nomenclaturales se distinguen distintas nociones o categorías: holótípos, lectótípos, isótípos, síntípos, parátípos, neótípos, etc. Holótipo es el ejemplar o el elemento usado por el autor, o designado por él, como tipo nomenclatural. Cuando el autor no ha designado holótipo, o éste se ha perdido, ha de designarse un lectótipo o un neótipo para sustituirlo. Un lectótipo, es un tipo escogido entre el material original. Isótipo es un duplicado cualquiera del holótipo o del material enumerado por el autor que no ha designado holótipo. El neótipo es el ejemplar u otro elemento elegido para servir como tipo nomenclatural, cuando el material original (proterotípico), sobre el cual se ha basado el nombre del taxon, ha desaparecido por completo. Recomienda el Código que los materiales y sobre todo el holótipo de un taxon, deben ser depositados en un establecimiento botánico permanente y responsable que asegure su perfecta conservación. El tipo nomenclatural de un taxon de rango de especie o inferior a ella sea cualquiera de los citados consiste en un ejemplar o elemento único. Hacen excepción las plantas herbáceas de pequeña talla, en cuyo caso el tipo lo pueden constituir varios individuos conservados sobre una misma hoja de herbario, o en una sola preparación. El tipo nomenclatural de un género o de cualquier taxon entre el género y la especie, es una especie. Entre la familia y el género el tipo nomenclatural es un género. No se aplica el principio de la tipificación para los nombres de los táxones de rango superior a la familia. La sección 3, reglamenta que en los táxones de rango inferior o igual a la familia, el nombre correcto es uno solo: el más antiguo legítimo publicado



dentro del mismo rango. Hacen excepción nueve familias para las que se autoriza el empleo de nombres alternativos, así como ciertos hongos, y fósiles. Este principio de prioridad no se aplica a los táxones de rango superior al de familia. La sección 4, especifica a partir de qué fechas hay que respetar el principio de prioridad, así como los nombres a conservar a título de excepciones (*nomina generica et familiarum conservanda*).

El capítulo III consta de seis secciones. La sección 1 trata de los nombres de los táxones de rango superior a la familia, es decir los que no están afectados por los principios de prioridad ni de tipificación. Para ellos se especifica la desinencia propia de cada rango. Así, el nombre del orden se debe construir con el radical de la familia y el sufijo -ales, el suborden, con inaeae, etc. La sección 2 trata del nombre de las familias, subfamilias, tribus y subtribus. Se regula que el nombre de la familia es un adjetivo plural, utilizado sustantivamente, y formado por el radical de género tipo y el sufijo -aceae. La subfamilia lleva el sufijo -oideae, la tribu -eae, etc. La sección 3 versa sobre los nombres de géneros y de subdivisiones de géneros. Así, el nombre del género debe ser una palabra única en sustantivo singular. La sección 4 al tratar de los nombres de las especies señala que una especie se designa por una combinación binaria formada por el nombre genérico seguido de un sólo adjetivo específico. Con objeto de mantener la combinación binaria linneana, si el epíteto específico implica varias palabras, éstas se combinan en una sola o se ligan por un trazo de unión. En la sección 5 se regula que los nombres de los táxones inferiores a la especie son combinaciones del nombre de la especie, o taxon inmediatamente superior, con un adjetivo que concuerde gramaticalmente, precedidos en cada caso, del término que designa su rango. Por último, la sección 6 informa sobre los nombres de las plantas cultivadas, que se rigen por el Código de Nomenclatura Botánica complementado por el Código Internacional de Nomenclatura de las Plantas Cultivadas. Las plantas silvestres puestas en cultivo mantienen los nombres que llevaban al estado natural.

El capítulo IV comprende tres secciones. La sección 1 especifica las condiciones y fecha de una publicación efectiva. Así, en la actualidad una publicación se considera efectiva si, aparte de estar distri-

buida al gran público o al menos a los botánicos en general, está impresa. No son válidas las conferencias, textos autógrafos, ni tampoco por las exiccatas, listas de semillas, etc. Tampoco son efectivas las publicaciones aparecidas en catálogos comerciales o periódicos no científicos. La fecha de publicación efectiva es aquella en la que el material impreso se hace accesible al público en general. Las condiciones y fecha de publicación válidas se regulan en la sección 2 del modo que a continuación se expone. Para que actualmente un nombre esté válidamente publicado ha de reunir las siguientes condiciones: estar efectivamente publicado, estar de acuerdo con las reglas de nomenclatura del capítulo III, e ir acompañado de una diagnosis latina, o una referencia a otra diagnosis publicada efectivamente con anterioridad. Además un nombre no está válidamente publicado, si se designa el rango por un término impropio (este es el caso de una forma dividida en variedades), si no está claramente aceptado por el autor en su publicación original, o si éste lo menciona de una manera incidental, o como anticipo de una aceptación futura, es decir, como nombre provisional. Tampoco es válido si no está definido más que para los táxones que engloba o si se dieran por el mismo autor nombres diferentes y de forma simultánea al mismo taxon. O, por último, si no se indica el rango con precisión y no va acompañado de diagnosis latina o remite a diagnosis latina en publicación efectiva anterior. La misma sección 2 regula que tampoco es válido el nombre de los táxones de rango inferior a la familia si no se indica el tipo nomenclatural. Para plantas fósiles y las algas actuales, de rango inferior a la especie, la diagnosis debe ir acompañada de una ilustración, o de una referencia a otra ilustración publicada anteriormente de una manera efectiva. Para que el nombre de un híbrido de rango específico o infraespecífico esté válidamente publicado deberá ceñirse a las normas que rigen para los táxones no híbridos de rango equivalente. Para que un grupo híbrido con rango de género o subdivisión de género esté válidamente publicado, ha de hacerse mención de los nombres de los táxones parentales, sin que sea necesario la diagnosis latina. El nombre de un taxon de rango inferior al género no está válidamente publicado más que si el nombre del género o de la especie a la cual se atribuye, están publicados válidamente. La fecha de un nombre o de un epíteto es la de su publicación válida. En el caso

de no cumplirse simultáneamente todas y cada una de las condiciones necesarias para una publicación válida, la fecha que rige es la de la última condición satisfecha.

La sección 3 del capítulo IV precisa la manera de citar los nombres de los autores y la bibliografía. Para indicar el nombre y fecha de publicación de un taxon es necesario citar el nombre del autor o autores, que lo ha publicado. Una modificación en la diagnosis o en la delimitación de un taxon, sin exclusión del tipo, no autoriza el cambio del autor original. Si se propone una combinación nueva o se cambia el nombre de un taxon, ya admitido con anterioridad, es necesario precisar el basónimo portador del nombre o el epíteto, autor, publicación original, página y fecha de la misma. El autor del nombre o combinación original va entre paréntesis, seguido del autor del nuevo «status» o combinación. Un taxon transferido de la condición de especie a híbrido o viceversa debe citar su condición anterior y el autor original. Por último, la sección 4, dicta una serie de recomendaciones generales relativas a las citas.

El capítulo V, consta de seis secciones que versan sobre la «conservación, elección y rechazo de los nombres y de los epítetos». Expuesto de un modo resumido lo regulado en cada sección, se puede precisar lo siguiente: 1. Cuando se divide un género en varios géneros o una especie en varias especies, el nombre debe ser conservado para uno de los nuevos táxones: para aquel que quede unido al ejemplar tipo (tipo nomenclatural). 2. Cuando la transferencia se haga sin cambio de rango, se mantendrá el nombre, a no ser que, en la nueva posición, la combinación resultante hubiera sido publicada válidamente fundada sobre otro tipo o en el caso de que el nuevo nombre resultara un tautónimo (ej. *Frangula frangula*), o si en la nueva posición o rango se dispone de un epíteto legítimo más antiguo. 3. Si se reúnen en un taxon, plantas actuales y fósiles del mismo rango el nombre o epíteto del taxon actual (viviente) tiene primacía. 4. Cuando un taxon de rango inferior al género cambia de rango, el nombre o epíteto que se le debe dar, es el más antiguo legítimo en la nueva posición. Nunca tienen prioridad los nombres fuera de su propio rango. 5. Un nombre se considera ilegítimo y debe ser rechazado si en el momento de su publicación era superfluo nomenclaturalmente, es decir si el nuevo taxon delimitado por el autor,

incluía el tipo del nombre o del epíteto que se imponía según las reglas. También debe ser rechazado por ilegítimo, si repite exactamente un nombre anterior (es decir, es un sinónimo), o si está publicado válidamente para un taxon del mismo rango, pero fundado sobre un tipo diferente. Un nombre de un taxon debe también ser rechazado si es empleado en diferentes sentidos y se convierte en fuente permanente de error. En todos los casos en que se rechaza un nombre se debe reemplazar por el nombre o epíteto legítimo más antiguo disponible del mismo rango. Si no hubiera, es necesario elegir un nombre nuevo.

El capítulo VI, último de la división II, al tratar sobre la «ortografía de los nombres y epítetos y género gramatical de los nombres genéricos» reglamenta que, la ortografía original de un nombre o de un epíteto empleada en su publicación válida se debe mantener, bajo reserva de corrección de errores tipográficos u ortográficos. Aclara que en el latín botánico se admiten consonantes como  $\tau$ , e  $\gamma$ , desconocidas en el latín clásico.

La división III, última del Código, versa sobre las disposiciones relativas a enmendar el propio Código. Reglamenta esta división que el Código no pueda ser enmendado más que por decisión de un Congreso Internacional de Botánica, en asamblea plenaria, y sobre proposición de la Sección de Nomenclatura del Congreso. Los Comités de Nomenclatura Permanentes se establecen bajo auspicios de la Asociación Internacional de Taxonomía Vegetal, y sus miembros son elegidos por los Congresos Internacionales de Botánica. El voto sobre las proposiciones de enmienda al Código se hace con una votación preliminar por correspondencia, y un voto final decisivo en el Congreso Internacional.

