

---

## LA QUIMICA DE LOS PRODUCTOS NATURALES EN MEXICO EN LOS ULTIMOS CINCUENTA AÑOS

---

FRANCISCO GIRAL

En 1910, aún después de la reorganización universitaria de D. Justo Sierra, no existían en México estudios regulares de Química ni de Biología. Apenas se había previsto la Facultad de Altos Estudios, de donde saldrían más tarde las enseñanzas relativas a la Biología.

Hasta la primera etapa del gobierno de D. Venustiano Carranza, como Primer Jefe del Ejército Constitucionalista, aparecen las primeras medidas de importancia para el estudio químico de los productos naturales. El 2 de octubre de 1915 se crea la Dirección de Estudios Biológicos, para la cual el Gral. Carranza nombra al biólogo D. Alfonso L. Herrera (hijo) que recoge y reúne en ella los restos del prestigiado Instituto Médico Nacional y el Museo de Historia Natural. Mucho más importante —para el fin que nos ocupa— es la fecha de 23 de septiembre de 1916, en la cual el Primer Jefe del Ejército Constitucionalista crea la Escuela Nacional de Ciencias Químicas. En el viejo edificio de Tacuba, donde en este momento se continúan dando las enseñanzas correspondientes al primer año nada más —por insuficiencia de los modernos pabellones de Ciudad Universitaria— todavía se conserva el acta de fundación con la fecha indicada y con la firma original de D. Venustiano Carranza.

A partir de ese momento, se necesita tiempo para que se vayan formando químicos y se vayan creando círculos de trabajo, antes de que comiencen a realizarse trabajos originales. En esos primeros años de existencia, esporádicamente se presentan algunas tesis valiosas sobre productos naturales mexicanos, pero no llegan a tener difusión internacional ni a conectarse con los trabajos de química que se realizan en otras partes del mundo.

No obstante, merecen mencionarse algunos episodios aislados de ese primer período, que demuestran en formas diversas el extendido interés por el estudio químico de los productos naturales. Así, en 1921, el propio Presidente de la República, General Alvaro Obregón firma un decreto estimulando y recomendando el empleo y la difusión de los aceites de tortuga para el tratamiento de la tuberculosis y de los padecimientos del pecho. Unos años más tarde, en 1926, la Revista Mexicana de Biología convoca un concurso científico para un estudio farmacológico sobre el peyote. Nada provechoso se obtuvo, pero es indudable el interés general —autoridades oficiales, organismos científicos— por estimular el estudio de los productos naturales mexicanos. Una importante contribución para facilitar el conocimiento de las plantas del país es la publicación en 1927 de la primera edición del "Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas" de D. Maximino Martínez, que comprende 9 600 nombres<sup>1</sup> y que apareció bajo los auspicios de la mencionada Dirección de Estudios Biológicos.

Se llega así al año 1930, que constituye un momento crítico en la evolución de la Biología en México. En ese año desaparece la Dirección de Estudios Biológicos con lo cual —para decirlo con las propias palabras de nuestro Secretario perpetuo D. Enrique Beltrán, meticoloso historiador de la Ciencia mexicana<sup>2</sup>— "terminó una época de las Ciencias Naturales en México, para dar comienzo a otra nueva de la que hoy somos actores". En ese año, los restos de la Dirección de Estudios Biológicos pasan a formar parte del nuevo Instituto de Biología dentro del sistema universitario.

Todavía en el comienzo de esa nueva época son pocos los acontecimientos a registrar. Deben mencionarse dos importantes publicaciones de D. Maximino Martínez: la primera edición de las "Plantas medicinales" aparecida en 1934<sup>3</sup> y la segunda del "Catálogo de nombres vulgares de plantas mexicanas"<sup>4</sup> que se publicó en 1937 y que contiene ya 13 000 nombres. De esa época es también la primera edición del libro de Reko<sup>5</sup> que tiene la particularidad de ser publicado en alemán en 1938. Representa esta obra la primera llamada de atención en el orden internacional, sobre las plantas mexicanas de acción farmacológica notable. Con excepción de una sola planta sudamericana, contiene el libro la descripción de las acciones fisiológicas de más de una docena de plantas mexicanas cuya clasificación y descripción botánica puede considerarse aceptable.

En ese primer decenio de esta nueva época, quizá el acontecimiento más notable se produce en 1936, durante la Presidencia del General Lázaro Cárdenas quien funda el Instituto Politécnico Nacional de donde habrían de salir más tarde un buen grupo de trabajos originales sobre química de productos naturales. En ese mismo año de 1936

se funda también la Sociedad Mexicana de Historia Natural.

Al final de ese primer decenio comienzan a aparecer las publicaciones periódicas mexicanas que más han servido para la difusión de los trabajos químicos sobre productos naturales: en 1938 los "Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas", en 1939 la "Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural" y en 1940 "Ciencia".

Concluyen las fechas de significación fundacional mencionando en 1941 la inauguración del Instituto de Química, dentro de la Escuela Nacional de Química y creado con fondos del Colegio de México que acababa de constituirse como continuador de la Casa de España. La importancia de esta última fundación estriba en que se trata del primer centro dedicado exclusivamente a la investigación científica.

La creación de todos los centros de enseñanza e investigación mencionados rinde sus frutos en los últimos 20 años, período el más importante a analizar en cuanto a las publicaciones originales realizadas. Dada la amplitud del tema que se me ha señalado para esta revisión crítica —productos naturales— es lógico que se requiera una primera división en productos animales y productos vegetales. Ahora bien, como una importante parte de los estudios químicos se refiere a los realizados sobre alimentos, independientemente de su origen animal o vegetal, conviene destacar primero lo referente a la química de los alimentos.

## I. QUIMICA DE LOS ALIMENTOS

Si bien pueden mencionarse algunos trabajos previos, de épocas anteriores como uno del Prof. Cordero sobre el valor energético de productos alimenticios nacionales,<sup>6</sup> el verdadero estudio químico de los alimentos mexicanos se inicia en 1940 con los primeros trabajos de Cravioto bajo la dirección de mi padre, un primer estudio analítico sobre legumbres secas<sup>7</sup> y otro sobre el contenido de treonina en el maíz.<sup>8</sup> A partir de ahí, Cravioto ha creado una verdadera escuela de químicos de alimentos que, realizando un bien coordinado trabajo de equipo han llevado a cabo un estudio sistemático, integral, racionalmente dirigido y de impecable ejecución técnica, sobre la química de los alimentos mexicanos. Descuellan en esa obra de conjunto, como colaboradores más constantes y más cercanos de Cravioto, los nombres de Massieu y de Guzmán. Justo es recordar que el impulso inicial y semejante obra fue eficazmente respaldado por el desaparecido Dr. D. Francisco de P. Miranda, gran caballero de grata memoria.

Si bien una parte de los trabajos de Cravioto se han publicado en revistas extranjeras, como el *Journal of Nutrition*, lo fundamental y más completo se halla en revistas nacionales y a ellas podemos referirnos. El principal trabajo es de 1951<sup>9</sup> y contiene las tablas de composición química de cerca de 1000 muestras de alimentos mexicanos, animales y vegetales. De esas tablas se deduce el valor nutritivo de casi todos los componentes de la alimentación mexicana, lo mismo los de gran consumo que los poco conocidos cuya difusión convendría estimular. Por ejemplo, destaca el gran contenido en proteínas de la semilla de parota o guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), equivalente al de la conocida soja y cuyo hallazgo procede de los primeros trabajos de mi padre. Sin embargo, la semilla de parota no se come más que en reducidas zonas del estado de Michoacán, siendo una de las plantas alimenticias cuyo consumo podría estimularse provechosamente. El comentario pormenorizado de esas tablas podría llevarnos a una extensión excesiva y ahí quedan registradas como consulta indispensable para cualquier persona que necesite conocer la química de los alimentos mexicanos. Una especie de introducción a dichas tablas fue presentada por el propio Cravioto<sup>10</sup> con anterioridad. Las tablas no sólo contienen la composición en principios inmediatos sino también en los más importantes minerales y en las más conocidas vitaminas.

