

AVANCE Y PERSPECTIVA

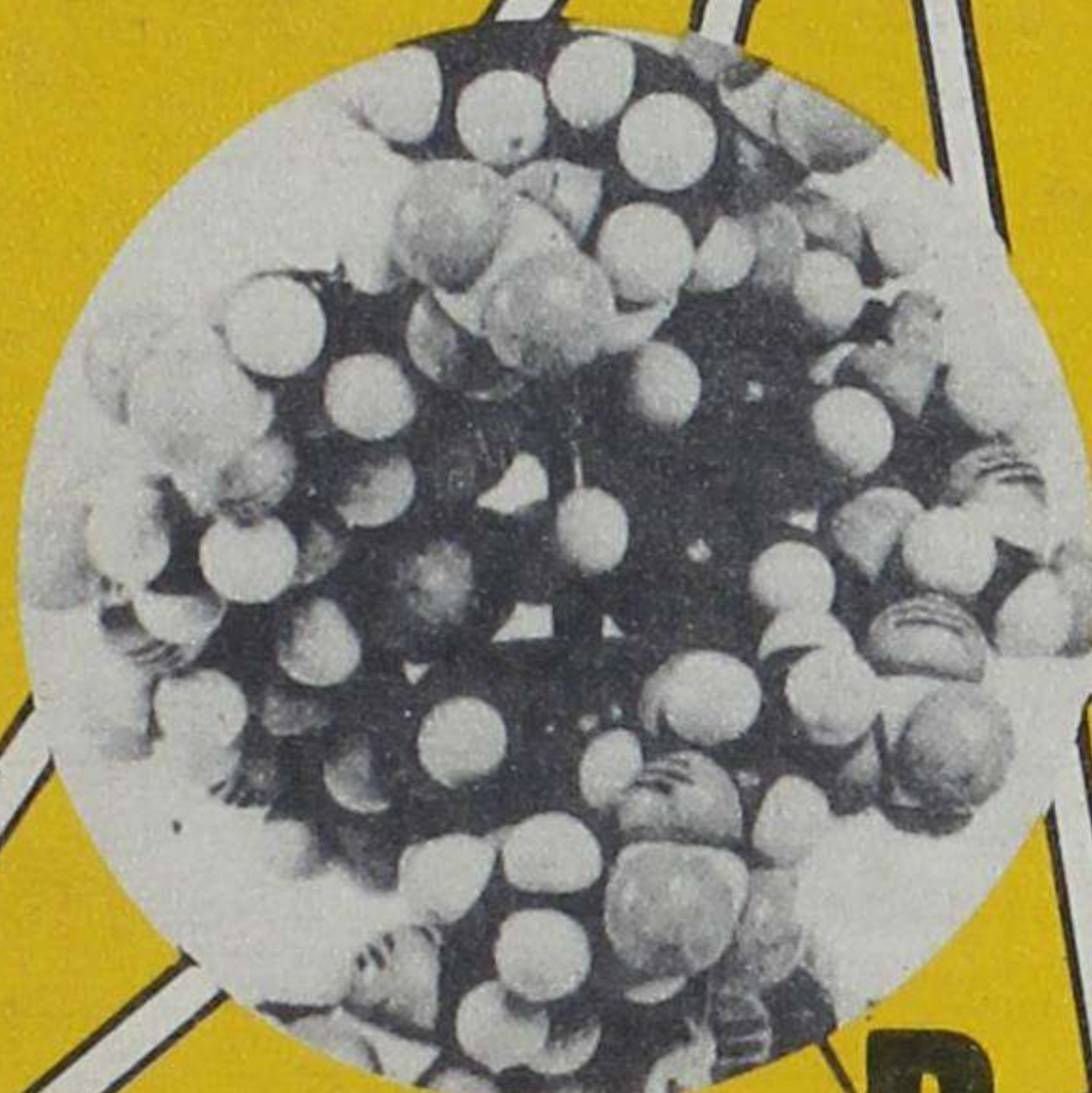
BIBLIOTECA
Depto. de Fisiología

Núms. 14-15

2ª época

Diciembre 1982-marzo 1983 México

bibl.
Area
Biologica



El fósforo
ese elemento
maravilloso de
la vida y
de la muerte

SN 0185-1411

Sumario

Columna del Director

Noticias del Centro

*El fósforo/Rosalinda Contreras y
Robert Wolf*

1

*Matices: El impacto de la ciencia en
la plástica contemporánea/Eugenio Frixione*

7

*Libros: La vía de la luz /Carlos
Chimal*

Ilustraciones: Robert Wolf

8

*Diálogos: Estamos preparados
para contribuir con soluciones
prácticas*

8

Dossier

*Documentos: Nuevo ordenamiento
jurídico rige al Centro*

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del I.P.N. (CINVESTAV).

Dr. Héctor O. Nava, Director.

Editor: M. en C. Carlos R. Ramírez Villaseñor.

Consejo editorial: Carlos Chimal, Arturo Piera,
Carlos R. Ramírez Villaseñor.

Impreso en los talleres de Editorial Penélope, S.A. de C.V.
Av. Country Club 208, Col. Country Club, 04220 México,
D.F.

Diseño: Mónica del Puerto y Rosa María Lojero.
Fotografía: Arturo Piera.

Servicios fotográficos: Miguel Bravo y Taller de
Comunicación total.

Certificado de licitud de título 1728 y certificado de licitud
de contenido 1001, otorgado por la Comisión Calificadora
de Publicaciones y Revistas ilustradas de la Secretaría de
Gobernación, Reserva de Título No. 705-82 de la Comisión
General de Derecho de Autor.

Avance y Perspectiva, publicación bimestral editada por el
Cinvestav, Av. I. P. N. No. 2508 esq. Calz. Ticomán; Apar-
tado Postal 14-740, 07000 México, D.F. Delegación Gusta-
vo A. Madero.



Nuevo ordenamiento jurídico rige al Centro

El 24 de septiembre del año pasado, el Diario Oficial de la Federación publicó el Decreto Presidencial que reorganiza nuestra institución. Por considerar que será de interés para los miembros de la comunidad del Centro, así como para egresados y amigos, he aquí su íntegra transcripción.

“Decreto por el que el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, mantendrá su carácter de organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. JOSÉ LÓPEZ PORTILLO. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos en ejercicio de la facultad que al Ejecutivo Federal confiere la fracción I del artículo 89 de la Constitución General de la República, y con fundamento en los artículos 32, 38 y 45 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y 13 de la Ley para el Control, por parte del Gobierno Federal, de los Organismos Descentralizados y Empresas de Participación Estatal, y

CONSIDERANDO

Que el desarrollo científico y tecnológico del país requiere de instituciones dedicadas a la preparación de especialistas e investigadores a nivel de posgrado y de expertos cuyas actividades coadyuven al desarrollo, incremento y transmisión de la cultura y a elevar la calidad de la educación científica y tecnológica.

Que con fecha 6 de mayo de 1961, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto que crea el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, con el objeto de preparar investigadores, profesores especializados y expertos en diversas disciplinas científicas y técnicas, así como en la solución de problemas tecnológicos.

Que el organismo público descentralizado Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, ha formado especialistas de posgrado, investigadores y expertos de alta calificación, a través de las investigaciones científicas y tecnológicas que desarrolla, y ha iniciado su expansión proyectando y creando unidades foráneas que ayudarán a fortalecer dichas acciones en diversas entidades de la República. Que en el contexto del Plan Global de Desarrollo 1980-1982, juega un papel de primera importancia la política tecnológica, concibiéndose de manera paralela y en

congruencia con los objetivos nacionales, como una política con la que puedan difundirse masivamente las innovaciones tecnológicas que incidan directamente en la productividad y los programas de capacitación a todos los niveles, que vinculen la ciencia con las necesidades sociales y productivas del país.

Que dentro de los programas prioritarios que orientan la política educativa del Gobierno Federal, se encuentran aquellas que tienden a incrementar la capacidad del país para generar, adaptar y explotar tecnología moderna y adecuada, necesarias para el desarrollo del mismo. Que para alcanzar dichos objetivos, se ha estimado oportuno adecuar el organismo a las actuales necesidades del país y fortalecer su vinculación académica con el Instituto Politécnico Nacional, para continuar con la formación de especialistas de posgrado, investigadores y expertos cuyas acciones apoyen a las actividades científicas y tecnológicas para lograr el sostenimiento de las prioridades productivas de bienes nacionales y sociales; he tenido a bien expedir el siguiente

DECRETO

ARTÍCULO PRIMERO.— El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, mantendrá su carácter de organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, con el objeto de formar investigadores especialistas a nivel de posgrado y expertos en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, así como la realización de investigación básica y aplicada de carácter científico y tecnológico.

ARTÍCULO SEGUNDO.— Para el cumplimiento de su objeto, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional tendrá las siguientes funciones:

I.— Impartir educación científica y tecnológica a nivel de maestría y doctorado, así como cursos de actualización y especialización;

II.— Desarrollar e impulsar investigaciones científicas y tecnológicas;

III.— Planear, organizar y evaluar sus actividades de investigación científica y tecnológica;

IV.— Establecer con el Instituto Politécnico Nacional programas de colaboración en actividades académicas y de investigación en áreas de interés para ambas instituciones.

V.— Celebrar convenios de colaboración académica y de investigación con instituciones, organismos y empresas, tanto nacionales como extranjeras;

VI.— Prestar servicios de asesoría, de control de calidad, de enseñanza, de investigación y de elaboración y ejecución de proyectos científicos y tecnológicos a los organismos y empresas que lo soliciten;

VII.— Organizar programas de becas e intercambio de su personal académico con organismos, empresas e instituciones nacionales o extranjeras;

VIII.— Expedir certificados de estudio y otorgar diplomas y grados académicos;

IX.— Asesorar al Ejecutivo Federal en el establecimiento de centros similares;

X.— Realizar actos y celebrar convenios y contratos relacionados con la generación y transferencia de tecnología que produzca o requiera el Centro;

XI.— Registrar y explotar patentes y marcas provenientes de las investigaciones científicas o tecnológicas que realice o de las que sea titular;

XII.— Divulgar los conocimientos y experiencias de orden científico y tecnológico;

XIII.— Establecer equivalencias y revalidar estudios realizados en instituciones que impartan los mismos niveles educativos;

XIV.— Contribuir a la solución de problemas nacionales y regionales de carácter tecnológico;

XV.— Otorgar estímulos y recompensas a sus profesores e investigadores de acuerdo con las disposiciones aplicables, y

XVI.— Las demás que prevean este Decreto y otros ordenamientos legales.

ARTÍCULO TERCERO.—El gobierno del organismo estará a cargo de:

I.— La Junta Directiva, y

II.— El Director del Centro.

El Centro contará con un Consejo Académico Consultivo que tendrá carácter de órgano asesor.

ARTÍCULO CUARTO.—La Junta Directiva será el órgano superior de gobierno del organismo y estará integrada por el Director General del Instituto Politécnico Nacional, quien la presidirá, el Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el Director General de Institutos Tecnológicos y el Director del Centro, y cinco miembros más designados por el Secretario de Educación Pública, a propuesta del Presidente de la Junta Directiva. Los miembros titulares de la Jun-

ta podrán designar a un suplente, a excepción de los cinco miembros que designará el Secretario de Educación Pública. La Junta nombrará a su Secretario.

ARTÍCULO QUINTO.—Corresponde a la Junta Directiva:

I.— Establecer las políticas y lineamientos generales para el desarrollo de las actividades del organismo;

II.— Aprobar el programa de actividades, plan de inversiones y proyecto de presupuesto anual de ingresos y egresos del organismo;

III.— Evaluar, supervisar y autorizar la aplicación y desarrollo de los programas, planes y estados financieros, así como el informe anual de actividades que rinda el Director del Centro;

IV.— Aprobar la organización académica y administrativa del Centro, así como el establecimiento de unidades en las entidades de la República;

V.— Proponer al Secretario de Educación Pública al Director del Centro y autorizar los nombramientos de los directores de unidad y jefes de departamento, a propuesta del Director del organismo;

VI.— Expedir los reglamentos que requiera la mejor organización y funcionamiento del organismo;

VII.— Conocer y resolver sobre los asuntos que no correspondan a algún otro órgano del Centro;

VIII.— Aprobar las condiciones generales de trabajo del organismo, que someta a su consideración el Director del mismo, y

IX.— Las demás funciones necesarias para el debido cumplimiento del objeto del organismo y las que se deriven de este Ordenamiento y de otras disposiciones aplicables.

ARTÍCULO SEXTO.—La Junta Directiva celebrará sesiones ordinarias cuando menos cada tres meses y extraordinarias cuando las convoque su Presidente. Los miembros de la Junta Directiva gozarán de voz y voto en las sesiones de la misma. El quórum se integrará con la asistencia del Presidente o de quien lo supla y de por lo menos la mitad de sus miembros.

Los acuerdos se tomarán por mayoría de votos y en caso de empate, el Presidente tendrá voto de calidad.

ARTÍCULO SÉPTIMO.—El Director del organismo será nombrado por el Secretario de Educación Pública, a propuesta de la Junta Directiva del Centro, presentada por su Presidente. Durará cuatro años y podrá ser designado, por una sola vez, para otro periodo.

ARTÍCULO OCTAVO.—Para ser Director del organismo se requiere:

I.— Ser mexicano por nacimiento;

II.— Tener más de 35 años de edad y menos de 60, en el momento de su designación;

III.— Ser investigador de reconocido prestigio en el área científica o tecnológica de su especialidad y poseer el grado académico de doctor, y

IV.— Ser director de unidad, jefe de departamento o profesor titular del organismo.

ARTÍCULO NOVENO.— El Director del organismo tendrá las siguientes facultades y obligaciones:

I.— Dirigir académica, técnica y administrativamente al organismo;

II.— Representar legalmente al Centro como apoderado general para pleitos y cobranzas y actos de administración con todas las facultades generales y aun las especiales que de acuerdo con la Ley requieran cláusula o poder especial, incluyendo la de desistirse en amparos y conferir poderes generales y especiales para pleitos y cobranzas, sin perder sus facultades, informando de ello a la Junta Directiva;

III.— Ejercer las facultades que corresponden a los apoderados generales para actos de dominio, previa aprobación en este caso de la Junta Directiva;

IV.— Elaborar y proponer a la Junta Directiva los proyectos de programas de actividades, plan de inversiones y presupuesto anual de ingresos y egresos del organismo;

V.— Coordinar con el Director General del Instituto Politécnico Nacional, las relaciones académicas entre el Instituto y el Centro;

VI.— Gestionar la asignación anual de recursos que el Gobierno Federal otorgue al organismo y ejercerla;

VII.— Proponer a la Junta Directiva los nombramientos de los directores de las unidades y de los jefes de departamento del Centro; de firmar los nombramientos que aquella apruebe;

VIII.— Proponer a la Junta Directiva el establecimiento de las unidades académicas, técnicas y administrativas necesarias para el buen funcionamiento del organismo;

IX.— Supervisar y vigilar la organización y funcionamiento del Centro en el Distrito Federal y de sus unidades en las entidades de la República;

X.— Rendir un informe anual de actividades y de los estados financieros a la Junta Directiva;

XI.— Someter a la aprobación de la Junta Directiva los proyectos de reglamentos y condiciones generales de trabajo del Centro, así como aprobar y expedir los manuales necesarios para su funcionamiento;

XII.— Nombrar y remover al personal académico, técnico y administrativo del Centro de conformidad con las disposiciones aplicables;

XIII.— Establecer, convocar y presidir la Comisión Interna de Administración del Centro, en los términos de su reglamento;

XIV.— Cumplir con los acuerdos de la Junta Directiva e informarle de los resultados obtenidos;

XV.— Celebrar los convenios y contratos y realizar los actos relacionados con las funciones del Centro de acuerdo con los lineamientos que determine la Junta Directiva, y

XVI.— Las demás que le confieran este Ordenamiento y otras disposiciones aplicables.

ARTÍCULO DÉCIMO.— El Consejo Académico Consultivo estará integrado por el Director del Centro, quien lo presidirá, los directores de las unidades en las entidades de la República y los jefes de departamento de las unidades del Distrito Federal. Además, podrán ser invitados a formar parte del Consejo, por tiempo definido, investigadores distinguidos del Centro, así como maestros y alumnos del mismo.

ARTÍCULO DÉCIMO PRIMERO.— Corresponde al Consejo Consejo Académico Consultivo:

I.— Conocer y opinar acerca de los planes y programas académicos;

II.— Estudiar y emitir opinión sobre los asuntos que le presente la Junta Directiva o el Director del Centro;

III.— Proponer a la Junta Directiva por conducto del Director del Centro, proyectos de normas de carácter académico y técnico, y

IV.— Las demás funciones que le confieran este Ordenamiento y otras disposiciones.

ARTÍCULO DÉCIMO SEGUNDO.— Las unidades que establezca el Centro serán consideradas como dependencias del mismo y su organización y funcionamiento se sujetarán a las normas y disposiciones que expida la Junta Directiva.

ARTÍCULO DÉCIMO TERCERO.— La dirección de cada una de las unidades del Centro estará a cargo de un Director quien será nombrado por la Junta Directiva a propuesta del Director del Centro; durará en su cargo cuatro años y podrá ser designado por una sola vez para otro periodo.

Cada una de las unidades del Centro contará con un Consejo Técnico Consultivo.

ARTÍCULO DÉCIMO CUARTO.— Para ser director de Unidad se requiere:

I.— Ser mexicano y tener más de 30 años de edad y menos de 60 en el momento de su designación;

II.— Poseer el grado académico de doctor, y

III.— Haber realizado actividades docentes en su especialidad.

ARTÍCULO DÉCIMO QUINTO.— Son facultades y obligaciones del director de Unidad:

I.—Representar a la unidad y dirigir sus actividades académicas, técnicas y administrativas de conformidad con las normas y políticas generales establecidas por los órganos de gobierno del organismo;

II.— Supervisar y vigilar el cumplimiento de los ordenamientos legales y de los planes y programas académicos vigentes en la unidad, así como de las disposiciones y acuerdos emanados de los órganos competentes del organismo;

III.— Convocar a sesiones al Consejo Técnico Consultivo de su unidad;

IV.— Presentar al Director del organismo un informe anual de actividades de su unidad y el programa de trabajo a desarrollar durante el siguiente ejercicio;

V.— Elaborar y proponer al Director del organismo el proyecto de presupuesto anual de la unidad y vigilar su ejercicio;

VI.— Proponer al Director del organismo los nombramientos de los jefes de departamento de la unidad;

VII.— Nombrar y remover al personal académico, técnico y administrativo de la unidad, de acuerdo con las disposiciones vigentes en el Centro, y

VIII.— Las demás que le señalen este Ordenamiento y otras disposiciones aplicables.

ARTÍCULO DÉCIMO SEXTO.—El Consejo Técnico Consultivo de cada unidad estará integrado por el Director de la misma, quien lo presidirá y por los jefes de departamento.

Los Consejos Técnicos Consultivos de las unidades podrán invitar a sus sesiones a investigadores, maestros y alumnos distinguidos de la unidad.

ARTÍCULO DÉCIMO SÉPTIMO.—Corresponderá a los Consejos Técnicos Consultivos de las unidades, estudiar y emitir opinión sobre los proyectos de carácter académico, técnico y administrativo que le presente el director de la unidad.