El Código actual tiene además tres apéndices, unas guías que orientan sobre el tratamiento de los híbridos, de las «nomina conservanda et rejicienda», y unas normas para tipificar y citar adecuadamente. Así, el apéndice I ordena «los nombres de los híbridos y de las categorías especiales». Así, los híbridos interespecíficos del mismo género deben asignarse por una fórmula compuesta por los nombres de las especies parentales unidos por el signo de multiplicar  $\times$ . Los híbridos intergenéricos son designados por una fórmula o nombre de los dos géneros parentales en una sola palabra (ej. *Agro-*

*pogon* = *Agrostis* × *Polygogon*). Si se trata de híbridos entre cuatro ó más géneros, se debe formar una palabra única con la desinencia -ara. Cuando las diferentes formas híbridas derivadas de la misma especie progenitora son tratadas como pertenecientes a un taxon híbrido colectivo, son denominadas notomorfas (n. m.). En la jerarquía de rangos, notomorfa es equivalente a variedad. En el apéndice II, que trata sobre los «*nomina familiarum conservanda*», se relacionan los nombres de ciertas familias que deben ser conservados y se toma para ello como base el trabajo de A. L. de Jussieu, *Genera Plantarum*, 1789, quedando anulados los homónimos anteriores a esa fecha. En el apéndice III, sobre los «*nomina generica conservanda et rejicienda*» se relacionan aquellos nombres de géneros que deben rechazarse o conservarse y se indican los homónimos anteriores. Por último, el presente Código incluye dos guías, una para la determinación de tipos, en la que se insiste sobre la manera de tipificar y de elegir los tipos nomenclaturales; y otra que orienta sobre la citación de la bibliografía botánica.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADANSON, M. 1757: *Histoire naturelle du Sénégal*. Paris.
- ALSTON, R. E. & TURNER, B. L. 1963: «Biochemical Systematics». Nueva Jersey.
- ANDERSON, E. 1949: *Introgressive Hybridation*. Nueva York.
- ARBER, E. A. N. & PARKIN, J. 1907: *On the origin of Angiosperms*. «Jour. Linn. Soc. London (Bot.)», 38: 28-80.
- BAILEY, I. W. 1954: *Contributions to Plant Anatomy*. «Chronica Botanica», Massachusetts.
- BESSEY, C. E. 1915: *The phylogenetic taxonomy of flowering plants*. «Ann. Missouri Bot. Gard.», 2: 109-164.
- BIDAULT, M. 1971: *Variation et speciation chez les végétaux supérieurs*. Paris.
- BÖCHER, W. 1967: *Continuous variation and taxonomy*. «Taxon», 16: 255-259.
- BOULTER, D. 1973: *Cytochrome plastogen*. Nobel Symposium, 25. Acad. Press. New York.
- POWER, F. O. 1930: *Size and form in plants*, Londres.
- BOYDEN, A. 1947: *Homology and analogy. A critical review of the meanings and implications of these concepts in biology*. «Am. Midl. Nat.», 37: 648-669.
- BRADSHAW, A. D. 1960: *Population differentiation in *Agrostis tenuis*. III. Population in varied environments*. «New Phytol.», 59: 92-103.
- BULLOCK, A. A. 1968: *What is a new taxon?* «Taxon», 17: 504-506.
- CANDOLLE, A. P. DE. 1804: *Essai sur les propriétés médicales des plantes, comparées avec leurs formes extérieures et leur classification naturelle*, 1.<sup>a</sup> ed., Paris.
- CARLQUIST, S. 1961: *Comparative Plant Anatomy*. Nueva York.
- CERCEAU-LARRIVAL, 1962: *Plantules et pollens d'ombellifères*. «Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle», n. s., B. 14: 1-164, Paris.
- CHADEFAUD, & EMBERGER, L. 1960: *Traité de Botanique Systématique*, Paris.
- CLAUSEN, J., KECK, D. D. & HIESEY, W. M. 1940: *Experimental studies on the nature of species. I. The effect of varied environments on western North American plants*. Carnegie Inst. Washington, Publ., 520.
- CLAUSEN, J., KECK, D. D. & HIESEY, W. M. 1945: *Experimental studies on the nature of species. II. Plant evolution through amphiploidy and autopolyploidy, with examples from the *Madiinae**. Carnegie Inst. Washington, Publ., 564.
- CLAUSEN, J., KECK, D. D. & HIESEY, W. M. 1948: *Experimental studies on the nature of species. III. Environmental responses of climatic races of *Achillea**. Carnegie Inst. Washington, Publ. 581.
- CONTANDRIOPOULOS, J. & FAVARGER, C. 1959: *Existence de races chromosomiques chez *Chrysanthemum alpinum* L. Leur répartition dans les Alpes*. «Rev. Gén. Bot.», 60: 341-358.
- CUTLER, D. F. 1968: *Anatomy and taxonomy of certain monocotyledoneous families*. «Proc. Linn. Soc. London», 179 (2): 261-267.
- DARLINGTON, C. D. 1956: *Chromosome Botany*. Londres.

- DARLINGTON, C. D. & WHYLLIE, A. P. 1955: *Chromosome Atlas of Flowering Plants*, Londres.
- DARWIN, C. 1859: *On the origin of species by means of Natural Selection*, Oxford.
- DAVIS, P. H. & HEYWOOD, V. H. 1963: *Principles of Angiosperm Taxonomy*, Edinburgo & Londres.
- EAMES, A. J. 1931: *The vascular anatomy of the flower with refutation of the theory of carpel polymorphisme*. «Amer. Jour. Bot.», 18: 147-188.
- EAMES, A. J. & MACDANIELS, L. H. 1947: *Introduction to Plant Anatomy*, Nueva York & Londres.
- EHRlich, P. R. & RAVEN, P. H. 1965: *Butterflies and Plants: A study in coevolution*. «Evolution», 18 (4): 586-608.
- EMBERGER, L. 1960: *Les végétaux vasculaires*, 2. En Chadefaud & Emberger. *Traité de Botanique Systématique*, París.
- ENGLER, H. G. A. & PRANTL, K. A. E. 1887: «Natürl. Pflanzenfam.», Leipzig.
- ERDTMAN, G. 1952: *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. «Angiosperms», Estocolmo.
- ERDTMAN, G. 1963: *Palynology*. In Preston, R. D. (ed.). «Advances in Botanical Research», 1: 149-208.
- ERDTMAN, G. 1966: *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. «Angiosperms», Nueva York & Londres.
- ERDTMAN, G. 1969: *Handbook of Palynology*, Copenhagen.
- ERDTMAN, G. & METCALFE, C. R. 1968: *Palynology*. En Heywood, V. H. (ed.): *Modern Methods in Plant Taxonomy*, 55-56. Londres & Nueva York.
- ESAU, K. 1972: *Anatomía Vegetal*, Barcelona.
- FAIRBROTHERS, D. E. 1968: *Chemosystematics with emphasis on systematic serology*. En V. H. Heywood (ed.): *Modern methods in Plant Taxonomy*, 141-174. Londres & Nueva York.
- FAVARGER, C. 1961: *Sur l'emploi des nombres de chromosomes en géographie botanique et historique*. «Ber. Geobot. Inv. E. T. M.», 32: 119-146.
- FAVARGER, C. 1969: *L'endemisme en Géographie Botanique*. «Scientia», 104: 1-16.
- FAVARGER, C. & CONTANDRIOPOULOS, J. 1961: *Essai sur l'endemisme*. «Bull. Soc. Bot. Suisse», 70: 384-407.
- FERNANDES, A. 1951: *Sur la phylogénie des espèces du genre Narcissus*. «Bol. Soc. Brot.», sér. 2, 25: 113-192.
- FONT QUER, P. 1970: *Diccionario de Botánica*, Barcelona & Madrid.
- GILMOUR, J. S. L. 1940: *Taxonomy and Philosophy*. En Huxley, J. S. (ed.): *The New Systematics*, 461-474, Cambridge.
- GIMÉNEZ-MARTÍN, G., LÓPEZ-SÁEZ, J. F. & MARCOS-MORENO, A. 1965: *Structure of the centromere in telocentric chromosomes*. «Experientia», 21: 391-394.
- GÓMEZ GARCÍA, J. J. 1970: *Contribution à la cytotoxicologie du genre Sideritis L.* «Compt. Rend. Acad. Sci.», 270: 3044-3046, París.
- GÓMEZ GARCÍA, J. J. 1970: *Notas cariológicas sobre el género Sideritis L. en España*. «Anal. Inst. Bot. Cavanilles», 27: 115-124, Madrid.
- GORENFLOT, R. 1958: *La polyploidie chez les végétaux*. «Ann. Biol.», 34 (9-10): 361-394.

