LAS INVESTIGACIONES FITOQUIMICAS Y SUS RELACIONES CON LOS HERBARIOS

Jorge S. Marroquín*

Xorge A. Domínguez**

1.1 ANTECEDENTES

Con motivo del IV Centenario de la Universidad de México (1551-1951) hoy Nacional Autónoma, se llevó a efecto el Congreso Científico Mexicano, cuyas Memorias distribuidas en 15 tomos abarcan todas las áreas mayores del saber humano. Para el año de su publicación, 1953, bueno es hacer notar que la Botánica ocupa un lugar importante, a juzgar por los trabajos publicados en el tomo VI. Ahí mismo, Débora Ramírez Cantú (109) explica el *porqué* de la existencia del herbario de la Universidad, cuál es su función y qué desarrollo deberá alcanzar en el futuro. A 20 escasos años de esas apreciaciones, nos reunimos en este Coloquio para revisar los logros, conocer nuestras potencialidades en las investigaciones botánicas y tratar de entrever el futuro en función de las necesidades del país.

Pues bien, en esta ponencia para la que hemos sido invitados, daremos un vistazo a los aspectos fitoquímicos, conscientes de que esta es una de las áreas de la investigación que se ha desarrollado con mayor rapidez en México. Hemos suprimido el añadido del campo de la farmacología, que originalmente se incluía en el título asignado, por tratarse de otro vasto campo científico. A este respecto, en los tomos dedicados a las Ciencias Médicas del aludido Congreso Científico Mexicano, solamente dos contribuciones aparecen en el área de la farmacología (70, 92).

En el VI Simposio Internacional sobre la Química de los productos naturales (esteroides y terpenos), los investigadores mexicanos en el área de la Fitoquímica tuvieron una activa y destacada participación; tal evento se desarrolló del 21 al 25 de abril de 1969 y cinco meses después tenía lugar el IV Congreso Mexicano de Botánica en el norte del país.

* Colegio de Graduados, Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", Universidad Autónoma de Coahuila, Buenavista, Saltillo, Coah.

** Departamento de Química, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores, Monterrey, N. L.

En los cinco congresos mexicanos de Botánica, incluido entre ellos el primero latinoamericano del año pasado, prácticamente no se han presentado trabajos de naturaleza fitoquímica, si bien es cierto que algunos han versado sobre aspectos fisiológicos y etnobotánicos.¹

Entre las actividades conjuntas que llevan al cabo los botánicos y los químicos, cabe mencionar la que Bruhn (13) llama "el complejo de los peyotes", o sea la acción combinada de los cactólogos, los fitoquímicos, los etnólogos y los psicólogos, entre otros, quienes han desatado una verdadera "cacería de alcaloides" (90, 154, 155) en especial sobre las Cactáceas (1, 2, 3, 46)). Se buscan los principios psicoactivos y nuevas sustancias químicas (12). La investigación básica proporciona así los cimientos de una edificación técnica en materia de aprovechamiento de nuestros recursos vegetales. Sin embargo, desde fines del siglo pasado, como es sabido, el Instituto Médico Nacional se ocupaba ya de las investigaciones fitoquímicas. ¿Quién no habrá oído mencionar o habrá visto citas de los pioneros en este campo de la ciencia como Fernando Altamirano, José Ramírez, José Terrés, Manuel Toussaint, Eduardo Armendáriz, Domingo Orvañanos y Secundino Sosa? ¿E igualmente de Francisco Río de la Loza, Donaciano Cano, Alfonso L. Herrera, Mariano Lozano, Federico Villaseñor, Miguel Zúñiga, Daniel Vergara, Juan Govantes, Joaquín Huici y Roberto M. Jofre?

Estos precursores de la fitoquímica en México, aparecen mencionados en la obra publicada por la Secretaría de Fomento en 1894 y 1895, como "Datos para la preparación de la Materia Médica Nacional" (7). Nos hablan de las plantas conocidas como el "inguande", la "contrayerba blanca", "el pipitzahoac", "el pañete", "el yoloxóchitl", "la zábila", "la yerba de la puebla", "el zoapatle", "el chicalote", "el tlacoxiloxóchitl", "el cuauchichic", "el matarique", "la raíz del oso", "la guapilla", "la pingüica", "el tlalocopetate", "la sangre de toro", "la yerba del tabardillo", "La Atanasia amarga", "el tumbavaqueros", "la sangre de drago", "el simonillo", "el añil", "el yoyote", "la yerba del pollo", "los cuajotes verde y chino", "el árbol del Perú", "el chilpanxóchitl" y "el cozticpatli".

Recientemente muchos trabajos se han realizado sobre algunas de estas plantas gracias a las técnicas modernas y al instrumental necesario en nuestras instituciones, como veremos adelante.

¹ Ver los resúmenes de los trabajos presentados en los Congresos de Botánica, preparados por la Sociedad Botánica de México, a saber: 17-21 de Sept. 1963 en San Luis Potosí; 24-28 de Oct. 1966 en México, D. F.; 8-11 de Sept. 1969 en Monterrey, N. L. y Saltillo, Coahuila; 3-9 de Dic. 1972 en México, D. F.

1.2. LOS HERBARIOS

Ha quedado de manifiesto en el desarrollo de este Coloquio que la función básica de un herbario es proporcionar material comparativo para la identificación de las plantas.

El valor de las colecciones herborizadas aumenta cuando éstas han sido y son escrutadas por los botánicos especialistas. El herbario representa así un cúmulo de información que sirve de referencia permanente a los científicos en la preparación de revisiones, monografías taxonómicas, sinopsis y trabajos florísticos regionales (8, 9, 109, 110).

Pero además otros científicos y técnicos, así como los profesores y los estudiantes avanzados, encuentran a menudo en el material de herbario una base de sustentación, un punto de partida para llevar adelante con seguridad sus pesquisas de carácter aplicado. Se familiarizan con los taxa involucrados mediante la adquisición de los datos generales, ecológicos y de distribución geográfica que cada etiqueta usualmente posee y en fin, los conduce a las referencias especializadas para "rastrear" cada taxón en la literatura.

El herbario asume así su pleno valor de acervo científico; cumple con la función de servir un mayor número de propósitos, entre ellos el de proporcionar material fidedigno para los muestreos de los pólenes, como depósito permanente de los tipos taxonómicos, e inclusive como una fuente de datos históricos (9, 62, 74, 150).

Desde el punto de vista de la fitoquímica, ¿qué importancia reviste un herbario? La respuesta es obvia: reunir y proteger todos aquellos ejemplares que sean representantes adecuados para la identificación del voluminoso material botánico que se está analizando químicamente. Tales ejemplares servirán de referencia y quedan ubicados como comprobantes ("vouchers") de los estudios fitoquímicos de ellos derivados. Sin embargo el simple "depósito" de testigos no garantiza el cuidado profesional que se exige; este aspecto debe vigilarse celosamente. Es evidente que la investigación fitoquímica debe de tener como base un correcto planteamiento taxonómico: ¿de qué taxón se trata? ¿ha sido bien determinado? ¿corresponde a la región geográfica explorada—como especie nativa— o es un reciente invasor? Estos detalles ameritan la puesta en práctica de todos los recursos de la buena investigación. La concurrencia coordinada de los químicos y los botánicos sirve al propósito (10, 66).

La existencia y buen nombre de un herbario, en este caso fanerogámico, pero extensivo a los criptogámicos también, implica, para su arreglo, su ubicación, su manejo, su operación (servicio) y su crecimiento, el cumplimiento de cier-

to cánones que van desde la competencia profesional del personal que lo dirige hasta el adiestramiento de quienes ejecutan la obra manual rutinaria del montaje, etiquetado y distribución de los ejemplares en los anaqueles.

Los botánicos profesionales que atienden y trabajan sobre cierto grupo de plantas por lo general elevan la calidad del herbario, ya que contribuyen a la actualización nomenclatural de las colecciones y aseguran la determinación correcta de los especímenes recibidos para consulta o bajo el sistema de intercambio (9, 62, 195).