ARTÍCULO DÉCIMO OCTAVO.—El otorgamiento de grados académicos del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, se sujetará a los requisitos que exigen las disposiciones legales aplicables y serán firmados por el Secretario de Educación Pública, el Presidente de la Junta Directiva y el Director del Centro.

ARTÍCULO DÉCIMO NOVENO.—El patrimonio del Centro estará constituido por:

I.— La asignación de recursos que determine el Ejecutivo Federal y las aportaciones de los Gobiernos de los Estados y Municipios;

II.— Los ingresos que obtengan por los servicios que preste;

III.— Los bienes que actualmente posee y aquellos que adquiera o que se le otorguen para su funcionamiento;

IV.— Las aportaciones, legados o donaciones que en su favor se otorguen, y

V.— Los demás bienes que adquiera por cualquier otro título legal.

ARTÍCULO VIGÉSIMO.—Las relaciones laborales entre el Centro y sus trabajadores se rigen por la Ley Federal de los Trabajadores al Servicio del Estado, Reglamentaria del Apartado B del artículo 123 Constitucional.

ARTÍCULO VIGÉSIMO PRIMERO.—Serán considerados trabajadores de confianza los miembros de la Junta Directiva, el Director del Centro, los directores de las unidades, los secretarios académico, técnico y administrativo, los jefes de área, los jefes y coordinadores de departamento y de sección, los secretarios particulares y, en general, el personal que desempeñe tareas de inspección, supervisión, fiscalización o vigilancia.

ARTÍCULO VIGÉSIMO SEGUNDO.—Los trabajadores del Centro continuarán incorporados al régimen de la Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

TRANSITORIOS

PRIMERO.—El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.—Se abrogan los Decretos por el que se crea el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y por el que se reforman los artículos 7, 10, 15, 17 y 18 del mismo, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1961 y el 29 de diciembre de 1970, respectivamente.

TERCERO.—El actual Director del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, seguirá en funciones como Director del propio Centro hasta el término de la temporalidad de su nombramiento actual. A la conclusión de éste se procederá de acuerdo a lo indicado en el Artículo Séptimo del Presente Decreto.

CUARTO.—Se derogan las demás disposiciones que se opongan a este Ordenamiento.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal en la ciudad de México, Distrito Federal, a los diecisiete días del mes de septiembre de mil novecientos ochenta y dos, — José López Portillo.— Rúbrica.— El Secretario de Programación y Presupuesto, Ramón Aguirre Velázquez.— Rúbrica.— El Secretario de Educación Pública, Fernando Solana.—Rúbrica.



BIBLIOTECA
Depto. de Fisiología

"Abordamos el problema de combatir el círculo vicioso de la ignorancia —hermana gemela de la miseria— en tres frentes: alfabetizar y escolarizar; formar mediante la educación superior, científicos y técnicos, y luchar contra la miseria" (. . .) "La decisión histórica de México fue la correcta; sin embargo, en el transcurso de su realización, teniendo avances indudables en los tres frentes, ha adolecido simultáneamente de vacíos, lagunas y agudas carencias" (. . .) "Hemos aventajado en los tres caminos aunque no siempre hemos sabido o podido consolidarlos, lo que se ha traducido en estancamientos e incluso retrocesos. Aquí, o se avanza en todo, aun cuando se avance poco, o se cae en regresiones". En estas declaraciones contenidas en el discurso del C. Secretario de Educación Pública, pronunciado en el cierre del Foro para el establecimiento del Plan de Desarrollo del Sector Educativo, están señaladas claramente ciertas definiciones en relación a la educación superior y el desarrollo científico y tecnológico.

Nos importa subrayar el hecho de que no podemos estancarnos o retroceder; debemos, en lo que a nuestra institución corresponde, avanzar. Se identifica ahora con plenitud el título de nuestra publicación de difusión institucional, "Avance y Perspectiva", con estas declaraciones y con la difícil época por la que todos nosotros transitamos: ¿En qué podemos y debemos avanzar, y cuál es la perspectiva?

La crisis actual es una oportunidad y un reto. Esta nos ha mostrado dolorosamente cuán frágil es nuestra estructura económica, cómo es nuestra industria, cómo es nuestro desarrollo. Dependemos de la importación de granos y alimentos, de materias primas, de insumos importantes para la planta industrial. Tenemos poca capacidad de exportación de productos, bienes y servicios de calidad, que podrían generar un ingreso adicional de divisas y un mejor equilibrio económico.

En relación a nuestro trabajo se ha mencionado en diversos ámbitos que los próximos años serán sombríos para la ciencia mexicana. Hemos escuchado repetidamente que la ciencia, el desarrollo científico, es la base fundamental de los procesos de industrialización, y por ende del desarrollo económico y social de un país.

Nuestra responsabilidad es encontrar la manera adecuada para que en un país como el nuestro esta afirmación se concrete. La actividad científica en México todavía no es secular y estamos apenas consolidando las bases de alguna tradición científica en algunos campos; por ello no tiene raíces profundas en nuestra sociedad, de la cual debe nutrirse, regresar a ella y enriquecerla.

Nuestro esfuerzo debe incrementarse, de tal forma que nuestras capacidades creativas se manifiesten a fin de evitar un abatimiento del actual nivel científico nacional, que tanto ha costado. Es imperante optimizar recursos, propiciar oportunidades de trabajo para los nuevos científicos y técnicos que están por regresar al país, mantener los acervos de nuestras bibliotecas.

A escasos tres meses del inicio del año, y a pesar de los problemas que hemos tenido que afrontar, inmersos en diversos sectarismos, la respuesta de la comunidad del Centro es alentadora. No podemos dejar de ser lo que somos, un centro de investigación y desarrollo tecnológico, e incluso podemos ser mejores. No podemos dejar de hacer lo que hacemos con la calidad y exigencia académica acostumbradas, y tenemos la posibilidad de superar nuestras dificultades internas y nuestras deficiencias orgánicas. Tenemos que adueñarnos del futuro porque éste va unido al desarrollo de la ciencia y de la tecnología. Tenemos que recordar permanentemente que el valor intrínseco de nuestro trabajo es el valor de la verdad y que de ella se derivan muchos otros valores: independencia, originalidad, disenso, tolerancia, libertad, justicia, honor y respeto; y, en palabras de J. Bronowski, "si estos valores no existieran, entonces la sociedad científica tuviera que inventarlos para hacer posible la práctica científica".

Si no participamos, pues, en forma responsable para que semejantes valores persistan en una sociedad en crisis, difícilmente podemos esperar tener las condiciones adecuadas para nuestras actividades esenciales; por el contrario, en la medida que ellos profundicen sus raíces en la nación y en la realidad que nos rodea, la fragilidad de Anteo nos será extraña.



Nuevo director del Centro

Tras la renuncia del doctor Ortega, se inició en el Centro un proceso de auscultación entre el cuerpo académico a fin de integrar la lista de candidatos a dirigir nuestra institución.

El doctor José Adem se hizo cargo de la Dirección en calidad de Director Interino quedando como responsable del proceso de escrutinio. Se formó una Comisión Escrutadora formada por profesores que explícitamente renunciaron a ser considerados candidatos. La Comisión fue encabezada por la doctora Rosalinda Contreras, Jefa del Departamento de Química. Tras efectuar un detallado escrutinio se entregó al doctor Adem la lista de candidatos, quien la turnó a la Junta Directiva a fin de que ésta la hiciese llegar al Secretario de Educación Pública, quien se sirvió nombrar al doctor Héctor O. Nava Jaimes como Director para los próximos cuatro

años.

El doctor Nava Jaimes figuraba como el candidato que mayor votación había obtenido durante los escrutinios. Hasta antes de su designación fungía como Profesor Titular y Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

El 21 de diciembre pasado, el licenciado Jesús Reyes Heróles, Secretario de Educación Pública, le dio posesión de su cargo en la propia Secretaría y el 5 de enero el doctor Manuel V. Ortega, Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas, lo presentó a la Comunidad del Centro.

En la sección de Diálogos presentamos una entrevista con el doctor Nava Jaimes, en donde se abunda sobre aspectos de su trayectoria profesional y algunas ideas de interés para el Centro.





Izquierda a derecha: doctor Héctor O. Nava Jaimes, Director del Centro; doctor Héctor Mayagoitia Domínguez, Director General del Conacyt; ingeniero Manuel Garza Caballero, Presidente de la Junta Directiva y Director General del Instituto Politécnico Nacional; licenciado Jesús Reyes Heróles, Secretario de Educación Pública; doctor Manuel V. Ortega, Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas.

El doctor Ortega, Subsecretario

El Presidente de la República, Lic. Miguel de la Madrid, designó al doctor Manuel V. Ortega, nuestro Director, Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas de la Secretaría de Educación Pública. El doctor Ortega tomó posesión el 10 de diciembre del año pasado. Es muy satisfactorio que una vez más el Director del Centro sea la cabeza del Sector de Educación Tecnológica.



La Junta Directiva, en funciones

De conformidad con el nuevo Decreto Presidencial que reorganizó al Centro, el Patronato de la Institución cesó en sus funciones y se integró la Junta Directiva conforme lo estipula el

artículo cuarto del mencionado Decreto. Son miembros "ex-officio":

1. Dr. Manuel Garza Caballero, Director General del Institu-

to Politécnico Nacional, quien además funge como Presidente de la Junta Directiva.

2. Dr. Héctor Nava, director del Cinvestav.

3. Dr. Héctor Mayagoitia Domínguez, Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

4. Ing. Filiberto Cepeda Tijerina, Director General de Institutos Tecnológicos.

El Secretario de Educación Pública designó a los cinco

miembros restantes (tal como lo estipula el artículo cuarto del Decreto), que son las siguientes personalidades:

5. Lic. Francisco Labastida Ochoa, Secretario de Energía, Minas e Industria Paraestatal.

6. Lic. Mario Ramón Beteta, Director General de Petróleos Mexicanos (Pemex).

7. Lic. Ernesto Fernández Hurtado, Director General del Sistema Bancos de Comercio (Bancomer).

8. C.P. Miguel Ángel Dávila, Director General de Fertilizantes Mexicanos (Fertimex).

9. C.P. Ramón Aguirre Velázquez, Jefe del Departamento del Distrito Federal.

Nombramientos

El C.P. Jesús Lizardi Núñez, fue designado Secretario Administrativo con fecha 16 de enero próximo pasado. Sustituye al licenciado Carlos Fonseca García, quien renunció para ocupar el cargo de Secretario Particular del C. Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas.

El Señor Lizardi Núñez ocupaba la Dirección de Presupuesto, Educación y Cultura de la Secretaría de Programación y Presupuesto, y durante su actuación al frente de esa Dirección estuvo en contacto frecuente con el Centro.

Cambio en el Departamento de Ingeniería Eléctrica

El doctor Juan Milton Garduño Rubio fue designado Coordinador del Departamento de Ingeniería Eléctrica a partir del 16 de febrero, mientras la Junta Directiva aprueba su nombramiento como Jefe del Departamento. El doctor Milton fue designado tras un escrutinio realizado entre el profesorado del mencionado Departamento; sustituye al doctor Héctor O. Nava Jaimes, quien renunció al ser designado Director.

Foro de consulta del Sector tecnológico

El 4 de marzo se verificó en el Instituto Tecnológico de Toluca el "Foro de Consulta para el Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988" del Sector Educación e Investigación Tecnológicas.

Se presentaron 22 ponencias institucionales de las cuales tres desarrolló el Centro. Estas fueron:

1. "Vinculación de Instituciones de Posgrado con las instituciones demandantes de personal docente, dentro del sistema de educación tecnológica", a cargo del doctor Javier Álvarez Gallegos, Jefe de la Sección de Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

2. "Impulsar y coordinar la investigación científica y tec-

Publicación del Decreto que reorganiza el Centro

Tal como se anunció en el número 12-13, se publica en éste como Separata el texto íntegro del Decreto Presidencial del 24 de septiembre próximo pasado

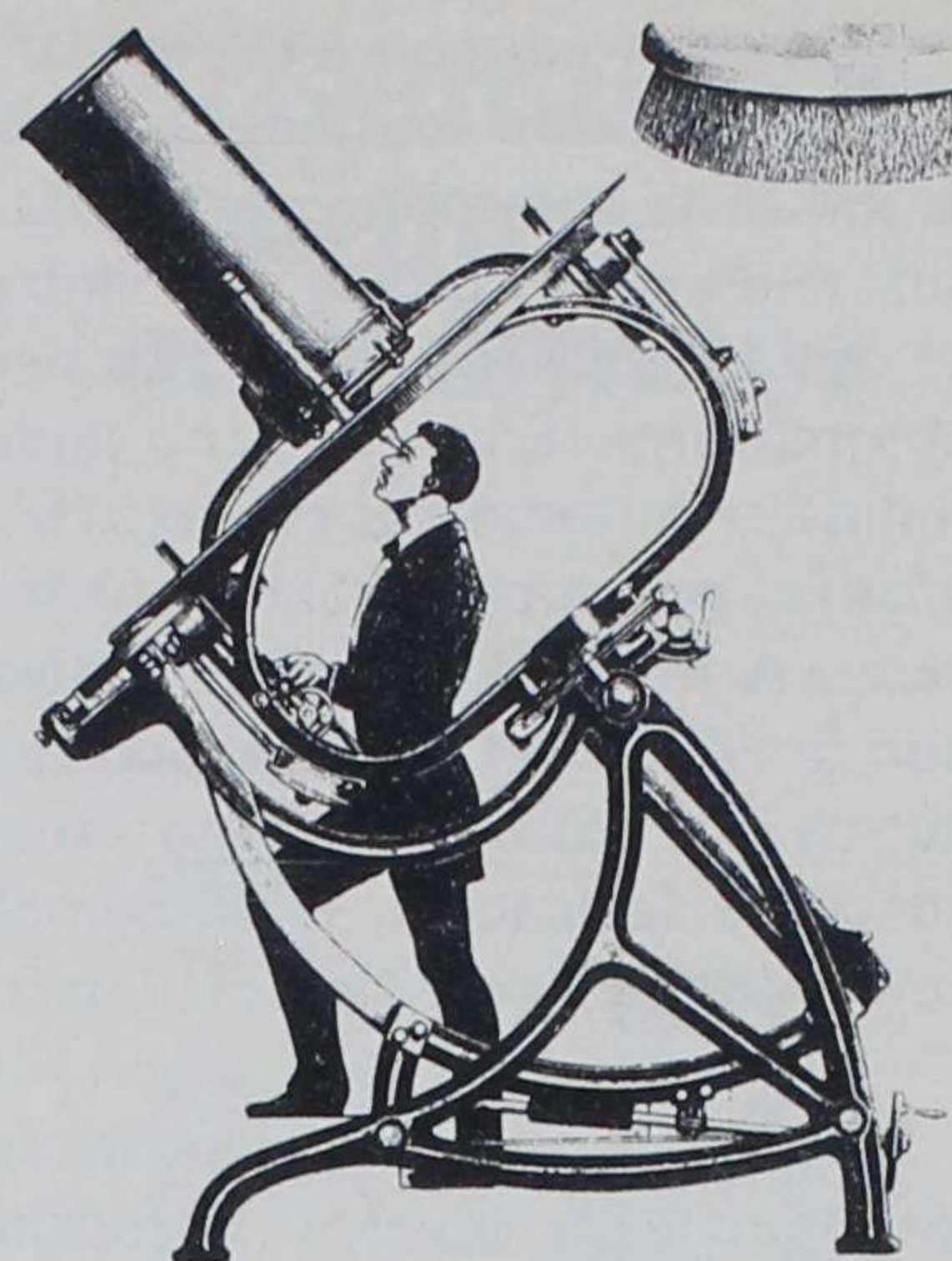
que reorganizó a la institución. Han aparecido dos fe de erratas que se han incorporado al cuerpo del texto.

nológica, con el desarrollo tecnológico para su vinculación con las grandes necesidades nacionales", a cargo del doctor Juan Luis del Valle Padilla, Jefe de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica.

3. "Un ejemplo de prospección científica y tecnológica para el desarrollo, y para la formación de recursos humanos: un Delphi biomédico-farmacéutico", a cargo del doctor

Julián E. Villarreal Castelazo, Jefe del Departamento de Farmacología y Toxicología.

El Foro fue presidido por el señor Secretario de Educación Pública, licenciado Jesús Reyes Heróles, el Gobernador del Estado de México, licenciado Alfredo del Mazo y el doctor Manuel V. Ortega, Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas. Estuvieron también presentes otros Subsecretarios de la SEP y nuestro Director, el doctor Nava Jaimes.



Definiciones en política educativa e investigación tecnológica

En la clausura del Foro de Consulta Popular para el Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988 del Sector Educación, Cultura, Deporte y Recreación, el 15 de marzo en el Auditorio Torres Bodet del Museo Nacional de Antropología e Historia, el Secretario Reyes Heróles pronunció un discurso que contenía claros lineamientos sobre la orientación que el Sector de Educación e Investigación Tecnológicas implementará en la presente administración. Por la importancia que reviste tanto para el Sistema como para el Cinvestav, se transcribe a continuación la parte conducente del mismo.

(. . .) "Por una serie de razones, es notoria una tendencia hacia la reducción en la matrícula de las carreras técnicas y tecnológicas. Todo nuestro régimen escolar en la práctica parece estar ideado para desestimular estas carreras, que necesitamos y seguiremos necesitando en el futuro, a pesar de contracciones temporales.

"En educación tecnológica es indispensable insistir en extender las carreras de cultura técnica, introduciendo en ellas la diversificación de enseñanza y las formaciones polivalentes que faciliten la relación,

formación y empleo, y doten de versatilidad para la ocupación.

"Resulta indispensable dar a este sector fluidez y movilidad para que se adapte oportunamente a las condiciones del país. Con similar criterio deberá procederse en los aspectos de educación terminal y propedéutica, facilitando la conversión entre los dos tipos de estudio. En todo el sistema tecnológico habrán de ampliarse las posibilidades de especialización.

"En cuanto a la investigación, tendrá que concentrarse en áreas industriales prometedoras y en aspectos fundamentales para la nación, como alimentación, salud, energía, habitación y comunicaciones. Es necesario, asimismo, en el renglón de educación tecnológica, ensanchar sistemas educativos no formales en el y para el trabajo, que permitan una respuesta rápida de la educación al empleo.

"En los foros celebrados fue una constante la mención de la crisis a que nos enfrentamos y lo que ésta exige de nosotros, dándose una conciencia de que en época de crisis es más difícil enlazar formación profesional con empleo. 

"En el foro de consulta popular del sistema nacional de educación tecnológica, un técnico nos decía: la industria automotriz, por falta de demanda, está sufriendo el desempleo. Sin embargo, es obvio que se van a seguir usando por más tiempo los vehículos automotores. Entonces, ¿no podrá el obrero de la industria automotriz convertirse en reparador? y añadía: por supuesto que puede y tendrá que hacerlo. A través de organismos diversos o vinculados con la educación nacional debemos ampliar y crear cursos de readiestramiento; fomentar, mediante adecuada formación, el autoempleo, y aprovechar con rigor nuestra tecnología intermedia.

"Habrá de realizarse un esfuerzo sistemático para inventariar los equipos e instrumental de que se dispone y contar con la capacidad suficiente para su mantenimiento, reparación o reconstrucción. Presidirán estos trabajos criterios de coordinación e integración de las diversas unidades.