Años después, las tablas fueron completadas con el análisis de otras 190 muestras de alimentos.<sup>11</sup> En esta nueva serie, que contiene alimentos de consumo poco frecuente, merece destacarse el hecho del gran contenido en vitaminas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> del ajolote así como la gran riqueza en proteínas y en niacina (ácido nicotínico) de los chapulines comestibles del género *Sphenarium*.

**Aminoácidos.**—La importancia de la escuela de Cravioto está en que no se ha limitado a publicar esas tablas, lo cual ya sería suficiente para merecer un reconocimiento público, sino que ha continuado ampliando y complementando nuestros conocimientos químicos sobre los alimentos mexicanos de una manera muy interesante. Así, ha hecho un estudio sobre la dicta rural mexicana, encontrando que está escasa en proteínas animales.<sup>12</sup> Ello le llevó a buscar los aminoácidos indispensables en los alimentos de mayor consumo, encontrando una calidad superior en los de origen animal.<sup>13</sup> Sistemáticamente se buscaron los aminoácidos indispensables en otros 24

alimentos mexicanos, poniendo especial interés en los tres aminoácidos limitantes de la alimentación mexicana: triptofano, metionina y lisina.<sup>14</sup> Especialmente intenso ha sido el estudio de las semillas comestibles en cuanto a aminoácidos indispensables. En un primer trabajo se dio cuenta de cómo las semillas comestibles mexicanas se encuentran muy deficientes en metionina, siendo la menos deficiente de todas el garbanzo que muestra una composición bastante similar a la soja. Como una de las semillas de mayor consumo en la alimentación mexicana es el frijol (*Phaseolus vulgaris*), han buscado los tres aminoácidos limitantes de la dieta mexicana —metionina, lisina y triptofano— en relación con el contenido total de proteínas en 66 variedades de frijol.<sup>16</sup>

*Maíz.*—Naturalmente que, siendo el maíz y la tortilla los elementos más típicos de la comida mexicana, el grupo de Cravioto tuvo que dedicarle una atención especial. Iniciada esta serie con un estudio sobre el valor comparativo de las proteínas del maíz y la tortilla,<sup>17</sup> siguió con otros sobre el valor nutritivo de la tortilla, del pan y de la harina de trigo<sup>18</sup> y sobre proteínas y aminoácidos en el frijol y en la tortilla,<sup>19</sup> llegando a trabajos de interés local como el realizado sobre el "pozol", forma indígena de consumir el maíz en el Sureste (principalmente Chiapas), encontrando que es una forma de consumo que permite aumentar la cantidad y mejorar la calidad de las proteínas originales del maíz.<sup>20</sup> La serie se ha completado con trabajos bioquímicos en que estudian el efecto del maíz y de la tortilla sobre el crecimiento de ratas alimentadas con dietas pobres en triptofano y en ácido nicotínico.<sup>21</sup>

*Vitaminas.*—Aparte de las determinaciones generales sobre las vitaminas más importantes, que se incluyen en las tablas de composición de alimentos —B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, niacina, C y caroteno en casos especiales el grupo de Cravioto ha realizado estudios analíticos sobre otras vitaminas. Deben destacarse los estudios sobre la presencia de ácido pteroilglutámico en 53 alimentos mexicanos<sup>22</sup> resultando con los más altos contenidos las populares y muy mexicanas verduras conocidas con los nombres de romeritos (*Dondia* sp. Quenopodiáceas) y de quelites (*Chenopodium* sp. Quenopodiáceas y *Amaranthus* sp. Amarantáceas). Es notable también el análisis de vitamina B<sub>12</sub>, en el pulque que tiene la considerable cantidad de 6,85 mcg/100g.<sup>23</sup>

*Vitamina C.*—Una mención especial merece la vitamina C por ser la más extendida, la que se encuentra en mayores concentraciones y la de más fácil valoración. A eso se debe que se haya buscado en multitud de materiales, comestibles y no comestibles. Indudablemente el hallazgo más notable en cuanto a la distribución de vitamina C fue hecho en Puerto Rico por el Dr. Asenjo al encontrar en una frutita silvestre de aquella isla un contenido de vitamina C muchas veces más elevado que lo corriente aun en los vegetales más ricos. Se trata de una Malpigiácea conocida allí con el nombre español de acerola y que corresponde a la especie *Malpighia punicifolia* sin tener nada que ver con la acerola española que es una Rocásea del género *Crataegus*. El grupo de Cravioto encontró la misma especie, *Malpighia punicifolia*, en Yucatán donde se la conoce con el nombre maya de "usté" u "oxté". Ya en las mencionadas y fundamentales tablas de composición de alimentos, habían registrado el alto contenido en vitamina C del oxté yucateco, equivalente al de la acerola de Puerto Rico, pero la cosa era tan interesante que mereció un trabajo especial<sup>24</sup> en el cual encontraron que el fruto verde llega a contener hasta 2 650 mg. por 100 g. mientras que semimaduro tiene 2 200 y maduro 1900. Esas cifras representan 40 veces el contenido de un zumo de limón o de naranja que se consideran las fuentes más ricas en vitamina C entre los alimentos comunes. Si además se tiene en cuenta que la parte comestible del oxté tiene más de 90% de agua, resulta que alrededor de la cuarta parte de los sólidos totales son vitamina C, un contenido fabuloso que sólo tiene el precedente de la acerola de Puerto Rico. Se ha considerado que ambas frutas pertenecen a la misma especie pero parece probable que sea necesario revisar la clasificación del oxté yucateco pues pudiera pertenecer a una especie diferente<sup>25</sup> lo que haría más interesante aún el resultado.

Personalmente he participado en la tarea de buscar vitamina C en plantas mexicanas, comestibles o no. Comenzamos con un estudio sobre algunas variedades de chiles (*Capsicum annuum*) tan populares en la alimentación nacional<sup>26</sup> encontrando variaciones tan considerables como la muy pequeña proporción de 17 mg. por 100 g. en los más picantes chiles piquines hasta más de 200 mg en los pimientos dulces. Examinando unas cuantas variedades con distinto poder picante, llegamos a establecer una relación casi matemática, inversamente proporcional, entre el picante (capsaicina) y la vitamina C. Semejante relación no sólo es válida para diferentes variedades de chiles sino que dentro del mismo fruto, las partes más picantes (venas y semillas) contienen menos vitamina C que las partes carnosas menos picantes. La relación inversa de la vitamina C se manifiesta frente al picante y, además, frente al contenido en nitrógeno total. Continué después una serie general en vegetales comestibles: frutas,<sup>27</sup> legumbres y verduras<sup>28</sup> con datos complementarios,<sup>29</sup> todo ello anterior a los trabajos más completos del grupo de Cravioto.

Después se hicieron valoraciones en plantas no comestibles, por ejemplo una curiosa serie sobre flores y plantas ornamentales,<sup>30</sup> en general muy ricas en vitamina C: los valores más altos se encontraron en los gladiolos que muestran la mayor concentración en los tallos y después en los pétalos, mientras que los alcatraces o calas, también de riqueza elevada, tienen su mayor contenido en las hojas. Más reciente es una serie sobre drogas medicinales hecha con el fin de contribuir al conocimiento científico de las plantas dada la significación bioquímica de la vitamina C. En un examen sobre cortezas, raíces y rizomas<sup>31</sup> se encontraron en general valores bajos, pero con algunas curiosas observaciones como las oscilaciones que se presentan en el género *Dioscorea* o bien el hecho de encontrar altos contenidos de vitamina C en las falsas ipecacuanas (*Lonidium* sp. Violáceas) que no contienen emetina y, en cambio, contenidos muy bajos en las auténticas ipecacuanas ricas en emetina (*Cephaelis* sp., Rubiáceas). Quizá sea otra manifestación —como la de los chiles— del antagonismo entre la vitamina C y productos nitrogenados. En otro examen sobre hojas<sup>32</sup> se encontró el curioso dato de que el naranjo contiene más vitamina C en sus hojas que en su fruto, incluyendo el jugo. Otro hallazgo curioso fue el de un contenido elevado en el xixi o raspaduras de las pencas de lechuguilla (*Agave lechuguilla*) muy empleadas como plantas para lavar por su gran contenido en saponinas.