Los herbarios deben contar con colectores eficientes que combinen las tareas de surtir de ejemplares vivos a los jardines botánicos con la de preparación de muestras prensadas para herbario. Esta doble actividad es deseable para las instituciones que imparten carreras de índole agronómica (58), pero requieren partidas presupuestales permanentes relativamente altas.

Es muy alentador saber que las instituciones mexicanas están siendo consideradas como confiables y serias para recibir los "préstamos" de ejemplares a revisión, e incluso de "tipos", cuyo manejo reviste gran cuidado y responsabilidad. Los botánicos especialistas van creando esta atmósfera de respetabilidad profesional que reditúa a la postre una magnífica herencia científica y relaciones de alto nivel. Esto se refleja en la calidad de los trabajos que se presentan en los Congresos y en las publicaciones del ramo.

Es difícil todavía en la actualidad encontrar personal interesado en la realización de trabajos sobre grupos botánicos poco estudiados, y aunque a veces se inician en esta área, pocos logran estabilizar sus inquietudes taxonómicas como para obtener frutos a corto plazo; esto es explicable en virtud del escaso número de instituciones que patrocinan programas de carácter botánico puro. A pesar de ello, el desenvolvimiento de la botánica en México es notable, a raíz del resurgimiento de las ciencias naturales en el panorama científico nacional, y con una señalada influencia del vigor demostrado en otros países hacia las ciencias biológicas en particular. Esto motiva, en parte, a las nuevas generaciones a no orientarse tan sólo hacia las áreas más tradicionales de realización profesional, sino que también estimula la búsqueda de campos menos competitivos, o sean aquellas carreras avaladas por las urgencias propias del desarrollo de nuestro país (141, 142).

1.3. LA FITOQUIMICA

En el último cuarto de siglo ha surgido en México un vigoroso grupo de investigadores sobre aspectos fitoquímicos; muchos de ellos de reconocido pres-

tigio tanto nacional como internacional. Han desarrollado una fructífera labor científica al grado de abrir nuevas perspectivas a la industria y a la medicina (65, 81, 141).

Las familias botánicas que mayores inquietudes y atención han despertado en ellos son, a saber:

Amarilidáceas (incluyendo Agaváceas)	Gencianáceas
Amarantáceas	Labiadas
Apocináceas	Leguminosas
Aristolochiáceas	Liliáceas
Asclepiadáceas	Litráceas
Cactáceas	Lorantáceas
Cariofiláceas	Malpigiáceas
Celastráceas	Papaveráceas
Compuestas	Ramnáceas
Convolvuláceas	Rutáceas
Cucurbitáceas	Solanáceas
Dioscoreáceas	Teofrastáceas
Euforbiáceas	Verbenáceas
Garriáceas	

Las siguientes familias han merecido atención en otras épocas:

Anacardiáceas	Loganiáceas
Bromeliáceas	Magnoliáceas
Comelináceas	Plumbagináceas
Coriariáceas	Polemoniáceas
Ericáceas	Ranunculáceas
Esterculiáceas	Valerianáceas
Leguminosas	Zigofiláceas
Lobeliáceas	

En otros países los químicos han hecho (y prosiguen) estudios sobre éstas y/u otras familias, por ejemplo las Berberidáceas para alcaloides (18, 20, 23, 68, 104, 151) y antocianinas; las Ranunculáceas en serología con propósitos sistemáticos (75); las Compuestas por algunas de sus propiedades insecticidas (35); Mirtáceas (fundamentalmente *Eucalyptus*), Pináceas y otras coníferas

para terpenos; Gutíferas, Canelláceas, Polygonáceas, Rubiáceas, Simaroubáceas, etc., por sus propiedades insecticidas (103); las Crucíferas para glucosinolatos y aceites mostaza (4).

La Asociación Americana de taxónomos de las plantas distribuyó recientemente entre sus asociados un manual técnico donde se explican los procedimientos a seguir —y el equipo indispensable— necesarios para conducir estudios fitoquímicos (149). Que los propios botánicos se hayan preocupado por ello es lo que más llama la atención; es evidente que este campo fronterizo e interdisciplinario está en auge a nivel internacional. Su despertar en México nos da idea de que los investigadores mexicanos van acordes con este sentir, dado el volumen de trabajos realizados y publicados en estos últimos años.

La secuencia sugerida en los estudios de índole fitoquímica ha sido dada por varios autores, entre ellos Rosenthaler (139), Domínguez (37, 55), Dakshini *et al.* (24), Raffauf (107) y otros.

Varios países cuentan con institutos destinados al estudio de los recursos naturales vegetales, sobre todo de aquellas plantas que aportan principios susceptibles de estudio en las ciencias médicas; algunos productos naturales han sido la clave y la razón de la expansión de la industria farmacéutica (81). Guerra (70) señala que para emprender el estudio de diversos grupos de drogas mexicanas, iniciado en 1939, llevaba en mente la posibilidad de encontrar productos de aplicación terapéutica.

Esto lo llevó a levantar un inventario bibliográfico de la Materia Médica Mexicana en 1950 (69), que constituye la base del trabajo experimental. En sus investigaciones divide las drogas indígenas en los grupos siguientes: antibióticos, parasiticidas, digestivos, cardiotónicos, bociógenos, antidiabéticos y fantásticos.

Varias especies las consideró para la extracción de principios bacteriostáticos, entre ellas *Parthenium hysterophorus*, *Loeselia coccinea*, *Eysenhardtia amorphoides*, *Piqueria trinervia*, *Buddleia americana* y otras (70). Un trabajo similar sobre la determinación de la acción antibiótica de 92 plantas mexicanas fue realizado por Domínguez *et al.* (38). Domínguez y Sierra (49) aislan un nuevo alcohol diterpénico y partenina de la “cicutilla” o “yerba amargosa” *Parthenium hysterophorus*; dicha partenina, un guaianólido, fue caracterizada por Hertz y Watanabe en 1959 (71).

Posteriormente, la partenina ha sido probada como agente inhibidor del crecimiento en plántulas de frijol (117).

En la década de los años “50”, el Instituto Nacional de Cardiología inició estudios sobre plantas de posible acción cardíaca. Méndez (92) considera que

los proyectos de este carácter requieren, además de la colección del material botánico y su identificación, la extracción química de sus principios activos, los estudios farmacológicos y toxicológicos y como meta final su estudio clínico. Plantas de los géneros *Talauma*, *Thevetia* y *Plumeria* fueron objeto de estudio, las que ya eran consideradas por la tradición popular como plantas de posible acción cardíaca. Rivera (111) describe los usos y las propiedades medicinales de varias especies del área de Izúcar de Matamoros, Pue.

Los principios tóxicos de las plantas, especialmente los de las llamadas plantas venenosas, son de muy diversa naturaleza química.

Se les agrupa en cuatro grandes categorías:

- a) Inhibidores enzimáticos,
- b) Irritantes fisiológicos,
- c) Alérgenos,
- d) Modificadores de sistemas hormonales.

Entre los inhibidores enzimáticos se incluyen las proteasas, las colinesterasas y los agentes cianogénéticos, pero sin duda los más famosos son los alcaloides, a pesar de que no son los responsables, en la mayor parte de los casos, de la naturaleza tóxica de las plantas.

Los estudios sobre alcaloides se incrementaron en nuestro país desde que el Instituto de Química de la U. N. A. M. se localizaba en Tacuba, D. F. (141). Abundaron los trabajos en colaboración entre los químicos mexicanos y algunos extranjeros, muchos residentes en México. Así por ejemplo, habiendo repercutido notablemente el éxito de los estudios sobre la fitoquímica de *Rauwolfia serpentina* de la India, en México se condujo un estudio sobre *Rauwolfia heterophylla*, especie mesoamericana, de material oaxaqueño; de ambas especies se ha aislado reserpina (27, 31). Djerassi *et al.* (31) encontraron tres alcaloides de *R. heterophylla*.