- GOVONI, D. N., ANWAY, J. C., SLIGO, J. R. & HUMMEL, T. J. 1970: *Six computer programs useful in plant population analysis*. «Taxon», 19: 320-323.
- GREGOR, J. W. 1938: *Experimental taxonomy. II. Initial population differentiation in Plantago maritima of Britain*. «New Phytologist», 37: 15-49.
- GREGOR, J. W. 1939: *Experimental taxonomy. IV. Population differentiation in North American and European sea Plantains allied to Plantago maritima L.* «New Phytologist», 38: 293-332.
- GUINOCHET, M. 1969: *Le problème de l'espèce biologique vu par un botaniste*. «Bull. Soc. Zool. Fr.», 94 (4): 553-558.
- GUYOT, M. 1966: *Les stomates des Ombellifères*. «Bull. Soc. Bot. Fr.», 113 (5-6): 244-273.
- HALL, A. V. 1969: *Giving rank and names to subsidiary groups*. «Taxon», 18: 375-377.
- HALL, A. V. 1970: *A computer-based system for forming identification Keys*. «Taxon», 19: 12-19.
- HEIDELBERGER, M. & KENDALL, F. E. 1935: *The precipitin reaction between type III Pneumococcus polysaccharide and homo'ogous antibody. III. A quantitative study and a theory of the reaction mechanism*. «J. exp. Med.», 61: 563-591.
- HEYWOOD, V. H. 1960: *The taxonomy of polyploides in Flora Europaea*. «Feddes Repert.», 63: 179-192.
- HEYWOOD, V. H. 1968: *Taxonomia Vegetal*. Madrid, Buenos Aires & Méjico.
- HEYWOOD, V. H. (ed.). 1968: *Modern Methods in Plant Taxonomy*. Londres & Nueva York.
- HEYWOOD, V. H. & DAKSHINI, K. M. M. 1971: *Fruit structure in the Umbelliferae-Caucalideae*. En Heywood, V. H. (ed.): *The Biology and Chemistry of the Umbelliferae*. Londres & Nueva York.
- HIDEUX, M. 1972: *Techniques d'étude du pollen au MEB: effets comparés des différents traitements physico-chimiques*. «Micron», 3: 1-31.
- HUTCHINSON, J. 1959: *The families of Flowering Plants*, ed. 2. Oxford.
- HUXLEY, J. 1938: *Clines: an auxiliary taxonomic principle*. «Nature», 142: 219.
- JACQUARD, A. 1970: *Structures génétiques des populations*, Paris.
- JORDAN, A. 1864: *Diagnoses d'espèces nouvelles au méconnues*, Paris.
- KAWANO, S. 1965: *Application of pectinase and cellulase in an orcein squash method*. «Bot. Mag.» (Tokyo), 78: 36-42.
- LACADENA, J. R. 1973: *Genética*, Madrid.
- LAMARCK, J. B. DE. 1809: *Philosophie zoologique*, Paris.
- LAMOTTE, M. 1967: *Initiation aux méthodes statistiques en Biologie*, Paris.
- LINSBAUER, K. 1930: *Handbuch der Pflanzenanatomic*, Berlin.
- LÖVE, A. 1960: *Taxonomy and chromosomes, a reiteration*. «Feddes Repert.», 62: 192-202.
- LOVE, A. & LÖVE, D. 1949: *The geobotanical significance of polyploidy. 1. Polyploidy and latitud.* «Acta Biol.», series A. R. B. Goldschmidt, vol. 274-352.
- LUBKE, R. A. & PHIPPS, J. B. 1972: *Taxometrics of Loudetia (Gramineae) based on leaf anatomy*. «Can. J. Bot.», 51: 2127-2146.



- MAHESWARI, P. 1950: *An introduction to the embryology of the angiosperms*, New York.
- MAHESWARI, P. 1963: *Recent advances in the embryology of Angiosperms*. International Society of Plant Morphologists, Delhi.
- MAYR, E., LINSLEY, E. G. & USINGER, R. L. 1953: *Methods and Principles of Systematic*, Nueva York.
- MC. NEILL, J. 1972: *The hierarchical ordering of characters as a solution to the dependent character problem in numerical taxonomy*. «Taxon», 21 (1): 71-82.
- MELVILLE, R. 1962: *A new theory of the Angiosperm flower I. The Gynoecium*. Kew Bull., 16: 1-50.
- MENDEL, G. 1865: *Versuche über Pflanzenhybriden*. Verhandlungen naturforschender Verein, Brünn. Reimpreso en «Journ. of Heredity», 1951, 42: 1-47.
- METCALFE, C. R. 1960: *Anatomy of the monocotyledons. I. Gramineae*, Oxford.
- METCALFE, C. R. 1963: *Comparative Anatomy as a modern botanical discipline. With special reference to recent advances in the systematic anatomy of monocotyledons*. «Adv. in Bot. Res.», 1: 101-146.
- METCALFE, C. R. & CHALK, L. 1950: *Anatomy of the dicotyledons*, Oxford.
- MEYER, F. J. 1916: *Die Stelärtheorie und die neuere Nomenklatur zur Beschreibung der Wasserleitungs-bahnen der Pflanzen*. «Bot. Centbl. Beihefte», 33: 129-168.
- MORITZ, O. 1960: *Some variants of serological technique developed in serobotanical works*. «Bull. serol. Mus., New Bunsw.», 24: 1-8.
- NAST, C. G. 1944: *The Comparative morphology of the Flowering shoot*. «Arnold Arboretum Jour.», 25: 454-466.
- NETOLITZKY, F. 1926: *Anatomie der Angiospermen-Samen*. En: K. Linsbauer, Handbuch der Pflanzenanatomie. 2 (2): 10, Berlin.
- PAUNERO, E. 1968: *Notas sobre gramíneas. IV. Contribución a la anatomía foliar de algunas Avenas*. «Collectanea Botanica», 7 (2): 917-937.
- PEARSON, K. 1926: *On the coefficient of radical likeness*. «Biometrika», 18: 105-117.
- PERRING, F. H. & WALTERS, S. M., eds. 1962: *Atlas of the British Flora*. Londres & Edinburgo.
- PREVOSTI, A. 1969: *La selección natural*. «Mem. Real Acad. Cienc. y Artes de Barcelona», 39: 341-443, Barcelona.
- RÍOS, S. 1965: *Análisis Estadístico Matemático*, Madrid.
- ROGERS, D. J. & APPAN, S. G. 1969: *Taximetric methods for delimiting biological species*. «Taxon», 18: 609-752.
- SÁENZ DE RIVAS, C. 1973: *The Anatomy of the fruit of Daucus carota L.* «Rev. Gén. Bot.», 80: 201-207.
- SÁENZ DE RIVAS, C. 1973: *Estudios palinológicos sobre Quercus de la España mediterránea*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)», 71: 315-329.
- SÁENZ DE RIVAS, C. & HEYWOOD, V. H. 1974: *Estudio preliminar sobre los Daucus de la España peninsular*. «Anal. Inst. Bot. Cavanilles», 31 (1): 97-118

- SÁNCHEZ-MONGE, E. 1970: *Diccionario de Genética*, 2.<sup>a</sup> ed. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- SCHOUTE, J. C. 1903: *Die Stelär-Theorie*, Jena.
- SILVESTRE, S. 1972: *Estudio taxonómico de los géneros Conopodium Koch y Bunium L. en la Península Ibérica. I.* «Lagascalia», 2 (2): 144-169.
- SIMPSON, G. G. 1961: *Principles of Animal taxonomy*, Nueva York & London.
- SMITH, D. W. 1969: *A taximetric study of Vaccinium in northeastern Ontario.* «Canadian Journal of Botany», 47: 1747-1759.
- SMITH, G. M. 1938: *Cryptogamic botany, 2. Bryophytes and Pteridophytes*, Nueva York.
- SMITH-WHITE, S. 1954: *Chromosome numbers in the Beroniceae (Rutaceae) and their bearing on the evolutionary development of the tribe in the Australian flora.* «Austral. J. Bot.», 2: 287-303.
- SNEATH, P. H. A. 1969: *Recent trends in numerical taxonomy.* «Taxon», 18: 14-20.
- SOKAL, R. R. & SNEATH, P. H. A. 1963: *Principles of numerical Taxonomy*, Londres & San Francisco.
- SOLEREDER, H. 1908: *Systematic anatomy of the dicotyledons*, Oxford.
- SOLEREDER, H. & MEYER, F. J. 1930: *Systematische Anatomie der Monokotyledonen*, Berlín.
- SOUÈGES, R. 1938, 1939, 1948, 1951: *Embryogenie et classification*, París.
- SPORNE, K. R. 1956: *The phylogenetic classification of the Angiosperms.* «Biol. Rev.», 31: 1-29.
- STAFLEU, F. A. & al. (ed.). 1972: *International Code of Botanical Nomenclature.* Adopted by the Eleventh International Botanical Congress. Seattle (1969). Utrecht.
- STEBBINS, G. L. 1950: *Variation and Evolution in Plants*, Columbia Univ. Press.
- STEBBINS, G. L. 1957: *Self fertilization and population variability in the higher plants.* «Amer. Nat.», 91: 337-354.
- STEBBINS, G. L. 1971: *Chromosomal evolution in higher plants.* Cap. 6, Londres.
- STRASBURGER, E. 1974: *Tratado de Botánica*, 6.<sup>a</sup> ed. española. Barcelona, Bogotá. Buenos Aires, México y Puerto Rico.
- TAKHTAJAN, A. 1959: *Die Evolution der Angiospermen*, Jena.
- TIEGHEM, P. VAN & DOULIOT, H. 1886: *Sur la polystélie.* «Ann. Sci. Nat. Bot.», ser. 7, 3: 275-322.
- TJIO, J. H. & LEVAN, A. 1950: *The use of oxiquinoline in chromosome analysis.* «Anal. Est. Exper. Aula Dei», 2: 21-64.
- TURESSON, G. 1922: *The genotypical response of the plant species to the habitat.* «Hereditas», 3: 211-350.
- TURESSON, G. 1925: *The plant species in relation to habitat and climate. Contribution to the knowledge of genecological units.* «Hereditas», 6: 147-236.
- TURESSON, G. 1943: *Variation in the apomictic microspecies of Alchemilla vulgaris L.* «Bot. Not.», 412-427.
- TURESSON, G. 1956: *Variation in the apomictic microspecies of Alchemilla vulgaris L. II.* «Bot. Not.», 109: 400-404.

