

---

## TENDENCIAS ACTUALES DE LA SISTEMÁTICA VEGETAL

---

TEÓFILO HERRERA

Instituto de Biología.

La sistemática vegetal, taxonomía vegetal, botánica sistemática, botánica taxonómica o taxonomía botánica es el estudio y clasificación de los vegetales con el fin de ordenarlos en un *sistema natural*, es decir, que indique las relaciones filogenéticas entre los diversos grupos de plantas. Para lograr lo anteriormente indicado, se adoptó como unidad fundamental de clasificación la categoría taxonómica denominada especie que a su vez puede estar integrada por jerarquías inferiores: subespecies, variedades, razas y formas; por otra parte, las especies se agrupan en categorías taxonómicas de más elevada jerarquía: géneros, familias, órdenes, clases y divisiones. Los métodos de clasificación que, a diferencia de los naturales, sólo tratan de agrupar a las plantas con el fin de facilitar su identificación sin tomar en cuenta sus afinidades reales, reciben el nombre de *clasificaciones o sistemas artificiales*.

Según tendencias actuales, la sistemática toma en consideración no sólo la morfología externa de las plantas, sino que analiza también su constitución anatómica, citogenética y bioquímica, su fisiología y ecología, su área de dispersión y sus relaciones fitopaleontológicas, etc., con la idea de obtener una información que sea la más completa posible acerca de las verdaderas afinidades o relaciones filogenéticas entre las especies y entre las diversas entidades sistemáticas.

Una tendencia muy importante de la sistemática moderna es la de intercalar los diversos grupos fósiles de plantas en el lugar correspondiente del sistema, con lo cual se puede lograr mejor la finalidad del método natural de clasificación del Reino Vegetal: la de agrupar las plantas según su grado de parentesco. Según esta tendencia, la paleontología vegetal dejaría de ser una disciplina independiente y sólo pasaría a ser una rama artificial de la sistemática botánica general.

En la actualidad existe la tendencia a abordar la sistemática vegetal, que abarcaría todo el estudio sistemático, desde tres campos:

I. Taxonomía botánica, que se ocupa de la colocación de las plantas en su categoría taxonómica o taxón más pequeño y a su vez ese taxón en otros de mayor jerarquía en el sistema filogenético.

II. Nomenclatura botánica, que se ocupa de la selección de los nombres científicos correctos para las diferentes categorías taxonómicas o taxa, de acuerdo con las reglas estipuladas en el último Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

III. Neosistemática, biosistemática, taxonomía experimental o biotaxonomía vegetal que estudia la diversidad de formas del reino vegetal y el proceso de diferenciación de las mismas tomando en cuenta datos citogenéticos, bioquímicos ecológicos, etc. Esta rama de la sistemática vegetal sólo debe mencionarse cuando se quiere hacer énfasis en la aplicación de los modernos métodos citogenéticos, bioquímicos, ecológicos, etc., a la sistemática vegetal pero, en realidad, al hablar de sistemática actual se considera que ha habido el intento de considerar todos los datos posibles y que se han explorado todos los campos de la botánica para agrupar las plantas según sus afinidades filogenéticas.

La separación entre taxonomía y nomenclatura, es justificada porque se trata de dos actividades distintas del estudio sistemático, puesto que la segunda mencionada sólo se ocupa de la selección de los nombres correctos en el proceso de clasificación. Los términos sistemática y taxonomía han sido utilizados indistintamente por los botánicos; por esta razón pueden considerarse también como sinónimos. Los autores norteamericanos, por ejemplo, incluyen generalmente todo el estudio sistemático en sus tratados de taxonomía vegetal o botánica taxonómica, pero algunos de ellos, como Simpson, hacen una distinción entre taxonomía, que trata de los principios de clasificación y sistemática, que corresponde a lo que nosotros explicamos dentro del concepto de biosistemática.

La clasificación botánica es una parte de la clasificación biológica y ésta, a su vez, es una extensión de la clasificación general y está gobernada por los mismo principios básicos. La clasificación es una actividad

fundamental del hombre y, en la mayoría de los casos, se emprende con propósitos principalmente prácticos; pero se necesitan clasificaciones diferentes para llenar diversos propósitos; ninguna clasificación puede servir a todos los propósitos, según los conceptos expresados por Davis y Heywood (1963). Estos autores indican que las clasificaciones filogenéticas son inasequibles en las angiospermas excepto para casos especiales y, en la mayoría de ellos, sólo a nivel específico o genérico debido a que la conversión de una clasificación fenética a algo que pueda aproximarse a una clasificación filética implica toda una serie de problemas de interpretación y balance de caracteres. La construcción de árboles y arbustos filogenéticos es una actividad compleja, pero esto no es precisamente la taxonomía sino únicamente un uso de los datos de la taxonomía.