"En todo nuestro sistema educativo es imprescindible ligar investigación y enseñanza, pues estamos al respecto dilapidando un importante acervo intelectual y científico, en detrimento de la enseñanza y probablemente de la investigación."



Congreso de Medicamentos, toxinas y contaminantes

Del 19 al 22 de enero de este año se verificó en Puerto Vallarta, Jalisco, dicho evento, organizado por la Asociación Mexicana de Farmacología, A.C., la Western Pharmacological Society y la Texas Pharmacologists.

Se presentaron 220 ponencias de las cuales 42 fueron llevadas por profesores del Departamento de Farmacología y Toxicología del Centro.

Es interesante informar que en el mencionado congreso se dieron a conocer los resultados de la investigación científica y farmacológica que se realiza en México y de la que nuestra institución ha hecho importantes aportes.

Se suscribieron importantes convenios

El Centro suscribió dos convenios que tienen por objeto intercambiar información científica, tecnológica, formar personal académico, entrenar y capacitar personal técnico, asesorar en las áreas académica y administrativa, y facilitar el uso de instalaciones y equipos específicos para proyectos de investi-

gación, así como la realización conjunta de programas y proyectos de investigación con las siguientes instituciones: el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, en el Estado de Baja California Norte (CICESE) y la Secretaría de Pesca.

En este último Convenio participará específicamente la Unidad Mérida del Centro a través de su Departamento de recursos del mar.

En los próximos días se presentarán los proyectos específicos de colaboración con cada una de las instituciones.

Tercer Coloquio del Departamento de Matemáticas

ANUNCIO PRELIMINAR

Duración: 3 semanas

Sede: Centro Vacacional del IMSS, "La Trinidad", Sta. Cruz, Tlaxcala.

Fecha: 7 al 26 de agosto de 1983.

Cursos largos: (22.5 hrs.)

1. Análisis Numérico. Dr. Diego Bricio Hernández.
2. Geometrías no Euclidianas. Dr. Daniel Gallo.
3. Aplicaciones de la Variable Compleja. Dr. Enrique Ramírez de Arellano.
4. Campos y Teoría de Galois. Dr. José Antonio Vargas
5. Introducción a la Topología Combinatoria. Dr. Elías Micha.

Cursos cortos: (7 hrs.)

1. Teoría del Control. Dr. Onésimo Hernández Lerma.
2. Superficies de Riemann. Dr. Michael Porter.
3. Distribuciones y Transformadas de Fourier. Dr. Saúl Hahn.
4. Temas selectos de Geometría Proyectiva. Dr. Horacio Tapia.

Conferencias: Diariamente, en dos ciclos, sobre los temas:

1. Problemas trascendentes de la matemática resueltos recientemente.
2. La computación en la matemática.

Talleres de investigación:

1. Varias Variables Complejas, coordinado por el Dr. Enrique Ramírez de Arellano.
2. Topología Algebraica, coordinado por el Dr. Enrique Antoniano.

Informes: III COLOQUIO DE MATEMATICAS
Departamento de Matemáticas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN
Apartado Postal 14-740 07000 México 14, D.F.
Tel.: 754-44-66 y 754-02-00 exts. 182,183,290

Próximos eventos académicos



Taller México-Estados Unidos
sobre producción y
calidad de sorgo

Del 26 al 29 de septiembre próximo se verificará el taller en la Escuela de Agronomía y Zootecnia de la Universidad de Guanajuato, en la localidad de Irapuato, Guanajuato. Dicho evento está siendo organizado por la Unidad Irapuato de nuestra Institución y el Coordinador es el doctor Octavio Paredes López. Otras instituciones co-patrocinadoras serán la propia Escuela de Agronomía y Zootecnia; la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del I.P.N.; el Centro de Investigación Agrícola del

Bajío, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas; la Unidad de Investigación Agrícola del Bajío, del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ); el Programa Universitario de Alimentos de la Universidad Nacional Autónoma de México, y el Departamento de Ciencias del Suelo y Cultivos

(Department of Soil and Crop Sciences), de la Universidad A. y M. de Texas.

Los temas que serán impartidos son:

Producción de sorgo. Genética. Fito mejoramiento. Usos de sorgo en alimentación humana y animal. Tecnolo-

gías de manejo y almacenamiento. Demostraciones de campo y de productos alimenticios. Para mayores informes dirigirse al doctor Octavio Paredes López, Unidad Irapuato del Centro, Apdo. Postal 629-3650, Irapuato, Gto.

Tel.: (462) 650-10 y 718-60.

Con éxito

Concluye el convenio para la instalación de energía eléctrica en albergues escolares

En números anteriores se mencionó la firma de un convenio entre el Centro, el Instituto Nacional Indigenista y la Dirección General de Educación Indígena de la Secretaría de Educación Pública, bajo el marco de Coplamar a fin de dotar de alumbrado a 122 albergues escolares localizados en nueve estados de la República, mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos, para beneficio de cerca de seis mil niños indígenas.

En el número 67 de la Revista *México Indígena*, órgano de difusión del Instituto Nacional Indigenista correspondiente a octubre de 1982, se detalla todo el proyecto técnico-científico-educativo que constituye el mencionado proyecto, y lo que es más importante, se da cuenta detallada de los resultados obtenidos al llegar a su término. En este convenio se lograron satisfactoriamente todos los objetivos enunciados.

A continuación reproducimos el editorial de la mencionada publicación:

“En los últimos años, el gobierno federal ha desarrollado una política social concreta y plausible

encaminada a favorecer programas institucionales que respalden los esfuerzos de los numerosos grupos étnicos de México por preservar y enriquecer su identidad cultural. El servicio educativo bilingüe y bicultural constituye el medio idóneo para proseguir con éxito estos empeños, a pesar de los serios obstáculos que algunas comunidades indígenas enfrentan respecto del ejercicio efectivo del derecho social a la educación, debido, en la mayoría de los casos, al aislamiento físico y a la grave dispersión geográfica de sus pequeños asentamientos humanos.

“La construcción de albergues escolares forma parte sustancial de la estrategia adoptada por las autoridades educativas, para hacer posible que el servicio de enseñanza llegue a los niños que habitan en comunidades y caseríos diseminados en las serranías, los desiertos y las regiones selváticas.

“El Instituto Nacional Indigenista, comprometido legal y socialmente en las tareas reivindicativas de los pueblos indios, ha debido superar todo género de dificultades en su propósito de seguir prestando

apoyo administrativo y logístico a las instancias operativas de la Secretaría de Educación Pública, y para asegurar el funcionamiento de 1 204 albergues escolares esparcidos en gran parte del territorio nacional. Debido a su incomunicación terrestre y lejanía respecto de los centros urbanos y zonas más desarrolladas, en su mayoría estas instalaciones carecen de los mínimos de bienestar, entre otros, de instalaciones sanitarias, agua potable y alumbrado, situación que afecta la calidad de la alimentación, el hospedaje y la instrucción que se ofrecen a los escolares en dichos albergues.

“En lo referente a la disponibilidad de energía eléctrica, a finales de 1981 la situación de los albergues escolares que operan en el país era la siguiente: 75 de cada 100 instalaciones carecían de alumbrado y de éstas sólo 25 tenían en un futuro cercano la posibilidad de conseguirlo a través de programas de electrificación rural. En suma, de no modificarse los criterios técnicos y de rentabilidad económica que suele aplicar el organismo oficial responsable, la mitad de los establecimientos mencionados seguirían indefinidamente marginados del disfrute de dicho servicio.

“Frente a la realidad, cuyos perfiles críticos evidencian de manera inequívoca los datos señalados, era preciso ensayar soluciones diferentes que contemplaran todos los elementos pertinentes de la problemática planteada. En consecuencia, a finales de 1981 se elaboró un proyecto de carácter inter-institucional, en virtud del cual en el curso de 1982 habría de dotarse de alumbrado a 122 albergues escolares localizados en nueve estados de la República, mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos, para beneficio de cerca de 6 mil niños indígenas.

“Se logró de esta manera fusionar en un todo armónico recursos y esfuerzos, a saber: la tecnología desarrollada por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, en cuanto a utilización de energía solar para alumbrado y demás usos domésticos; la capacidad instalada en campo por el Instituto Nacional Indigenista para fines logísticos y de promoción; la presencia de maestros bilingües y su vinculación con los beneficiarios; los recursos económicos aportados por Coplamar, con explícito criterio de inversión social, y la participación entusiasta y organizada de las propias comunidades.

“El proyecto obtuvo éxito en su etapa de aplicación, al cumplirse el 100 por ciento de sus metas con rigurosa oportunidad y sin que el gasto excediera el presupuesto originalmente autorizado, a pesar de la crisis económica por la que atraviesa el país. Es obvio que los alcances de este primer esfuerzo resultan muy modestos si se comparan con la magnitud de las necesidades todavía insatisfechas. Empero, su verdadera trascendencia no se refleja en el número de servicios instalados ni en el monto de la inversión asignada, sino en las valiosas experiencias de diversa índole que se han recogido y en las amplias perspectivas abiertas al futuro para atender este tipo de demandas sociales.

“En primer lugar este proyecto aporta el dato auténtico y alentador de que en México ya no son únicamente deseables, sino posibles: la identificación en cuanto a propósitos, la conjunción de esfuerzos y la complementación de recursos entre las instituciones de investigación y aquellas que tienen funciones de carácter operativo, para cumplir tareas de interés social sin caer en disputas estériles por el mérito de lo realizado.

“En segundo lugar, los excelentes resultados obtenidos tanto en el proceso de instalación del alumbrado, como en su funcionamiento, constituyen un indiscutible argumento en contra de quienes cuestionan o rechazan abiertamente la conveniencia de utilizar la energía solar para estos fines. Es preciso entender que la tecnología empleada debe responder a los requerimientos y condiciones propios de una situación, tiempo y lugar determinados.

“El uso de sistemas fotovoltaicos para fines de alumbrado estaba hasta ahora confinado al laboratorio y limitado al establecimiento de prototipos, pues las instituciones oficiales rechazaban explícitamente su aplicación masiva esgrimiendo razones de alto costo y alcances limitados.

“En la actualidad y por primera vez en México, se ha utilizado este recurso extensivamente en un 80 por ciento, con lo cual han quedado demostrados tanto su viabilidad económica como su indiscutible interés social, ya que para miles de pequeñas comunidades rurales de México su electrificación mediante energía solar no es una entre varias opciones, sino quizás la única posibilidad de contar con este indispensable elemento de bienestar y progreso.

“Por último, se confirmaron la validez y la vigencia de la política indigenista de participación, pues los destinatarios del servicio intervinieron responsable y voluntariamente en todas las etapas del proyecto. En opinión de sus líderes, fue éste un caso ejemplar de eficaz coordinación entre las instituciones gubernamentales, de aplicación de tecnología adecuada a las necesidades, con sentido social, y de cumplimiento riguroso de los compromisos contraídos con la comunidad.”

Los sistemas fotovoltaicos

Este sistema de alumbrado funciona mediante la conversión de energía solar en energía eléctrica, determinando el balance entre la electricidad generada en los módulos solares y la consumida por las

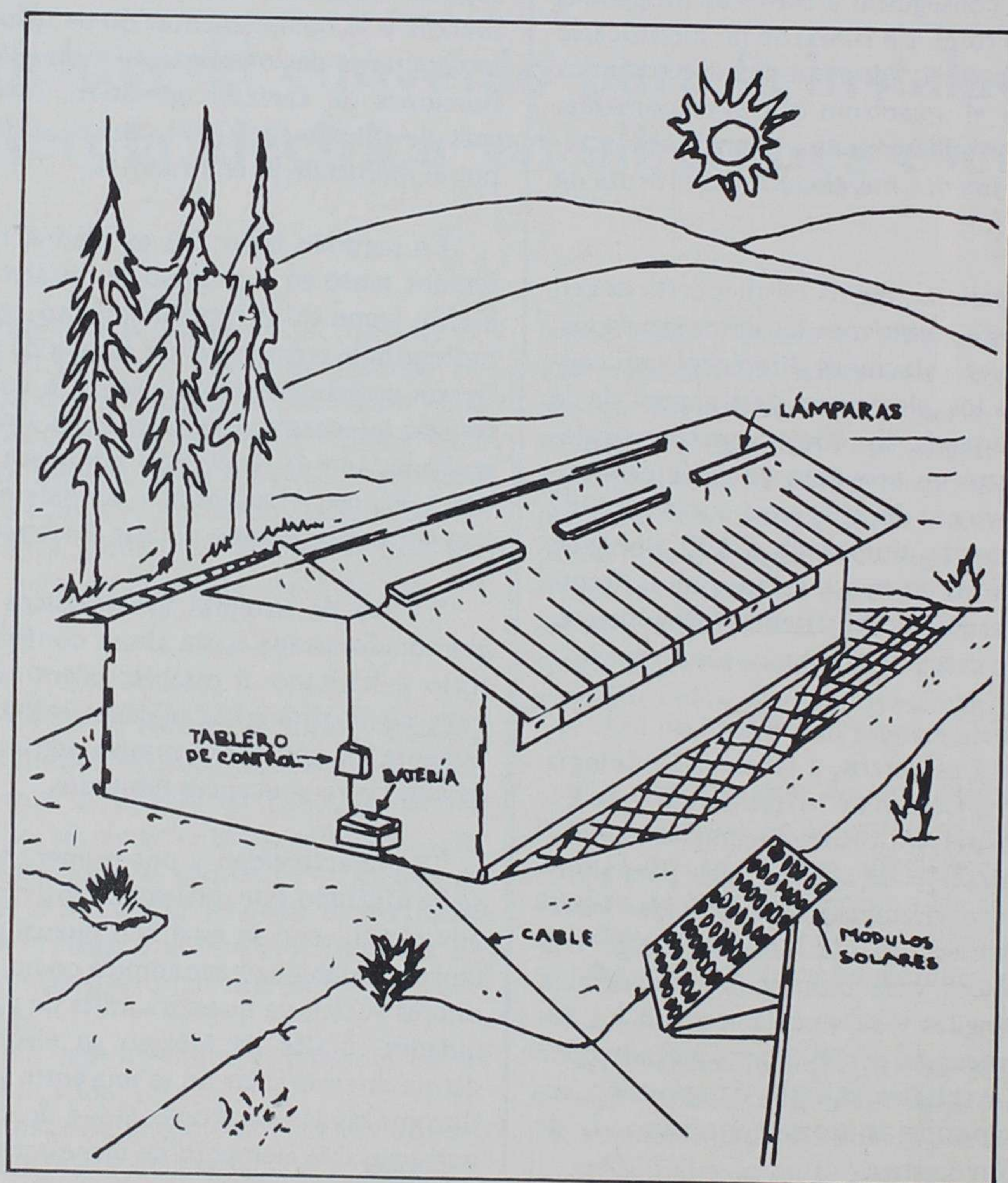
lámparas. Está constituido por cuatro elementos principales:

El convertidor de energía solar en energía eléctrica, formado por los paneles o módulos solares.

Las lámparas fluorescentes que constituyen la carga eléctrica y consumen la energía generada por los módulos solares.

La batería o acumulador —similar a la de los vehículos automotrices— que almacena la energía eléctrica generada durante el día, por los módulos, para ser usada en la noche o en días nublados.

—El tablero de control que permite vigilar el funcionamiento del sistema y, en caso necesario, determinar las fallas del equipo y proceder a su corrección.



La selección de los albergues incluidos en el programa se realizó según los criterios de mayor grado de aislamiento físico y de menor posibilidad de electrificación por medios convencionales. Su distribución, por estado y por área de influencia de los Centros Coordinadores Indigenistas, se efectuó de la siguiente manera:

Estado	Ubicación CCI	Número de Albergues
Chihuahua 57	Guachochi	22
	Carichí	16
	San Rafael	13
	Turuachi	6
Nayarit 18	Jesús María	18
Guerrero 17	Chilapa	7
	Tlapa	5
	Zapotitlán Tablas	3
	Ometepec	2
Veracruz 10	Acayucan	4
	Ixhuatlancillo	4
	Papantla	2
Oaxaca 7	Tlaxiaco	3
	Nochixtlán	2
	Tuxtepec	2
Michoacán 5	Coahuayana	5
Hidalgo 4	Huejutla	3
	Patrimonio Indígena del Valle del Mezquital	
	Ixmiquilpan	1
Puebla 3	Huauclilla	2
	Tehuacán	1
San Luis Potosí 1	Tancanhuitz	1

La culminación exitosa de este programa fue posible gracias a la complementación de los recursos que se mencionan a continuación.

Financiero. Coplamar asignó la suma de 18 millones de pesos para sufragar los gastos de materiales y equipo, honorarios y viáticos, transporte, ingeniería y administración.

Tecnológicos. El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN desarrolló, adquirió y adaptó, según el caso, la tecnología para generación de energía eléctrica en base a celdas fotovoltaicas, tecnología que se considera en un 80 por ciento de creación mexicana.

Técnicos. El Servicio Social del IPN integró un equipo de 17 técnicos de nivel medio quienes, luego de especializarse tanto en política indigenista como en la materia electricidad, tuvieron a su cargo la instalación del servicio, supervisados por personal profesional del Cinvestav.

Apoyo logístico. El INI proporcionó apoyo en administración de los recursos financieros y en el transporte de personal y equipo. La Dirección General de Educación Indígena de la SEP se encargó de promover el programa en las comunidades.

El programa se cumplió puntualmente, con una inversión de 5 mil horas-hombre en la instalación propiamente dicha y 4 mil en traslado. El servicio de alumbrado beneficiará aproximadamente a 6 mil niños. De la experiencia alcanzada se desprenden las siguientes conclusiones:

—La aplicación de tecnología intermedia se justifica por su interés social, por tratarse no de una entre varias opciones, sino de la única solución para las comunidades dispersas y aisladas.

—La cooperación entre instituciones de investigación y entidades operativas resulta benéfica por diversos motivos, y en casos como el presente, constituyó el medio más adecuado para la eficaz realización del programa.





Rosalinda Contreras y Robert Wolf

El fósforo

ese elemento maravilloso de la vida y de la muerte

La publicación de este artículo inaugura una nueva etapa en la gaceta, lo cual nos mete de lleno en la brecha que significa la divulgación de ciencia. Y, como en las fajinas, en las que se pide la colaboración de la comunidad para hacer la terracería y finalmente el camino asfaltado, *Avance y Perspectiva* pediría un esfuerzo a sus lectores, sobre todo a aquellos que se sepan legos en la materia. Las peores cosas que podrían suceder son tres: Que abrace la profesión, que apoye desde su área de influencia los proyectos científicos, políticos y sociales que el artículo conlleva, o que simplemente aprenda algo, tan sólo por el placer del conocimiento. Ninguna de las tres es escandalosa. Así que intente primero leer el texto omitiendo los recuadros y la letra grande; luego relea y deténgase lo más posible en ellos; consulte la bibliografía. Si es usted estudioso de la materia, pretenden estos cuadros aparecer como material de apoyo. Háganos saber si se cumplió alguna de aquellas tres posibilidades.