*Otros trabajos.*—Completan los estudios químicos sobre alimentos mexicanos algunos otros trabajos que mencionamos a continuación. Un estudio de D. Rafael Illescas en que formula una teoría química sobre la formación del nixtamal, estudiando el efecto de la lechada de cal sobre los distintos componentes del maíz.<sup>33</sup> Sobre el mismo maíz, debe mencionarse otra contribución de mi padre respecto del contenido en triptofano y en niacina de maíces híbridos.<sup>34</sup> Otra contribución de mi padre se refiere al contenido en treonina (aminoácido indispensable) de alimentos mexicanos<sup>35</sup> encontrando valores muy altos en los pescados. Finalmente, un análisis de los aminoácidos de las proteínas en las esporas del hongo *Ustilago maydis* tan consumido como alimento en la forma popular de "quesadillas".<sup>36</sup>

## II. PRODUCTOS ANIMALES

Quizá lo más importante sobre productos animales ha sido revisado a propósito de los productos alimenticios. Fuera de ellos, lo más importante ha sido realizado en el campo de las grasas.

*Grasas.*—Aunque sorprende lo mucho que se sabe sobre composición química de grasas animales, a veces se encuentran curiosas lagunas. Antes de 1945 se conocía la composición de numerosas grasas de animales herbívoros pero se ignoraba la de cualquier animal carnívoro. Por aquellos años tuve ocasión de estudiar la grasa de un puma (*Felix concolor*) cazado en la Huasteca veracruzana, lo que representaba estudiar la primera grasa de un carnívoro. Como su estudio reveló algunos hechos un poco raros, se trató de publicar en Inglaterra, donde se encuentra el Prof. Hilditch, primera autoridad mundial en química de grasas. Mientras se hacía la publicación<sup>37</sup> el propio Hilditch había hecho nuevos estudios de grasas animales y en alguno de ellos había coincidencia con mis resultados extraordinarios, por ejemplo, la presencia de un 12% de ácido palmitoleico en la grasa del puma era rara pues semejante ácido no se conocía en animales terrestres siendo característico —precisamente en la proporción de 10—20%— en todos los animales marinos. Hilditch encontró mientras tanto 11% en la grasa de un oso de Ceilán. Por otro lado, la grasa del puma mexicano revelaba un contenido de ácido esteárico superior al de ácido palmítico, lo que no suele ser frecuente pero que no es caso único ya que se conoce en otras grasas de herbívoros como las de cabra y oveja.

Una serie de trabajos sobre química de grasas animales que ha resultado muy completa es la que llevé a cabo sobre las tortugas mexicanas. Se puede decir que esta serie sobre tortugas del país representa tanto como lo que se conoce en el resto del mundo sobre las demás tortugas. El interés inicial fue despertado en el Instituto Pasteur de París por el desaparecido Dr. Fournau quien me comunicó haber ensayado allí con gran éxito el tratamiento de la lepra con aceites de tortuga verde procedentes de México.<sup>38</sup> Sorprende encontrar una cita sobre el mismo tema tan antiguo y tan original como la que se encuentra en la crónica del segundo viaje de Cristóbal Colón, quien al recalar en las islas de Cabo Verde las halló muy concurridas con portugueses ricos que se estaban curando la lepra con aceites de tortuga verde. Por último, existe en el propio México el interés general sobre el uso de los aceites de tortuga para el tratamiento de afecciones de la piel y del pecho, interés manifestado de una manera tan peculiar por el Gral. Obregón al firmar un decreto, como Presidente de la República, fomentando el empleo de los mencionados aceites.

Por todas esas razones se emprendió un estudio sistemático y aunque los resultados originales se publicaron en los Estados Unidos,<sup>39 - 42</sup> se hizo un resumen en una revista mexicana.<sup>43</sup> En un primer trabajo, se presentó un estudio analítico general<sup>39</sup> y ya se indicaba en él que se trata de una composición bastante normal en grasas animales y sin ninguna posible relación química con las grasas vegetales de la chaulmoogra y otras Flacourtiáceas de eficacia antileprosa indudable por causa de los peculiares ácidos que contienen. En los siguientes trabajos se hicieron estudios cuantitativos sobre los ácidos componentes de las especies más asequibles: *Chelone mydas* del Pacífico<sup>40</sup> *Caretta caretta* de Isla Mujeres en el Caribe<sup>41</sup> y *Lepidochelys olivacea* del Pacífico.<sup>42</sup> En la distribución de los ácidos grasos no se le ha encontrado nada especial que pueda explicar una acción farmacológica de ningún tipo. Estos estudios tuvieron solamente un interés de orden bioquímico que se comentó adecuadamente en los trabajos originales. Incluso en algunas de las especies, precisamente la "cahuama" o tortuga verde (*Chelone mydas*), tuvimos ocasión de examinar ejemplares diferentes con resultados también distintos<sup>40</sup> lo que fue atribuido a diferencias estacionales (invierno-verano) más que a diferencias locales (Acapulco-Mazatlán). Si las grasas de tortuga tienen o no verdadero valor para el tratamiento de la lepra, de la tuberculosis o de otros padecimientos afines, es cuestión que habrían de resolver los farmacólogos o los químicos, pues el análisis químico, aún con la profundidad realizada hasta ahora, no revela ninguna sustancia a la que pueda atribuirse un efecto terapéutico específico.

*Química de insectos.*—Un párrafo especial merece la química de insectos pues aunque se trate especialmente de química de grasas, ha llevado a resultados más variados.

La iniciación de estos trabajos se debe a estímulos del Dr. Cándido Bolívar cuya colaboración constante, en el aspecto entomológico, ha sido decisiva para conseguir los progresos realizados. Tratando de estudiar las materias colorantes de algunos Acrididos tuvimos ocasión de examinar las grasas correspondientes y se encontraron algunas novedades curiosas. El primer trabajo se publicó en esta misma revista y contiene datos analíticos sobre la grasa de *Taeniopoda auricornis*.<sup>44</sup> Aparte de los resultados analíticos de la grasa, por primera vez se dio cuenta en esa publicación de la existencia de un compuesto de azufre tóxico, resultado notable y sin precedente en grasas animales de ningún otro tipo ni siquiera en grasas vegetales. Se dedujo que la toxicidad está ligada al compuesto de azufre por la circunstancia de haber podido separar los insectos en machos y hembras extrayendo las grasas por separado: ambas contienen distinta proporción de azufre y la toxicidad es proporcional al contenido en azufre. De ahí partimos para un estudio más amplio sobre grasas de insectos. En un trabajo subsiguiente dimos cuenta de los análisis previos de la grasa de *Melanoplus atlantis*<sup>45</sup> y en otro se completan los datos analíticos sobre *Taeniopoda*.<sup>45</sup> El estudio cuantitativo en ácidos de la grasa de *Melanoplus* se publicó en Estados Unidos<sup>47</sup> junto con el estudio completo de la grasa de otro chapulín *Sphenarium purpurascens*.<sup>48</sup> De estas tres especies, sólo *Taeniopoda* y *Melanoplus* contienen el compuesto de azufre; *Sphenarium* no lo contiene. Esto es sorprendente porque tanto *Taeniopoda* como *Melanoplus* no son comestibles ni siquiera los comen los animales domésticos que los tienen al alcance fácilmente. En cambio *Sphenarium* se come en México y antes ha sido mencionado su valor nutritivo en ciertos aspectos.<sup>11</sup> A diferencia de la grasa de *Taeniopoda* que es neutra, formada por mezcla de glicéridos, la grasa de *Melanoplus* es una mezcla de grasa normal con una cantidad mayor de ácidos libres, lo cual es frecuente entre los insectos. Ello nos permitió separar ambas fracciones y averiguar que el azufre se queda en la fracción de grasa neutra y, por tanto, que es también un compuesto neutro descartándose todas las formas posibles en que el azufre puede comunicar a un compuesto solubilidad en los álcalis. Más reciente es un estudio analítico cualitativo<sup>49</sup> sobre diversas especies de insectos habiendo encontrado que la grasa de langosta, *Schistocerca paranensis* también contiene azufre. Como además se encontró otra especie de *Sphenarium* desprovista de azufre y otra más de *Taeniopoda* que si lo tiene, a pesar de que sean pocas las especies estudiadas para aceptar generalizaciones taxonómicas, parece por ahora que este nuevo compuesto de azufre pudiera ser específico de los Catantópodos que incluye los géneros *Taeniopoda*, *Melanoplus* y *Schistocerca*, mientras que el género *Sphenarium* sin azufre y no tóxico (comestible) pertenece a los Pirgomórfidos. Todo ello dentro de los Acridioideos, pues en otros órdenes de insectos tampoco se ha encontrado compuesto de azufre: Coleópteros, Lepidópteros o Hemípteros.