La función básica de la taxonomía vegetal, o sea la clasificación de las plantas, debe eslabonarse con demostraciones citológicas y datos de la química de los productos vegetales, pero ni los datos cariológicos ni los fitoquímicos tienen siempre la misma importancia en taxonomía comparada; ambos representan únicamente expresiones del genotipo, de ninguna manera más importantes que las características morfológicas.

La consideración de datos citológicos en el estudio de fenómenos microevolutivos y de genética de poblaciones y disciplinas relacionados sólo pueden estar fundamentados cuando se entiende lo que es la taxonomía. Cuando, por ejemplo, una diferencia en el número de cromosomas indica una barrera de esterilidad, debe considerarse al lado de observaciones genéticas experimentales con el correspondiente estudio de grupos híbridos. El concepto de esterilidad no puede servir de base para separar las especies, de tal manera que las clasificaciones basadas en el criterio de intercambio de genes, número de cromosomas, etc., deben considerarse como artificiales, a menos que los datos genéticos estén balanceados con otros muchos caracteres.

Se ha considerado que la sistemática tiene fundamentalmente la misma relación importante con la biología que las matemáticas con la física sin despreciar la importancia que tienen también las ciencias físico-matemáticas para poder explicar ciertos aspectos de la biología. La sistemática vegetal tiene como finalidad inmediata ordenar y denominar a las plantas actuales y fósiles; pero después de esto se ocupa de recopilar datos proporcionados por diversas ramas de la botánica, los interrelaciona y, de acuerdo con esto, formula conceptos que pueden resolver preguntas relacionadas a filogenia, evolución, genética, ecología, etc.

En la actualidad existe la tendencia al desprecio de la sistemática, sostenida principalmente por muchos de los biólogos que se ocupan del estudio de los ácidos nucleicos, los genes, la biología molecular, la biofísica, etc.; pero esta corriente provocada por el incremento de nuevas ramas de la biología no debe desplazar a la sistemática del campo que le corresponde y que debe ser conservado, aunque al mismo tiempo debe estar comunicada con los otros campos de la biología: genética, bioquímica, citología, bioestadística, etc., para utilizar las mismas herramientas y técnicas aplicadas en esos campos y recibir la información que allí se tiene, con objeto de transmitir datos más elaborados que, a su vez, pueden repercutir en el mayor florecimiento de los diversos campos de las ciencias biológicas.

Otra tendencia importante en la actualidad y fundamental para el futuro, es el trabajo de síntesis de la información acumulada debido a la extraordinaria calidad de literatura taxonómica que se produce de manera constante en el mundo, como resultado del aumento logarítmico de la investigación en los últimos años. Esta literatura está dispersa y es necesario sintetizarla en manuales y compendios porque un individuo sería incapaz de revisar y, aún más, de digerir los nuevos datos dispersos en la abrumadora, constante e interminable producción mundial de publicaciones científicas.

El progreso de la sistemática ha culminado en el establecimiento de la sistemática filogenética en los términos que hemos explicado anteriormente, pero ha surgido, además, una nueva tendencia que es la taxonomía numérica de la cual nos ocuparemos más adelante.

La sistemática filogenética progresa en la actualidad en función de los datos proporcionados por otras ciencias. Los datos que más han influido en el desarrollo de la sistemática moderna son los siguientes:

1° *Datos morfológicos.* Frecuentemente, dos individuos considerados dentro de una misma especie pueden diferir tanto, que llegan a considerarse en especies diferentes. El estudio de otras plantas de la misma área generalmente revela individuos con combinaciones de caracteres de los otros dos. Observaciones de 20-30 individuos indican una continuidad desde uno de los primeros extremos hasta el otro y aun a otras fases de la población. Un ejemplo de lo anterior, es la variación de la forma y tamaño de las hojas de un encino de California: *Quercus dumosa* que presenta una gran variación no sólo entre los individuos, sino que también muestra una considerable diferencia foliar y otros caracteres en la misma planta. Uno de los estudios morfológicos elementales al establecer una especie es el de la variación de los fenotipos dentro de la misma especie.