Este texto ha sido preparado por dos investigadores. La doctora Rosalinda Contreras, Profesora Titular y Jefa del Departamento de Química del Cinvestav, quien dirige un grupo que estudia compuestos orgánicos de boro y de fósforo. Algunas personas de este grupo se dedican a preparar nuevos compuestos de fósforo cíclicos, para determinar su estructura, reactividad y aplicación. Y por el doctor Robert Wolf,* Director de investigación en el Centro Nacional de la Investigación Científica de Francia. Wolf ha consagrado su proyecto científico a la investigación de la química del fósforo, en particular a la estructura de los compuestos que contienen átomos de fósforo pentacoordinados y hexacoordinados (vea página 24). Dirige un grupo de investigación en la Universidad "Paul Sabatier", de Tolosa.

Entre los dos grupos se ha establecido una colaboración muy fructífera que ha producido numerosos artículos.

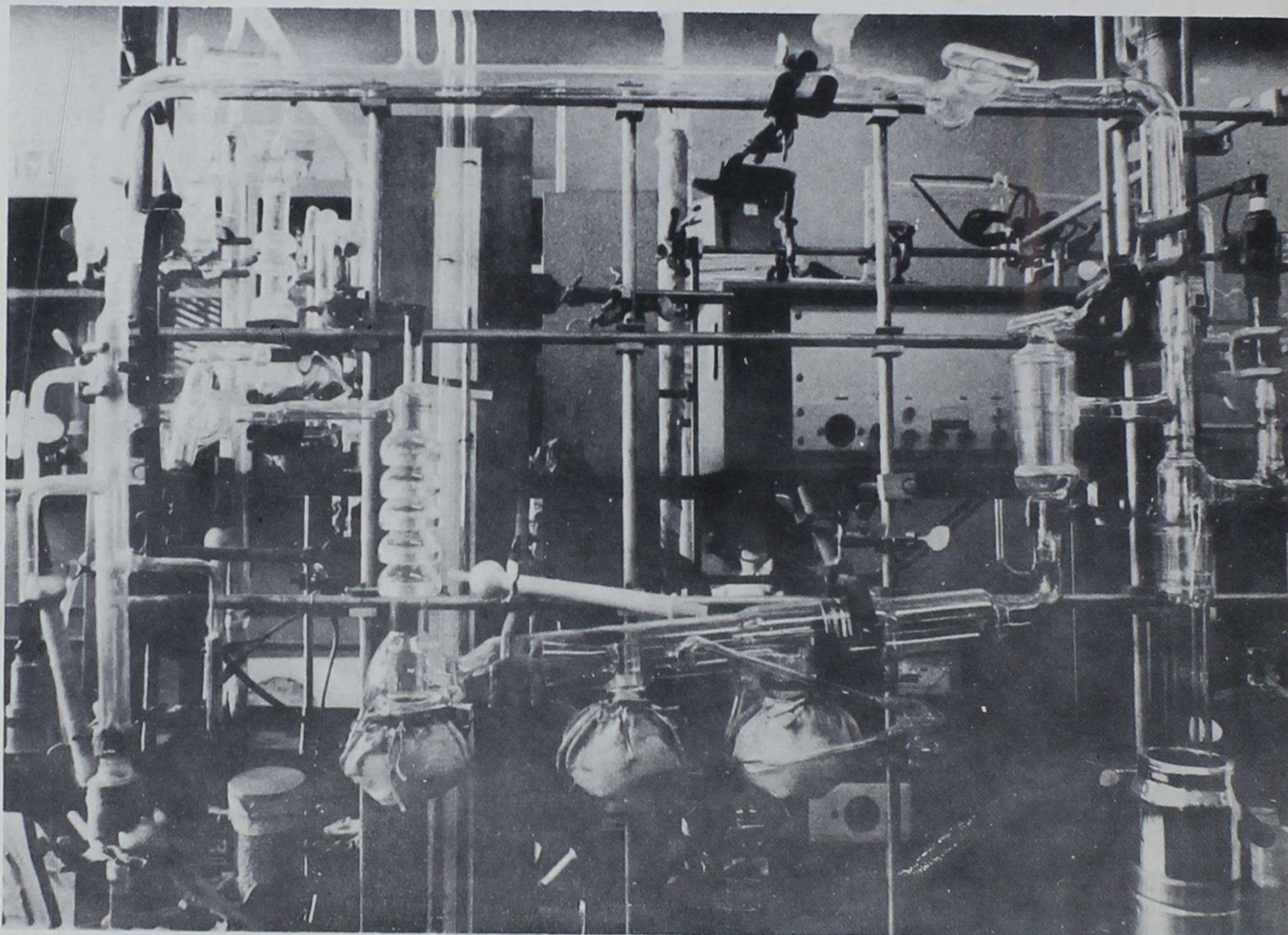
Uno de los objetivos primarios del grupo mexicano es la capacitación de especialistas en la química del fósforo, debido a que México necesita de ellos para la preparación de muchos productos industriales y farmacéuticos, y para la agricultura. El país es productor de fósforo y, como se espera, debe aprovechar estos recursos y transformarlos en productos elaborados de mayor valor, necesarios para nuestro desarrollo, y evitar su importación. Otro de los objetivos es el de crear una escuela mexicana que realice investigación básica en la química de este elemento tan importante para la vida humana.

* Mayor información sobre el trabajo de la doctora Contreras y el doctor Wolf se encuentra en las páginas 72 y 73.

Perspectivas de la investigación química hoy

Podría pensarse que después de tantos descubrimientos científicos ocurridos en los tiempos modernos, los científicos, y especialmente los químicos, han terminado su tarea de investigar cosas nuevas. Pero no es así; en lugar de que los temas se agoten éstos crecen. A mayores conocimientos más incógnitas y también más armas para buscar lo desconocido. Podemos decir que los químicos se encuentran en un universo científico que se expande.

Cada día hay descubrimientos y conocimientos nuevos; el número de moléculas nuevas que se construye en los laboratorios crece desmesuradamente, lo cual se debe, en parte, a las herramientas perfeccionadas que llegan a las manos de los químicos y que son las novedosas tecnologías y los aparatos electrónicos de análisis. Un buen ejemplo es el microscopio, el que a medida que aumenta su desarrollo técnico y por tanto el alcance visual humano, permite estudiar seres y estructuras cada vez más pequeñas, lo cual impulsa el avance de la biología.



Para los investigadores químicos las nuevas moléculas por sintetizar, los fenómenos por descubrir, las tecnologías por desarrollar forman parte de un universo al que aún no se le encuentra fin. La investigación científica sigue llena de retos y promesas; es una profesión estimulante y llena de satisfacciones.

Los químicos saben cómo sintetizar las moléculas orgánicas en el laboratorio; no sólo las que ya existen en la naturaleza sino otras nuevas altamente originales.

La naturaleza es prolija en recursos, y en ella se producen combinaciones con otros elementos también esenciales para todas las formas de vida, que dan a las moléculas orgánicas nuevas propiedades físicas y químicas. Estos elementos son el fósforo (P), el azufre (S), el sodio (Na), el potasio (K), el magnesio (Mg), el calcio (Ca), el cloro (Cl), el manganeso (Mn), el hierro (Fe), el cobalto (Co), el cobre (Cu) y el zinc (Zn).

A 3D perspective view of a periodic table of elements. The table is curved, showing the arrangement of elements in groups and periods. The element Phosphorus (P) is highlighted in yellow. The groups are labeled at the top: IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, and VIII. The periods are labeled on the left: 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7. The element Phosphorus (P) is located in group VA, period 3.

15

Hay elementos vitales de los que depende nuestra existencia, conocer su comportamiento químico es importante. Aquí nos ocuparemos de los resultados de la investigación química de un modesto elemento, el fósforo, y haremos referencia a una pequeña parte del universo que forman los compuestos de fósforo. Será un ejemplo que nos dará una idea del

impacto de la investigación científica en nuestra vida diaria.

La palabra fósforo significa portador de luz. En efecto, el fósforo elemental tiene la propiedad de emitir luz, característica muy importante en su descubrimiento, que se remonta al siglo XVII en Alemania.

Descubrimiento del fósforo

La curiosidad humana y su ambición por conocer y dominar su mundo, ha llevado a mucha gente a buscar y experimentar, en un principio de una manera complicada y primitiva, en la que magia y conceptos religiosos se mezclaban con los incipientes progresos científicos. El desconocimiento de la composición química de la naturaleza permitía la búsqueda de esencias, espíritus, oro, en cualquier tipo de material. Y así laboraban los químicos del siglo XVII, buscando oro y encontrando... ciencia.

En 1675, el célebre alquimista Juan Kunckel hizo un viaje a la ciudad de Hamburgo, donde un amigo le contó acerca de un comerciante venido a menos, el doctor Hennig Brandt, quien practicaba la medicina y había encontrado una sustancia que emitía luz, incluso durante la noche. Kunckel rogó en vano al hamburgués que le confiara el secreto de la sustancia luminosa, y se retiró entre otras cosas a escribirle a su colega Daniel Crafft, de la ciudad de Dresde, quien al recibir la noticia tomó la primera diligencia hacia Hamburgo. Ahí su buena estrella y Brandt le fijaron una cuota de 200 escudos por unos cuantos gramos de fósforo y por callar el secreto. Kunckel, no obstante, pudo enterarse de que la sustancia

se obtenía de la orina, y se dedicó a encontrar un método para obtenerla, apoyado por el doctor Jorge Gaspar Kirchmajer, profesor de retórica en la Universidad de Wittenberg, quien puso a disposición de Kunckel un laboratorio de química utilizado regularmente para la investigación y la docencia.

Tres años más tarde, en 1678, Kunckel hizo aparecer una carta pública sobre el *Phosphorus mirabilis* (fósforo maravilloso) y se dedicó a vender píldoras con este ingrediente, que anunciaba en los periódicos y que vendía a dos escudos la caja.

Kunckel, Kirchmajer y Crafft, se dedicaron cada uno por su cuenta a hacer demostraciones del fósforo en las cortes y en las sociedades científicas, probablemente recompensadas con honorarios lucrativos. Después de una de estas demostraciones, el célebre científico inglés Robert Boyle se interesó y logró obtener fósforo; entusiasmado, en su libro *The Aerial Noctiluca* (La luciérnaga etérea), publicado en 1680, sugirió utilizarlo para dotar a los relojes de carátulas luminosas, proposición que en nuestros días sería calificada como aplicación tecnológica de un descubrimiento científico.



Henrig Brandt era un negociante que operaba en Hamburgo y en 1675 estaba en la ruina. Así que preocupado por su situación, intentó obtener oro de la orina humana. Este raro pero explicable proyecto lo llevó a calentar en un alambique (llamado en esos tiempos cucúrbita) concentrados de orina en presencia de arena y carbón de madera. Para su gran sorpresa una luminosidad extraordinaria apareció en el interior del matraz. Esta pintura que representa el hecho se debe a Joseph Wright (1655-1750), y se encuentra en el Museo de Derby, en Inglaterra.

Según los alquimistas de ese tiempo, se distinguían fácilmente dos flamas del fósforo, que corresponden a dos formas de oxidación. Una tiene lugar en el interior del matraz en presencia del aire enrarecido, esto es, una oxidación lenta, y la otra se forma en el orificio hecho en el matraz, como se puede observar en el cuadro. Los químicos modernos se refieren a dos series de óxidos de fósforo, unos pertenecen a la serie fosforosa y los otros a la serie fosfórica.

Robert Boyle, físico irlandés (1627-1691) que estudió la compresibilidad de los gases (Ley de Boyle-Mariotte), y preparó por primera vez el pentóxido de fósforo. En su obra intitulada *The Aerial Noctiluca* (La luciérnaga etérea) hace proposiciones diversas para la utilización del fósforo.



Años después, en 1770, Carl Wilhelm Scheele, el famoso químico sueco que aisló el hidrógeno en 1768, el oxígeno en 1773 y el cloro en 1774, encontró fósforo al estudiar la composición de las cenizas de huesos y descu-

bió una fuente de fósforo importante cuantitativamente. En 1743 el alemán Andreas Sigismund Marggraf constató que la “sal de orina” o sal fosfórica, fuente del fósforo, era “un fosfato de sodio y amonio”.



Fosfato de sodio y amonio con cuatro moléculas de agua

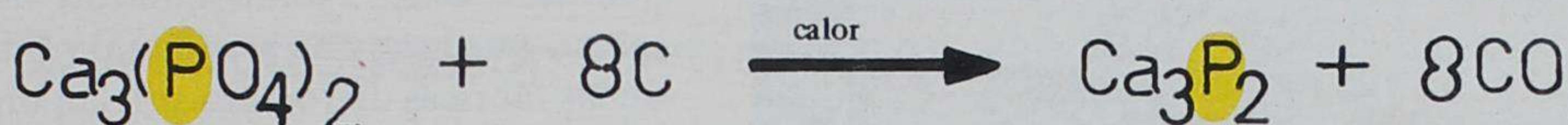


En el siglo XVII se consideraba que la materia estaba compuesta de tres o cuatro cuerpos simples, aunque numerosos sabios no dudaban ya que un elemento que no se encontraba en la naturaleza como tal, había sido preparado a partir de uno de sus compuestos. Finalmente, movidos por tantas publicaciones dedicadas al fósforo y por las recetas fantasiosas, lo que provocaba una gran incertidumbre, en 1737 miembros de la Academia de Ciencias de París compraron a un extranjero la preparación del fósforo; un comité del gobierno francés estudió el procedimiento y lo publicó en las memorias de la Academia, inaugurando así un campo de la investigación científica.

Preparación del fósforo

El método para sintetizar el fósforo a partir de la orina consistía en dejarla varios días a fin de que se descompusiera y después, por

ebullición, concentrarla hasta obtener una pasta que calentada a alta temperatura y vertida en agua daba una sustancia blanca de as-

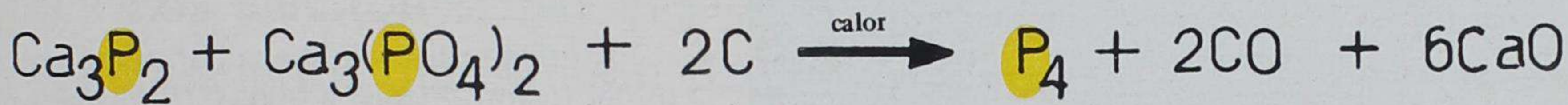


Fosfato de calcio

y

carbón

monóxido de
carbono,



Fosfuro de
calcio,

fosfato de
calcio

y

carbón

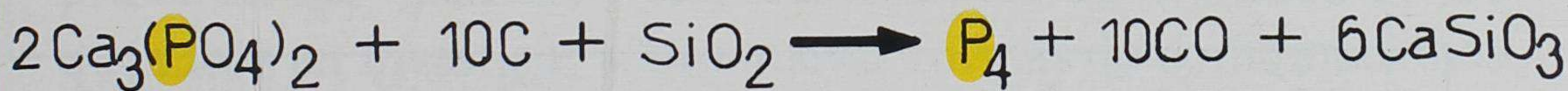
Fósforo,

monóxido de
carbono

óxido de
calcio

pecto ceroso y luminiscente. La reacción consiste en la reducción de los fosfatos de calcio, amonio y magnesio de la orina por acción del carbón, proveniente también de los compuestos orgánicos de la orina.

Esta reacción representa, aún en nuestros días, el método industrial de obtención de fósforo elemental: se hace reaccionar fosfato tricálcico con coque en presencia de sílice, en un horno eléctrico.



Fosfato tricálcico,

carbón

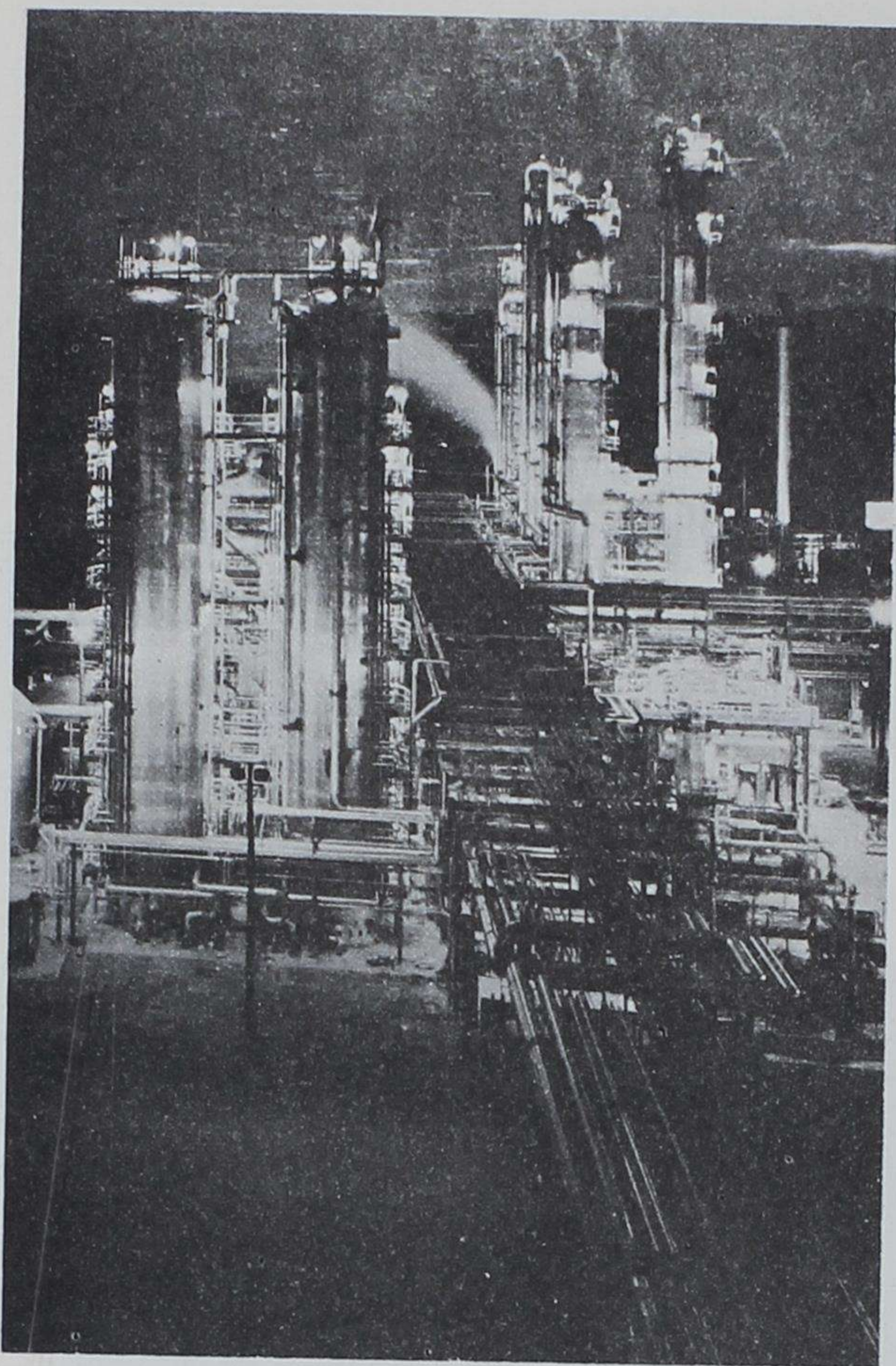
y

sílice

Fósforo,

monóxido de
carbono

silicato de
calcio



Desde los tiempos de los alquimistas hasta nuestros días ha habido cambios en los métodos de producción de los compuestos de fósforo. En la actualidad estos productos se fabrican por toneladas en modernas industrias.