- TUTIN, T. G., HEYWOOD, V. H., BURGESS, N. A., VALENTINE, D. H., WALTER, S. M. & WEBB, D. A. 1964: *Flora Europaea*, vol. 1. Cambridge Univ. Press.
- VALDÉS, B. 1969: *Taxonomía experimental del género Linaria. III. Cariología de algunas especies de Linaria, Cymbalaria y Chaenorhinum*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)», 67: 243-256.
- VALDÉS, B. 1973: *Números cromosómicos de algunas plantas españolas, I. «La-gascalia»*, 3: 211-217.
- VALDÉS, E. 1970: *Estudios cariológicos en crucíferas españolas de los géneros Moricandia DC., Cella L., Carrichtera Adans. y Huttera Porta*. «Anal. Inst. Bot. Cavanilles», 27: 125-133, Madrid.
- VALENTINE, D. H. 1962: *La Taxonomie expérimentale: tendances actuelles*. «Rev. Cyt. et Biol. végét.», 25: 255-266.
- VRIES, H. DE 1900: *Sur la loi de disjonction des hybrides*. «Compt. Rend. Acad. Sci.», Paris.
- VRIES, H. DE 1901: *Die Mutationstheorie*. Bd. 1. *Die Entstehung der Arten durch Mutation*, Leipzig.
- WALTER, M. & BRIGG, D. 1969: *Les plantes: variations et évolutions*. Paris.
- WETTSTEIN, R. 1898: *Grundzüge der geographisch-morphologischen Methode der Pflanzensystematik*, Jena.
- WETTSTEIN, R. 1930-1935: *Handbuch der systematischen Botanik*, Leipzig & Viena.
- WETTSTEIN, R. 1944: *Tratado de Botánica*, Barcelona, Madrid, Buenos Aires & Río de Janeiro.
- WILLIAMS, W. T. 1969: *The problem of attribute — weighting in numerical classification*. «Taxon», 18: 369-373.
- WRIGHT, S. 1940: *The statistical consequences of Mendelian heredity in relation to speciation*. En J. Huxley (ed.): *The New Systematics*, 161-183.
- ZIMMERMAN, W. 1959: *Die Phylogenie der Pflanzen: ein Veberblick über tatsachen und Probleme*, 2 ed., Stuttgart.

#### RELACIÓN DE LOS TRABAJOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS POR S. RIVAS-MARTÍNEZ

- Rivas Goday, S. & col. Rivas-Martínez, S. — 1955 — Aportaciones a la fitosociología hispánica, nota 1 — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 13: 335-422, Madrid.
- Rivas Goday, S. & col. Rivas-Martínez, S. — 1956 — Aportaciones a la fitosociología hispánica, nota II — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 14: 435-500, Madrid.
- Tüxen, R. & col. Rivas-Martínez, S. — 1957 — Die Pflanzengesellschaften des Ausendeichlandes von Neuwerk — Mitt. Florist. Soc., 17: 205-234.
- Rivas Goday, S. & Rivas-Martínez, S. — 1958 — Acerca de la Ammophiletea del Este y Sur de España — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 16: 549-564.

- Rivas Goday, S. & Rivas-Martínez, S. — 1958 — Una visita a la Laguna de Arvas (Leitariegos) — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 16: 565-586, Madrid.
- Rivas Goday, S., & col. Rivas-Martínez, S. — 1959 — Contribución al estudio de la *Quercetea ileicis* hispánica — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 18: 285-406, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1960 — Roca, clima y comunidades rupícolas, con un mapa. Anal. Real Academia de Farmacia, 26 (2): 153-168, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1961 — Los pisos de la vegetación de la Sierra Nevada — Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), 59: 55-64, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1962 — Contribución al estudio fitosociológico de los hayedos españoles — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 20: 99-128, Madrid.
- Rivas Goday, S., Fernández-Galiano, E. & Rivas-Martínez, S. — Estudio agrobiológico de la provincia de Sevilla, memoria y mapa de vegetación — Pub. Dip. Seve. Cent. y Biolog. aplic. Cuarto, 101-120.
- Rivas-Martínez, S. — 1962 — Estudio sistemático-ecológico de las Rhamnáceas españolas — Anal. Real Academia Farmacia, 28 (5): 363-397, Madrid.
- Rivas Goday, S. & Rivas-Martínez, S. — 1963 — Estudio y clasificación de los pastizales españoles — Pub. del Ministerio de Agricultura, 277: 1-169, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1963 — Estudio de la vegetación y flora de las sierras de Guadarrama y Gredos — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 21 (1): 1-325, Madrid.
- Rivas Goday, S., Fernández-Galiano, E. & Rivas-Martínez, S. — 1964 — Mapa de vegetación de la provincia de Cádiz — Publicaciones del Departamento de Reactivación Provincial de Cádiz. Excm. Diputación Provincial.
- Rivas-Martínez, S. — 1964 — El dinamismo de los majadales silíceos extremeños — Actas de la IV Reunión científica de la Sociedad de los Pastos.
- Rivas-Martínez, S. — 1964 — Relaciones entre los suelos y la vegetación en la comarca de la Puebla de Lillo (León) — Anales de Edafología y Agrobiología, 21: 232-333.
- Rivas-Martínez, S. — 1964 — Esquema de la vegetación potencial y su correspondencia con los suelos en la España peninsular — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 22: 341-405, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1965 — Comentarios sobre el paisaje español a través de la obra de Boissier — Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona.
- Rivas-Martínez, S. — 1967 — Taxonomía del grupo *Aquilgia pyrenaica* DC. — Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), 65: 107-109, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1966 — Esquema de la vegetación psamófila de las costas gaditanas — Vol. homenaje Prof. Albareda, 149-159, Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona.
- Rivas-Martínez, S. — 1966 — Situación ecológica y fitosociológica de *Lythrum flexuosum* Lag. — Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), 64: 363-378, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1967 — Memoria del primer cursillo de fitosociología pirenaica — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 23: 255-261, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1967 — Algunas notas taxonómicas sobre la flora española. P. Inst. Biol. Aplicada, 42: 107-126.

- Rivas-Martínez, S. — 1967 — Une espèce nouvelle d'*Asplenium* (*Aspleniaceae*) d'Espagne — *Bull. Jard. Bot. Nat. Belgique*, 37: 329-334.
- Rivas-Martínez, S. — 1967 — *Lino-Genistetum pumilae*, nueva asociación del piso mediterráneo ibérico de paramera.—*P. Inst. Biol. Aplicada*, 43: 75-84.
- Rivas-Martínez, S. — 1968 — Los jarales de la Cordillera Central — *Collectanea Botanica*, 7 (2): 1033-1082.
- Rivas-Martínez, S. — 1968 — Estudio fitosociológico de los bosques y matorrales pirenaicos del piso subalpino — *P. Inst. Biol. Aplicada*, 44: 5-55.
- Rivas Goday, S. & Rivas-Martínez, S. — 1968 — Matorrales y tomillares de la Península Ibérica comprendidos en la clase *Ononido-Rosmarinetea* — *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 25: 1-183. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1968 — Contribución al estudio geobotánico de los bosques aragoneses (Pirineo ildense) — *P. Inst. Biol. Aplicada*, 45: 81-105.
- Rivas-Martínez, S. — 1969 — Las comunidades de los ventisqueros (*Saïcetea herba-ceae*) del Pirineo Central — *Vegetatio*, 26 (1-6): 232-250.
- Rivas-Martínez, S. — 1966 — La vegetación potencial y las dehesas del occidente de España — *Actas de la VII Reunión Científica de la SEEP*, 7: 4-50.
- Rivas-Martínez, S. — 1969 — *Vegetatio Hispaniae*. Notula I — *P. Inst. Biol. Aplicada*, 46: 5-34.
- Rivas-Martínez, S. — 1969 — La vegetación de la alta montaña española — V Simposio de *Flora Europaea*: 53-80.
- Rivas-Martínez, S. & Lasa Quintana, J. M. — 1969 — Comportement sociologique des champignons des dunes littorales du fleuve Llobregat (Barcelone) — *Bull. Soc. mycol. de France*, 85 (2): 235-244.
- Rivas-Martínez, S. & Rivas Martínez, C. — 1970 — La vegetación arvense de la provincia de Madrid — *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 26: 103-130. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. & Costa, M. — 1970 — Estudios taxonómicos sobre el género *Woodsia*. *Woodsia puichella* Bertol (*W. Globella* auct.) en el Pirineo oriental español — *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 26: 37-44. Madrid.
- Bolós, O. de & Rivas-Martínez, S. — 1970 — Comentarios sobre el género *Petrocoptis*. *Petrocoptis montsiciana* sp. nova — *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 26: 53-60. Madrid.
- Bellot, F. & Rivas-Martínez, S. — 1970 — Notas sobre el género *Marsilea* en España — *Trab. Dep. Botánica y F. Vegetal*, 2: 3-6. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1970 — El *Polytrichetum* norvegici y otras comunidades del macizo del Neouvielle-Pic Long (Pirineo francés) — *Trab. Dep. Botánica y F. Vegetal*, 2: 17-28.
- Rivas-Martínez, S. — 1970 — Contribución al conocimiento de la flora de las sierras de Cazorla y Segura — *Trab. Dep. Botánica y F. Vegetal*, 2: 7-16.
- Rivas-Martínez, S. — 1970 — Una nueva especie del género *Thymus* para la flora española. *Thymus gypsicola* sp. nova — *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 27: 45-54. Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1970 — *Vegetatio Hispaniae*. Notula II — *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 27: 145-170. Madrid.