Los estudios sobre alcaloides también se efectuaron en varios géneros de Cactáceas, especialmente de la subtribu Cereanae. Existen estudios realizados por Roca (113) y por De Lille (25, 26) sobre los "órganos", tan propios del paisaje rural del altiplano; posteriormente Djerassi y colaboradores buscaron principios en diversas suculentas, así aislaron pilocereína del "órgano" *Pachycereus marginatus*, alcaloide ya conocido de *Lophocereus schottii* (28, 32). Las especies de *Lemaireocereus* mostraron riquezas en saponinas triterpenoides, mas no revelaron alcaloides (32, 33). Un alcaloide denominado cuauchichicina fue aislado de *Garrya laurifolia* (29). Djerassi *et al.* (30) aislaron de *Iresine celosioides* la iresina, una sesquiterpenlactona, y confirmaron la ausencia de al-

caloides de esta planta. Por la misma época, Djerassi *et al.* (32) reunieron material de cactáceas de Chile, Perú, Venezuela y México y procedieron a estudiar la fitoquímica de los géneros *Trichocereus*, *Escontria* y *Lemaireocereus*, así como la Malpigiácea *Byrsonima* (el “nance” o “nanche” común en las llanuras de sabanas tropicales del sureste de México) y Cucurbitáceas del género *Luffa*.

Con respecto a los “garambullos”, Djerassi y su equipo (33) no encontraron alcaloides pero aislaron siete triterpenos, de los cuales sólo dos se han encontrado fuera de la familia de las Cactáceas. Los autores consideraron que el propósito principal de sus estudios era el aislamiento y prueba estructural de nuevos alcaloides y triterpenos “hasta donde fuere posible”, dado que sus resultados entreven un doble interés: taxonómico y biogénético.

Se sabe que todos los “garambullos” (*Myrtillocactus*) son ricos en glicósidos; en cambio no revelaron alcaloides, confirmando así la regla conocida de que “los glicósidos y los alcaloides por lo general no ocurren juntos en la misma planta”.

Además de sus resultados sugirieron una diferenciación taxonómica con base química entre *Myrtillocactus grandiareolatus* y *M. geometrizans*.

Aguirell (1, 2) y Agurell *et al.* (3) han contribuido al conocimiento de los alcaloides de varios géneros de Cactáceas, destacando el género *Trichocereus*.

Domínguez *et al.* (44, 46, 50) han estudiado Cactáceas del Noreste de México, particularmente las globulares, de las que aislaron un nuevo hidroxicoesterol llamado “itesmol”; un triterpenodiol, el eisacol; un nuevo flavonoide, la retusina y localizaron alcaloides del tipo de tetrahydro-isoquinolina en 16 Cactáceas. Al respecto, otros autores se han ocupado también de los alcaloides de estas suculentas, así sea a modo de revisión bibliográfica o de búsqueda química, entre quienes destacan Bruhn (12, 13, 14) y Sodi-Pallares (147, 148).

El interés por los alcaloides es universal, y sobre ellos se han escrito muchos trabajos, por ejemplo los de Schultes (143, 144), Raffaui (108), Cava (16, 17, 18), Cruse (21), Walls *et al.* (153), Li y Willaman (83), Willaman y Schubert (154, 155). Pero más bibliografía y riqueza de datos sobre plantas mexicanas se encuentran en el libro de Langman (82). Dignas de mención se consideran las especies del género *Stemmadenia* (Apocynaceae) del trópico mexicano, como fuentes de alcaloides, aislados por Walls, Collera y Sandoval (153).

De gran significado taxonómico y sistemático han resultado las betacianinas, de distribución más bien localizada entre las angiospermas (85).

En cuanto a otros principios químicos de relevancia, en las Compuestas Flores y Herrán (60) establecieron la estructura de una nueva flavona a partir de *Brickellia pendula*, a la que atribuyen propiedades medicinales y cuyos an-

tecedentes químicos se remontan hasta 1894 cuando Río de la Loza estudió *Atanasia amarga* (*Brickellia squarrosa*). De esta planta se aisló por Flores y Herrán (61) la atanasina, un flavonoide.

Para los años de la década de los "60", se intensificaron los estudios fitoquímicos sobre las Compuestas, principalmente entre los investigadores del Instituto de Química de la U.N.A.M. ahora ampliados a otras instituciones, como el I.P.N. y el I.T.E.S.M.²

Herz *et al.* (72, 73) inician en Florida una serie de estudios sobre el género *Helenium*, seguidos por Romo, Joseph-Nathan y Díaz (124, 125), quienes proponen la aromatina y la aromaticina, dos nuevas lactonas sesquiterpénicas, cuyas estructuras establecen.

Los trabajos se multiplican en el Instituto de Química de la Universidad Nacional que pronto se ubica en la Torre de Ciencias de la Ciudad Universitaria y consolida un equipo de investigadores. Destacan las pesquisas sobre *Cacalia* (78, 115, 126) que iniciara hace muchas décadas el insigne Altamirano (7). Del género *Ambrosia* Romo *et al.* (127) aíslan muchos principios y reconocen sus estructuras, por ejemplo de la cumantina; nuevos pseudoguaianólidos aislados de *Franseria* y *Ambrosia* (129), los guaianólidos de *Ambrosia cumanensis* (131), la distribución de sesquiterpen-lactonas (132), la canambrina, una sesquiterpen-lactona (134) y muy recientemente Payne (99, 100) *et al.* revelan la quimosistemática y taxonomía de *Ambrosia Chamissonis* y estudian los aceites volátiles en el género *Ambrosia*. Caballero y Walls (15) estudian los productos naturales del "zoapatle" *Montanoa tomentosa*, otrora estudiada por José Ramírez. E. Domínguez y J. Romo (34) caracterizan nuevas sesquiterpen-lactonas relacionadas con la tenulina de *Helenium mexicanum*. Otro género importantísimo en las Compuestas es *Eupatorium*. Romo *et al.* (130) estudiaron *E. ligustrinum*, del que aíslaron un guaianólido, la ligustrina. Otros géneros que merecieron su atención son *Zaluzania* (128), *Artemisia* y *Chrysanthemum* (133, 137), la xerofita *Parthenium argentatum* ("guayule") del que aíslaron las guayulinas "A" y "B", nuevos sesquiterpenos (135) así como otros géneros (138).

Por su parte Estrada *et al.* (59) y Rodríguez Hahn (116) hacen estudios fitoquímicos sobre *Flourensia resinosa*, aislándose en este mismo año un nuevo triterpeno, la resinona. En tanto que Romo de Vivar ha realizado estudios en colaboración con otros investigadores del mismo Instituto de Química, sobre *Helenium* (118), *Achillea* (120), *Parthenium confertum* (121) y *Eupatorium glabratum* (122).

² U.N.A.M.: Universidad Nacional Autónoma de México.

I.P.N.: Instituto Politécnico Nacional (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados).

I.T.E.S.M.: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

El año pasado, Romo de Vivar *et al.* (123) estudiaron los triterpenoides de la Celastrácea del norte de México *Mortonia greggii* ("afinador"). Ríos *et al.* (112) aislan la stevina, un pseudoguaianólido de *Stevia rhombifolia*. Otra especie de este género, *Stevia berlandieri*, se está estudiando en Monterrey.

Joseph-Nathan se interesa por el género *Perezia* (80) y por *Cacalia* (78), y analiza algunos sesquiterpenos por RMN doble, contribuyendo al conocimiento de la química de la perezona (76, 77, 79).

Ortega *et al.* (95) separan la odoratina, un pseudoguaianólido de *Hymenoxys odorata*, planta venenosa del norte de México. Posteriormente Ortega *et al.* (96) aislan orizabina y zexbrevina "B", nuevos germacranólidos; y en este año, Ortega *et al.* (97) estudian los componentes de *Zexmenia brevifolia*, caracterizando la estructura de zexbrevina "C".

De donde se advierte un aumento considerable de los artículos publicados anualmente por el Instituto de Química de la U.N.A.M., Institución que rebasa ya la cifra de 350 contribuciones hasta hoy publicadas en las diversas revistas periódicas del área de la fitoquímica, como *Tetrahedron*, *Tetrahedron Letters*, el *Boletín del Instituto*, hoy suspendido, la *Revista Latinoamericana de Química*, *Phytochemistry*, *Ciencia* (México), *Revista de la Sociedad Mexicana de Química*, *Planta Medica*, *Economic Botany*, *Lloydia* y otras.