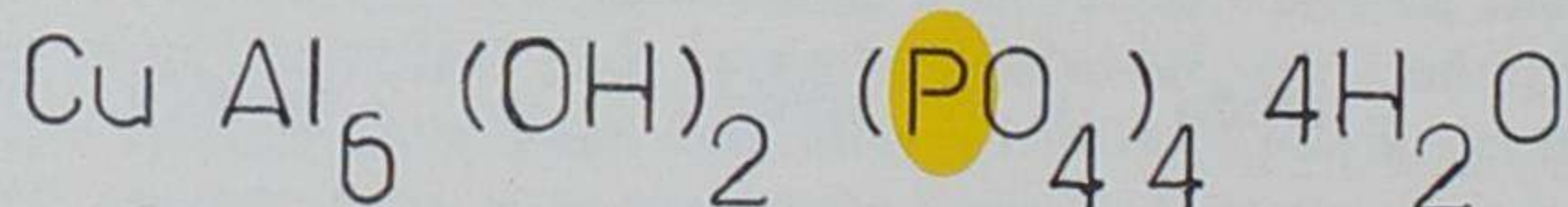
El fósforo es demasiado reactivo para encontrarse libre en la naturaleza, pero se le puede preparar en tres formas fundamentales: el fósforo blanco o amarillo, el fósforo rojo y el fósforo negro.

El fósforo blanco se obtiene a partir de la condensación de los vapores de fósforo, tiene

consistencia cerosa y es una forma muy reactiva, ya que se inflama fácilmente a la temperatura ambiente. Produce una flama blanca amarillenta, muy brillante, y desprende calor intensamente. Esta es la razón por la cual debe ser conservado en agua. Su luminiscencia verdosa proviene de la lenta oxidación del fósforo al contacto con el aire húmedo; cuando esta oxidación ocurre la energía liberada no se transforma en calor, como normalmente sucede con otras moléculas, sino que se transforma en luz. Tal fenómeno se conoce precisamente como luminiscencia química. Es soluble en disolventes orgánicos; es además extremadamente tóxico, tanto que una dosis de 0.1 gramo puede matar a un hombre. Los obreros de las fábricas de fósforo sufrían una enfermedad crónica llamada necrosis fosfórica, que consistía en la pulverización de los huesos de la mandíbula. Por fortuna modernas medidas de seguridad han erradicado prácticamente esta enfermedad.

El fósforo rojo se obtiene por calentamiento del fósforo blanco a 300° C. El fósforo negro se obtiene por transformación del fósforo blanco a 200° C y a 12 mil atmósferas de presión, o bien por calentamiento durante varios días del fósforo blanco en presencia de mercurio a 380° C. Esta forma, muy poco reactiva y al igual que la roja no tóxica, es conductora de la corriente eléctrica y presenta propiedades metálicas. Si las tres formas se funden o se vaporizan producen un líquido formado por unidades de cuatro fósforos.

En la naturaleza encontramos al fósforo en forma oxidada, es decir, combinado con el oxígeno en forma de fosfatos de calcio, insolubles en agua, llamados apatitas. Un fosfato menos abundante, pero no menos notable es la turquesa, que es un hidroxifosfato de cobre y aluminio.



Turquesa

Compuestos químicos del fósforo

Los elementos químicos se unen entre sí a través de la combinación de sus electrones para formar los compuestos químicos. Los electrones son partículas con carga eléctrica negativa, situados fuera del núcleo en zonas o pistas de diferente energía donde circulan libremente; estas zonas se llaman orbitales atómicos.

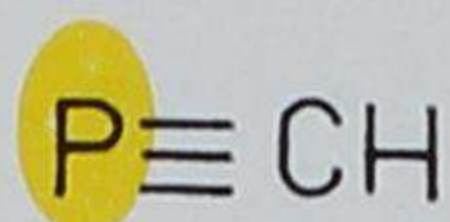
Los electrones más alejados del núcleo son los de menor energía y los que se usan para formar enlaces con otros átomos; estos enlaces se forman cuando dos átomos comparten electrones. Si al formar un enlace hay separación de cargas eléctricas, se habla de enlaces polares; si no la hay se habla de enlaces covalentes. Cuando se comparten dos electrones se forma un enlace sencillo; cuando se comparten cuatro, uno doble; cuando se comparten seis se obtiene un enlace triple.

De los quince electrones periféricos del fósforo, cinco se usan para formar enlaces y se les conoce como electrones de valencia.

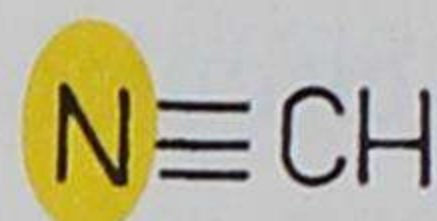
Durante mucho tiempo se pensó que el fósforo sólo podía presentar las valencias tres y cuatro, pero la tenacidad de los químicos en investigar sobre nuevas formas de combinaciones permitió descubrir nuevas estructuras. Tal es el caso de los compuestos de valencias 1, 2 y 6, que se han sintetizado en las

últimas décadas. Sabemos ya que un átomo de fósforo puede unirse de manera directa con uno, dos, tres, cuatro, cinco y hasta seis átomos. Se dice por lo tanto que el fósforo puede tener de una a seis valencias. A continuación veremos algunos ejemplos.

En la valencia 1 se conocen pocos compuestos, pues en realidad son difíciles de sintetizar. Aquí se muestra la fosfina metilidina, en la que el fósforo tiene un enlace triple con un carbono. Esta sustancia es semejante al ácido cianhídrico.

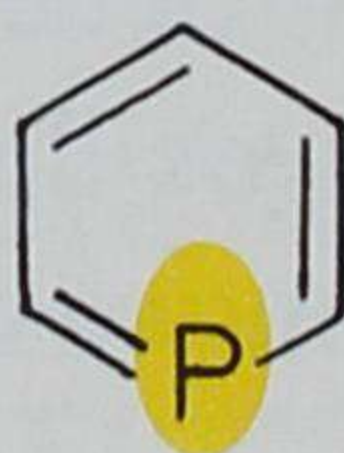


fosfina metilidina

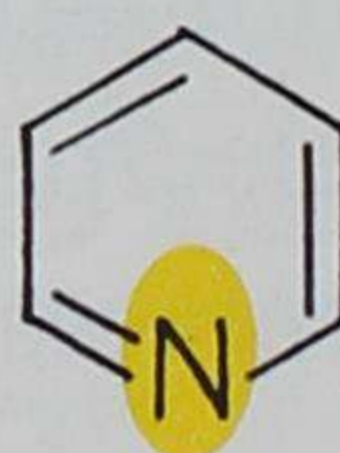


ácido cianhídrico

En los compuestos divalentes de fósforo existen actualmente numerosos ejemplos. Un compuesto muy característico es el fosfabenceno o fosforina, que fácilmente podemos comparar con la piridina, una amina cíclica muy conocida.

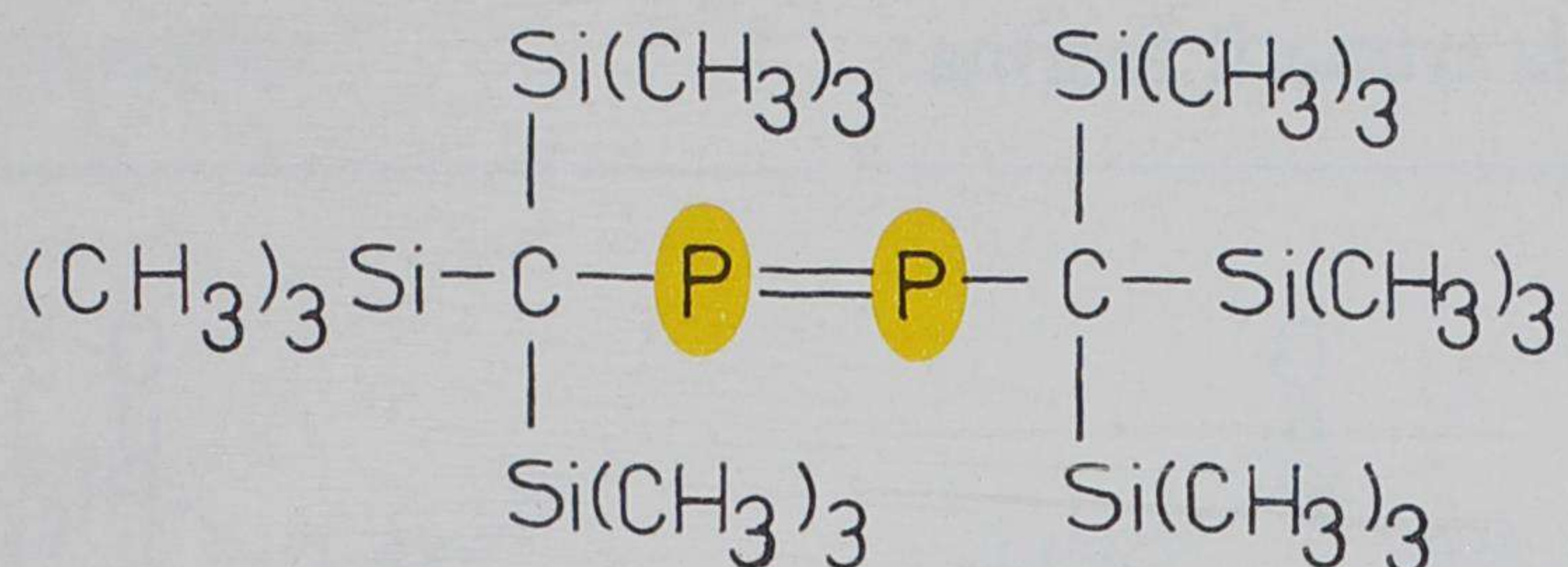


fosforina o
fosfabenceno



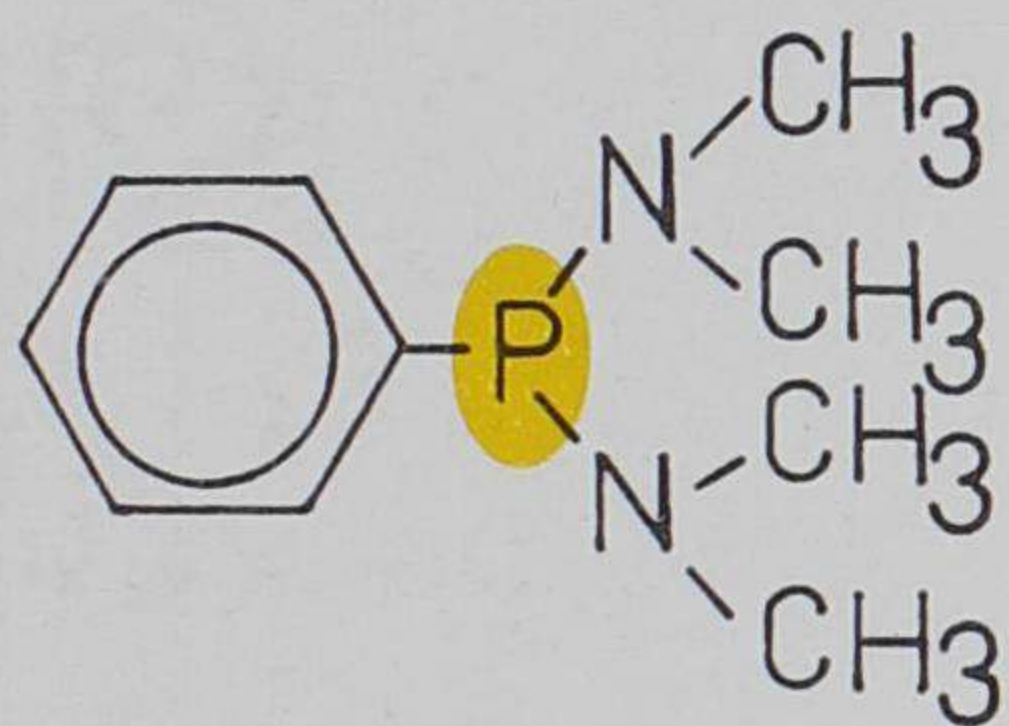
piridina

Otro compuesto de fósforo divalente es el que se muestra a continuación, cuya síntesis se publicó en 1982:

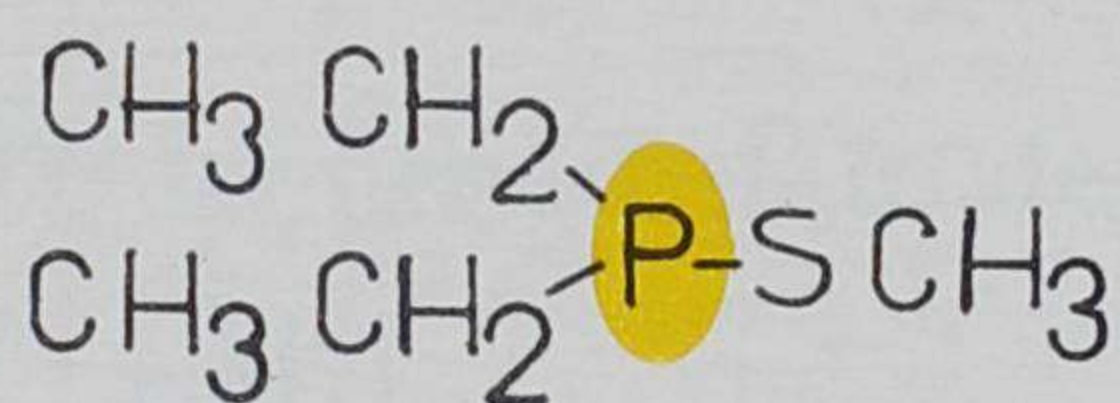


1, 2-bis { tris (trimetilsilil) metil } difosfeno

En los compuestos trivalentes el número de moléculas conocidas es inmenso, del orden de decenas de miles. La molécula más sencilla de esta serie es la fosfina (PH_3), un gas tóxico e inflamable de olor desagradable, equivalente al amoníaco (NH_3). Otros ejemplos son:



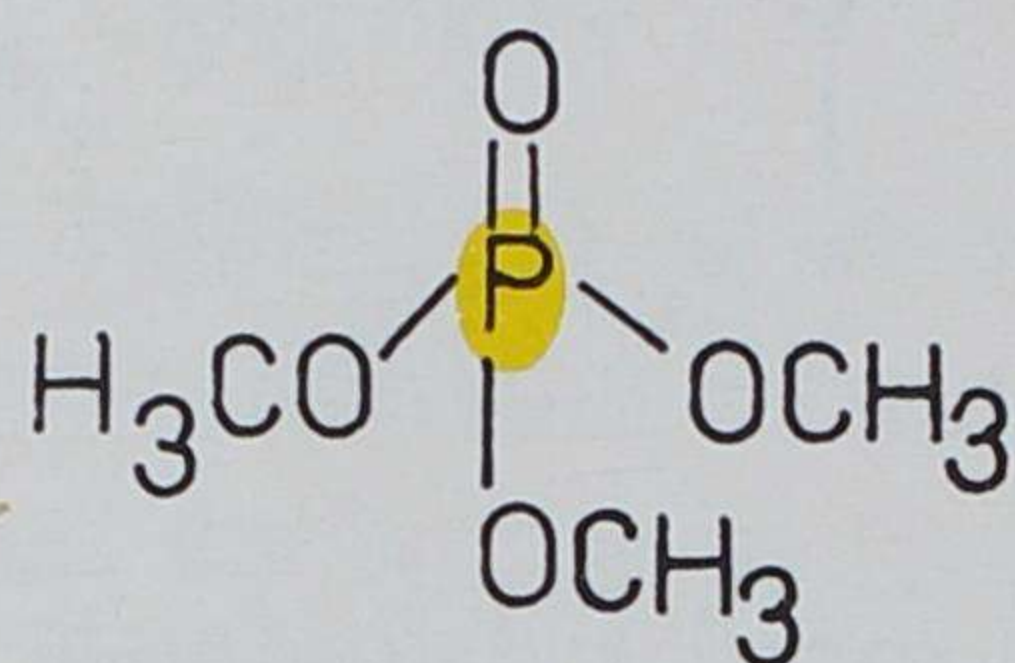
diamida, N,N,N,N,
tetrametilfenil fosfonosa



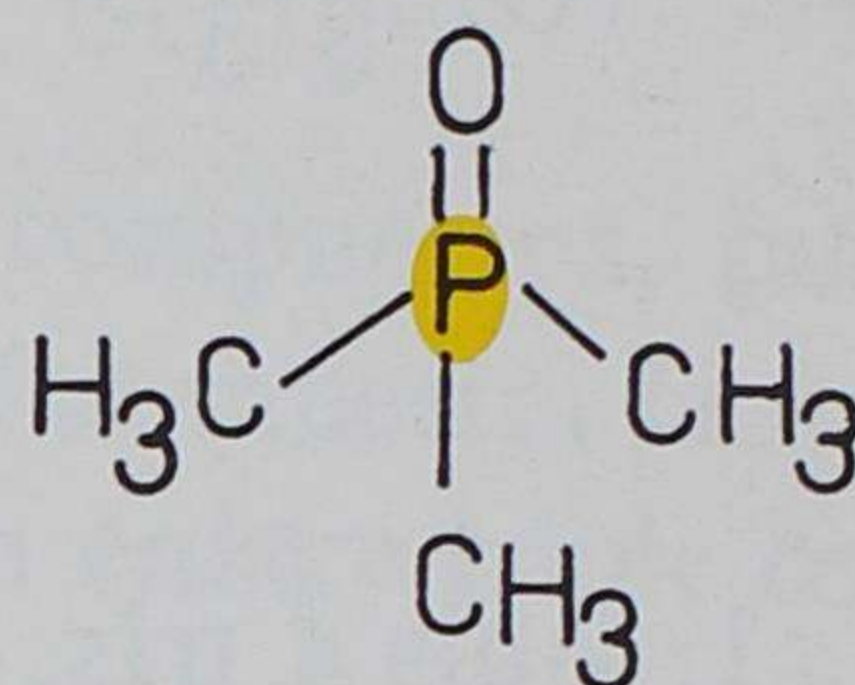
S-metil dietilfosfinotiotato

Los compuestos tetravalentes son aún más numerosos que los trivalentes, pues el número de compuestos conocidos

debe pasar del millón. Algunos son el trimetil fosfato o el óxido de la trimetil fosfina:



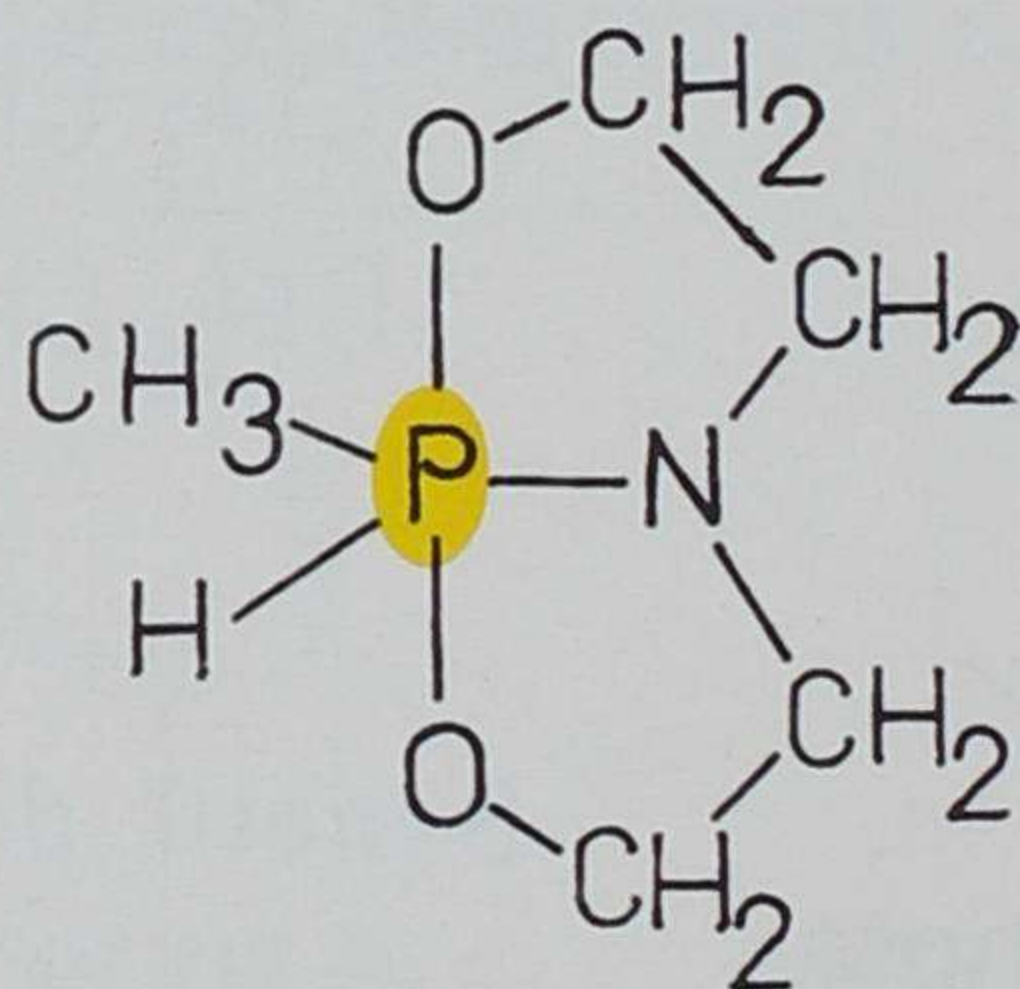
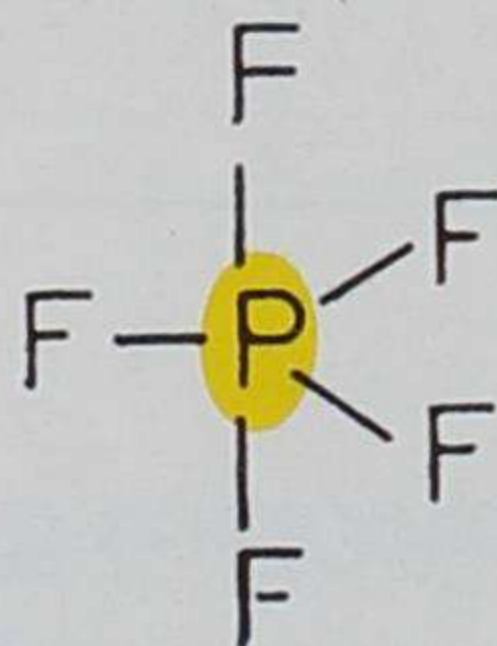
Trimetil fosfato



Oxido de la trimetil fosfina

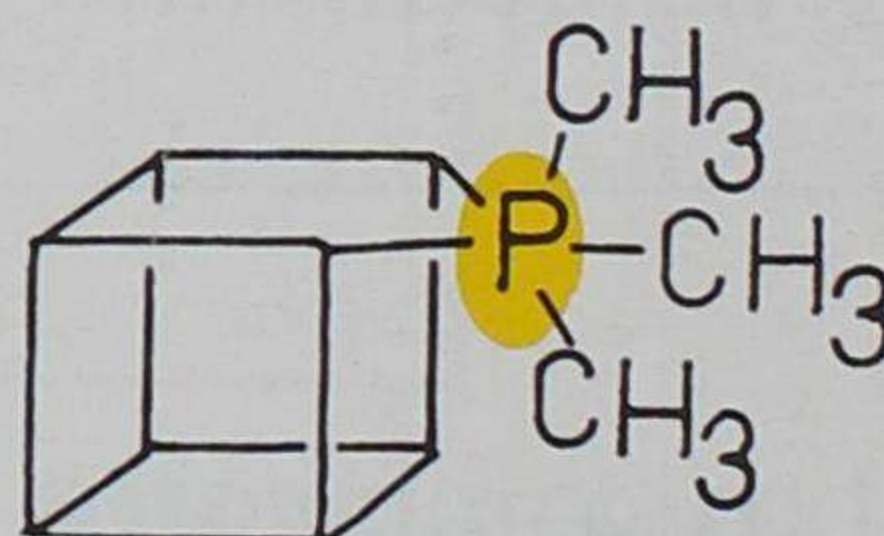
En los pentavalentes, que se conocen en general como fosforanos, el número de compuestos decrece a miles. Tres ejemplos son los siguientes:

Pentafluoruro de fósforo

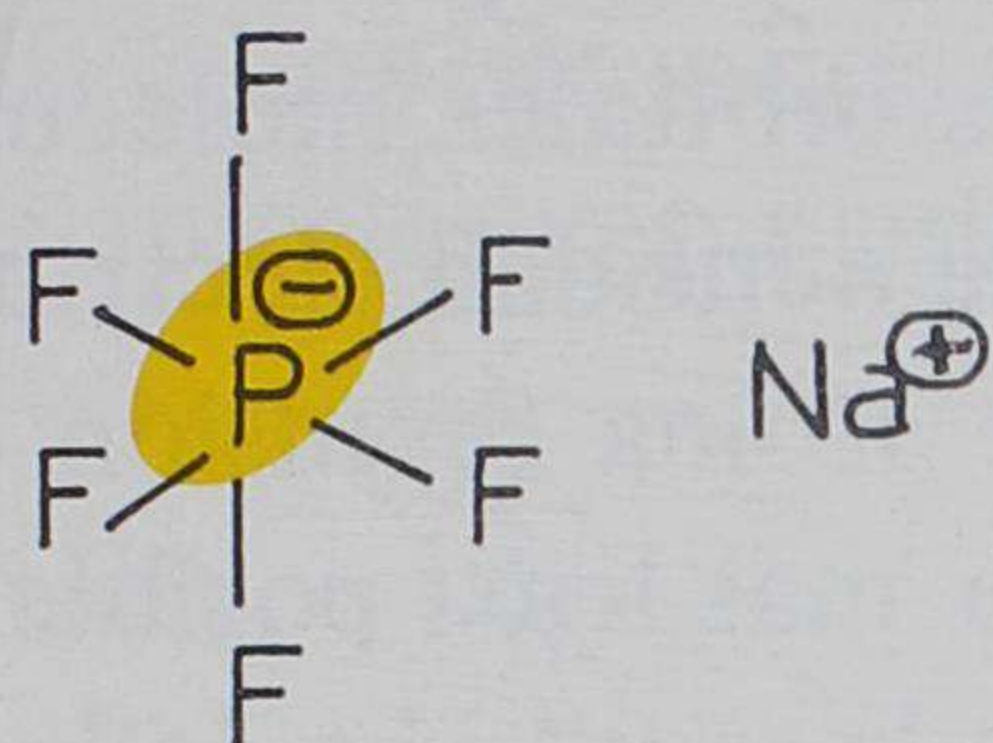


Metil-8-dioxa-1,7-aza-4-fosfa^v-8-biciclooctano [3,3,0]

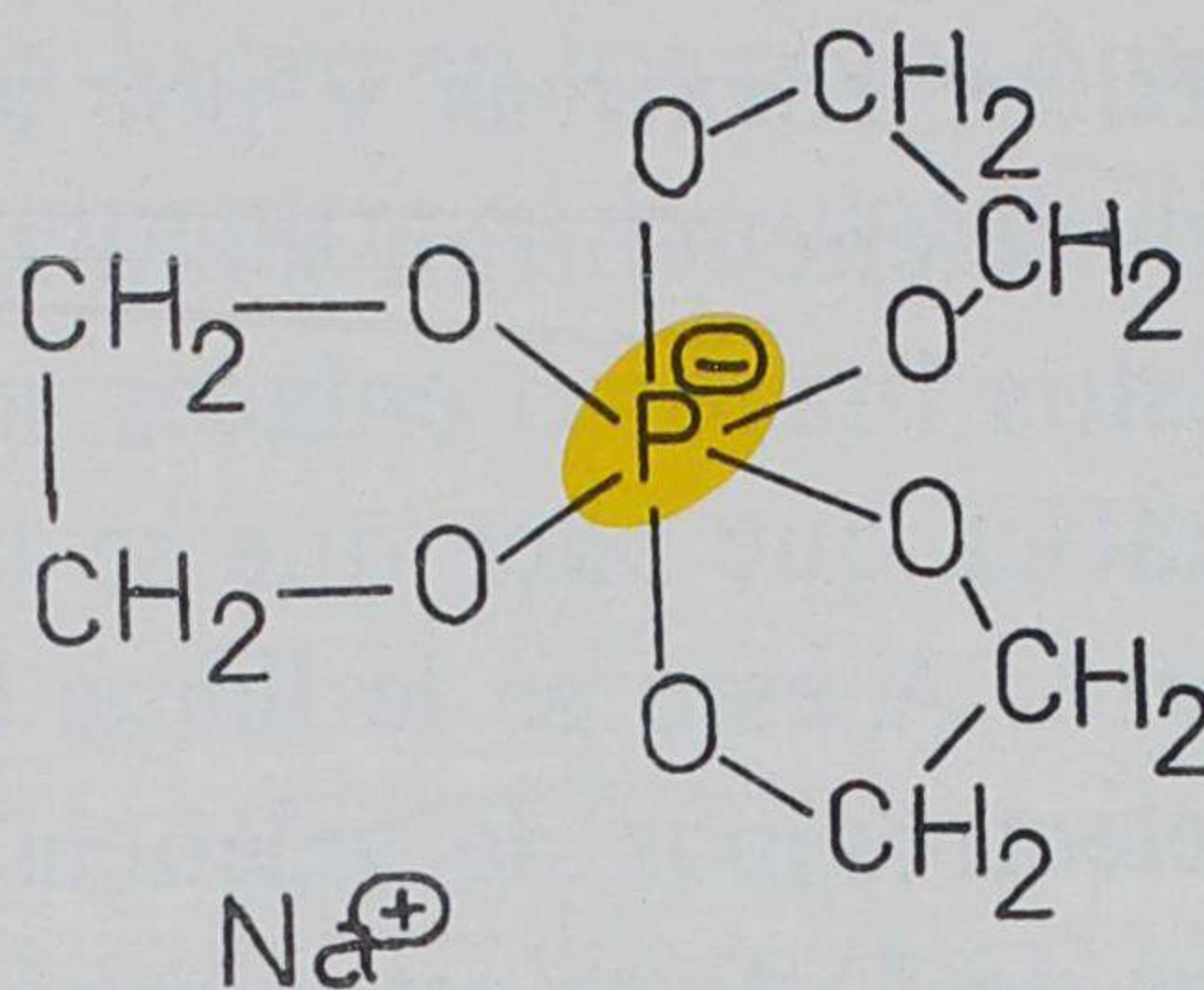
Homocubil trimetil fosforano



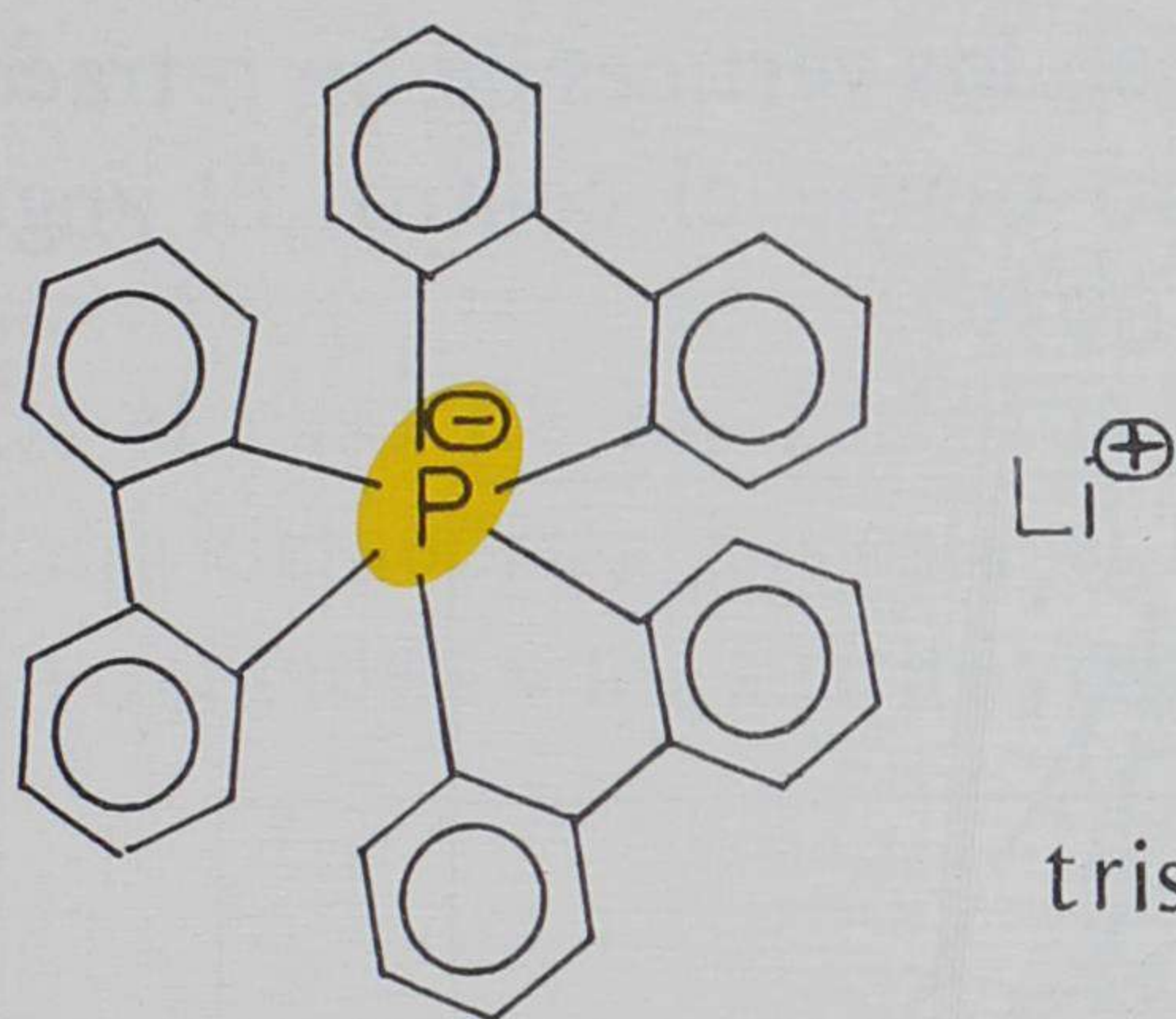
Los hexavalentes tampoco son muy numerosos; he aquí algunos ejemplos:



hexafluoro fosfato
de sodio



tris 1, 2 etandioxifosfato
de sodio

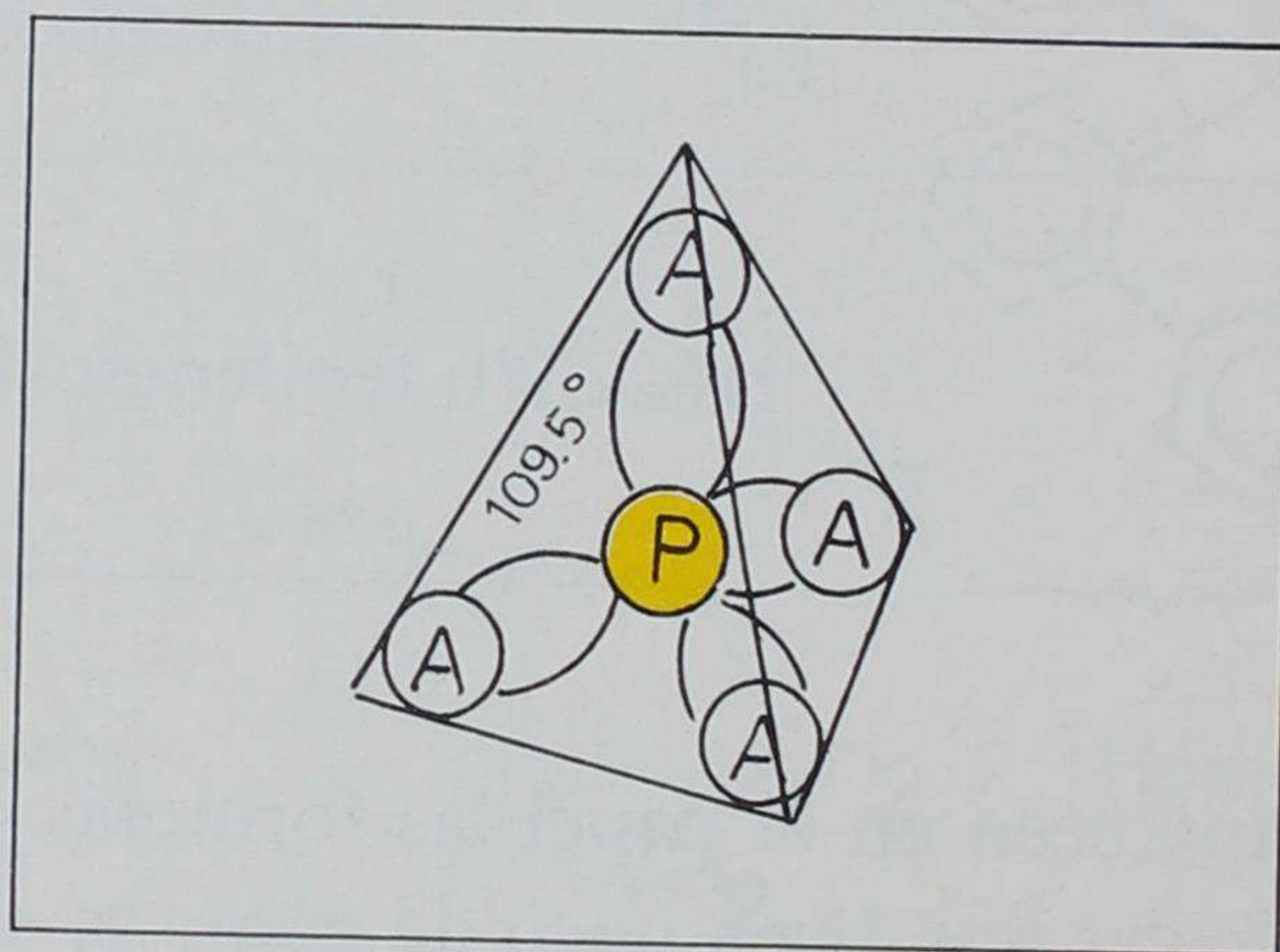


tris-2,2'b fenilenefosfato de litio

Tal como aparecen en el papel las fórmulas que representan a las moléculas nos dicen poco de cómo se encuentran en realidad los átomos en el espacio. Cabe interrogarse si hay alguna regla de colocación o si éstos se acomodan al azar. Hay en efecto leyes naturales muy sencillas que determinan cómo se disponen unos átomos alrededor de otros.