- Rivas-Martínez, S. & Costa, M. — 1970 — Comunidades gipsícolas del centro de España — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 27: 193-224, Madrid.
- Sáenz de Rivas, C. & Rivas-Martínez, S. — 1971 — Híbridos meridionales ibéricos del *Quercus faginea* Lamk. — Pharmacia Mediterranea, 7: 489-501.
- Rivas-Martínez, S. & Sáenz de Rivas, C. — 1971 — Notas sobre la flora de la Cordillera Central — Trab. Dep. Botánica y F. Vegetal, 3: 15-28, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., Izco, J. & Costa, M. — 1971 — Sobre la flora y la vegetación del macizo de Peña Ubiña — Trab. Dep. Botánica y F. Vegetal, 3: 47-23, Madrid.
- Rivas Goday, S. & Rivas-Martínez, S. — 1971 — Vegetación potencial de la provincia de Granada — Trab. Dep. Botánica y F. Vegetal, 4: 3-85, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1971 — Bases ecológicas para la conservación de la vegetación — Las Ciencias, 36 (2): 125-130, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1972 — Relación entre los suelos y la vegetación. Algunos aspectos sobre su fundamento — Anal. Real Acad. Farmacia, 38 (1): Madrid.
- Rivas-Martínez, S. & Ladero, M. — 1972 — Los pteridófitos de Las Villuercas (Cáceres). — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 28: 35-62, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1972 — Apuntes sobre la sintaxonomía del orden *Quercetalia pubescentis* en España — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 29: 123-128, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1973 — Avance sobre una síntesis corológica de la Península Ibérica, Baleares y Canarias — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 30: 69-87, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1973 — Comentarios sobre la sintaxonomía de la alianza *Fagion* de la Península Ibérica — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 30: 235-251, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., Izco, J. & Costa, M. — 1973 — *Asplenium cuneifolium* Viv. (*A. serpentini* Tausch) en Sierra Bermeja (Málaga) — Trab. Dep. Botánica y F. Veg., 6: 23-30, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1972 — *Vegetatio Hispaniae*. Notula III — Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.), 70: 153-162, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. & Izco, J. — 1974 — Bibliografía fitosociológica y geobotánica de España — Excerpta Botanica (Sec. B), Band. 13: 134-193.
- Rivas-Martínez, S. — 1973 — Ensayo sintaxonómico de la vegetación cormofítica de la Península Ibérica, Baleares y Canarias hasta el rango de subalianza — Trab. Dep. Botánica y F. Veg., 6: 31-43, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — *Vegetatio Hispaniae*. Notula IV — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 31 (1): 199-207, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — Sobre el *Teucrium pumilum* L. (Labiatae) y sus especies afines — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 31 (1): 79-96, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., García Vallejo, C. & García Martín, D. — 1974 — Sobre la esencia del *Thymus gypsicola* (Labiatae) — Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles, 31 (1): 317-323, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. & Rivas Goday, S. — 1974 — Schéma syntaxonomique de la classe *Quercetea ilicis* dans le Peninsule Ibérique. Colloque International du

- C. N. R. S. sur la Flore de Bassin Méditerranéen: Essai de Systématique synthétique. 4-8 juin.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — Sintáxones conocidos del área asturiano-leonesa. *Amicale Phytosociologique*. Sesión Asturias-León, 8-15 julio.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — La vegetación de los pedregales (*Thlaspietea rotundifolii*) de los Pirineos (Sintaxonomía, características y tablas). — VII Congreso Internacional de Estudios Pirenaicos, Seo de Urgel-Andorra, 16-21 septiembre.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — Los pastizales del *Festucion supinae* y *Festucion eskiae* (*Juncetea trifidi*) en el Pirineo Central. *Collectanea Botanica*, 9 (1): 5-23, Barcelona.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — Datos sobre la flora y la vegetación de la Serra da Estrela (Portugal) — *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 40 (1): 65-74, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1974 — Observaciones sobre la sintaxonomía de los bosques acidófilos europeos. Datos sobre la *Quercetalia robori-petraeae* en la Península Ibérica — *Colloque sur la Végétation des forets caducifolies acidiphiles d'Europe occidentale*, 3-6 Octubre, Lille (Francia).
- Rivas-Martínez, S. & Costa, M. — 1973 — Datos sobre la vegetación de La Pedriza de Manzanares (Sierra de Guadarrama) — *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Biol.)*, 71: 331-340, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. — 1975 — Pastos de la zona occidental. Simposio de producción animal en zonas áridas, Badajoz, 4-6 febrero.

DISCURSO  
DE  
CONTESTACION

POR EL ÁCADÉMICO DE NÚMERO  
EXCMO. SR. PROF. DR. D. FLO-  
RENCIO BUSTINZA LACHIONDO.



Excmo. Sr. Director

Excmos. Sres.

Señoras, Sres.

Con gran complacencia he aceptado el nombramiento que se me ha hecho para contestar al profesor D. Salvador Rivas-Martínez y para darle la bienvenida en nombre de esta Real Academia de Farmacia.

Conozco a la familia de los Rivas desde hace más de cincuenta años. En esta casa, cuando era Facultad de Farmacia, me examiné de Mineralogía y Zoología y también de Botánica con el abuelo del recipiendario, profesor D. Marcelo Rivas Mateos; con su tío, don Juan José Rivas Goday, estudié la carrera de Ciencias Naturales en nuestra Facultad de Ciencias y con su padre, D. Salvador Rivas Goday, estudié el Doctorado en Farmacia aquí, en esta casa, ocupando la misma mesa de trabajo en el Laboratorio de Análisis de Medicamentos Orgánicos que regentaba mi querido, admirado y venerable Maestro, D. Obdulio Fernández y Rodríguez.

Conozco, pues, a Salvador Rivas-Martínez desde su infancia y he seguido de cerca, desde sus comienzos, su carrera universitaria y su labor científica.

Salvador Rivas-Martínez nació en Madrid el 16 de julio de 1935. Su padre, D. Salvador Rivas Goday, catedrático de Botánica de la Facultad de Farmacia de Madrid; su madre, D.<sup>a</sup> Trinidad Martínez Díaz, también farmacéutica; su abuelo paterno, D. Marcelo, a quien ya me he referido; su abuelo materno, D. Constantino Martínez Serrano; su tío paterno, doctor Juan José Rivas Goday; su tío materno, D. Constantino Martínez Díaz; sus hermanas, Adela y Trinidad, su esposa, doctora Concepción Sáenz Laín, y sus cuñados, Josefa Pérez Coca y José Lario Torres, también son farmacéuticos;

es decir, pertenece nuestro recipiendario a una familia auténticamente farmacéutica.

Ya de niño acompañaba a su padre a las excursiones de Botánica, y a los diez años su padre le inició en el estudio de las plantas.

Estudió el Bachillerato en los Institutos Ramiro de Maeztu y San Isidro, Carrera universitaria brillante (1952-57) con 21 sobresalientes, de ellos 15 matrículas de honor. Premio Extraordinario en la Licenciatura 1958 y Premio Nacional de Fin de Carrera (1958), Diplomado en Sanidad (1958). Doctor en Farmacia en 1961, versando su Tesis sobre Flora y Vegetación de la Cordillera Central, consiguiendo también el Premio Extraordinario del Doctorado. Tiene también la carrera de Ciencias Biológicas.

#### *Estancias formativas en el extranjero*

Con beca del Gobierno alemán, de junio a octubre de 1955, en el «Zentralstelle für Vegetationskartierung», en Stolzenau (Alemania).

Con beca del CSIC en el Instituto de Geobotánica y Cartografía en Stolzenau (Alemania), en junio de 1959.

Con beca del CSIC en The Grassland Research Institute - Hurley (Inglaterra), abril de 1960.

Con beca del CSIC en el Instituto Internacional de Geobotánica Mediterránea y Alpina, en Montpellier, abril de 1963.

Con beca del CSIC, en junio de 1963 asistió a la VII Excursión Internacional de Taxonomía y Geografía Botánica por Baviera y los Alpes Orientales.

Con beca del CSIC, en febrero de 1965, en el Instituto de Geobotánica y Fitosociología R. Tüxen en Todenmann (Alemania).

Con beca de la Royal Society en el Departamento de Botánica de la Universidad de Reading (Inglaterra).

#### *Historial docente*

Ayudante de clases prácticas de Botánica, 1958-60.

Profesor Adjunto de Botánica, 1961-1964.

Catedrático de Botánica de la Facultad de Farmacia de Barcelona, 10 de febrero de 1965.

Secretario de la Facultad de Farmacia de Barcelona, 1967-68 y 69.  
Vicedecano de la Facultad de Farmacia de Barcelona, 1969.

Por Concurso de Traslado pasó a la Cátedra de Botánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense de Madrid, donde aparte del Curso de Botánica desarrolla los Cursos de Geobotánica y Sociología Vegetal y en el doctorado el de Vegetación de la España Mediterránea.

Académico de número (electo) de la Academia de Farmacia de Barcelona (marzo, 1968).

Secretario del Instituto A. J. Cavanilles (noviembre, 1969-1972).

Consejero de Número del Patronato «Alonso de Herrera» del CSIC, febrero, 1971.

Y recientemente, el 29 de noviembre de 1974, ha sido nombrado director del Jardín Botánico de Madrid.

Entre los premios científicos obtenidos figuran:

Premio Fernández y Canivell de la Real Academia de Farmacia en 1959, por su trabajo «Roca, clima y comunidades rupícolas».

Premio Abelló de la Real Academia de Farmacia, 1961, por su trabajo «Estudio sistemático ecológico de las Rhamnaceas españolas con el fin de su multiplicación agrícola».

Premio Nacional de Investigación Agraria, 1962, del Ministerio de Agricultura, por su trabajo en colaboración con S. Rivas Goday, «Estudio y clasificación de los pastizales españoles».

Medalla de la ciudad de Lille, Francia, octubre de 1974, por sus investigaciones sobre la costa atlántica francesa.

En 1963 obtuvo una beca de la Fundación «Juan March», para realizar el «Estudio y cartografía de la vegetación» de la provincia de Madrid.

### *Trabajos de investigación*

Sus trabajos de investigación publicados —unos setenta— se pueden agrupar en diversos temas botánicos.

El campo en el que ha desarrollado mayor actividad investigadora es la Fitosociología, ciencia joven en el ámbito de la Ecología vegetal, cuyo creador fue el insigne botánico Braun-Blanquet (actualmente no-

nagenario). Ha descrito más de un centenar de nuevas asociaciones de la Península Ibérica, tema fundamental de su investigación.