La intergradación de los fenotipos se explica por hibridación, no sólo entre los individuos de una especie, sino también con otras especies, de tal manera que las especies pueden formar cadenas o redes complejas de sistemas de población parcialmente hibridizadas o segregadas. Un ejemplo lo tenemos en la intergradación entre *Quercus californica* y *Q. dumosa*; el primero, a su vez, muestra intergradación con *Q. douglasii* y el segundo con *Q. engelmannii*.

Estructuras microscópicas o casi microscópicas, pueden ser de primordial importancia en los procesos biológicos. En consecuencia, pueden ser responsables del curso de la evolución conduciendo a la diferenciación de especies y otros taxa y, por lo tanto, pueden ser clave para la clasificación. Son ejemplos de estos caracteres los distintos tipos de tricomas, presencia de nectarios y escamas, glándulas, caracteres de los granos de polen, de los óvulos y los embriones, caracteres de la epidermis y de los tejidos subepidérmicos, caracteres intracelulares, etc.

2° *Datos fisiológicos y ecológicos*. La fisiología y ecología ofrecen demostraciones de la estabilidad de caracteres en diferentes condiciones ambientales y proporcionan datos de valor para indicar las razones de las migraciones efectuadas en la actualidad y en tiempos pasados por las distintas especies y variedades y su segregación como poblaciones ecológicamente adaptados.

La investigación de los ciclos biológicos de las especies implica estudios morfológicos, fisiológicos y ecológicos que pueden conducir a resolver problemas y a corregir errores taxonómicos. Ahora sabemos, por ejemplo, que el alga *Gloeochoyosis maritima* produce una fase móvil que es idéntica a un organismo descrito como *Ochromonas oblonga* que, por lo tanto, no tiene razón de existir como entidad taxonómica.

3° *Datos químicos*. La historia antigua de la botánica es principalmente una historia de los usos de las plantas en medicina; y los recolectores de raíces y herbalistas del pasado comenzaron, hace muchos siglos, a agrupar las plantas con virtudes o propiedades medicinales semejantes.

No fue hasta cerca del final del siglo diecisiete, sin embargo, en los trabajos de Nehemiah Grew, James Peltiver y Rudolf Jacob Camerarius que esta agrupación llegó a tener una visión moderna.

El botánico sistemático está acostumbrado a tratar con los caracteres morfológicos visibles de las plantas. Usa caracteres químicos visibles cuando anota el color de las flores, la presencia o ausencia de pigmentos verdes y los tipos de cristales que deben verse en cortes de material vegetal. Algunos de los últimos se encuentran constantemente en ciertas familias o están ausentes en otras. Los ráfides, cristales aciculares y fasciculados de oxalato de calcio son quizá las inclusiones más comunes de las plantas. Otras formas de cristales (en su mayor parte de oxalato de calcio) que se encuentran en diversas plantas han sido utilizados a veces como caracteres taxonómicos; en el género *Allium*, por ejemplo, las diferentes formas de cristales pueden utilizarse taxonómicamente. Pequeños cuerpos silicosos se encuentran en muchas plantas y éstos, como los ráfides, pueden ser de considerable valor taxonómico; por ejemplo, en las gramíneas, se distinguen 20 tipos de cuerpos silicosos que tienen valor para fines diagnósticos y taxonómicos. Cristales de yeso se han encontrado en Compuestas, Poligonáceas, Loasáceas, etc. No hay duda respecto a la utilidad taxonómica que tienen, por lo menos en parte, los diferentes tipos de granos de almidón. Muchas plantas elaboran glucósidos como amigdalina el almendro, vicianina el haba, cicasina algunas cicadáceas, etc. De la presencia de glucósidos pueden deducirse relaciones químicas; por ejemplo, de las semillas de una cicadácea: *Macrozoni spiralis* se ha reportado un glucósido tóxico denominado macrozamina que probablemente existe en todas las cicadáceas porque se ha registrado en muchas especies de esta familia exclusivamente; el hecho de que esta substancia y otras como la cicasina sean exclusivas de las cicadáceas nos confirmaría la idea de que dicha familia es un grupo relativamente aislado de las otras familias de plantas.