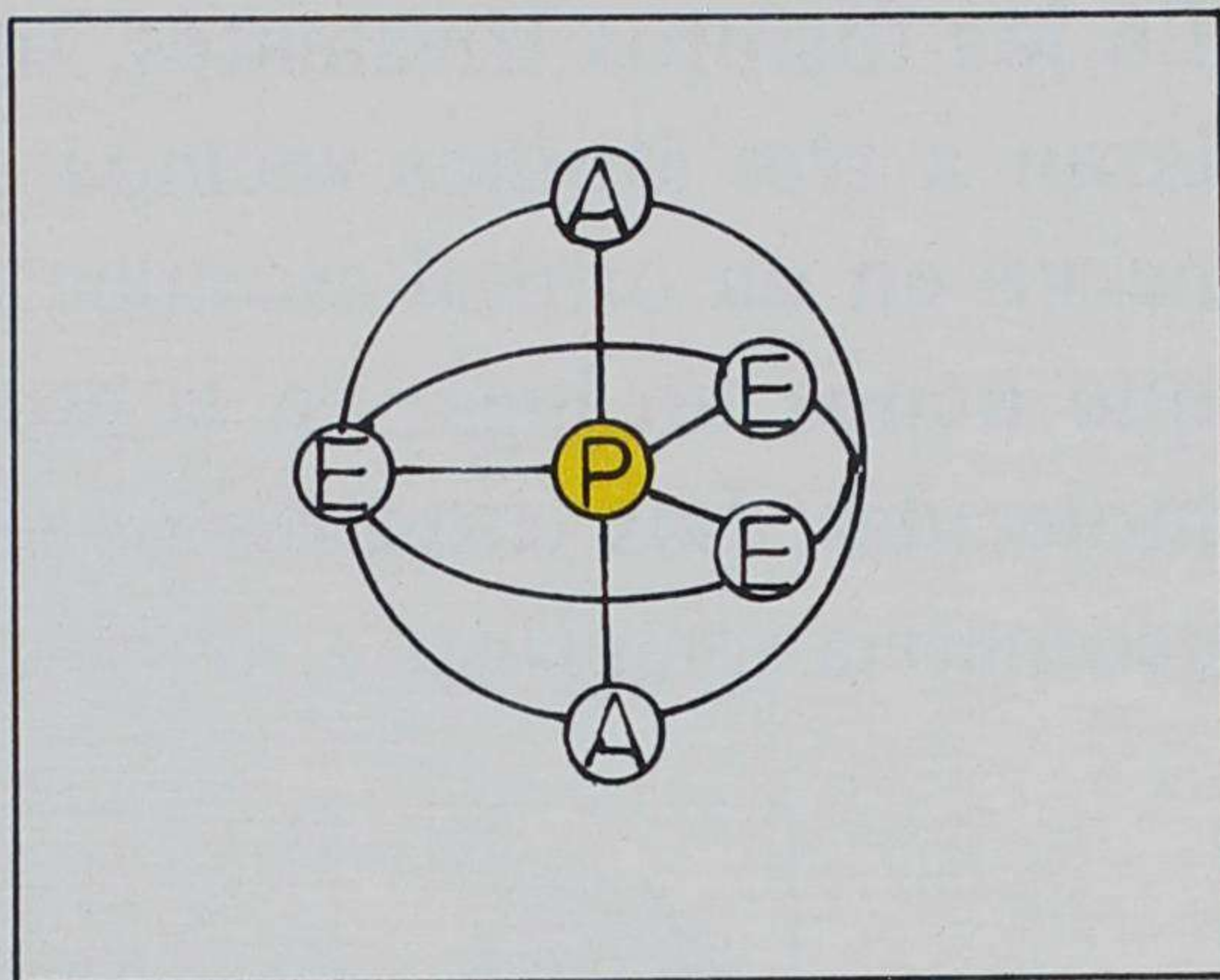
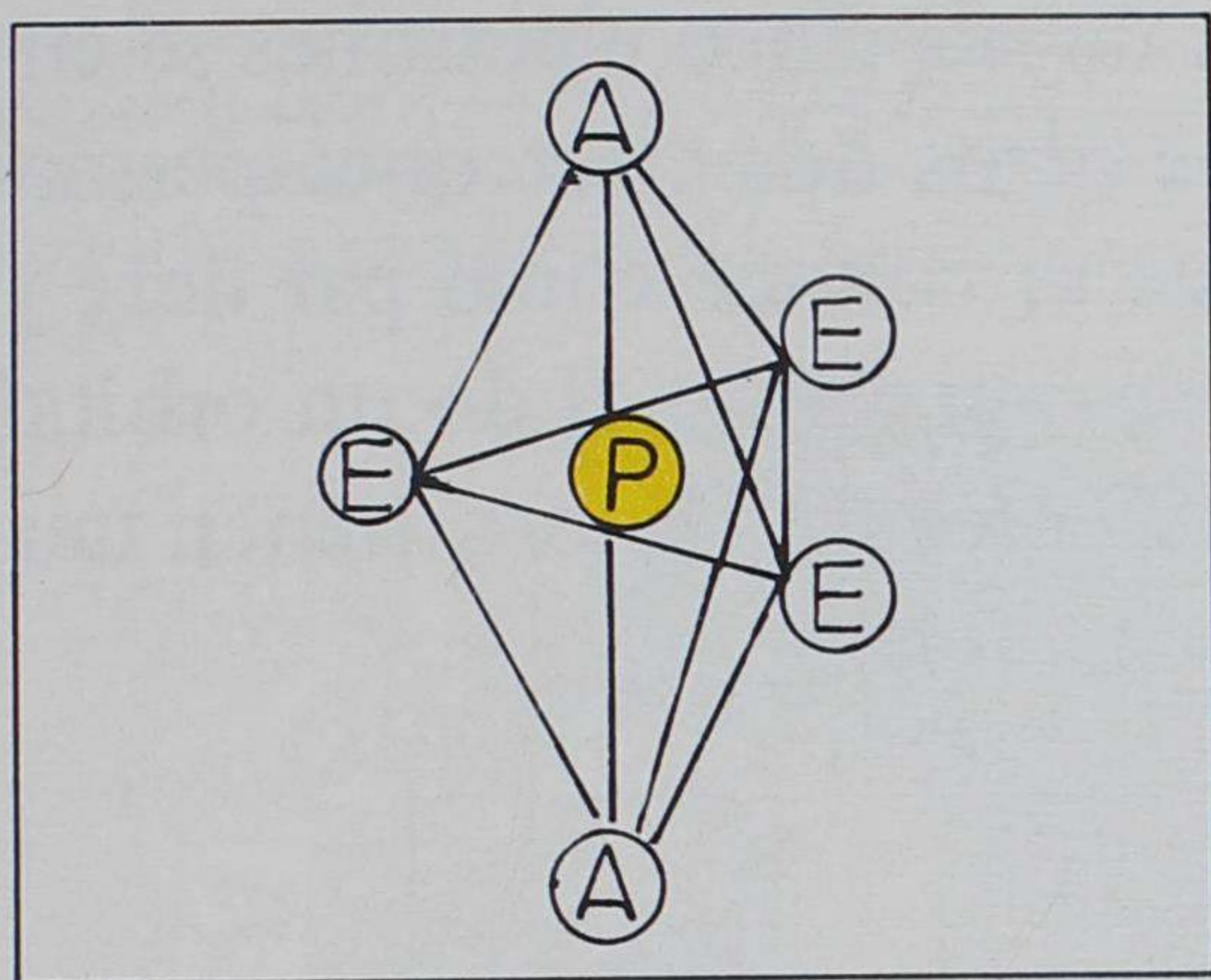
Cuando dos átomos comparten sus electrones, éstos se colocan en zonas llamadas orbitales moleculares. Los orbitales moleculares sirven para unir a los átomos entre sí a manera de brazos que se enlazan. Los electrones poseen cargas eléctricas negativas y por lo tanto los orbitales moleculares donde se encuentran serán zonas de alta densidad eléctrica.

Estos brazos o enlaces sufren entre sí una repulsión electrostática que hace que se coloquen lo más lejos posible uno de otro. A esto se le llama la teoría de la repulsión de los pares electrónicos de valencia. Así, en los compuestos tetravalentes de fósforo estos orbitales tienden a alejarse. Geométricamente, esto significa que los cuatro átomos a los que está unido el fósforo se encuentran en los vértices de un tetraedro imaginario, en donde el fósforo ocupa el centro. El ángulo entre los orbitales será igual a 109.5° .

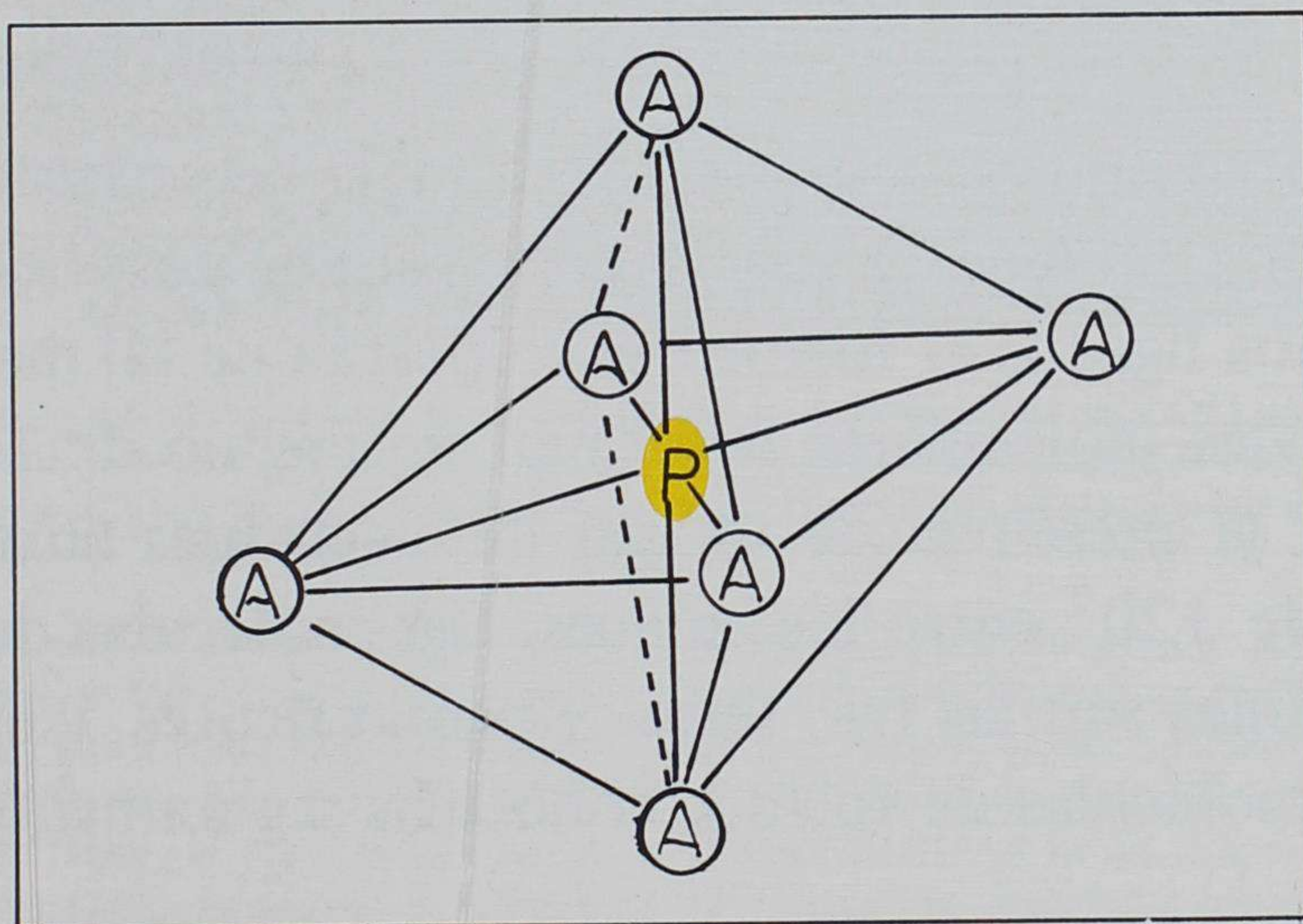


Cuando los átomos que se unen al fósforo (a los cuales se les llama también sustituyentes) son cinco, por razones de geometría no se pueden distribuir de manera que queden equidistantes. La única forma de mantener alejados cinco

puntos en una esfera es lo que conocemos como un arreglo de bipirámide trigonal. El fósforo se encuentra en el centro de la esfera, y tres de los sustituyentes quedan en el ecuador, equidistantes entre sí, formando un ángulo entre los orbitales de 120° . Los otros dos átomos se colocan en los polos o posiciones apicales y sus orbitales forman entre sí ángulos de 180° .

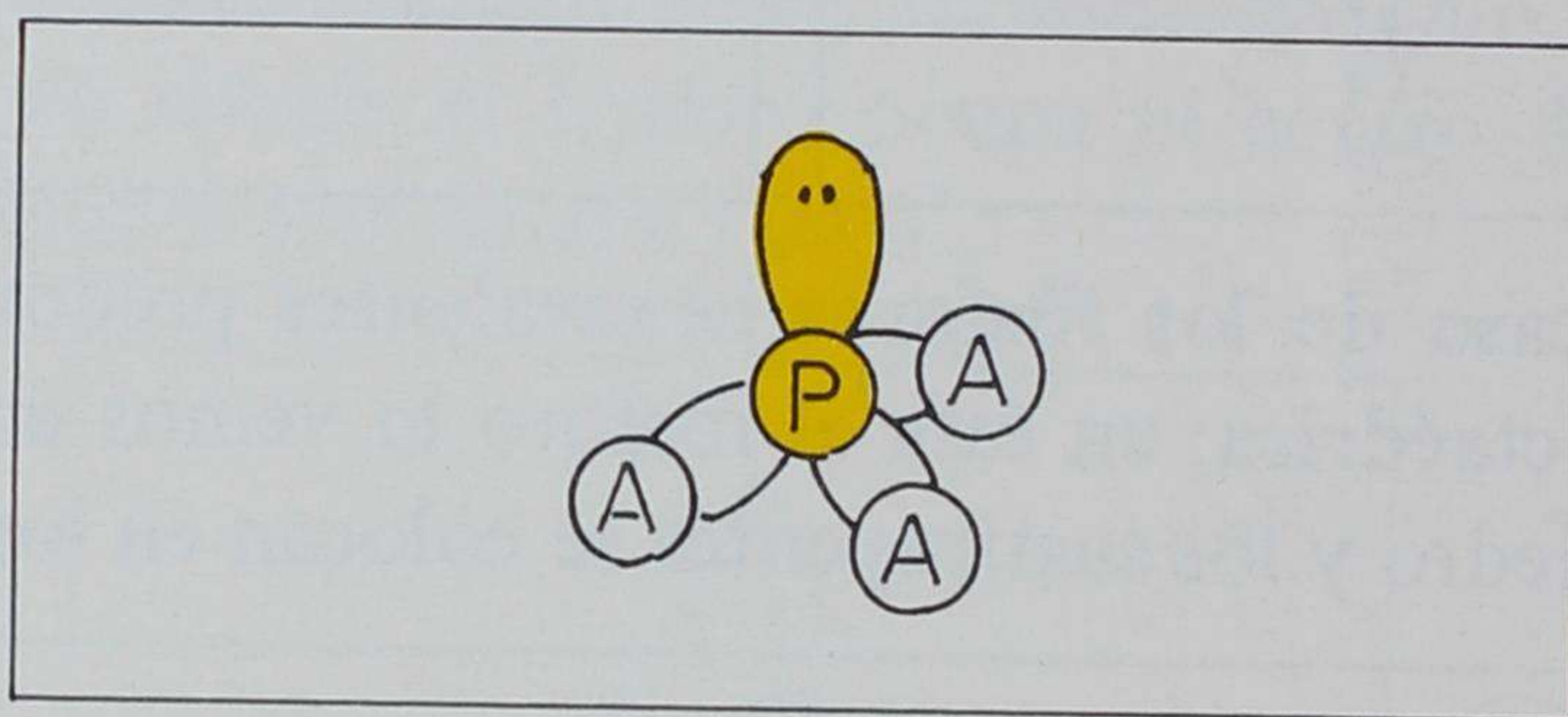


En el caso de los fósforos hexavalentes predomina la estructura octaédrica; en ésta el fósforo lo vemos en el centro de un octaedro y los sustituyentes se colocan en los vértices.



¿Qué pasa con los fósforos trivalentes y divalentes?

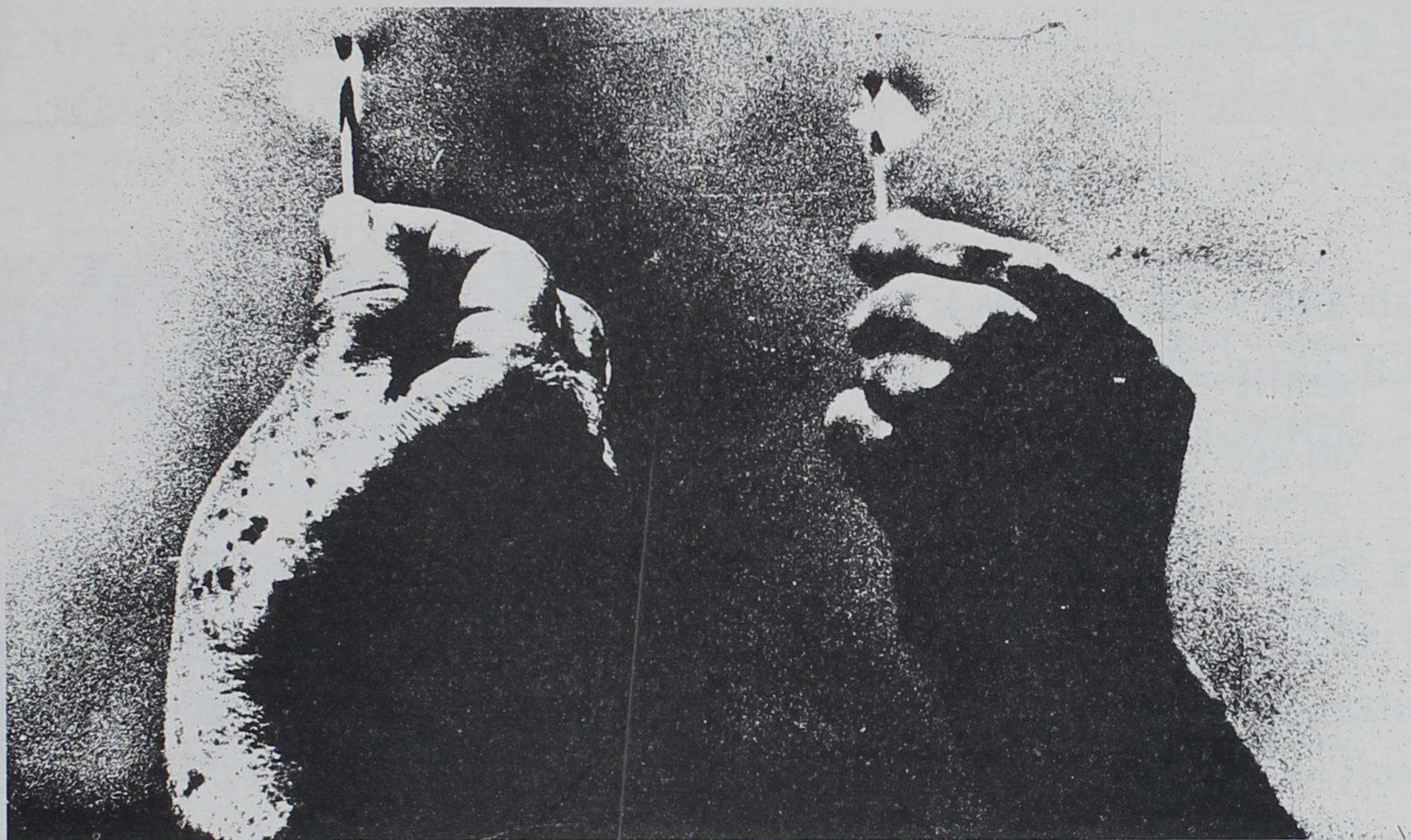
En los fósforos trivalentes, tres de sus cinco electrones se enlazan a tres átomos vecinos; los otros dos electrones permanecen en un orbital atómico que se conoce como par libre y que ocupa un lugar en el espacio semejante al de un orbital molecular. Los compuestos trivalentes de fósforo tienen una geometría semejante a los tetravalentes.