Interesado por la Sistemática fitosociológica, ha realizado numerosos trabajos de síntesis y ha dado a conocer cuatro nuevas clases de vegetación: *Pino-Juniperetea*, *Franquetetea pulverulenti*; *Polygono-Poetea annuae*, *Ononido-Crucianelletea maritimae*, que junto con otras 54 clases constituyen el armazón fitosociológico europeo.

Interesado por la aplicación de la ciencia pura, no era de extrañar que parte de sus investigaciones las dedicase a la Fitosociología aplicada. Así citaré como ejemplo sus estudios sobre los Pastizales, publicando en colaboración con su padre el libro *Estudio y clasificación de los pastizales españoles* 1963, que aún hoy representa la síntesis más completa de los pastizales naturales de la Península Ibérica.

Asimismo ha dedicado muchos años de trabajo a la Cartografía de la vegetación española, y entre los años 1957-1963, con Rivas Goday y E. Fernández Galiano, realizó la Cartografía de la vegetación potencial de las ocho provincias andaluzas a escala 1/200.000, y entre 1963-1970 ha realizado la Cartografía de la vegetación potencial y actual, a la misma escala, de las provincias de Madrid, Avila, Segovia y Teruel.

Botánico tradicional con formación clásica en la botánica española, no era de extrañar que se haya dedicado con interés al estudio de la flora española. De todos modos, habida cuenta de su especialidad fitosociológica el conocimiento florístico peninsular, le era del todo necesario.

Con intención florística ha publicado numerosos trabajos, entre los que destacaré el Catálogo de la Flora de la Cordillera Central.

Por su vinculación farmacéutica fue atraído por las *Ranunculaceas*, ricas en oximetilanttraquinonas, y de dicha familia hizo una monografía a nivel peninsular.

Es autor de algunos nuevos táxones, en particular de las especies *Asplenium celtibericum* (*Aspleniaceae*), *Petrocoptis montsicciana* (*Caryophyllaceae*) y *Thymus gypsicola* (*Labiatae*).

Interesado también por la visión sintética de la Ciencia ha abordado la distribución de las unidades corológicas de la Península Ibérica con base en criterios florísticos, geológicos, edáficos, fitoclimá-

ticos y fitosociológicos, genéticos y epiontológicos, y llega Rivas-Martínez a considerar que en la Península Ibérica existen once tipos de flora distintos, cada uno de los cuales desmembra en unidades sectoriales de las que distingue una cincuentena. Sobre este tema sólo existía un ensayo de Meusel, Jäger y Weinert (1964), para toda Europa, donde sólo reconocían para la Península Ibérica cuatro unidades de flora.

Del breve análisis que he efectuado de su labor investigadora se desprende que el profesor S. Rivas-Martínez es ya distinguido botánico, a pesar de su juventud, pero no estará demás que recordemos la frase de Horacio «Nihil sine magno vita labore debet mortalibus». No hay duda que su laboriosidad ha sido y es ejemplar, y mucho hay que esperar de su sólida preparación y de su entusiasmo por la Ciencia de las Plantas.

Ha dirigido nueve tesis doctorales, y en la actualidad dirige otras cuatro.

Ha asistido a 19 congresos y reuniones científicas en España, y a 17 en el extranjero.

El conocimiento que tiene de la flora y vegetación de la Península Ibérica y de algunas zonas importantes de nuestro planeta, le ha permitido y le permite desarrollar al profesor S. Rivas-Martínez una docencia entusiasta y una investigación eficaz en el campo de la Botánica, ya que el material original que ha ido recogiendo en sus viajes y expediciones comprende miles de fotografías y diapositivas, y cientos y cientos de plantas e infinidad de inventarios de vegetación, todo lo cual constituye también una contribución importante a la cultura e investigación universitaria española.

Su faceta humana más destacada es la de deportista, siendo su deporte favorito el alpinismo, a través del cual ha conocido buena parte de nuestro planeta; en particular sus cordilleras más importantes en expediciones oficiales de la Federación Española de Montañismo, de la que ha sido siempre miembro seleccionado y en las tres últimas expediciones su Director Técnico.

Ha ascendido los picos más elevados de los Andes, donde alcanzó la cumbre del Huascarán (6.787 metros). También en el Perú logró conquistar 10 cumbres vírgenes de más de 5.000 metros de altura.

En Alaska culminó el Mc Kinley (6.224 metros), la cumbre más

elevada de América del Norte, donde pudo estudiar la inigualable vegetación de coníferas boreales y la tundra ártica.

En Europa ha ascendido a todas sus cordilleras, alcanzando cinco veces la cumbre del Mont Blanc (4.807 metros) y ha estudiado la vegetación y flora de los Pirineos, Montes de Gales y de Escocia, Alpes Escandinavos, Dolomitas, Tirol, Alpes dináricos (Yugoslavia), Tatras (Polonia) y Cárpatos (Bulgaria).

En una memorable expedición alpinista alcanzó la cumbre de Elbruz (5.626 metros), en el Cáucaso Central, donde pudo comprobar la gran similitud existente entre la vegetación de las Altas Montañas Ibéricas y las del Cáucaso central.

En Africa (1971) ha ascendido a su cumbre más alta, el Kilimanjaro (6.010 metros). En dicha zona, siguiendo un itinerario poco frecuentado donde la vegetación estaba en un estado tan natural que en ocasiones tuvieron que abrirse paso con el machete y seguir las galerías creadas por los grandes mamíferos. En dicha expedición, movido por su pasión por el alpinismo, ascendió a la cumbre del Monte Kenia, siguiendo un itinerario por su pared norte. Desde la cumbre del Batián, cúspide del Kenia (5.298 metros), descendieron los mil metros finales de su pared norte descolgándose por cuerdas.

Su última gran expedición ha sido en 1973 al Himalaya. En dicha expedición exploraron el Valle del Buri-Gandaki, constituyendo la cuarta expedición que exploraba dicha zona. Los 300 kilómetros de valle los recorrieron íntegramente a pie en veinte días y subieron desde los 300 metros sobre el nivel del mar hasta los 5.000 metros en la frontera tibetana. En dicho recorrido pasaron del reino floral tropical al holártico a través de diez pisos de vegetación sucesivos. A la vez que el clima y la flora cambiaban, pudieron observar que el hombre y sus costumbres se modificaban. Así: con el mundo tropical dejaron la raza birmano-nepalí, induista, para entrar en el reino boreal, en el mundo budista-tibetano. En aquella ocasión intentaron alcanzar la cumbre del Manaslú, de 8.146 metros, pero condiciones meteorológicas excepcionalmente adversas —cayeron 6 metros de nieve en catorce días a los 6.000 metros— les forzaron a abandonar por el peligro inminente de grandes avalanchas. Este mes de marzo el profesor S. Rivas-Martínez volverá de nuevo con la Expedición Española al Himalaya a intentar de nuevo el Pico Manaslú, que en tibetano significa «guardia del alma».

De la labor científica y del magistral discurso del profesor Rivas-Martínez, se deduce su vocación y entusiasmo por la Botánica. Yo le felicito por su entrega fervorosa al estudio de las plantas que, como dijo en su día —refiriéndose a los árboles— el insigne polígrafo aragonés, el león de Graus, Joaquín Costa, «Son obreros incansables y gratuitos, cuyo salario paga el Cielo, que no se declaran en huelga, ni vociferan gritos subversivos, ni entonan el himno de Riego, ni socaban los cimientos del orden social».

Y qué decir de esas formaciones tan maravillosas de especies arbóreas que el profesor Rivas-Martínez como botánico viajero ha podido contemplar y admirar en tantas latitudes, pues según afirmaba Darwin: «*A traveller should be a botanist for in all views plants form the chief embellishment*» (El viajero debería ser botánico, porque desde todos los puntos de vista las plantas forman la principal decoración).

Recordemos que el arbolado y los bosques, aparte de los productos que nos suministran: frutos, semillas, maderas varias, cortezas curtientes, corcho, celulosa, caucho, etc., ejercen influencia decisiva en el régimen de las aguas, impidiendo en los terrenos accidentados la formación de torrenteras; sanean terrenos palúdicos, fijan los terrenos arenosos, modifican favorablemente la temperatura y la velocidad de los vientos, purifican el aire, no sólo porque desprenden a la luz oxígeno, sino porque algunas especies fijan ciertos gases contaminantes como el ozono y el anhídrido sulfuroso; hay especies forestales que embalsaman el ambiente y todos los árboles por la transpiración de sus hojas refrescan constantemente la atmósfera, facilitando por la capa de aire húmedo que se halla encima del bosque la formación de nubes y la precipitación de lluvias. Influyen los bosques en la salubridad de un país, en el bienestar material y espiritual, carácter, psicología y en la cultura de los pueblos. Ya lo dijo Chateaubriand: «Delante de toda civilización va el árbol, detrás viene el desierto».

*Nobis placeant ante omnia sylvae* es frase de Virgilio. (El bosque nos complace sobre todas las cosas.)

Y de Beethoven es la siguiente frase: «*Dios mío en el bosque soy feliz; qué serenidad, qué paz, únicamente en el bosque puede elevarse el alma a ti, sólo entre estas frondas puedo servirte*».

Y él, el genial compositor, aún estando sordo, supo oír a la Na-

turalaleza porque supo mirarla y contemplándola y meditando, resonaron en su mente los maravillosos tiempos de su Sexta o Sinfonía Pastoral.

Hay que educar a nuestras juventudes escolares y universitarias para que aprendan a leer en el libro de oro de la Naturaleza, y para ello nada mejor que enseñarles la Botánica en el campo porque *las flores son las letras del paisaje*, como dice el profesor E. Guinea, y agrega: *La lámina verde del tapiz vegetal está esmaltada de una policromía diminuta, grácil y dibujada, en cada una de cuyas formas hay un sentido y una clave del secreto del bosque, del prado o de la marisma.*

¿Quién no ha sentido admiración por la obra del Creador al contemplar las bellísimas *Strelitzias*, *Poinsettias*, *Orquídeas tropicales*, *Anthurium* y tantas y tantas otras flores o la infinita variedad de tipos de hojas?