Desde hace algunos años se han utilizado algunas técnicas en taxonomía vegetal como las inmunoquímicas o serológicas y las cromatográficas.

Las primeras toman en consideración que es probable que cada tipo de organismo viviente tenga su propia combinación de proteínas de especies muy relacionadas son semejantes y que las correspondientes a las menos relacionadas son diferentes. Se ha estimado que las variaciones en estructura, aún en una sola proteína pueden ser diferentes para proporcionar tales diferencias. Las posibilidades de un número inconcebible de diferencias constitucionales en una proteína dada están ejemplificadas en el hecho de que la molécula de albúmina del suero puede, según se ha estimado, tener hasta un millón de esteroisómeros.

Por lo tanto, si pudiera inventarse un método para registrar tales diferencias en las proteínas vegetales, podría ser prometedora la medición de las relaciones.

Hacia fines del siglo pasado se notó que extractos de algunas plantas, pero no de otras, pueden hemolizar los corpúsculos rojos lavados de la sangre.

Cuando un animal es inmunizado con un extracto vegetal activo puede producir anticuerpos capaces de inhibir la hemólisis normal. Así Ehrlich (1891) fue capaz de inmunizar animales a la ricina y la abrina. En otros casos, se han demostrado aglutininas adquiridas.

Quizá la reacción mejor conocida es la llamada "reacción de la precipitina". Ha habido mucha discusión sobre los antígenos responsables de la producción de precipitinas en el animal. Con más frecuencia las proteínas parecen ser las responsables, pero pueden ser también otras sustancias como lípidos y glúcidos, que a veces desempeñan papel importante en las reacciones biológicas. Si se va a hacer uso de la reacción de la precipitina y otras reacciones en estudios taxonómicos, es esencial que se trabaje con las sustancias que son específicas del taxón por investigar. Las proteínas y lípidos almacenados, por ejemplo, pueden ser casi idénticos en organismos relativamente poco relacionados y, en algunos casos donde se han encontrado diferencias inmunológicas con éstos, se ha demostrado que es debido a proteínas contaminantes del cuerpo.

La investigación de la sistemática vegetal por serología comenzó en gran escala en la "Escuela de Königsberg" cuyos experimentos despertaron gran interés, pero al mismo tiempo fueron criticados, por los de la "Escuela de Berlín" con Gilg y Schürhoff a la cabeza. Sólo un especialista podría seguir esta controversia que retardó la aceptación de la serología como arma taxonómica. No obstante, se ha encontrado concordancia en muchos casos. Por ejemplo, Hyun (1949) estudió extractos de semillas germinadas de 15 especies de *Quercus* y encontró concordancia general entre los resultados serológicos y la taxonomía tradicional. Incluye también en su trabajo el género relacionado *Castanea*.

Las técnicas cromatográficas representan otra herramienta importante para los sistemáticos.

Las diferentes técnicas de cromatografía son muy usadas en la actualidad a partir de los trabajos de Martin y Synge (1941) que introdujeron la cromatografía bidimensional en papel, considerada por algunos autores como una herramienta tan útil como el microscopio.

Muchos investigadores han utilizado la cromatografía en papel con fines sistemáticos. Por ejemplo, en la familia de las *Compuestas* (*Asteraceae*) Ellison hizo una investigación cromatográfica de los compuestos fenólicos de 16 taxa, incluyendo 5 géneros de la tribu *Heleniae*. Se encontraron 50 manchas cromatográficas diferentes. Con estos datos se construyeron gráficas poligonales, que demostraron relaciones taxonómicas significativas que podrían ayudar en la resolución de problemas filogenéticos dentro de este taxón.

Alson y Turner utilizaron cromatografía bidimensional para el reconocimiento de varias especies de híbridos, por ejemplo en las del género *Baptisia* de las leguminosas.

4° *Datos citogenéticos*. La citología, especialmente el estudio de los cromosomas, puede proporcionar datos valiosos sobre el origen de los taxa. Dos ejemplos clásicos que demuestran el valor de la citogenética para explicar la existencia de poblaciones naturales y el problema de clasificarlas son: la síntesis artificial de *Galeopsis tetrahit* por Müntzing en 1930 y la síntesis del género potencial *Raphanobrassica* por Karpechenko en 1927.