Otras contribuciones a la químicas de insectos mexicanos han sido las siguientes. Un análisis de los aminoácidos de las proteínas contenidas en el mosco de Texcoco, "ahuautle" o "caviar mexicano", hecho por el Dr. Bachstsz<sup>50</sup> y un análisis de la grasa del gusano de maguey, *Acentrocne me hesperiaris* por el mismo autor.<sup>51</sup> La conocida cera de Campeche, producida por abejas del género *Melipona*, fue examinada por mi padre<sup>52</sup> quien encontró un contenido en ácidos libres superior al de cualquier otra cera (70%). Finalmente, se han hecho estudios

electroforéticos sobre el veneno del alacrán,<sup>53</sup> extraído de especies de género *Centruroides*, habiendo separado 8 fracciones distintas.<sup>54</sup>

### III. PRODUCTOS VEGETALES

Como el número de publicaciones sobre productos vegetales es más numeroso, lo presentaremos, agrupado, según el tipo de los trabajos.

*Trabajos analíticos.*—Se conoce un estudio sobre la composición química del agar mexicano,<sup>55</sup> otro sobre el almidón del chamal<sup>56</sup> y una serie de valoraciones de vainillina en variedades de vainillas mexicanas.<sup>56</sup> Es curioso que del chamal, *Dion edule* (Cicadáceas), no se haya aislado más que almidón inocente pues Reko lo considera como una de las "hierbas locas" que producen intoxicación en los animales.<sup>5</sup> Herrán ha determinado<sup>58</sup> las pentosanas y las mannanas del tamarindo, similar al algarrobo en ese aspecto, y las mannanas del guamuchil (*Pithecolobium dulce*). Castañeda ha valorado la actividad proteolítica del látex de candelilla denominando al complejo enzimático "euforbaína"<sup>59</sup> así como la del látex del "bonete", *Pileus mexicanus* (Caricáceas), habiendo denominado "mexicaína" al fermento responsable<sup>60</sup> que se considera distinto de la papaína.<sup>61</sup> El más curioso trabajo de tipo analítico es el realizado por el Dr. Bachstetz sobre la semilla de culebra de Veracruz, *Abelmoschus moschatus* (*Hibiscus abelmoschus*, Malváceas), pues no encuentra ni alcaloides ni glucósidos ni nada que pueda explicar su efecto contra las mordeduras de las serpientes venenosas.<sup>62</sup> La única explicación que da el autor, basada en la forma de aplicar la semilla masticada sobre la mordedura reciente sería un fenómeno físico-químico de simple adsorción.

*Aislamiento de productos conocidos.*—En el Instituto de Química, Iriarte estudió los pinos mexicanos<sup>63</sup> aislando *d*-pineno en proporción de más del 90% a partir del aguarrás de los pinos de la región caliente de Uruapan, mientras que el aguarrás de *Pinus hartwegii* de las zonas frías de los volcanes tiene menos pineno, que se encuentra en parte racemizado y está acompañada por *l*-limoneno.

De los huesos de aguacate (*Persea gratissima*, Lauráceas) se aísla habitualmente en mi laboratorio de Fitoquímica el raro heptalcohol llamado perseíta con mucha facilidad y buen rendimiento.<sup>64</sup> En el cardo mexicano o chicalote de flor amarilla (*Argemone ochroleuca*, Papaveráceas) se han aislado los mismos alcaloides, protopina y alocriptopina, que en la especie de flor blanca (*A. mexicana*) encontrando igual proporción de alocriptopina en ambos pero doble cantidad de protopina en el de flor amarilla.<sup>65</sup> De la pulpa de tamarindo se ha aislado 9-10% de ácido tartárico, encontrándose más de la mitad en forma de sal potásica.<sup>58</sup> De semilla de colorín, *Erythrina americana*, se ha aislado con buen rendimiento la betaína del triptofano o hipaforina.<sup>66</sup> En distintas especies de *Euphorbia*,<sup>67</sup> incluyendo la candelilla, y de *Pedilanthus*<sup>68</sup> Estrada ha encontrado varios compuestos triterpénicos: epigermanicol (primera vez que se encuentra en la Naturaleza), b-amirina y friedelina. También es la primera vez que se encuentran juntas, en la misma planta, b-amirina y friedelina. La popular "flor de Jamaica" que procede de *Hibiscus sabdariffa* (Malváceas) equivale al "Karkadé" abisinico. Lo mismo que este, la flor mexicana contiene el ácido hibiscico que es una lactona oxicítrica.<sup>69</sup>

Una familia muy típica del paisaje mexicano es la de las Cactáceas. Botánicamente se encuentra bien estudiada, pues existe una buena monografía.<sup>70</sup> Era lógico que semejante familia diese origen a profundos estudios químicos los cuales han sido llevados a cabo por el esfuerzo combinado del Instituto de Química y el Dr. Djerassi con los recursos de la Universidad Wayne en Detroit y de la compañía "Syntex".

Numerosos cactus mexicanos han proporcionado compuestos triterpénicos —unos nuevos y otros conocidos— y algunos otros han dado origen al aislamiento de alcaloides. Entre los triterpenos conocidos deben mencionarse los siguientes aislados de cactus mexicanos: ácido oleanólico en cuatro especies de *Lemaireocereus*<sup>71-72</sup> y en tres especies de *Myrtillocactus*<sup>73</sup> ácido betulínico en un *Lemaireocereus*<sup>72</sup> y maniladiol en un *Myrtillocactus*;<sup>73</sup> Aunque los triterpenos son típicos del género *Lemaireocereus*, el "candelabro", *L. weberi*, no contiene triterpenos y si, en cambio, alcaloides: de él se ha aislado anhalonidina ya conocida en el peyote.<sup>74</sup>

La raíz de *Plumbago pulchella* conocida con el nombre de "pañete" contiene plumbagina,<sup>75</sup> una metil-naftoquinona ya encontrada en otras especies del mismo género. En la raíz de *Rauwolfia heterophylla* (ahora reclasificada como *R. tetraphylla*, Apocináceas) se aisló por primera vez reserpina y narcotina<sup>76</sup> pero después se vio que la presencia de narcotina era errónea y que la planta contiene realmente reserpina, serpentina y ajmalina.<sup>77</sup> En la rara familia de las Fouquieriáceas, en la especie *Fouquieria peninsularis* conocida en Baja California como "palo de Adán" hemos encontrado el escaso triterpeno ácido equinocístico.<sup>78</sup> La planta aromática conocida como "tabaquillo grande" o "hierba del borracho" y que pertenece a la especie *Calamintha macrostema* (Labiadas) contiene en su aceite esencial un 65% de *l*-mentona.<sup>79</sup> Por último, en la valeriana mexicana (*Valeriana procera typica*) se ha encontrado que el aceite esencial está formado por una mezcla de ésteres butírico e *iso*-butírico del geraniol.<sup>80</sup>