Las plantas ejercen enorme influencia en nuestra cultura y bienestar. Son motivo de inspiración para pintores y poetas. Recordemos a Rumi, el inspirado poeta persa del siglo XIII, quien sobre las rosas escribió así:

*Ni el pensamiento ni el mundo comprenden a la rosa.*

*Ella viene como mensajera del alma.*

*La rosa es el sentido y el espejo de lo hermoso.*

.....  
*Nuevas fuerzas penetran en el espíritu.*

*Cuantas veces liba éste la dulzura de la rosa.*

Y el famoso poeta indio Rabindranaz Tagore (Premio Nobel en 1913) al final de su poema *La Escuela de las Flores* (1), dice así: *«Oye madre, las flores tendrán su casa en el cielo, con las estrellas ¿verdad? ¡Mira tú, si no, qué ganas tienen de subir! ¿Y a que no sabes tú por qué corren tanto? ¡Yo si lo sé! Y sé también a quién echan sus brazos. Las flores tienen su madre como yo te tengo a tí.*

Y ¡qué de beneficios reporta el reino vegetal al hombre! aparte de la madera, celulosa, caucho, etc., ya mencionados, plantas alimenticias como trigo, arroz, maíz, sorgo, patatas, legumbres etc.;

---

(1) Rabindranaz Tagore. Obra escogida. Aguilar S. A. de Ediciones, novena edición 1966, p. 103.



frutos como los cítricos y uvas de los que se extraen zumos alimenticios y ricos en vitaminas, la sacarosa de la caña de azúcar y de la remolacha, aceites tales como los de olva, soja, palma, coco, cacahuet, girasol, lino, etc.; fibras textiles: algodón, lino, cáñamo, yute, esparto, etc.; pastos para el ganado, infinidad de medicamentos entre los que citaré: atropina, cafeína, efedrina, quinina, morfina, reserpina, digitalina, alcanfor, mentol, eucaliptol, timol etc., y de las plantas criptógamas como las levaduras, aparte de su empleo en la industrias de fermentación alcohólica, y panificación, extractos vitamínicos, ergosterol, etc., y del cornezuelo de centeno sus diversas alcaloides y de los mohos, aparte de su empleo en la maduración de ciertos tipos de quesos como el *Penicillium roqueforti* en la maduración de los quesos de Roquefort, Stilton, Gorgonzola y Cabrales, se emplean algunos mohos en la fabricación de los ácidos glucónico, cítrico, itacónico, etc., y otros como las estirpes de *Penicillium* de la serie *notatum-chrysogenum* para la fabricación de la penicilina, extraordinario medicamento, que ha abierto el camino de esa sinfonía grandiosa que significa la incorporación de los antibióticos al arsenal terapéutico, y muchos mohos se emplean industrialmente para la obtención de diversas enzimas. Y no olvidemos que la base de la economía del pueblo japonés es el reno, y que éste se alimenta de diversos líquenes y muy especialmente de la *Cladonia rangiferina*.

Y son legión los investigadores consagrados al estudio de las plantas desde distintos puntos de vista. Recordemos al Padre Agustino Gregorio Mendel, quien realizó, como ustedes saben, sus investigaciones con determinadas variedades de guisantes en el Jardín Botánico del Monasterio de Brunn, y después de diez años de pacientes análisis presentó en 1866 su comunicación histórica *Versuche über Pflanzen Hybriden*, en la cual formuló con rigurosa base científica experimental una interpretación, una teoría sobre los fenómenos de la herencia en cuyo enigma logró él penetrar. Bien merecidamente se le aplica a Mendel el calificativo de *Padre de la Genética*.

En mi discurso de contestación, en la Real Academia de Ciencias, al discurso de ingreso del profesor doctor E. Sánchez Monge, pasé revista a los investigadores a quienes se le ha concedido el Premio Nobel por sus trabajos en el campo de la Genética, pero aquí voy a referirme únicamente al doctor N. E. Borlaug, botánico-fitopatólogo.

go y además genético, a quien se le concedió en 1970 el Premio Nobel de la Paz, el único botánico hasta el presente que ha logrado ese galardón y a quien se le aplica el calificativo de *Padre de la Revolución Verde* y se le considera como el hombre que en nuestro tiempo ha trabajado más por remediar el hambre sobre la Tierra, y es que las investigaciones de las que se derivan beneficios para la Humanidad despiertan admiración, respeto y gratitud hacia los científicos que las han realizado.

Los vegetales verdes son seres autótrofos, fotótrofos, que desde el punto de vista trófico son superiores, incluso al hombre, porque son capaces de transformar el  $\text{CO}_2$ , el  $\text{H}_2\text{O}$  y las sales minerales, nitratos, sulfatos, fosfatos, etc., en materia orgánica (glúcidos, lípidos, prótidos, etc.) con energía almacenada, y ese milagro lo realizan las plantas verdes con extraordinaria sencillez porque poseen clorofila, el pigmento base de la vida en nuestro planeta, localizado en las plantas superiores en los grana de los cloroplastos y dicho pigmento y los que le acompañan, pigmentos carotinoides y otros pigmentos en determinados tipos de algas, absorben la energía electromagnética de los fotones de luz solar que inciden sobre las hojas y otras partes verdes vegetales, y con la maquinaria enzimática apropiada se realiza en los cloroplastos el proceso bioquímico más maravilloso que tiene lugar en nuestro mundo: *la Fotosíntesis*.

Los cloroplastos son las centrales donde se almacena la energía lumínica solar en forma de energía química. En los cloroplastos la energía de los fotones de luz absorbidos se emplea para fabricar ATP y para separar de las moléculas del agua el oxígeno, que es el que emiten las plantas verdes a la luz y el hidrógeno que es transportado por maquinaria enzimática especial y es utilizado, entre otros procesos, para reducir al  $\text{CO}_2$ , previamente fijado en forma de  $\beta$ -fosfoglicérico, que así es transformado en  $\beta$ -fosfogliceraldehído, azúcar de 3 átomos de carbono y punto de partida de los demás hidratos de carbono y de todos los productos orgánicos con energía química almacenada que elaboran los vegetales verdes.

Los cloroplastos son, por tanto, centrales reductoras, acumuladoras de energía. Es la luz solar la que suministra la energía en forma de fotones para el funcionamiento de la fábrica verde. Es decir, que sin la luz solar las plantas de nuestros campos no elaboran productos

orgánicos y sin el alimento orgánico elaborado por los vegetales verdes el mundo animal no podría vivir. El sol es, pues, el padre de la vida. Ya lo dijo Goethe: «*Todo lo que vive es hijo del Sol*».

Ahora bien, la energía que irradia el sol es de origen nuclear; procedente de la conversión del hidrógeno en helio a la temperatura aproximadamente de unos 15 millones grados Kelvin, en la profundidad de su núcleo. El sol viene a ser un gigantesco reactor de fusión nuclear donde el combustible es el hidrógeno del cual se estima se consume por segundo la cifra fabulosa de 4,7 millones de toneladas.

La enorme cantidad de energía producida en el interior del horno nuclear solar llega lentamente a su superficie y allí es irradiada al espacio. Se estima que la cantidad de energía que irradia el sol por toda su superficie es del orden de  $3,86 \times 10^{33}$  ergios por cada segundo (*Encyclopedia Britannica*, vol. 17, p. 808, XV edición, 1974).

En el momento actual parece que el sol se halla en estado de equilibrio entre la producción de energía y su luminosidad. Pero con esa pérdida tan colosal de combustible y de masa, la composición química del sol debe ir cambiando en el transcurso de millones de años.

Los astrofísicos estiman que la evolución futura del Sol sea similar a la de otras estrellas normales y que si las condiciones actuales prevalecen dentro de cientos de millones de años alcanzará el sol el estado de *estrella gigante roja*, y millones de años después pasará a *estrella enana sin luminosidad*. Pero mucho antes habrá desaparecido la vida en nuestro planeta, más no anticipemos ese cataclismo cósmico inevitable y pensemos y procedamos como si ello no fuera nunca a ocurrir.

Conviene recordar que la energía almacenada en los combustibles fósiles: carbones, petróleos y gases naturales, en su origen, fue también energía procedente del sol, captada y almacenada en virtud de la Fotosíntesis por vegetales que vivieron hace muchos millones de años y cuyos restos o los de los seres que se alimentaron de ellos han sufrido transformaciones que han dado origen a los carbones, petróleos y a los gases naturales combustibles.

Estamos viviendo momentos difíciles por no disponer libremente y a precio razonable del petróleo. Los yacimientos conocidos hasta ahora de dicho combustible y materia prima de extraordinaria importancia, en el plazo de pocas decenas de años se agotarán y aunque es de esperar se localicen nuevos depósitos naturales de combustible lí-

quido, es necesario dirigir nuestra atención a las plantas verdes que en esencia han sido en tiempos pretéritos y lo son actualmente, los captadores y almacenadores de la energía solar.

Se estima que en la actualidad las plantas verdes fijan por fotosíntesis una cantidad anual de 200.000 millones de toneladas de C, de los cuales el 10 por 100 por las plantas terrestres y el resto por las que viven en las aguas continentales y en las marinas.

En su trabajo *Utilización de la energía solar por medio de la fotosíntesis* (Energía Nuclear Nov.-Dic., 1974) el ingeniero agrónomo profesor doctor Jesús Fernández y González, llega a la conclusión de que el valor actual de la energía fijada anualmente por fotosíntesis ( $1,9 \times 10^{18}$  Kc) es unas 40 veces superior al de la energía gastada en todo el mundo en 1970 estimada en  $4,69 \times 10^{16}$  Kc y unas 17 veces mayor que el valor de la energía mundial que se espera se gaste en 1985 y que se estima en  $1,116 \times 10^{17}$  Kc.