El género *Galeopsis*, de las labiadas, incluye especies bien conocidas con números reducidos de cromosomas como sigue: *Galeopsis pubescens* 8; *G. speciosa* 8; *G. tetrahit* 16. Un cruzamiento generalmente no proporciona descendencia fértil, pero una serie que comenzó con *G. pubescens* y *G. speciosa* resultó primero en un triploide semejante a *G. tetrahit*, especie bien conocida y reconocida por muchos autores desde tiempos de Linneo. Este triploide se cruzaba con la especie *G. tetrahit* natural y en la meiosis era normal. Así el equivalente de la especie natural fue sintetizado de otros dos y establecido el probable modo de origen de la especie. Estudios de los cromosomas y experimentos de hibridación como éstos, muestran un método por el cual se originan nuevas especies en la naturaleza.

*Raphanobrassica* fue sintetizado de dos géneros bien conocidos de las crucíferas: *Raphanss* (rábano) y *Brassica* (col, mostaza). Tanto los rábanos como las coles tienen 9 pares de cromosomas, pero los 9 pares de unos no son completamente iguales a los 9 de los otros. Por lo común, las plantas producen híbridos estériles; pero en un caso la meiosis no se presentó en la primera generación filial casi estéril y se produjo entonces un tetraploide fértil, como esta planta tenía dos juegos completos de cromosomas del rábano y de la col, resultó completamente fértil. En la meiosis, cada cromosoma se apareaba con su homólogo, de tal manera que fue posible la reproducción sexual. El género *Raphanobrassica* es un híbrido poliploide con caracteres tan especiales, que se le ha considerado

como género nuevo producido experimentalmente.

Otra serie de fenómenos importantes, que pueden explicarse por datos citogenéticos, es lo que se ha llamado introgresión, donde una especie bien definida puede presentar algunos caracteres que evidentemente son de una especie afín. Esto es debido a la formación casual de un híbrido entre esas dos especies que ordinariamente no se cruzan por la existencia de una barrera genética que no resulta del todo completa. Ultimamente se ha visto que ciertas plantas cultivadas presentan caracteres de introgresión que en ciertas razas de maíz, por ejemplo, proceden de un género cercano a *Zea*: el género *Tripsacum*; entonces se habla de maíz de tipo tripsacoide y las razas que poseen estos caracteres tripsacoides son considerados primitivos.

5° *Datos paleobotánicos*. El significado de una serie adecuada de fósiles es de especial importancia para el sistemático.

Cuando, en raras ocasiones, hay una serie adecuada de plantas fósiles puede trazarse el desarrollo de las especies con cierta precisión. Por ejemplo, con la ayuda de investigación paleobotánica, Mason (1932) descubrió las relaciones entre los pinos de California, resolviendo en parte un difícil problema de clasificación casi imposible de aclarar, disponiendo únicamente del material viviente.

Frecuentemente los esquemas de distribución de las especies vivientes y otras unidades taxonómicas reflejan los resultados de acontecimientos de la historia geológica y su impacto sobre el aislamiento y desarrollo de los taxa. Estos acontecimientos históricos relacionan los cambios en la topografía, la alteración del clima y las migraciones de las especies en épocas pasadas.

El registro fósil de plantas, excepto en unos cuantos grupos, es escaso, y permite descubrir secuencias filogenéticas sólo en pocos grupos. Son raros los ejemplos de clasificación de grupos de especies tomando como base su historia geológica. La principal contribución de la paleobotánica a la clasificación de la mayoría de los grupos de plantas, es la explicación de las razones para el aislamiento geográfico y ecológico de los taxa vivientes y de sus ancestros inmediatos. Proporciona algún conocimiento sobre el origen de los esquemas de distribución pasados y presentes y da soluciones a problemas de endemismo y de disyunción de la distribución de especies y de tipos completos de vegetación.

6° *Síntesis de datos*. Cualquier paso hacia la clasificación de un grupo vegetal es, por sí mismo una importante contribución al conocimiento, pero el último es la sistemática; como en las otras materias, es la síntesis de todos los datos disponibles de todos los campos relacionados.

El estudio de taxa que se encuentra en tierras lejanas depende aún, casi completamente, del herbario o los herbarios disponibles, debiendo evaluar cada especialista la clasificación de las plantas ordenadas por otros exploradores. Esto no incluye datos de conocimiento de otros campos, como se indicó anteriormente, pero proporciona una aproximación hacia la verdad. El estudio de las plantas del Herbario Nacional de México, clasificadas por botánicos distinguidos como los recientemente desaparecidos Maximino Martínez y Faustino Miranda, nos revela el profundo conocimiento que tenían estos ilustres científicos sobre la flora mexicana.