*Aislamiento de productos nuevos.*—La planta llamada "cuauchichic", *Garrya laurifolia* (Garryáceas) contiene un alcaloide nuevo, C<sub>22</sub>H<sub>33</sub>O<sub>2</sub>N que ha sido denominado cuauchichicina y que resulta ser un isómero de la garrina, perteneciendo al interesante grupo de compuestos diterpenoides de estructura fenantrénica.<sup>81</sup> Un segundo alcaloide del cuauchichic, la garrifolina, resulta ser un 19-epiveatchina.<sup>82</sup> A la familia de las Amarantáceas pertenece la Tlatlancuaya (*Iresine celosioydes*) de la cual se ha aislado una nueva lactona sesquiterpénica C<sub>15</sub>H<sub>22</sub>O<sub>4</sub>, llamada iresina,<sup>83</sup> cuya estructura deriva de un nuevo esqueleto sesquiterpénico fundamental.<sup>84</sup>

Una interesante planta mexicana es el zapote blanco, *Casimiroa edulis* (Rutáceas) cuyas semillas han servido para aislar de ellas un gran número de curiosas e interesantes sustancias.<sup>85</sup> Entre las sustancias ya aisladas previamente se cuentan el alcaloide casimiroina cuya fórmula corrigen, el casimirólido C<sub>28</sub>H<sub>32</sub>O<sub>8</sub>, el alcaloide principal casimiroedina, b-sitosterol libre, glucósido del b-sitosterol y un fenol amarillo que identificaron como 9-oxi-4-metoxifurano-[3:2]-benzopirano-7. Además aislan siete nuevas sustancias, dos de las cuales eran conocidas pero no se hablan encontrado en la Naturaleza: palmitamida y N-benzoil-tiramina. A esta última se le atribuye parte de la acción biológica de la semilla. Las otras cinco sustancias nuevas son: zapotina C<sub>19</sub>H<sub>16</sub>O<sub>6</sub> que es un éter tetrametilico de una flavona, zapotinina C<sub>18</sub>H<sub>16</sub>O<sub>6</sub> que es el éter trimetilico de la misma flavona, zapoterina C<sub>19</sub>H<sub>24</sub>O<sub>6</sub> un alcaloide C<sub>17</sub>H<sub>15</sub>O<sub>2</sub>N llamado edulina y un compuesto nitrogenado y con azufre que ha sido denominado zapotidina C<sub>7</sub>H<sub>9</sub>N<sub>3</sub>S. La fórmula del alcaloide principal o casimiroedina que se aceptaba ser C<sub>17</sub>H<sub>24</sub>O<sub>5</sub>N<sub>2</sub> fue cambiada a C<sub>21</sub>H<sub>27</sub>O<sub>6</sub>N<sub>3</sub><sup>36</sup> en concordancia con un trabajo casi simultáneo realizado en Suiza<sup>87</sup> en el cual niegan que la casimiroedina tenga alguna acción farmacológica.

La familia de las Simarubáceas se caracteriza por contener sustancias intensamente amargas. Una compañía farmacéutica de Estados Unidos ha estudiado el amargo de la semilla de *Simaruba glauca* del Sur de México,<sup>88</sup> habiendo aislado una sustancia, la glaucarrubina, que ha sido incluso explotada comercialmente y que tiene por fórmula C<sub>25</sub>H<sub>36</sub>O<sub>8</sub> siendo el éster metil-oxibutírico de una polioxilactona, el glaucarrubol C<sub>20</sub>H<sub>28</sub>O<sub>8</sub>. Otra Simarubácea típica de México es el "chaparro amargoso" o *Castela nicholsoni* (*C. tortuosa*) de la cual se conocían trabajos ingleses desde 1925. En mi laboratorio se ha demostrado que los trabajos ingleses estaban equivocados y que la planta contiene también una polioxilactona C<sub>20</sub>H<sub>30</sub>O<sub>8</sub>, similar al glaucarrubol y una sustancia insípida de fórmula C<sub>26</sub>H<sub>40</sub>O<sub>3</sub>.<sup>89</sup>

Como ya se indicó antes, la familia de las Cactáceas ha sido una fuente de nuevas sustancias, especialmente del grupo de los triterpenos y de algún alcaloide.

Entre los nuevos triterpenos aislados figuran los siguientes: el ácido queretaroico que es un ácido 30-oxioleanólico aislado de *Lemaireocereus queretaroensis* y de *L. beneckeii*<sup>71</sup> la turberogenina, lactona del grupo del lupeol, encontrada en *Lemaireocereus thurberi*,<sup>90</sup> la longispinogenina un 3,16,18-triol del grupo de la b-amirina con cable enlace en 12 obtenida de *Lemaireocereus longispinus* que abunda especialmente en Guatemala,<sup>91</sup> de *L. quevedonis*<sup>72</sup> de *Myrtillocactus cochal* de Baja California, de *M. geometrizers* del centro de México<sup>73</sup> y de *Escontria chiotilla* de Puebla;<sup>72</sup> la dumortierigenina aislada de *Lemaireocereus dumortieri*<sup>92</sup> que es una dioxilactona derivada del ácido oleanólico;<sup>93</sup> la estelatogenina de *Lemaireocereus stellatus*<sup>90</sup> que es un hidrato de turberogenina,

encontrada también en *Myrtillocactus schenckii*<sup>73</sup> y en el "tunillo" o *Lemaireocereus treleasei*,<sup>72</sup> junto al ácido treleasegénico, un nuevo ácido dioxioleanólico;<sup>72</sup> el ácido macaérico, un cetoácido derivado de la b-amirina<sup>94</sup> que se encuentra en *Machaerocereus gummosus* junto con la gumosogenina, un dioxialdehído derivado de la b-amirina;<sup>95</sup> el ácido cochálico que es el producto de oxidar el aldehído en la gumosogenina, obtenido de *Myrtillocactus cochal*<sup>96</sup> y de *M. geometrizans*,<sup>73</sup> cactus que contienen también los nuevos triterpenos ácido mirtilogénico y chichipegenina. Esta chichipegenina es un curioso tetraol descubierto en *Lemaireocereus chichipe*<sup>97</sup> se encuentra también en *Myrtillocactus grandiaereolatus*.<sup>73</sup>

Entre los cactus que contienen alcaloides nuevos se encuentra el "órgano", *Pachycereus marginatus* que contiene pilocereína<sup>74</sup> también encontrada en diversas especies de *Lophocereus*<sup>98</sup>.

En la familia de las Sapotáceas el Dr. Bachstsz ha realizado notables estudios. De la semilla de mamey (*Lucuma mammosa* o *Calocarpum mammosum*) ha aislado un nuevo glucósido cianogénico, la lucumina, que contiene el clásico nitrilo mandélico pero combinado con 2 moléculas de glucosa.<sup>99</sup> En cambio, en el zapote borracho, *Lucuma salicifolia*, al que se le atribuyen propiedades embriagantes, no ha encontrado ni alcaloides, ni glucósidos, ni siquiera indicios de acción tóxica.<sup>100</sup>

Alcaloides nuevos de la familia de las Apocináceas han sido aislados en el género *Stemmadenia*.<sup>101</sup> En *S. Donnell-Smithii* se han descrito la estemadenina, la (+)-quebrachamina y la iso-voacangina, a más de los ya conocidos tabernantina y voacangina, mientras que en *S. galeottiana* se ha encontrado ibogamina.

En los últimos años han llamado mucho la atención las plantas sagradas de los aztecas a las que se atribuyen propiedades alucinantes. Varias de ellas se conocen con el nombre de "ololiuqui" y han sido identificadas botánicamente con la especie *Turbina corymbosa* de la familia de las Convolvuláceas y para la que se han empleado los nombres sinónimos de *Rivea corymbosa* o de *Ipomoea sidaefolia*. En las semillas de esta planta (descrita como *Turbina*) Herrán ha encontrado un nuevo glucósido<sup>102</sup> al que ha llamado Turbicorina, C<sub>27</sub>H<sub>46</sub>O<sub>11</sub>, que está formado por una molécula de glucosa y el aglucón turbicorina, C<sub>21</sub>H<sub>36</sub>O<sub>6</sub>, un derivado fenantrénico hidrogenado con 3 oxhidrilos contiguos, pero al parecer sin acción farmacológica. En cambio, en una compañía farmacéutica suiza, trabajando con semillas mexicanas que describen como *Rivea*, se han aislado tres alcaloides alucinantes que tienen relación química con los alcaloides del cornezuelo de centeno: ergina, iso-ergina y chanoclavina.<sup>103</sup> Pudiera ser que se trate de especies diferentes o, cuando menos, de variedades distintas.