La eficiencia fotosintética es la eficiencia con que las plantas convierten la energía luminosa solar que reciben en energía almacenada en los productos vegetales.

Aunque en los arrozales del Japón y en los trigales de Dinamarca esa eficiencia oscila entre el 2 y 2,5 por 100, se estima que para la mayor parte de la agricultura mundial es inferior al 2 por 100, y muchos estiman que es alrededor del 1 por 100 y otros que incluso es inferior a ese 1 por 100, y ello debido a deficiencias de los terrenos de cultivo en sustancias minerales, a falta de agua, a temperaturas no adecuadas, a plagas, etc.

Si se pudiera elevar en unas pocas unidades esa eficiencia fotosintética, se habría dado un gran paso en un mejor aprovechamiento de la energía solar que llega a la superficie terrestre, energía que, además de ser gratuita, es de libre disposición.

Hace pocos años el doctor Rabinovitch, autoridad en fotosíntesis, escribió así: *«If some economical means could be found to capture even 10 % of light energy, the discovery could produce greater revolution in our power economy than can be expected at present from atomic energy»*.

Estimo que está reservada a los fitoquímicos, fitofisiólogos y a los fitogenéticos misión importante, en las investigaciones relacionadas con el mejor aprovechamiento de la energía solar por medio de

la Fotosíntesis y hay que esperar confiadamente en que algo positivo y útil para la Humanidad surgirá de tan noble empresa.

Nada tendría de particular que siendo yo botánico, prosiguiera con mi canto a las plantas y elogio a los que consagran sus desvelos a su estudio: fitotaxónomos, fitosociólogos, fitobioquímicos, fitofisiólogos, fitogenéticos, agrónomos, dendrólogos, etc., pero, prefiero presentarles un testimonio sobre el valor educativo y formativo de la Botánica que no dudo les va a sorprender porque es el de un distinguido patólogo y eminente cirujano —cirujano que lo fue de la Reina Victoria de Inglaterra y que fue Presidente de las principales Sociedades Médicas de Londres: Clinical Society (1869), Royal Medical and Chirurgical Society (1875) y Pathological Society (1877) y también Fellow de la Royal Society y Presidente del Congreso Internacional de Medicina celebrado en Londres en agosto de 1881 y al cual acudieron entre otras personalidades tres figuras estelares en la historia de la Biología y de la Medicina: Pasteur, Koch y Lister. Me refiero a Sir James Paget (1814-1899), de quien les voy a referir la siguiente anécdota: siendo estudiante de medicina, en la sala de disección, al hacer la disección de un cadáver descubrió en alguno de sus músculos unas formaciones que le llamaron la atención, eran pequeños quistes, los disecó y halló en el interior de cada uno un diminuto gusano al cual años después Owen dio el nombre de *Trichina spiralis*. Es decir, de joven tenía bien desarrollado el espíritu de observación. Y ahora veamos lo que al final de su carrera escribió el citado Sir James Paget:

*«I think it impossible to estimate too highly the influence of the study of Botany on the course of my life. It introduced me into the society of studious and observant men; ... it encouraged the habit of observing, of really looking at things and learning the value of exact descriptions; it educated me in the habits of orderly arrangements. I can think of none among the reasons of my succes... which may not be thought-of as due in some degree to this part of my apprentice-life. My early association with scientific men; my readiness to work patiently in museums...; the unfehl power of observing and of recording facts; these and many more helps toward happiness and success may justly be ascribed to the pursuit of botany.*

*«And as I look back, I am amused in thinking that of the mere*

*knowledge gained in the study—the knowledge of the appearances and names and botanical arrangement of plants— none had in my after-life any measure of what is called practical utility. The knowledge was useless: the discipline of acquiring it was beyond all price» (1).*

Pasemos a analizar someramente el discurso del profesor Rivas-Martínez:

### *Perspectivas sobre la Taxonomía vegetal*

Se ha esforzado en presentarnos los criterios científicos y filosóficos en que se basa la Taxonomía moderna. Da un gran valor a la morfología clásica, pero admite que los caracteres citológicos y químicos deben utilizarse, sobre todo por su gran valor filogenético. El estudio de la capa más externa del grano de polen, así como de los pelos y epidermis, observados mediante el empleo del microscopio electrónico de barrido es también de gran utilidad para el taxónomo actual.

En la expresión de los datos numéricos y en su análisis destaca la importancia de los métodos estadísticos, de donde arranca la nueva Ciencia taxonómica numérica o Taxometría, donde utilizando los recursos de las modernas computadoras, se abre un campo valiosísimo para el sistemático y en el cual el profesor Rivas-Martínez y su equipo trabajan actualmente.

El concepto de especie, eterna diatriba del Sistemático, es abordado con perspectiva histórica a través de la cual nos conduce finalmente al concepto de especie biológica y a la necesidad del estudio de la variación en las poblaciones o unidades donde se intercambia información genética.

La interpretación adecuada del nivel plóidico de las especies vegetales resulta ser de gran valor no sólo a nivel de la Sistemática Botánica, sino también en las especulaciones filogenéticas y geobotánicas.

Y en la última parte de su discurso, con su afán ordenador y simplificador, ha sabido resumir el importante Código Internacional de

---

(1) Estos párrafos de Sir James Paget los he tomado del trabajo *The Use of Botany in Pathology*, por W. C. Roberts, publicado en *Archives of Pathology*, Oct. 1970, vol. 90, p. 293.

Nomenclatura Botánica imprescindible en cualquier investigación botánica.

En su discurso, el profesor Rivas-Martínez nos ha hablado de Carlos Linneo y de sus trascendentales obras *Systema naturae* y *Species plantarum*.

La admiración que siento por el genial naturalista sueco, me mueve a recomendar a todos los amantes de las Ciencias naturales que, si tienen oportunidad de viajar a Suecia, visiten en la catedral de Uppsala, el monumento y la lápida en memoria de aquel insigne hombre de ciencia, y en la Universidad de Uppsala donde Linneo desempeñó durante muchos años la cátedra de Medicina e Historia Natural, deben visitar el *Museo de Linneo* donde entre otras muchas cosas de extraordinario interés podrán contemplar su cuaderno de notas de su famoso viaje a la Laponia cuando tenía 25 años (1732), publicándose cinco años después su *Flora Lapponica* (1737).

A pocos kilómetros de Uppsala también deben visitar en Hammarby, la casa donde pasaba Linneo sus vacaciones de verano y donde también daba clases particulares de Botánica, pues está llena de recuerdos del *Príncipe de la Botánica* y no dejen de reparar que en el dintel de la puerta que da entrada a su habitación-dormitorio está pintada la siguiente frase latina:

*Innocue vivito, Numen adest.* (Vive inocentemente, Dios está presente o lo que es igual, el que vive con sencillez tiene a Dios consigo.)

Quiero señalar a los oyentes no botánicos que hay un género de Caprifoliaceas, el género *Linnaea*, creado por el botánico holandés Gronovius en homenaje a su gran amigo Carlos Linneo. Fue en la Laponia sueca donde Linneo recogió la *Linnaea borealis*, única especie que se conoce de dicho género y hay un cuadro en Uppsala en el Museo de Linneo en el que el artista M. Hoffman ha representado a aquel hombre extraordinario ataviado con traje de lapón y en la mano derecha lleva un ejemplar de la *Linnaea borealis*.

Y fue precisamente en la Laponia sueca, en los alrededores de Abisko, junto al lago Torneträsk, al norte del círculo polar ártico, donde el día 22 de julio de 1950 yo vi por primera vez la plantita de Linneo. Herborizaba el profesor Guinea y yo seguía de cerca su trabajo. El iba cantando con gran entusiasmo los nombres de las plan-

tas que iba recogiendo: *Diapensia lapponica*, *Rubus arcticus*, *Linnaea borealis*...

Me produjo emoción grande conocer a la humilde plantita cuyo nombre genérico *Linnaea* perpetúa el de Linneo. De ella recogimos algunos ejemplares. Por un momento cerré los ojos y allí, en pleno campo, en tierra lapona, musité en silencio la siguiente oración del propio Carlos Linneo:

*«He acertado a descubrir a Dios y he encontrado sus Huellas en las obras de la Naturaleza y he visto en todas ellas, aún en las más pequeñas, aún en las que parecen nimias, que hay una fuerza, una sabiduría y perfección admirables.»*

Antes de terminar permítaseme que hable nuevamente y muy brevemente del beneficiario y que haga alusión a algo que siempre que lo contemplo me impresiona y me emociona y es que Salvador hijo siempre que encuentra a su padre —sea donde sea— le besa y no me refiero a que lo haga en casa o en la calle, sino en un aula de la Universidad delante de un gran auditorio o en un despacho donde se reúnen los miembros de un Tribunal de tesis doctoral o de oposiciones.

Y ¡qué edificante resulta en estos tiempos ese gesto de afectividad filial! Y ello me trae a la memoria las siguientes preciosas líneas de Th. Davidson:

*«I know no better augury of a young man's future than true filial devotion. Very rarely does one go morally wrong whose passionate love to his mother is a ruling force in his life, and whose continual desire is to gladden her heart. Next to the love of God this is the noblest emotion»* y sigue

*«I do not remember of a young fellow going to the bad who was tenderly devoted to his parents».*

Y yo agregó:

*«Los hijos que sienten devoción por sus padres tienen la bendición del Cielo.»*

En nombre de los miembros de esta Real Academia de Farmacia, en este día de júbilo para todos nosotros, le doy la bienvenida al profesor D. Salvador Rivas-Martínez y le deseo muchos años de vida activa al servicio de la Universidad y de la Ciencia Española y prestigiando también a esta Docta Corporación.