Actualmente, conscientes de la posibilidad de obtener datos ecológicos, paleontológicos, genéticos, químicos y citológicos, el taxónomo puede evitar los errores al tratar de clasificar poblaciones naturales únicamente con la ayuda del herbario y los datos de campo disponibles. Aunque toda clasificación preliminar es sólo una aproximación, debe hacerse con cautela para que resulte realmente útil en estudios posteriores, en los que se podría aplicar una síntesis más o menos completa de los datos proporcionados por diversas ciencias.

7° *Taxonomía numérica*. Puede definirse como la evolución numérica de la afinidad o semejanza entre unidades taxonómicas y el ordenamiento de estas unidades en taxa, tomando como base sus afinidades.

La taxonomía numérica está basada en las ideas primeramente propuestas por Adanson. Estas ideas adansonianas pueden sintetizarse en los siguientes axiomas:

I. La taxonomía ideal es aquella en la cual los taxa tienen el mayor contenido de información, basada en la mayor cantidad posible de caracteres.

II. A priori, cada carácter es de igual importancia en la creación de taxa naturales.

III. La semejanza o afinidad total entre dos entidades, es función de la semejanza de los diversos caracteres con los cuales han sido comparadas.

IV. Diferentes taxa pueden ser construidos por la diversidad de correlaciones de caracteres en los grupos por estudiar.

V. La taxonomía concebida en esta forma es, por lo tanto, una ciencia estrictamente empírica.

VI. La afinidad se estima independientemente de las consideraciones filogenéticas.

La apreciación de las semejanzas es el paso más importante y fundamental en la taxonomía numérica. Comienza con la colección de información respecto a los caracteres en el grupo taxonómico en estudio. Esta información puede existir ya y sólo requiere su extracción de la literatura o bien tiene que descubrirse total o parcialmente. En la mayoría de los casos ambos procedimientos deben aplicarse. Para que el método sea digno de confianza, deben tomarse en cuenta muchos caracteres, por lo menos 60 y nunca menos de 40. Toda clase de caracteres es igualmente deseable: morfológicos, fisiológicos, etológicos, fitogeográficos, etc. Se deben evitar únicamente los prejuicios en la elección de caracteres, así como los caracteres que no sean una expresión precisa de las propiedades del organismo.

Al establecer categorías subordinadas, surge inevitablemente el problema de nombrarlas. ¿A qué nivel de la jerarquía se le va a denominar subgénero, género o familia? ¿Tienen estos términos alguna significación? Se acepta en la taxonomía convencional que los géneros y otras categorías en grupos tan diversos como fanerógamas, helechos, algas y hongos no representan taxa del mismo grado de afinidad. Para la taxonomía numérica es posible establecer la equivalencia de esas categorías aunque ésta se base en grupos completamente diferentes de caracteres. Sería preferible emplear una nueva serie de términos para el sistema jerárquico establecido por la taxonomía numérica que incluirían una estimación cuantitativa de la afinidad del grupo. El término 80—fenón (°60 fenón) se sugiere para contar grupos afiliados a niveles no inferiores a 80%° (60%) de la escala usada en el análisis.

Los partidarios de la taxonomía numérica sostienen que este sistema de clasificación es natural, aunque no filogenético sino fenético y empírico; para ellos, según lo indica, Gilmour la "taxonomía natural es un arreglo general dispuesto para el uso general de todos los científicos".

Se ha demostrado que la taxonomía numérica es de valor, por ejemplo, en la clasificación de las bacterias para lograr mejores clasificaciones fenéticas. En ausencia de abundante detalle morfológico, es fundamental un método para manejar muchos caracteres. La biología molecular puede proporcionar datos a la taxonomía numérica y ambos campos obtendrán conclusiones importantes como consecuencia de su mutua información. Los datos de esta información necesitarán forzosamente un análisis complejo y serán tan numerosos que sólo las computadoras electrónicas serán capaces de manejarlos.

Mediante los métodos de la taxonomía numérica por ejemplo, se puede demostrar que no hay una marcada división entre las bacterias y algunas cianofíceas; por otra parte, se indica que existe una estrecha relación entre las rickettsias y los organismos de la pleuroneumonía con las eubacterias.