Domínguez *et al.* (39) estudian los alcaloides de *Bocconia latisejala*; del "cenizo" *Leucophyllum texanum*³ aislaron un nuevo lignano (45) el regiomon-tano. De *Pluchea odorata* separaron dos nuevos sesquiterpenoides la cuahtemo-na y un diéster de ésta. De *Eupatorium havanense* separaron el pulquerrol, un triterpeno aislado por primera vez por este grupo de investigadores de la "flor de nochebuena" *Euphorbia pulcherrima*. De *Gaillardia mexicana* obtuvieron una nueva sesquiterpenlactona, la neolonina con potente actividad citotóxica.

Respecto a las especies con estas propiedades, Domínguez (48) realizó una comparación de las substancias citotóxicas de origen vegetal a partir de plantas mexicanas usadas contra el cáncer.

Domínguez *et al.* (51) estudiaron asimismo las propiedades físicas de los aceites esenciales de cinco Compuestas. Manjarrez y Medina (88) estudiaron los aceites esenciales volátiles de las hojas de *Artemisia mexicana* y *A. klotzschiana*, los "estafiates" del norte del país. La mayoría de los aceites esenciales incluyendo aquellos de *Artemisia* spp. tienen además de monoterpenos, compuestos tales como lactonas, cumarinas, sesquiterpenos y otras. Son fuentes naturales de alcanfores. Manjarrez y Mendoza (89) separaron aceites esenciales de las Labiadas *Cunila lythrifolia* y *Agastache mexicana*.

³ *Leucophyllum frutescens* (Ter. et Berl.) I. M. Johnston.

1.4. PERSPECTIVAS

A nivel mundial el estudio de los aceites esenciales tiene buen futuro.

El Dr. Moss, de Inglaterra, se ha expresado al respecto en el sentido de que *se necesitan cada vez más compuestos específicos*.

Admite que las plantas tienen "ventaja" sobre el químico en la generación de compuestos "en traza" que dan una particular fragancia o aroma y añade (94) "los aceites esenciales son una fuente importante de moléculas complejas". Es preciso el uso de las fuentes naturales si es que van a usarse tales aceites esenciales como materia prima, dado que no siempre es posible sintetizarlos. Los procesos por los cuales las plantas generan estas moléculas complejas pueden a menudo relacionarse con nuestros conocimientos de taxonomía vegetal (un aspecto resulta complementario del otro). Esto sugiere a Moss (94) que las familias botánicas y las especies que pudieran tener un valor potencial se investiguen si se está buscando algún compuesto en particular (21, 65, 75, 81, 86, 90, 98, 152). Otra área que se ha abierto a la investigación en fitoquímica y en toxicología de insectos es la relacionada con la aplicación de mono y sesquiterpenoides al control y combate de plagas. Asimismo, el área de las hormonas de insectos y compuestos relacionados va tomando ciertamente un lugar destacado en las investigaciones a futuro. Otro grupo de compuestos de importancia extraordinaria es el de los sesquiterpenoides citotóxicos; éstos pueden tener aplicación en la quimioterapia del cáncer, de modo que deben buscarse terpenoides específicos (38, 122, 48, 94, 149).

El ácido abscísico es una hormona vegetal de importancia; el Dr. Moss (94) concluye que bien pudiera haber análogos de este ácido aún más activos biológicamente y que están por descubrirse. La fitoquímica contribuye así al desarrollo de ramas conexas como la fisiología vegetal, la fisiología celular, la sistemática y la quimotaxonomía (4, 5, 6, 57, 64, 84, 85, 93, 147). La aparición de la revista periódica *Biochemical Systematics* a nivel internacional es un buen índice del estado actual de esta área de la ciencia. Y en cuanto a la farmacología y aprovechamiento de los recursos bióticos con fines industriales, las plantas seguirán siendo la materia prima para varios tipos de industria (14, 15, 16, 21, 36, 42, 47, 48, 55, 65, 70, 81, 82, 83, 91, 94, 103, 143, 144, 145, 146, 154, 155).

Aparte de las alusiones hechas anteriormente acerca de la quimotaxonomía, es del caso enfatizar que varios químicos le conceden un mayor valor predictivo a los arreglos sistemáticos basados en la distribución de muchos principios químicos en las plantas, que a aquellos sistemas construidos con bases esencialmente biológicas (64, 84, 93).

La XI Reunión Internacional de la Sociedad Fitoquímica de Norte América, celebrada en Monterrey, N. L., del 6 al 9 de octubre de 1971, trajo renombradas personalidades a nuestro país. Los químicos nacionales y los visitantes presentaron 42 trabajos en total, de los cuales varios trataron sobre las posibles relaciones filogenéticas entre taxa con principios químicos comunes, por ejemplo "los terpenos y la filogenia"; "la sistemática bioquímica en leguminosas del género *Thermopsis*" (enfatisando la química de flavonoides), "las variaciones no genéticas de los terpenos en *Hedeoma*", "relaciones biosintéticas en lactonas sesquiterpénicas", "la química de sesquiterpenos de plantas mexicanas" y muchos otros artículos de gran interés fitoquímico.⁴

Un año después, botánicos de la Universidad de N. León enviaban una tonelada de material seco de la "granadilla" *Heimia salicifolia* (Lythraceae) a Filadelfia para la continuación de estudios anteriores sobre los alcaloides de esta planta, de tan amplia distribución geográfica. Los estudios preliminares se habían efectuado en 1964 (11) a partir de material colectado en los alrededores de San Luis Potosí, S. L. P. De *Heimia* se han aislado cinco alcaloides, a saber: lythrina, cryogenina sinicuichina, heimina y sinina. Sin embargo, Douglas *et al.* (57) discuten la presencia de otro alcaloide, la vertina, común a *H. salicifolia* y a *H. myrtifolia*, lo que va de acuerdo con la consideración de que *Heimia* es un género monotípico.

Este prospecto bibliográfico, que de ningún modo pretende ser exhaustivo, ha tenido por objeto únicamente dar un vistazo panorámico acerca de la fitoquímica y los herbarios. Además nos lleva a suponer la existencia de una gran potencialidad de las reservas naturales del país, interpretadas a través de la fitoquímica. Esta búsqueda continua de sustancias de posible significación farmacodinámica alcanza el éxito a menudo, en parte gracias a la intuición basada en la experiencia de los químicos.

Después de que el químico descubre sustancias cuya identidad establece, el farmacólogo estará en posibilidades de probarlas mediante los bioensayos, con interpretación estadística de por medio, antes de poder asegurar su significado médico y comercial. Pero esta secuencia un tanto simplista conlleva una interpretación múltiple, bioquímica y fisiológica, toxicológica y clínica, de cuyo éxito y tino depende el valor que esas sustancias adquieran para el bien de la humanidad. Aquí la ciencia alcanza sus más altos niveles de responsabilidad tanto técnica como humanitaria. Por ello, así como se habla del aumento de los precios "en cascada", así también existe la investigación científica en cascada, conca-

⁴ Ver resúmenes mimeografiados de los 42 trabajos en el folleto al efecto editado por el Depto. de Química del I.T.E.S.M. Sucursal de Correos "J", Monterrey, N. L.

tenación de eventos a todas luces deseable. ¿Hay alguno de esos aspectos que tenga la prioridad? ¿Podemos suponer un principio obligado y un fin? La trabazón entre las ciencias no nos permite contestarlas afirmativamente.

Antes de concluir señalaremos que la relativa falta de ejemplares de herbario en ciertos grupos de plantas, por ejemplo las cactáceas, nos hace pensar en la conveniencia de abrir proyectos de mejoramiento y enriquecimiento de los herbarios, v. gr. mediante la colección de 'topotipos'; los ejemplares así logrados podrán distribuirse a ciertos herbarios del país que garanticen su cuidado y sabio aprovechamiento. Igualmente de interés es la adquisición de información acerca de las colecciones de plantas mexicanas colectadas en épocas pretéritas y que fueron depositadas en herbarios del extranjero. De ahí el interés por cierto tipo de publicaciones, aparentemente de exclusivo valor histórico, pero que en un momento dado nos permiten llegar a tipificar taxa de dudosa filiación o confusa nomenclatura (9, 66, 74, 150).)