Un bonito trabajo de aislamiento y esclarecimiento de la estructura de nuevas sustancias es el llevado a cabo por Herrán con las atanasias amargas del género *Brickellia* (Compuestas). En *B. pendula* se aisló un glucósido-flavónico<sup>104</sup> llamado pendulina cuyo aglucón, penduletina, tenía la estructura de una 3,6,7-trimetoxi-5,4'-dioxiflavona desconocida hasta ahora por lo que hubo que confirmarla sintéticamente<sup>105</sup>. En *B. squarrosa* se ha encontrado la misma pendulina en muy pequeña cantidad con una furanoflavona nueva, la atanasina.<sup>106</sup>

Curiosas lactonas sesquiterpénicas han sido aisladas en otras Compuestas. En *Helenium mexicanum* Romo ha aislado una mezcla de cinco sustancias:<sup>107</sup> la helenalina ya conocida y cuatro nuevas que llama mexicanas A, B, C y D y tienen por fórmulas respectivamente C<sub>15</sub>H<sub>18</sub>O<sub>4</sub>, C<sub>17</sub>H<sub>24</sub>O<sub>5</sub>, C<sub>15</sub>H<sub>20</sub>O<sub>4</sub> y C<sub>15</sub>H<sub>18</sub>O<sub>4</sub>. En el zacate de perro o zacatechichi, *Calea zacatechichi* se ha aislado en mi laboratorio una nueva lactona amarga de fórmula C<sub>21</sub>H<sub>26</sub>O<sub>8</sub>.<sup>108</sup>

**Grasas.**—Un importante capítulo de la química de las plantas se ha desarrollado en el estudio de las grasas. Madrazo ha estudiado el aceite de la semilla de chicalote (*Argemone mexicana*) encontrando que está compuesto por 55% de ácidos linólico y 31% de ácido oleico.<sup>109</sup> Se han hecho tres estudios sobre el aceite de colorín, encontrando oscilaciones notables en su composición. Aunque dos de ellos describen el colorín como *Erythrina americana*,<sup>110,111</sup> sólo en una se hace el estudio cuantitativo completo de los ácidos grasos.<sup>111</sup> De todos modos, bien pudiera tratarse de variedades diferentes. El tercer trabajo se refiere a la especie *Erythrina rubrinervia*.<sup>112</sup>

El aceite del piñoncillo o nuez purgante (*Garcia nutans*, Euforbiáceas) ha sido estudiado también por Madrazo<sup>3</sup> encontrando un 85% de ácido eleosteárico, lo que le hace valioso como aceite secante para la fabricación de barnices. Una Sapindácea del norte, la monilla (*Ungnadia speciosa*) provoca intoxicaciones del ganado cuando se come su semilla. El aceite estudiado por Bachstsz<sup>114</sup> no revela nada de particular pero la semilla contiene un glucósido cianogenético. Bachstsz ha estudiado también el aceite de semilla de mamey<sup>115</sup> que tiene 50% de ácido oleico. El aceite de chíá (*Salvia hispanica*, Labiadas) usado en la preparación de los esmaltes de Uruapan como prototipo de aceites secantes, ha sido analizado por Dondé.<sup>116</sup> Una importante familia de plantas oleíferas son las Palmáceas. Muchas especies abundan en México en forma silvestre en grandes extensiones. El estudio de las grasas de palmas mexicanas puede tener una significación económica. Hasta ahora no se ha estudiado en forma cuantitativa, completa, más que una sola especie, *Acrocomia mexicana*, conocida con el nombre de coyol.<sup>117</sup>

*Sapogeninas esteroideas.*—Durante muchos años no se han conocido más sapogeninas neutras (de aglucón esteroide) que las de la digital perteneciente a las Escrofulariáceas, una familia de desarrollo muy avanzado entre las Dicotiledóneas. Cuando se aclaró la estructura de las hormonas sexuales y corticales, se vio la necesidad de encontrar materias primas para su fabricación que se encontrasen abundantes en la Naturaleza y que tuvieran ya la estructura esteroide de la que se derivan las hormonas. Un intenso estudio realizado por el Dr. R. E. Marker sobre plantas del Sudoeste de Estados Unidos y del norte de México<sup>118</sup> vino a demostrar que esas saponinas esteroideas de la digital son una verdadera excepción científica pues las saponinas esteroideas son propias de las Monocotiledóneas agrupándose especialmente en estas cuatro familias: Liliáceas, Amarilidáceas, Dioscoreáceas y Bromeliáceas. Así, en ese trabajo mencionados<sup>118</sup> Marker describió 13 nuevas sapogeninas, casi todas ellas en plantas mexicanas. Como un estudio tan amplio dio origen a importantes consecuencias industriales, el propio Dr. Marker se trasladó a México para instalar e iniciar la extracción industrial de algunas de esas sapogeninas que sirvieran de materia prima preferente para la fabricación de hormonas esteroideas. A partir de 1944 se ha desarrollado en México semejante industria a base de extraer principalmente diosgenina de especies mexicanas de *Dioscorea*. Comenzada la industria con la explotación de la "cabeza de negro" (*Dioscorea mexicana* o *D. Macrostachya*) hoy se da preferencia exclusiva al llamado "barbasco" que procede principalmente de la especie *Dioscorea composita* (antes *D. tepinapensis*) con cantidades menores procedentes de *D. floribunda* y de *D. spiculiflora*. En la actualidad, la explotación del barbasco está regulada por la Subsecretaría de Recursos Forestales de la Secretaría de Agricultura, la cual autoriza una extracción hasta de 12 000 toneladas anuales de rizoma seco, lo que representa unas 60 000 toneladas de rizoma fresco. Esa cantidad se reparte entre 7 empresas que extraen la diosgenina y la transforman en hormonas o en productos intermedios adecuados para su fabricación lo que representa para México una exportación anual del orden de los 100 000 000 de pesos. Con esa exportación se puede estimar que la producción mundial de hormonas esteroideas está basada directa o indirectamente en materiales mexicanos cuando menos en un 75% del total. Para la industria farmacéutica internacional, la aportación de México con sus productos obtenidos de las Dioscoreas nacionales ha representado una caída de precios importantísima. Para mencionar un solo ejemplo: la progesterona que valía 80 000 dólares por Kg. en 1944 comenzó a bajar de precio desde la entrada de México con sus derivados de la diosgenina y hoy se puede conseguir por unos 150 dólares el Kg. Ha sido este uno de los ejemplos recientes más espectaculares para revalorizar los productos naturales en la industria química moderna.