Importancia de la sistemática vegetal en la enseñanza de la biología. En la actualidad, muchas universidades están modificando la enseñanza de la biología pero, en general, se considera que la sistemática debe ocupar un lugar importante. Pueden distinguirse distintos niveles en la enseñanza de la sistemática, aun cuando todos ellos están relacionados entre sí: 1) la enseñanza de la sistemática a nivel de subgraduados, 2) entrenamiento de taxónomos, 3) promoción de investigación en sistemática.

El papel que debe ocupar la sistemática en cursos para no graduados en biología, ha sido muy discutido recientemente. Algunos departamentos de biología molecular, fisiológica o bioquímica es sistemática. Así, campos tan importantes y diversos como anatomía, morfología, palinología, ecología, botánica criptogámica, paleontología, genética de poblaciones, etc., se han añadido al campo de trabajo del sistemático.

Algunos biólogos experimentales consideran que la sistemática carece de una rigurosa base científica; esto se debe, en la mayoría de los casos, a la falta de personal y recursos adecuados para que pueda efectuarse la sistemática de manera más profunda. Como consecuencia, muchas de las disciplinas biológicas básicas de las que dependemos para la consideración de nuestra información están en un estado de desprecio. El resultado de estas actividades ha motivado que cada vez sea más difícil obtener personal competente para trabajar en muchos campos, lo cual conducirá a un fracaso para aplicar técnicas modernas en esos campos.

El punto de vista de que dichas materias deban ser despreciadas es insostenible. Aunque las investigaciones

anatómicas puedan carecer del brillo de la biología molecular, es la investigación en sistemática la que contribuye al adelanto de nuestro conocimiento de todos los organismos.

La importancia de la sistemática en cursos de biología fue considerada en una reunión de la Systematics Association, en Birmingham. Allí se precisó el papel de la sistemática como un foco para la integración del conocimiento en la diversidad biológica independientemente de los intereses especiales de los estudiantes; es decir, la sistemática se consideró importante para todos los estudiantes de biología, no sólo para los taxónomos potenciales.

El entrenamiento especializado de los estudiantes en taxonomía debe seguir necesariamente al curso o a los cursos de subgraduados. La base y duración del entrenamiento dependerán en gran parte de la ocupación futura que se vislumbra para los candidatos; un corto entrenamiento taxonómico puede ser suficiente para estudiantes que no piensan trabajar en campos relacionados con la sistemática.

Después de un curso de entrenamiento en métodos taxonómicos, la mejor experiencia para un futuro taxónomo es un período de investigación creadora. Esta situación requerirá un herbario especial, museo y biblioteca a un presupuesto especial para sostener el trabajo de campo y el costo de los viajes que es necesario hacer con el fin de consultar material en otras instituciones del país o extranjeras.

La investigación en taxonomía y sistemática está estrechamente relacionada con la enseñanza y el entrenamiento en otros campos. El sostenimiento de las escuelas de investigación es costoso, por lo que no puede lograrse un progreso satisfactorio si no se dispone de los recursos básicos. Es importante, además de disponer de recursos básicos, que se dé apoyo a unidades de investigación en diversos campos como bioquímica comparada, fisiología comparada, taxonomía del desarrollo, ecología, serología comparada, epigenética, genética de poblaciones, comparación de ácidos ribonucleicos, métodos para procesar datos, taxonomía numérica, paleobioquímica, taxonomía de secuencia proteica y taxonomía teórica. Es en esta forma como la sistemática puede conservarse con una fuerza potencial integradora; puede ser aplicada a todos los niveles para eslabonar lo pequeño con lo grande. Un ejemplo lo tenemos en el campo de la genética, donde la "epigenética" trata de la investigación de la diferenciación a nivel molecular así como al nivel de la célula y del organismo y la "genética de población" al nivel de la población y la especie. Pero si la sistemática debe actuar como una fuerza integradora en biología no sólo debe abarcar nuevas ideas, sino también iniciar su propio programa de descubrimientos con esta nueva tendencia de síntesis filosófica, porque es necesario saber mucho más acerca de los mecanismos de diferenciación en todos los niveles. Tal programa de sistemática funcional y evolutiva será la clave de la integración y podrá proporcionar respuestas a problemas urgentes sobre el futuro de los seres vivos.