1.5 RESUMEN

Hemos visto que en los últimos 25 años se han incrementado notablemente en México los estudios químicos de las plantas, a la par que en muchos países altamente desarrollados. Ese surgimiento de los estudios fitoquímicos estimula los taxonómicos, biosistemáticos, florísticos, ecológicos y fitogeográficos, en virtud de que siempre puede presentarse la necesidad de efectuar colecciones masivas, regionales o nacionales para cuyo éxito se requiere todo tipo de información. Así los trabajos en fitoquímica generan indirectamente mayor interés por la buena práctica taxonómica, favorecen las investigaciones en equipo, pueden movilizar programas agronómicos de cierta urgencia (cultivos intensivos por ejemplo), sirven la mesa al farmacólogo, y dejan abiertos vastos campos de la investigación pura y de la aplicada a la medicina, la veterinaria, la toxicología y la industria. Los herbarios juegan el importante papel de *bancos de información*.

AGRADECIMIENTOS

El autor principal (J. S. M.) expresa las gracias cumplidas a los organizadores de estos coloquios sobre "Los Herbarios y su papel en el desenvolvimiento tecnológico y científico de México" por haberle extendido la invitación a participar como ponente. Al mismo tiempo agradece en forma especial las

atenciones recibidas por parte del Dr. Jesús Romo y personal de la biblioteca del Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México por facilitar la literatura necesaria en la preparación de este trabajo. Extiende además su agradecimiento al comentarista de esta ponencia Dr. Pedro Joseph-Nathan del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. por haber proporcionado valiosa información. Mi admiración y reconocimiento al co-autor de esta ponencia Dr. Xorge A. Domínguez por la paciente revisión, sugerencias y arreglo técnico hechos al manuscrito. Que los asistentes a la plática juzguen del valor de esta secuencia de datos que en modo alguno pretenden ser exhaustivos. La riqueza bibliográfica en fitoquímica a nivel mundial es asombrosa y ello habla por sí solo de la importancia de este vasto campo del saber humano. Los autores agradecen al Dr. Eduardo Aguirre Pequeño el haber proporcionado el libro "Datos para la integración de la Materia Médica Nacional" (7) para su consulta; es una valiosa obra.

1.6 LITERATURA CITADA

1. ACURELL, S. 1969. Identification of alkaloids intermediates by gas chromatography-mass spectrometry. I. Potential mescaline precursors in *Trichocereus* spp. *Lloydia* 32: 40-45.
2. —. 1969. Cactaceae alkaloids. I. *Ibid.* 32: 206-216.
3. —, J. G. BRUHN, J. LUNSTROM y U. SVENSSON. 1971. Cactaceae alkaloids. X. Alkaloids of *Trichocereus* species and some other cacti. *Ibid.* 34 (2): 183-187.
4. AL-SHEHBAZ, I. A. 1973. The biosystematics of the genus *Thelypodium* (Cruciferae). *Contr. Gray Herb.* No. 204: 3-148.
5. ALSTON, R. E. y B. L. TURNER. 1963. *Biochemical Systematics*. Prentice-Hall, Inc.
6. —, T. J. MABRY y B. L. TURNER. 1963. Perspectives in Chemotaxonomy. *Science* 142 (No. 3592): 545-552.
7. ALTAMIRANO, F., J. RAMÍREZ, M. TOUSSAINT, J. TERRÉS, E. ARMENDÁRRIZ, D. ORVAÑANOS y S. SOSA. 1894. Datos para la integración de la Materia Médica Nacional. Primera parte. Inst. Médico Nacional. Secretaría de Fomento, pp. 1-140. México.
8. BARKLEY, F. A. y K. S. BOGDAN. 1972. Herbarium specimens. *The Gloxinian* 22 (1): 29-32.
9. BEAMAN, J. H., R. C. ROLLINS y A. H. SMITH. 1965. The herbarium in the modern University. A. Symposium. *Taxon* 14: 113-133.
10. BESCHEL, R. E. y J. H. SOPER. 1970. The automation and standardization of certain herbarium procedures. *Can. J. Bot.* 48 (3): 547-554.
11. BLOMSTER, R. N., A. E. SCHWARTING y J. M. BEBBITT. 1964. Alkaloids of *Heimia salicifolia*. J. A. preliminary report. *Lloydia* 27 (1): 15-14.
12. BRUHN, J. G. 1971. Alcaloides en las Cactáceas. *Cact. Suc. Mex.* 16 (3): 51-58.
13. —. 1973. Búsqueda etnobotánica de Cactáceas alucinógenas. *Ibid.* 18 (1): 8-13.
14. — y C. BRUHN. 1973. Alkaloids and ethnobotany of Mexican peyote cacti and related species. *Econ. Bot.* 27 (2): 241-251.
15. CABALLERO, Y. y F. WALLS. 1970. Productos naturales del zoapatle (*Montanoa tomentosa* Cerv.). *Bol. Inst. Quím. Univ. Nal. Aut. Mex.* 22: 79-102.
16. CAVA, M. P., S. K. TALAPATRA, K. NOMURA, J. A. WEISBACH, B. DOUGLAS y E. C.

- SHOOP. 1963. Haplocine and haplocidine: New aspidospermine-type alkaloids from *Haplophyton cnicoidium*. *Chem. Ind.* 1963: 1242-1243.
17. —, —, P. YATES, M. ROSENBERG, A. G. SZABO, B. DOUGLAS, R. F. RAFFAUF, E. C. SHOOP y J. A. WISBACH. 1963. Cimicine and cimicine: lactonic alkaloids of the aspidospermine skeletal type. *Ibid.*: 1875-1876.
18. —, T. A. REED y J. L. BEAL. 1965. An efficient separation of the common alkaloids of the berberine group; the isolation and characterization of columbamine. *Lloydia* 28 (1): 73-83.
19. CORREA, J. y J. ROMO. 1966. The constituents of *Cacalia decomposita* A. Gray. Structures of maturine, maturin, maturone and maturinone. *Tetrahedron* 22: 685-691.
20. CROMWELL, B. T. 1933. Experiments on the origin and function of berberine in *Berberis darwinii*. *Biochem. J.* 27: 860-872.
21. CRUSE, R. R. 1973. Desert plant chemistry: a current review. *Econ. Bot.* 27 (2): 210-230.
22. CUEVAS, L. A., F. GARCÍA J. y A. ROMO DE VIVAR. 1972. Estructura de la estenolobina. *Rev. Lat. Quim.* 3 (1): 22-27.
23. CHATTERJEE, R. y M. P. GUHA. 1951. Studies on *Mahonia*. IV. *Mahonia leschenaultii*, *M. manipurensis* y *M. sikkimensis*. *J. Am. Pharm. Assoc.* 40: 229-232.
24. DAKSHINI, K. M. M. y F. SINGH. 1970. Studies in the identification of Compositae taxa by paper chromatography. *Phyton* (Austria) 14 (1-2): 23-30 (una fig.).
25. DE LILLE, J. 1931. Contribución al conocimiento de la farmacología de la cereína. *An. Inst. Biol. Mex.* 2 (2): 139-150.
26. —. 1931. Nota acerca de la farmacología de la pachycereína. *Ibid.* 2 (3): 219-221.
27. DJERASSI, C., M. GORMAN, A. L. NUSSBAUM y J. REYNOSO. 1953. Alkaloid studies. II. Isolation of reserpine and narcotine from *Rauwolfia heterophylla* Roem. and Schult. *J. Am. Chem. Soc.* 75: 5446-5447.
28. —, C. R. SMITH, S. P. MARFEY, R. N. McDONALD, A. J. LEMIN, S. K. FIDGER y H. ESTRADA. 1954. Alkaloid studies. III. Isolation of piloecine and anhalonidine from four cactus species. *Ibid.* 76: 3215-3216.
29. —, —, S. K. FIDGER, J. HERRÁN y J. ROMO. 1954. Alkaloid studies. VI. Cuauchichine, a new diterpenoid alkaloid. *Ibid.* 76: 5889.
30. —, P. SENGUPTA, J. HERRÁN y F. WALLS. 1954. Terpenoids. V. The isolation of iresin, a new sesquiterpen-lactone. *Ibid.* 76: 2966-2968.
31. —, M. GORMAN, A. L. NUSSBAUM y J. REYNOSO. 1954. Alkaloid studies. IV. The isolation of reserpine, serpentine and ajmaline from *Rauwolfia heterophylla* Roem. and Schult. *Ibid.* 76: 4463-4465.
32. —, A. BOWERS, S. BURSTEIN, H. ESTRADA, J. GROSSMAN, J. HERRÁN, A. J. LEMIN, A. MANJARREZ y S. C. PAKRASHI. 1956. Terpenoids. XXII. Triterpenes from some Mexican and South American plants. *Ibid.* 78: 2312-2315.
33. —, S. BURSTEIN, H. ESTRADA, A. J. LEMIN, A. E. LIPPMAN, A. MANJARREZ y H. G. MONSIMER. 1957. Terpenoids. XXVIII. The triterpene composition of the Genus *Myrtillocactus*. *Ibid.* 79: 3525-3528.
34. DOMÍNGUEZ, E. y J. ROMO. 1963. Mexicanin. I. A new sesquiterpene lactone related to tenulin. *Tetrahedron* 19: 1415-1421.
35. DOMÍNGUEZ, X. A., G. LEAL D. y MA. A. VINALES. 1958. Síntesis de N-isopropil y N-isobutilamida de algunos ácidos y comparación de su acción insecticida con la afinina. *Ciencia* (Mex.) 17 (10-12): 213-216.
36. —, P. ROJAS, V. COLLINS y MA. R. MORALES. 1960. A phytochemical study of eight Mexican plants. *Econ. Bot.* 14 (2): 157-159.
37. —. 1962. Análisis fitoquímico. *Ciencia* (Mex.) 21 (3): 125-135.
38. —, R. FRANCO O., P. ROJAS M., A. ELIZONDO, J. VALENZUELA y E. GUAJARDO M. 1964. Determinación de la acción antibiótica de noventa y dos plantas mexicanas tóxicas al ganado o utilizadas con propósitos medicinales. *Ibid.* 23 (3): 99-103.
39. —, J. GARCÍA D., A. MONROY C., L. G. ARMENDÁRIZ, A. ALCALÁ, J. QUEVEDO y P. ROJAS M. 1964. A chemical study of *Bocconia latispala* Wats. *Can. J. Chem.* 43: 679-682.