#### BIBLIOGRAFIA

- <sup>1</sup> MARTÍNEZ, MAXIMINO, "Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas" México, D. F. 1927.
- <sup>2</sup> BELTRÁN, ENRIQUE, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* X, 22 (1949).
- <sup>3</sup> MARTINEZ, MAXIMINO, "Las plantas medicinales de México", Ed. Botas. México, D F., 1934.
- <sup>4</sup> MARTÍNEZ, MAXIMINO, "Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas", 2ª edición. Ed. Botas, México, D. F., 1937.
- <sup>5</sup> REKO, VICTOR A., "Magische Gifte", Edit. F. Enke, Stuttgart, 1ª edición 1938;

- <sup>6</sup> CORDERO, M., *Rev. Mex. Biol.* II, 101 (1921).
- <sup>7</sup> GIRAL, JOSÉ y RENÉ O. CRAVIOTO, *Ciencia* 11. 204 (1941).
- <sup>8</sup> GIRAL, JOSE y RENÉ D. CRAVIOTO. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* 11, 497 (1940).
- <sup>9</sup> CRAVIOTO, R. O., G. MASSIEU, J. GUZMÁN y J. CALVO DE LA TORRE, *Ciencia* XI 129 (1951)
- <sup>10</sup> CRAVIOTO. R. O., *Ciencia* XI, 9 (1951).
- <sup>11</sup> MASSIEU, G., R. O. CRAVIOTO, J. GUZMÁN y H. OLVERA, *Ciencia* XIX, 53 (1959)
- <sup>12</sup> MASSIEU, G. J. GUZMÁN y R. O. CRAVIOTO, *Ciencia* XIII, 129 (1953).
- <sup>13</sup> SUÁREZ, M. L., G. MASSIEU, R O. CRAVIOTO y J. GUZMAN, *Ciencia* XIV, 19 (1954)
- <sup>14</sup> VILLADELMAR, M. DE L., M. DE L. SÚAREZ SOTO, G. MASSIEU, J. GUZMÁN y R. O CRAVIOTO, *Ciencia* XVI; 17 (1956).
- <sup>15</sup> MASSIEU, G., J. GUZMAN, R. O. CRAVIOTO y J. CALVO DE LA TORRE, *Ciencia* X, 142 (1950).
- <sup>16</sup> MASSIEU, G., R. O. CRAVIOTO y L. M. SUÁREZ SOTO, *Ciencia* XVIII, 24 (1958).
- <sup>17</sup> CRAVIOTO, O. Y., R. O. CRAVIOTO, R. HUERTA, J. GUZMÁN, G. MASSIEU y J. CALVO DE LA TORRE, *Ciencia*, X, 145 (1950).
- <sup>18</sup> CRAVIOTO, O. Y., F. DE M. FIGUEROA, R. O. CRAVIOTO y G. MASSIEU, *Ciencia* XII, 19 (1952)
- <sup>19</sup> CRAVIOTO, O. Y., F. DE M. FIGUEROA, R. O. CRAVIOTO y G. MASSIEU, *Ciencia* XIII. 63 (1953).
- <sup>20</sup> CRAVIOTO, R. O., O. Y. CRAVIOTO, G. MASSIEU y J. GUZMÁN, *Ciencia* XV, 27
- <sup>21</sup> MASSIEU, G., O. Y. CRAVIOTO, R. O. CRAVIOTO, J GUZMÁN y M. DE L. SUÁREZ SOTO, *Ciencia* XVI, 24 (1956).
- <sup>22</sup> GUZMÁN, J., R. O. CRAVIOTO y F. DE P. MIRANDA *Ciencia* VIII, 176 (1947).
- <sup>23</sup> MASSIEU, G., O. AGUIRRE M. y R. O. CRAVIOTO, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.* VII 45 (1953).
- <sup>24</sup> MASSIEU, G., A. RUIZ QUILES y R. O. CRAVIOTO, *Ciencia* XV, 206 (1955).
- <sup>25</sup> MIRANDA, F., comunicación privada .
- <sup>26</sup> GIRAL, FRANCISCO y JUAN SENOSIAN, *Ciencia* I, 259 (240) .
- <sup>27</sup> GIRAL, FRANCISCO y AMELIA VIESCA VIESCA, *Ciencia* IV, 9 (1943).
- <sup>28</sup> GIRAL, FRANCISCO y CARMEN SUÁREZ ALVAREZ, *Ciencia* IV, 66 (1943).
- <sup>29</sup> GIRAL, FRANCISCO y LUZ MARIA DE LA TORRE, *Ciencia* V. 252 (1944).
- <sup>30</sup> GIRAL, FRANCISCO y LUZ MARIA DE LA TORRE, *Science* CV. 65 (1947).

- <sup>31</sup> GIRAL, FRANCISCO y MARIA DOLORES AGUILAR, *Ciencia* XII, 283 (1952).
- <sup>32</sup> GIRAL, FRANCISCO y ETELVINA MEDRANO, *Ciencia* XII, 225 (1952).
- <sup>33</sup> ILLESCAS, RAFAEL, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* IV, 129 (1943).
- <sup>34</sup> GIRAL, JOSÉ y JOSÉ LAGUNA. *Ciencia* XII. 177 (1952).
- <sup>35</sup> GIRAL, JOSÉ y M. BLANCA ECHEGOYEN, *Ciencia* IX, 300 (1949).
- <sup>36</sup> BACHSTEZ, M. y E. BERNAL CARRASCO, *Ciencia* XI, 210 (1951).
- <sup>37</sup> GIRAL, FRANCISCO, *J. Chem. Soc.* (Londres), Pág 112 (1945)
- <sup>38</sup> FOURNEAU, E., comunicación privada.
- <sup>39</sup> GIRAL, FRANCISCO y MARIA LUISA CASCAJARES. *Arch. of Biochem.* XVI. 177 (1948).
- <sup>40</sup> GIRAL, JOSÉ, FRANCISCO GIRAL y MARIA LUISA GIRAL. *Arch. of Biochem.* XVI. 181 (1948)
- <sup>41</sup> GIRAL, FRANCISCO y ANDRÉS MÁRQUEZ, *Arch. of Biochem*, XVI. 187 (1948).
- <sup>42</sup> GIRAL, FRANCISCO, *Arch. of Biochem.* XVI. 191 (1948).
- <sup>43</sup> GIRAL, FRANCISCO, *Ciencia* XV, 65 (1955).
- <sup>44</sup> GIRAL, FRANCISCO, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 11 243 (1941).
- <sup>45</sup> GIRAL, JOSÉ, FRANCISCO GIRAL y MARIA LUISA GIRAL, *Ciencia* IV, 155 (1943) .
- <sup>46</sup> GIRAL, JOSÉ, FRANCISCO GIRAL y MARIA LUISA GIRAL, *Ciencia* IV. 215 (1943) .
- <sup>47</sup> GIRAL. JOSÉ. FRANCISCO GIRAL y MARIA LUISA GIRAL. *J. Biol. Chem.* CLXII, 55 (1946).
- <sup>48</sup> GIRAL. FRANCISCO, *J. Biol. Chem.* CLXII 61 (1916).
- <sup>49</sup> GIRAL. FRANCISCO. *Ciencia* XIV. 163 (1954).
- <sup>50</sup> BACHSTEZ, M., e I. DESCHAMPS, *Ciencia* X, 81 (1950).
- <sup>51</sup> BACHSTEZ, M. y A. ARAGÓN, *J. Amer. Pharmac. Assoc.* XXXI, 145 (1942).
- <sup>52</sup> GIRAL, JOSÉ y J. BARRERA, *Ciencia* XVIII, 129 (1958).
- <sup>53</sup> BOLÍVAR, JOSÉ IGNACIO y O. VALDÉS ORNELAS, *Ciencia* IX, 207 (1948).
- <sup>54</sup> BOLÍVAR JOSÉ IGNACIO y G. RODRIGUEZ, *Ciencia* XII, 277 (1953).
- <sup>55</sup> HOPE P. H., E. ESPERÓN M. y M. PÉREZ MIRAVETE, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat*
- <sup>56</sup> BACHSTEZ, M. *Ciencia* VIII, 109 (1947)