Los sistemáticos, en todos estos aspectos, tienen contribuciones positivas que hacer en la enseñanza de la biología; pero, con el fin de que tales contribuciones puedan hacerse, deben recibir un reconocimiento tan adecuado como el de las otras ramas de la biología. El menosprecio de cualquiera de las ramas retardaría el progreso integral de toda la biología.

La sistemática ocupa actualmente un doble papel en la biología; en un sentido puede considerarse como la primera y más elemental de sus ramas, pero en otro aspecto, es la última y más compleja de ellas, puesto que tiene la función de evaluar, interpretar y coordinar el flujo, cada vez en aumento, de los datos provenientes de muchos campos de la biología. Que la sistemática desempeñe este último papel, depende del apoyo que reciba en los dos aspectos inseparables de la enseñanza y la investigación.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSTON, R. E. & B. L. TURNER, 1959. Application of paper chromatography to systematic: Recombination of parental biochemical components in a *Baptisia* hybrid population. *Nature*, 184: 285-286.
- BARNETT, J. A. 1960. Comparative studies of yeasts. *Nature*, 186: 449-451.
- BATE-SMITH, E. C., 1962. The phenolic constituent of plants and their taxonomic significance; *J. Linn. Soc. (Bot.)*, 58: 95-173.
- BATE-SMITH, E. C. & N. H. LEANER, 1954. Leuco-anthocyanins. 2. Systematic distribution of leuco-anthocyanins in leaves. *Biochem. J.*, 58: 126-132.

- BENSON, L. B., 1962. Plant taxonomy: Methods and Principles. The Ronald Press Co., New York.
- BLACKWELDER, R. E., 1962. Animal taxonomy and the new systematics. In: B. Glass (ed.) Survey of Biological Progress, 4: 1-57.
- BÖCHER, T. W., 1961. The development of cytotaxonomy since Darwin's time. In P. J. Wanstall (ed.), A Darwin Centenary (B.S.B.I. Conference Report No. 6): 26-43.
- CAMP, W. H., 1951. Biosystematy. Brittonia, 7: 113-127.
- COWAN, S. T. 1962. The microbial species a macromyths? In: G. C. Ainsworth & P. H. A. Sneath (ed.), Microbial Classification: 433-455 (12th Symp. Soc. Gen. Microbiol.). Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- DAVIS P. H. & V. H. HEYWOOD, 1963. Principles of angiosperm taxonomy. Oliver & Boyd. Edimburgh and London.
- GELL, P. G. H., J. G. HAWKES & T. C. WRIGHT. 1959. The application of immunological methods to the taxonomy of species within the genus *Solanum*. Proc. Royal Soc. Ser. B., 151: 364-383.
- HESLOP-HARRISON, J. 1962. Purposes and procedures in the taxonomic treatment of higher organisms. In: G. C. Ainsworth & P. H. A. Sneath (ed.), Microbial Classification: 14-36 (12th Symp. Soc. Gen. Microbiol). Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- HUXLEY, J. S. (ed.). 1940. The new systematics. Clarendon Press, Oxford.
- KIRIAKOFF, S. G., 1962. On the Neo-Adansonian School. Systematic Zool., 11 180-185.
- LÓPEZ-UCHOTERENA, E. 1964. Tendencias actuales de la taxonomía. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.. 35: 109-119.
- MARMUR, J., S. FALKOW & M. MANDEL. 1963 New approaches to bacterial taxonomy. Ann. Rev. Microbiol., 17: 329- 372.
- PROCTOR, J. R. & W. B. KENDRICK, 1963. Uniquel weighting in numerical taxonomy. Nature, 197: 716-717.
- SNEATH, P. H. A. & R. R. SOKAL. 1962. Numerical taxonomy. Nature, 193: 855-860.
- SOKAL, R. R. & P. H. A. SNEATH. 1963. Principles of numerical taxonomy. W. H. Freeman and Co. San Francisco and London.
- SWAIN. T. (ed.). 1963. Chemical plant taxonomy. Academic Press. London and New York.
- WILSON, C. L. 1953. The telome theory. Bot. Rev., 19: 417-437.
- WILLIAMS. W. T. & J. M. LAMBERT. 1961. Multivariate methods in taxonomy. Taxon., 10: 205-211.
- WRIGHT, C. W. 1950 Palaeontologic classification. J. Palaeontol., 24: 746-748.