40. —, V. BARRAGÁN. 1965. Isolation and structure of Aeneadiol. *J. Org. Chem.* 30: 2049-2050.
41. —, P. ROJAS M., Y. ALMAGUER y G. HINOJOSA. 1965. Isolation of apocynine (acetovanillone) from two cacti. *Chem. and Ind.* 1965: 795.
42. —. 1968. Industrialización racional de las plantas nativas de las zonas áridas. Depto. de Química. I.T.E.S.M. (Mimeografiado, 7 pp.).
43. — y O. PUGLIESE C. 1967. A chemical study of *Mammillaria runyonii*. *Planta Médica* 15 (4): 401-403.
44. —, R. H. RAMÍREZ, O. LOCK UCAZ, J. GARCÍA D. y R. KETCHUM. 1968. Chemical study of the cactus *Ariocarpus retusus*. *Ibid.* 16 (2): 182-183.
45. —. 1969. Chemical components of *Leucophyllum texanum*. Isolation of regiomontane. *Ibid.* 17 (4): 366-368.
46. —, P. ROJAS, M. GUTIÉRREZ, N. ARMENTA y G. DE LARA. 1969. Estudio químico preliminar de 31 cactáceas. *Rev. Soc. Quím. Mex.* 13 (1): 8A-12A.
47. —, M. GUTIÉRREZ y N. ARMENTA. 1970. A Chemical survey of seventeen medicinal Mexican plants. *Planta Medica* 18 (1): 51-54.
48. —. 1970. Comparación de las sustancias citotóxicas de origen vegetal con las plantas mexicanas usadas contra el cáncer y compuestos aislados de ellas. *Rev. Asoc. Farmacéutica Mexicana* 2 (6): 223-240.
49. — y A. SIERRA. 1970. Isolation of a new diterpene alcohol and parthenin from, *Parthenium hysterophorus*. *Planta Medica* 18 (3): 275-277.
50. —, S. ESCARRIA y C. PÉREZ E. 1970. Chemical studies of cacti. V. Constituents of the *Coryphantha palmeri* Britton-Rose and *Echinocactus grandis* Rose. *Ibid.* 18 (4): 315-317.
51. —, MA. E. GÓMEZ, A. GÓMEZ P., A. NORA VILLARREAL y C. ROMBOLD. 1970. Physical data on the essential oils of five Compositae plants. *Ibid.* 19 (1): 52-54.
52. —, B. E. ARMAS y F. JAUREGUI. 1972. Estudio químico de *Phoradendron coryae*. *Rev. Latín. Quím.* 3 (1): 28-30.
53. — y A. MERIJANIAN. 1972. Constituents of the petroleum ether extract of *Helietta parvifolia* (A. Gray). *Ibid.*: 31.
54. — en colaboración con O. OHNO, H. HIRAI, H. YOSHIOKA y T. J. MABRY. 1973. Compositae. Cyanopictin: a sesquiterpene lactone from *Centaurea americana*. *Phytochemistry* 12: 221-222.
55. —. 1973. *Métodos para Investigación Fitoquímica*. Limusa-Wiley.
56. —, S. JIMÉNEZ J. 1973. Aislamiento y estructuras del julsimterol, nor-julsimdiolona y la isocumambrina, metabolitos secundarios del *Croptilon divaricatum* (Compositae). *Rev. Lat. Quím.* 3 (4): 177-182.
57. DOUGLAS, B., J. L. KIRKPATRICK, R. F. RAFFAUF, O. RIBEIRO y J. A. WEISBACH. 1964. Problems in Chemotaxonomy. II. The major alkaloids of the genus *Heimia*. *Lloydia* 27: 25-31.
(La parte I. de estos estudios apareció en *J. Pharm. Sci.* 1963, 52, 350).
58. DUPERRÉX, A. 1969. L'importance des jardins botaniques pour l'enseignement de l'horticulture. *Boissieria* 14: 51-55.
59. ESTRADA H., E. ESTRADA y L. MAYA. 1965. Estudio de la *Flourensia resinosa*. *Bol. Inst. Quím. Univ. Nal. Aut. Mex.* 17: 68-75.
60. FLORES, S. E. y J. HERRÁN. 1958. The structure of pendulin and penduletin: a new flavonol glucoside isolated from *Brickellia pendula*. *Tetrahedron* 2: 308-315.
61. —, —. 1960. Atanasin: a new flavone isolated from *Brickellia squarrosa* (Cav.) Rob. *Chem. Ind.* 1960: 291.
62. FOSBERG, F. R. y M. H. SACHET. 1965. Manual for tropical herbaria. *Reg. Veg.* 39. Utrecht. (132 pp.).
63. GARCÍA-JIMÉNEZ F. y M. C. PÉREZAMADOR. 1967. Corymbosin, a glucoside from *Turbinina corymbosa*. *Tetrahedron* 23: 2557-2561.
64. GIBBS, R. D. 1958. Chemical evolution in plants. *J. Linn. Soc. London Zool.* 44 (295); *Bot.* 56 (365): 50-57 (citado por LUTEN, ver No. 84).