- <sup>57</sup> GIRAL, F y M. RODRIGUEZ DE LA MORA, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, V, 167 (1944).
- <sup>58</sup> HERRÁN, J. F., *Bol. Inst. Quím.* I, 61 (1915).
- <sup>59</sup> CASTAÑEDA, M., M. R. BALCÁZAR y F. F. GAVARRÓN, *An. Esc. Nac. Cien. Biol.* 111, 65 (1943).
- <sup>60</sup> CASTAÑEDA, M., F. F. GAVARRÓN y M. R. BALCÁZAR, *Science* XCVI, 365 (1942),
- <sup>61</sup> CASTAÑEDA, M. M. R. BALCÁZAR y F. F. GAVARRÓN. *Ciencia* IV, 71 (1943).
- <sup>62</sup> BACHSTEZ, M., *Ciencia* VII, 307 (1946).
- <sup>63</sup> IRIARTE, J., *Bol. Inst. Quím.* 1, 80 (1945).
- <sup>64</sup> GIRAL, F. y T. V. SANGINÉS, *Ciencia* XIII. 264 (1953).
- <sup>65</sup> GIRAL, F. y A. SOTELO, *Ciencia* XIX, 67 (1959).
- <sup>66</sup> GIRAL, F., *Ciencia* VIII, 19 (1947).
- <sup>67</sup> ESTRADA, H. *Bol. Inst. Quím.* V111, 45 (1956).
- <sup>68</sup> ESTRADA, H. *Bol. Inst. Quím.* XI. 15 (1959).
- <sup>69</sup> BACHSTEZ, M., *Ciencia* VII, 307 (1946).
- <sup>70</sup> BRAVO, HELIA. "Las Cactáceas de México". México. D. F.. 1937.
- <sup>71</sup> DJERASSI, C., J. A. HENRY, A. J. LEMIN, T. RÍOS y G. H. THOMAS, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVIII, 3783 (1956).
- <sup>72</sup> DJERASSI C., A. BOWERS, S. BURSTEIN, H. ESTRADA, J. GROSSMAN, J. HERRÁN, A. J. LEMIN, A. MANJARREZ y C. PAKRAISHI, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXXVIII, 2312 (1956).
- <sup>73</sup> DJERASSI, C., S. BURSTEIN, H. ESTRADA, A. J. LEMIN, A. F. LIPPMAN, A. MANJÁRREZ y H. G. MONSIMER, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXIX. 3525 (1957).
- <sup>74</sup> DJERASSI, C., C. R. SMITH, S. P. MARFEY, R. N. MAC DONALD, A. J. LEMIN, S. K. FIGDOR y H. ESTRADA, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 3215 (1954).
- <sup>75</sup> KINCL, F. A., y J. ROSENKRANZ, *Ciencia* XVI, 10 (1956).
- <sup>76</sup> DJERASSI, C., M GORMAN, A. L. NUSSBAUM y J. REYNOSO, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXV 5446 (1953).
- <sup>77</sup> DJERASSI, C., M. GORMAN, A. L. NUSSBAUM y J. REYNOSO, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 4463 (1954).
- <sup>78</sup> GIRAL, E. y L. RODRÍGUEZ HAHN *J. Chem. Soc.* (Londres), 2373 (1960).
- <sup>79</sup> MANJÁRREZ, A. y J. IRIARTE, *Bol. Inst. Quím.* IV, 79 (1952).
- <sup>80</sup> BACHSTEZ, M. y M. DEL P. ARANALDE, *Planta Médica* V111, 164 (1960).
- <sup>81</sup> DJERASSI, C., C R. SMITH, S. K. FIGDOR, J. HERRÁN y J. ROMO, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXV 5889 (1951).

- <sup>82</sup> DJERASSI, C., C R. SMITH, A. R. LIPPMAN, S. K. FIGDOR y J. HERRÁN, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVII. 4801 (1955).
- <sup>83</sup> DJERASSI, C., P. SENGUPTA, J. HERRÁN y E. WALLS, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 2966 (1954).
- <sup>84</sup> DJERASSI, C., W. RITELL, A. L. NUSSBAUM, P. W. DONOVAN y J. HERRÁN, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 6410 (1954).
- <sup>85</sup> KINCL. E. A., J. ROMO, G. ROSENKRANZ y E. SONDEHEIMER, *J. Chem. Soc. (Londres)*, 4163 (1956).
- <sup>86</sup> DJERASSI, C., J. HERRÁN, H. N. KHASTIGIR, B. RINIKER y J. ROMO, *J. Organ. Chem.* XXI, 1510 (1956).
- <sup>87</sup> AEBI, A. *Helv. Chim. Acta* XXXIX. 1495 (1956).
- <sup>88</sup> HAM, E. A., H. M. SCHAFER, R. G. DENKELWATER y N. G. BRINK, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 6066 (1954)
- <sup>89</sup> GIRAL, F., B. SOTO y A. GUERRERO, comunicación presentada al VII Congreso Latinoamericano de Química, 1959.
- <sup>90</sup> DJERASSI, C., L. E., GELLER y A. J. LEMIN, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXV, 2254 (1953).
- <sup>91</sup> DJERASSI, C., R. M. MCDONALD y A. J. LEMIN, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXV, 5940 (1953).
- <sup>92</sup> DJERASSI, C., E. FARKAS, A. J. LEMIN, J. COLLINS y F. WALLS. *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 2969 (1954).
- <sup>93</sup> DJERASSI, C, C H ROBINSON y D. B. THOMAS, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVIII. 5685 (1956).
- <sup>94</sup> DJERASSI, C. y A. E. LIPMANN, *Chem. and Ind. (Londres)*, 960 (1954).
- <sup>95</sup> DJERASSI, C., L. E. GELLER y A. J. LEMIN, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXVI, 4089 (1954).
- <sup>96</sup> DJERASSI, C y G. H. THOMAS, *Chem. and Ind. (Londres)* 1354 (1954).
- <sup>97</sup> SANDOVAL, A., A. MANJARREZ, P R. LEEMING, G. H. THOMAS y C. DJERASSI *J. Amer. Chem. Soc.* LXXIX, 4468 (1957).
- <sup>98</sup> DJERASSI, C., N. FRICK y L. E. GELLER, *J. Amer. Chem. Soc.* LXXV, 3632 (1953),
- <sup>99</sup> BACHSTEZ, M., E. SANTISTEBAN PRIETO y A. M. CANALES GAJA, *Ciencia* IX, 200 (1949).
- <sup>100</sup> BACHSTEZ, M. y A. ARAGÓN, *J. Amer. Pharmac. Assoc.* XXX, 218 (1941).
- <sup>101</sup> WALLS, F., O. COLLERA y A. SANDOVAL, *Tetrahedron* 11, 173 (1958).
- <sup>102</sup> PEREZAMADOR, M. C. y J. HERRÁN, *Tetrahedron Letters* VII, 30 (1960).
- <sup>103</sup> HOFFMAN, A. y H. TSCHERTER, *Experientia* XVI, 414 (1960).
- <sup>104</sup> FLORES, S. E. y J. HERRÁN, *Tetrahedron* 11, 308 (1958).
- <sup>105</sup> FLORES, S. E., J. HERRÁN y H. MENCHACA, *Tetrahedron* IV, 132 (1958),

- <sup>106</sup> FLORES, S. E. y J. HERRÁN, *Chem. and Ind.* (Londres), 291 (1960).
- <sup>107</sup> ROMO DE VIVAR, A. y J. ROMO, *Chem. and Ind.* (Londres), 882 (1959).
- <sup>108</sup> GIRAL, F. y S. LADABAUM, *Ciencia XIX*, 243 (1959).
- <sup>109</sup> MADRAZO, M. y E. CAMARGO LEÓN, *Ciencia XI*, 212 (1951),
- <sup>110</sup> HERRÁN, J., *Química (México) IV*, 96 (1946).
- <sup>111</sup> GIRAL, F. y R. MARIEL, *Ciencia XIX*, 27 (1959).
- <sup>112</sup> DOMINGUEZ, X. A. e I VIZCAYA CANALES, *Rev. Quím. e Ing. Quím.* (Monterrey) I, 23 (1954).
- <sup>113</sup> MADRAZO, M. y E. SÁNCHEZ SIERRA. *Ciencia XIV*, 208 (1954).
- <sup>114</sup> BACHSTEZ, M. *Ciencia VIII*, 57 (1947).
- <sup>115</sup> BACHSTEZ, M. y A. M. CANALES GAJA, *Ciencia VIII*, 264 (1948).
- <sup>116</sup> LLOYD, W. R., M. DONDÉ y F. PALMA, *J. Amer. Oil Chem Soc.* XXIV, 27
- <sup>117</sup> GIRAL, F. y C. PERALTA, *Ciencia XVI*, 7 (1956).
- <sup>118</sup> MARKER, R. E., R. B. WAGNER. P. R. ULSHAFER, E. L. WITTBECKER, D. P. J. GOLDSMITH y C. H. RUOF, *J. Amer. Chem. Soc.* LXV, 1199 (1943).