65. GÓMEZ-POMPA, A. 1962. Notas botánicas sobre algunas *Dioscorea* de importancia farmacéutica. *Ciencia* (Mex.) 21 (5-6): 221-229.
66. — y L. I. NEVLING, JR. 1973. The use of electronic data processing methods in the Flora of Veracruz program. *Contr. Gray Herb.* 203: 49-64.
67. GONZÁLEZ, MA. P., P. JOSEPH-NATHAN y J. ROMO. 1971. Further advances in the chemistry and spectrometry of cacalone. *Rev. Lat. Quím.* 2:
68. GREATHOUSE, G. A. y S. M. WATKINS. 1938. Berberine as a factor in the resistance of *Mahonia trifoliolata* and *Mahonia swaseyi* to *Phymatotrichum* root rot. *Am. J. Bot.* 25: 743-748.
69. GUERRA, F. 1950. Bibliografía de la Materia Médica Mexicana. La Prensa Médica Mexicana. México.
70. —. 1953. La investigación de las drogas mexicanas. Métodos y resultados. *Mem. Congr. Cient. Mex.* 10: 106-109.
71. HERZ, W. y H. WATANABE. 1959. Parthenin, a new guaianolide. *J. Am. Chem. Soc.* 81: 688.
72. —, A. ROMO DE VIVAR, J. ROMO y N. VISWANATHAN. 1963. Constituents of *Helennium* species. XIII. The structure of helenalin and mexicanain A. *Ibid.* 85: 19-26.
73. —, —, — y —. 1963. *Idem*. XV. *Tetrahedron* 19: 1359-1369.
74. HINTON, J. y J. RZEDOWSKI. 1972. George B. Hinton, collector of plants in South western Mexico. *J. Arn. Arb.* 53 (2): 141-181.
75. JENSEN, U. 1968. Serologische Beiträge zur Systematik der Ranunculaceae. *Bot. Jahrb.* 88 (2): 204-268; *Ibid.* 88 (3): 269-310.
76. JOSEPH-NATHAN, P., J. REYES y MA. P. GONZÁLEZ. 1968. Contribution to the chemistry of perezone. *Tetrahedron* 24: 4007-4013.
77. — y MA. P. GONZÁLEZ. 1969. Análisis conformacional de algunos sesquiterpenos por resonancia magnética nuclear doble. *Rev. Soc. Quím. Mex.* 13 (2): 57A-61A.
78. —, MA. C. NEGRETE y MA. P. GONZÁLEZ. 1970. Studies in *Cacalia* species. *Phytochemistry* 9: 1623-1628.
79. —, MA. P. GONZÁLEZ, LEROY F. JOHNSON y J. N. SHOOLERY. 1971. Natural abundance ^{13}C NMR studies of perezone and derivatives. *Organic Magn. Reson.* 3: 23-29.
80. —, MA. P. GONZÁLEZ y V. M. RODRÍGUEZ. 1972. Terpenoids of *Perezia hebeclada*. *Phytochemistry* 11: 1803-1808.
81. KAUFMAN, E. 1968. La industria esteroideal en México. "Editorial". *Rev. Soc. Quím. Mex.* 12 (5): 211 A.
82. LANGMAN, I. K. 1964. *A selected guide to the literature on the flowering plants of Mexico*. Univ. Penn. Press.
83. LI, H. L. y J. J. WILLAMAN. 1968. Distribution of alkaloids in Angiosperm Phylogeny. *Econ. Bot.* 22 (3): 239-252.
84. LUTEN, D. B. 1964. On chemistry and taxonomy both biological and chemical. *Lloydia* 27 (2): 135-137.
85. MABRY, T. J., A. TAYLOR y B. L. TURNER. 1963. The betacyanins and their distribution. *Phytochemistry* 2: 61-64.
86. —, J. KAGAN y H. RÖSLER. 1964. Nuclear magnetic resonance analysis of flavonoids. *Univ. Texas Publ.* No. 6418.
87. MALDONADO, L. A., J. HERRÁN y J. ROMO. 1966. La taliscanina, un componente de *Aristolochia taliscana*. *Ciencia* (Mex.) 24 (5-6): 237-240.
88. MANJARREZ, A. y F. MEDINA. 1964. The analysis of the volatile oils of the leaves of *Artemisia mexicana* and *A. klotzschiana*. *Can. J. Chem.* 42: 2085-2088.
89. — y V. MENDOZA. 1966. The volatile oils of *Agastache mexicana* (Benth.) Epling and *Canula lythriifolia* Benth. *Perf. and Essential Oil Rec.* London.
90. MARTÍNEZ, M. 1925. Plantas narcóticas de México. *Bol. Direcc. Estud. Biol. Mex.* 3: 21-26.
91. —. 1969. *Las plantas medicinales de México*. Ediciones Botas. Mex. 656 pp.
92. MÉNDEZ, R. 1953. Farmacología de sustancias cardioactivas aisladas de plantas mexicanas. *Mem. Congr. Cient. Mex.* 10: 161-164.
93. MIROV, N. T. 1963. Chemistry and plant taxonomy. *Lloydia* 26: 117-124.

94. MOSS, G. P. 1971. The biogenesis of terpenoid essential oils. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 22: 231-248.
95. ORTEGA, A., A. ROMO DE VIVAR y J. ROMO. 1968. Odoratin: a new pseudoguaianolide isolated from *Hymenoxys odorata* DC. *Can. J. Chem.* 46: 1539-1541.
96. —, G. GUERRERO, A. ROMO DE VIVAR, J. ROMO y A. PALAFOX. 1971. La orizabina y la zexbrevina B, nuevos germacranólidos furánicos. *Rev. Lat. Quím.* 2: 38-40.
97. —, G. GUERRERO y A. ROMO DE VIVAR. 1973. Los componentes de *Zexmenia brevifolia*, III. Estructura de zexbrevina C. *Rev. Lat. Quím.* 4 (1): 1-7.
98. PADILLA, J., J. ROMO, E. WALLS y P. CRABBE. 1967. Propiedades ópticas de unos derivados de la serie de la perezona y de los pipitzoles. *Rev. Soc. Quím. Mex.* 11 (1): 7-11.
99. PAYNE, W. W., R. W. SCORA y J. KUMAMOTO. 1972. The volatile oils of *Ambrosia* (Compositae: Ambrosiaceae). *Brittonia* 24 (2): 189-198.
100. —, TH. A. GEISSMAN, A. J. LUCAS y T. SAITOH. 1973. Chemosystematics and taxonomy of *Ambrosia chamissonis*. *Bioch. System.* 1: 21-33.
101. PÉREZAMADOR, M. C. y F. GARCÍA J. 1966. Corymbol, new diterpenic alcohol. *Tetrahedron* 22: 1937-1942.
102. PETCU, VON P. 1968. Beiträge zur Phytochemie von *Berberis dielsiana*. *Planta Medica* 16 (4): 421-425.
103. PLANK, H. K. 1950. Insecticidal properties of some plants growing in Puerto Rico. U. S. Dept. Agr. Mayagüez, P. R. *Bull.* No. 49 (17 pp.).
104. POMILIO, A. B. 1973. Berberidaceae. Anthocyanins in fruits of *Berberis buxifolia*. *Phytochemistry* 12: 218-220.
105. PORTER, C. L. 1967. *Taxonomy of Flowering Plants*. W. H. Freeman Co.
106. QUIJANO, L., F. MALANCO y T. RÍOS. 1970. The structures of eupalin and eupatolin. Two new flavanol rhamnosides isolated from *Eupatorium ligustrinum* DC. *Tetrahedron* 26: 2851-2859.
107. RAFFAUF, R. F. 1962. A simple field test for alkaloid containing plants, *Econ. Bot.* 16: 171-172.
108. RAFFAUF, R. F. 1970. Some notes on the distribution of alkaloids in the plant Kingdom. *Ibid.* 24 (1): 34-38.
109. RAMÍREZ C., D. 1953. El herbario nacional, su historia y su importancia para el conocimiento de la flora mexicana. *Mem. Congr. Cient. Mex.* 6: 322-329.
110. RIBA, R. 1969. El herbario nacional. Pasado, presente y futuro. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 30: 25-37.
111. RIVERA, I. 1943. Algunas plantas medicinales de Izúcar de Matamoros y pueblos anexas. *An. Inst. Biol. Mex.* 14 (1): 37-67.
112. RÍOS, T., A. ROMO DE VIVAR y J. ROMO. 1967. Stevin, a new pseudoguaianolide isolated from *Stevia rhombifolia* H. B. K. *Tetrahedron* 23: 4265-4269.
113. ROCA, J. 1931. Estudio químico preliminar del *Pachycereus marginatus*. *An. Ins. Biol. Mex.* 2 (2): 133-137.
114. RODRÍGUEZ HAHN, L., C. SÁNCHEZ y J. ROMO. 1965. Isolation and structure of jacquinic acid. *Tetrahedron* 21: 1735-1740.
115. —, A. GUZMÁN y J. ROMO. 1968. The constituents of *Cacalia decomposita* A. Gray. IV. Structure of decompositin. *Ibid.* 24: 477-483.
116. — y J. RODRÍGUEZ. 1973. Resinona, un nuevo triterpeno aislado de *Flourensia resinosa*. *Rev. Lat. Quím.* 3 (4): 148-153.
117. ROJAS GARCIDUEÑAS, M., X. A. DOMÍNGUEZ, J. FERNÁNDEZ y G. ALANÍS. 1972. New growth inhibitors from *Parthenium hysterophous*. *Rev. Lat. Quím.* 3 (2): 52-53.
118. ROMO DE VIVAR, A., L. RODRÍGUEZ HAHN, J. ROMO M. V. LAKSHMIKANTHAN, R. N. MIRRINGTON, J. KAGAN y W. HERZ. 1966. Constituents of *Helenium* spp. XIX. *Tetrahedron* 22: 3279-3292.
119. — y S. FIGUEROA. 1967. Contribución a la química de la ambrosina. Síntesis parcial de partenina e isopartenina (1, 2). *Rev. Soc. Mex. Quím.* 11 (5): 146-148.
120. — y F. OLMOS. 1968. Estudio químico de *Achillea millefolium* L. *Ibid.* 12 (5): 212 A-213 A.
121. — y M. AGUILAR. 1970. New pseudoguaianolide from *Parthenium confertum* Gray

- (Compositae), *Tetrahedron* 26: 2775-2780 (en colaboración con H. YOSHIOKA, A. HIGO, E. RODRÍGUEZ, J. A. MEARS y T. J. MABRY).
122. —, L. A. CUEVAS y C. GUERRERO. 1971. Eupaglabrina, un nuevo terpeno aislado de *Eupatorium glabratum*. *Rev. Lat. Quím.* 2: 32-34.
 123. —, J. GUEVARA, C. GUERRERO y A. ORTEGA. 1972. Los terpenoides de *Mortonia greggii* Gray. Estructura de la mortonina. *A. Ibid.* 3 (1): 1-4.
 124. ROMO, J., P. JOSEPH-NATHAN y F. DÍAZ A. 1963. Aromatin and aromaticin, new sesquiterpene-lactones isolated from *Helenium aromaticum* (Hook.) Bailey. *Chem. and Ind.* 1963, p. 1839.
 125. —, — y —. 1964. The constituents of *Helenium aromaticum* (Hook.) Bailey. The structures of Aromatin and aromaticin. *Tetrahedron* 20: 79-85.
 126. — y —. 1964. The constituents of *Cacalia decomposita* A. Gray. Structures of cacaliol and cacalone. *Ibid.* 20: 2331-2337.
 127. —, — y G. STADE. 1966. The structure of cumenin, a constituent of *Ambrosia cumanensis*. *Ibid.* 22: 1499-1506.
 128. —, A. R. DE VIVAR y P. JOSEPH-NATHAN. 1967. The constituents of *Zaluzania augusta*. The structures of zaluzanins A and B. *Ibid.* 23: 29-35.
 129. —, —, A. VÉLEZ y E. URBINA. 1968. Franserin and confertin: new pseudo guaianolides isolated from *Franseria* and *Ambrosia* species. *Can. J. Chem.* 46: 1536-1538.
 130. —, T. RÍOS y L. QUIJANO. 1968. Ligustrin, a guaianolide isolated from *Eupatorium ligustrinum* DC. *Tetrahedron* 24: 6087-6091.
 131. —, A. ROMO DE VIVAR y E. DÍAZ. 1968. The guaianolides of *Ambrosia cumanensis* H. B. K. The structures of cumarins A and B. *Ibid.* 24: 5625-5631.
 132. —, —, — y A. VÉLEZ, E. LEÓN y E. URBINA. 1970. The distribution of sesquiterpene lactones in several *Ambrosia* species. *Rec. Adv. Phytochem.* 3: 249-254.
 133. —, — y R. TREVIÑO, P. JOSEPH-NATHAN y E. DÍAZ. 1970. Constituents of *Artemisia* and *Chrysanthemum* species. The structure of chrysanthemins A and B. *Phytochemistry* 9: 1615-1621.
 134. — y L. RODRÍGUEZ HAHN. 1970. Canambrin, a new sesquiterpene dilactone from *Ambrosia canescens*. *Ibid.* 9: 1611-1614.
 135. —, A. ROMO DE VIVAR, A. ORTEGA y E. DÍAZ. 1970. Las guayulinas A y B, nuevos sesquiterpenos aislados del guayule. *Rev. Lat. Quím.* 1: 132-135.
 136. —, H. MUNDO y M. A. CARIÑO. 1972. Aislamiento y estructura de la panamina, un componente de la *Sweetia panamensis* Benth. *Rev. Lat. Quím.* 3 (2): 46-49.
 137. — y H. TELLO. 1972. Estudio de la *Artemisia mexicana*. Armexina, un nuevo santalónido cuya lactona posee fusión *cis*. *Ibid.* 3 (3): 122-126.
 138. —, A. ROMO DE VIVAR y A. ORTEGA. 1973. Novel sesquiterpenes isolated in Compositae. *Rec. Adv. Phytochem* 6: 21-29.
 139. ROSENTHALER, L. 1930. The chemical investigations of plants. G. Bell and Sons, Londres.
 140. SÁNCHEZ VIESCA, F. y J. ROMO. 1963. Estafiatina, a new sesquiterpene lactone isolated from *Artemisia mexicana*. *Tetrahedron* 19: 1285-1291.
 141. SANDOVAL, A. 1966. Cinco lustros de existencia. *Bol. Inst. Química, Univ. Nal. Aut. Mex.* 17: 83-121.
 142. —. 1970. Mirada al origen del Boletín, 20 años después de publicación ininterrumpida. *Ibid.* 22: 3-9.
 143. SCHULTES, R. E. 1970. The botanical and chemical distribution of Hallucinogens. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 21: 571-598.
 144. —. 1969. Hallucinogens of plant origin. *Science* 163: 245-254.
 145. SIM, S. K. 1964. *Medical plant alkaloids*. An introduction for pharmacy students. Univ. Toronto Press. 181 pp.
 146. —. 1967. *Medicinal plant glycosides*. An introduction for pharmacy students, *Ibid.* 76 pp.
 147. SODI-PALLARES, E. 1961. Una sugestión para un nuevo agrupamiento de las plantas. *Cact. Suc. Mex.* 6 (1): 12-15.
 148. —. 1960. Alcaloides de las cactáceas. *Ibid.* 5 (2): 35-43.

149. SOLBRIG, O. T., T. F. STUESSY, B. L. TURNER and coll. 1972. "Biochemistry and the Taxonomist". Prepared for the ASPT Symposium in Minneapolis, Minn. (References and lists of equipment for systematic studies with flavonoids, mustard oils, etc., including lists of references for each topic).
150. SOUSA, M. 1969. Las colecciones botánicas de C. A. Purpus en Mexico. *Univ. Calif. Publ. Bot.* 51: i-ix y 1-36.
151. TOMITA, M., Y. INUBUSHI y N. MIZOGUCHI. 1953. Alkaloids of berberidaceous plants. VI. Alkaloids of *Mahonia japonica*. *J. Pharm. Soc. Japan* 73: 776
152. WALLENS, H., S. SERATA y M. E. WALL. 1955. Steroidal sapogenins. XXXI. Gentrogenine and corrollogenine, new sapogenins from *Dioscorea spiculiflora*. *J. Am. Chem. Soc.* 77 (19): 5196-5197.
153. WALLS, F., O. COLLERA y A. SANDOVAL L. 1958. Alkaloids from *Stemmadenia* spp. I. The alkaloids of *S. donnellsmithii* y *S. galeottiana*. *Tetrahedron* 2: 173-182.
154. WILLAMAN, J. J. y B. G. SCHUBERT. 1955. Alkaloid Hunting. *Econ. Bot.* 9 (2): 141-150.
155. ———, ———. 1961. Alkaloid-bearing plants and their contained alkaloids. *U. S. Dept. Agric. Tech. Bull.* No. 1234. Washington, D. C.