En los compuestos divalentes la regla de colocación geométrica que impone la teoría de repulsión nos dice que los dos átomos ligados al fósforo se colocarán de tal manera que sus orbitales moleculares describan un ángulo de 180° . Sin embargo, la presencia de un par de electrones libre impone ángulos de 120° entre los enlaces. Las moléculas de fósforo más comunes son las tri-, tetra- y pentavalentes, y el número total de moléculas de fósforo conocidas seguramente pasa de un millón.

El fósforo y los cerillos

El fósforo elemental es sumamente reactivo al aire. Se le conserva sumergido en agua o en un disolvente inerte, pero en contacto con el aire se oxida violentamente y produce una flama, lo cual fue aprovechado para hacer cerillos.

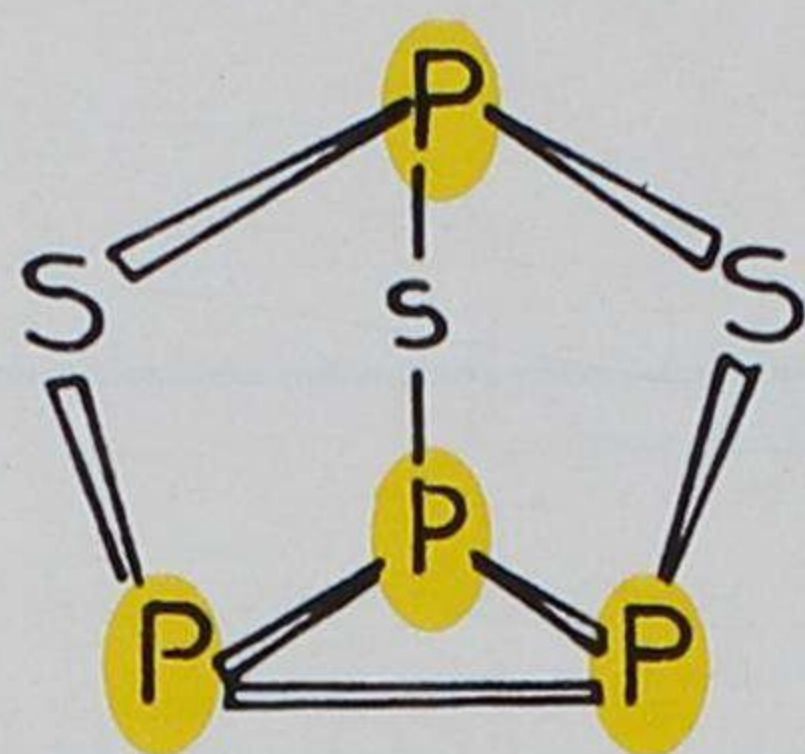


Una de las primeras aplicaciones del fósforo, encender un cerillo, es en nuestros días una acción simple y común. Más complicadas eran las cosas para nuestros antepasados, pues en sus antiguas versiones los cerillos llevaban fósforo blanco que los hacía venenosos y peligrosos no sólo para los usuarios sino también para las personas que los elaboraban.

Los primeros cerillos fueron diseñados en 1780 y eran un artículo de lujo compuesto por una varita de papel embarrada con fósforo dentro de un tubo de vidrio sellado. Cuando se necesitaba la flama, el tubo se rompía, el aire entraba, se oxidaba el fósforo y se prendía el papel.

Hoy es todavía un ingrediente de los cerillos

modernos, pero combinado con el azufre en forma de sesquisulfuro de fósforo ($P_4 S_3$). Este compuesto va acompañado de óxido de zinc (ZnO), como estabilizador, y clorato de potasio ($KClO_3$) como agente oxidante. Estas sustancias, mezcladas con polvo de vidrio y goma para obtener una pasta dura, hacen más seguro el uso del cerillo.



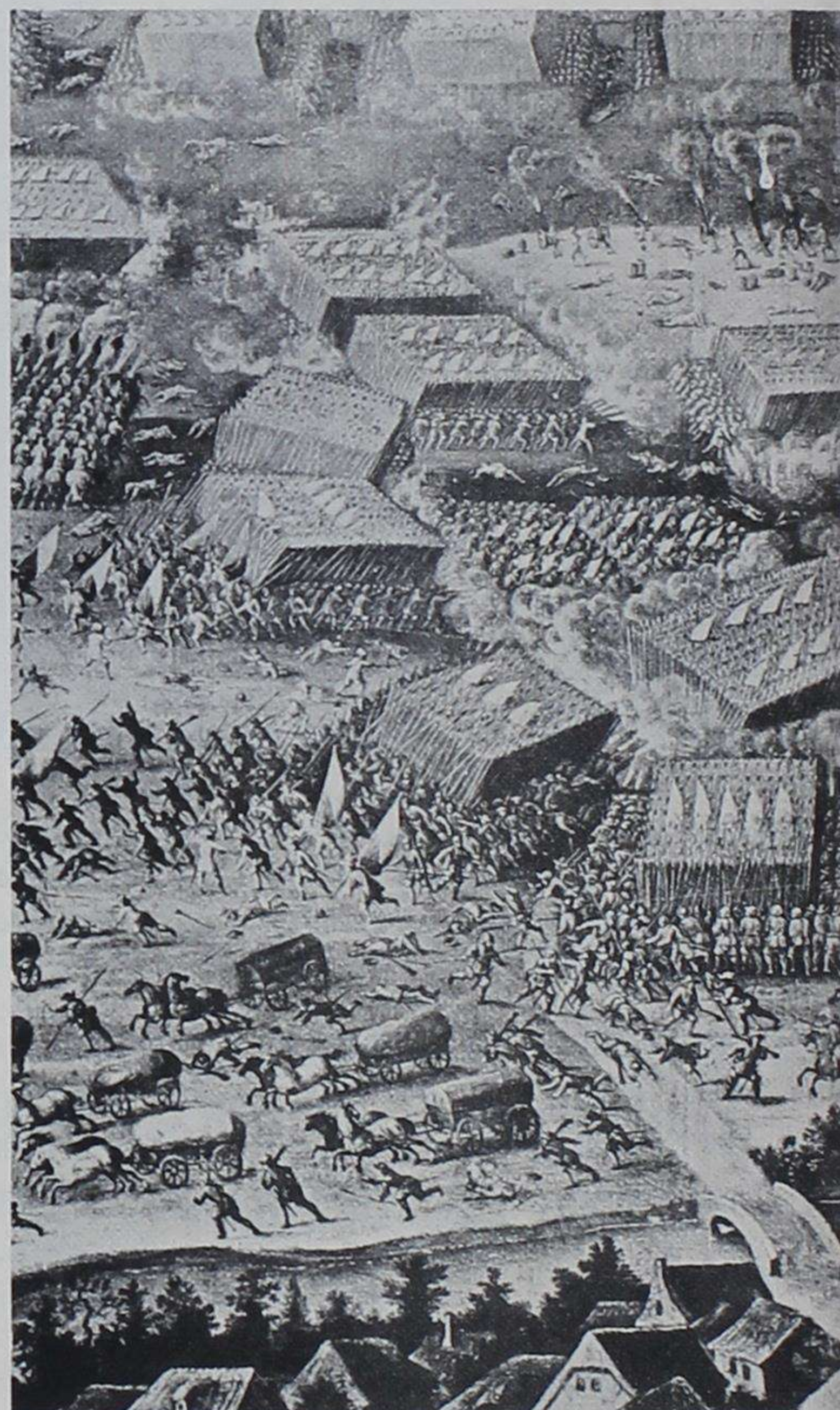
Molécula de sesquisulfuro de fósforo

El fósforo y el crecimiento de las plantas

Las investigaciones hechas durante los siglos XVIII y XIX mostraron la importancia del fósforo para los seres vivos. En 1770 se reconoció que el fósforo era un ingrediente de los huesos y de los dientes, y en la primera mitad del siglo XIX, Liebig, alemán especialista en química orgánica que fundó la química agrícola, y su colega Lawes descubrieron el papel del fósforo en la nutrición de las plantas y el papel de los fosfatos como fertilizantes.

Hasta fines del siglo pasado, la elaboración de los cerillos y los fertilizantes fueron los usos más importantes del fósforo. Durante los cien años posteriores a su descubrimiento, la orina fue la única fuente para obtenerlo. Más tarde se le extrajo de los huesos, principalmente de aquéllos que yacían en los campos de batalla. Luego se encontraron los primeros depósitos minerales de fosfatos.

Los huesos han sido una fuente de fósforo debido a su alta concentración de este elemento. De los campos de batalla se podía recolectar material abundante para la preparación de fertilizantes.



La biología y la química del fósforo

Para entender la acción del fósforo en los procesos biológicos, los químicos han tenido que estudiar profundamente las propiedades químicas de los compuestos de fósforo, su estructura (geometría y disposición de los átomos en el espacio) y su reactividad (comportamiento químico con otras moléculas). Estos conocimientos los han empleado para crear nuevas estructuras y nuevos métodos de síntesis.

Y han tenido que preguntarse: qué es lo que hace que una molécula reaccione con otra para dar una o varias moléculas nuevas, o que simplemente una molécula se transforme en otra.

Todo se explica fácilmente en función de la energía. En general la naturaleza tiende a los estados de menor energía, es decir, a los más estables. Así, cuando juntamos dos sistemas químicos, éstos reaccionan para formar estructuras más favorables. En algunas ocasiones dichos sistemas no lo hacen espontáneamente porque necesitan energía para iniciar el proceso, pero llegado a cierto punto tenderán hacia los estados más estables.

Sin embargo, no siempre las nuevas moléculas serán más estables que los compuestos de los que partieron; los químicos han aprendido estrategias o trucos con los que se pueden

obtener productos que por una vía estrictamente natural no existirían. Es aquí donde la inteligencia humana juega un papel fundamental.

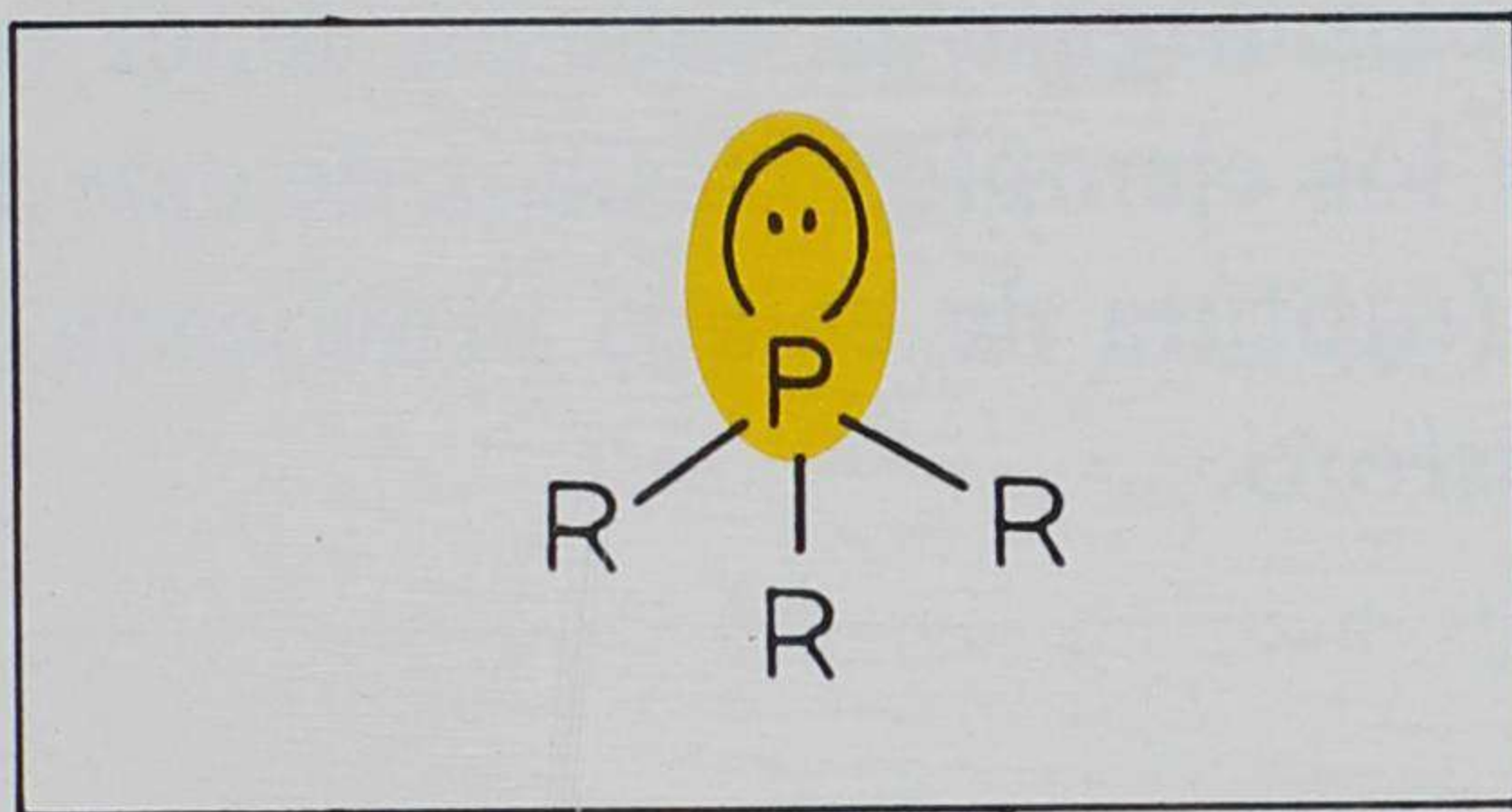
El mecanismo de las transformaciones químicas

Las moléculas utilizan sus electrones para realizar los cambios químicos. En muchos de los casos éstos buscarán en otras moléculas zonas deficientes en electrones, es decir, con cargas positivas, para formar nuevos enlaces; en otros casos las reacciones químicas tendrán lugar porque grupos de átomos de cargas opuestas se unirán para formar una molécula neutra. Habrá ocasiones en las que de una estructura neutra se generarán dos grupos de átomos, cada uno con cargas opuestas, pero indefectiblemente las variaciones de energía serán los motores de estas transformaciones.

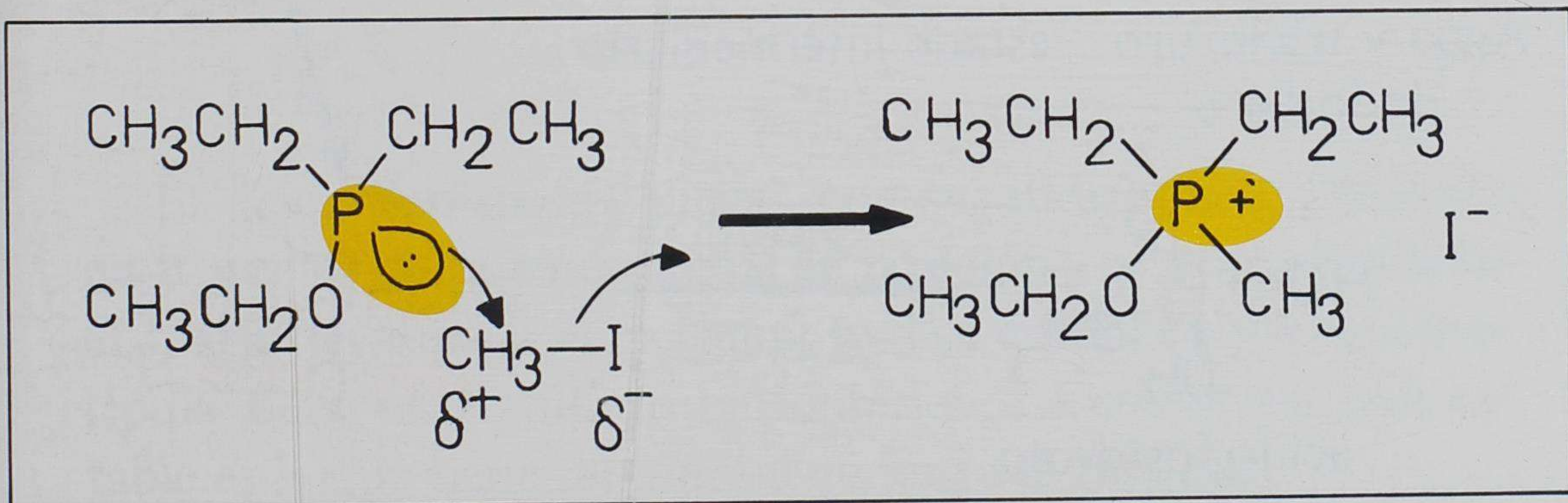
Cuando en un grupo de átomos o moléculas hay tendencia a buscar otros átomos o grupos de átomos deficientes en electrones (con carácter positivo) se habla de un comportamiento *nucleófilo*, es decir, afín al núcleo. Cuando la tendencia es acercarse a zonas negativas se hablará de carácter *electrófilo*. Teniendo en cuenta lo anterior analizaremos algunas de las reacciones más comunes en los compuestos de fósforo.

Reactividad de los compuestos trivalentes

La estructura general de los compuestos trivalentes de fósforo es tetraédrico. Unidos al fósforo podemos tener una gran variedad de átomos como el oxígeno, el nitrógeno, el carbono, los halógenos (cloro, bromo, iodo o fluor), silicio, hidrógeno. Estas moléculas tienen un par de electrones libres que imprime al fósforo un carácter nucleófilo, es decir, afinidad por átomos deficientes en electrones.

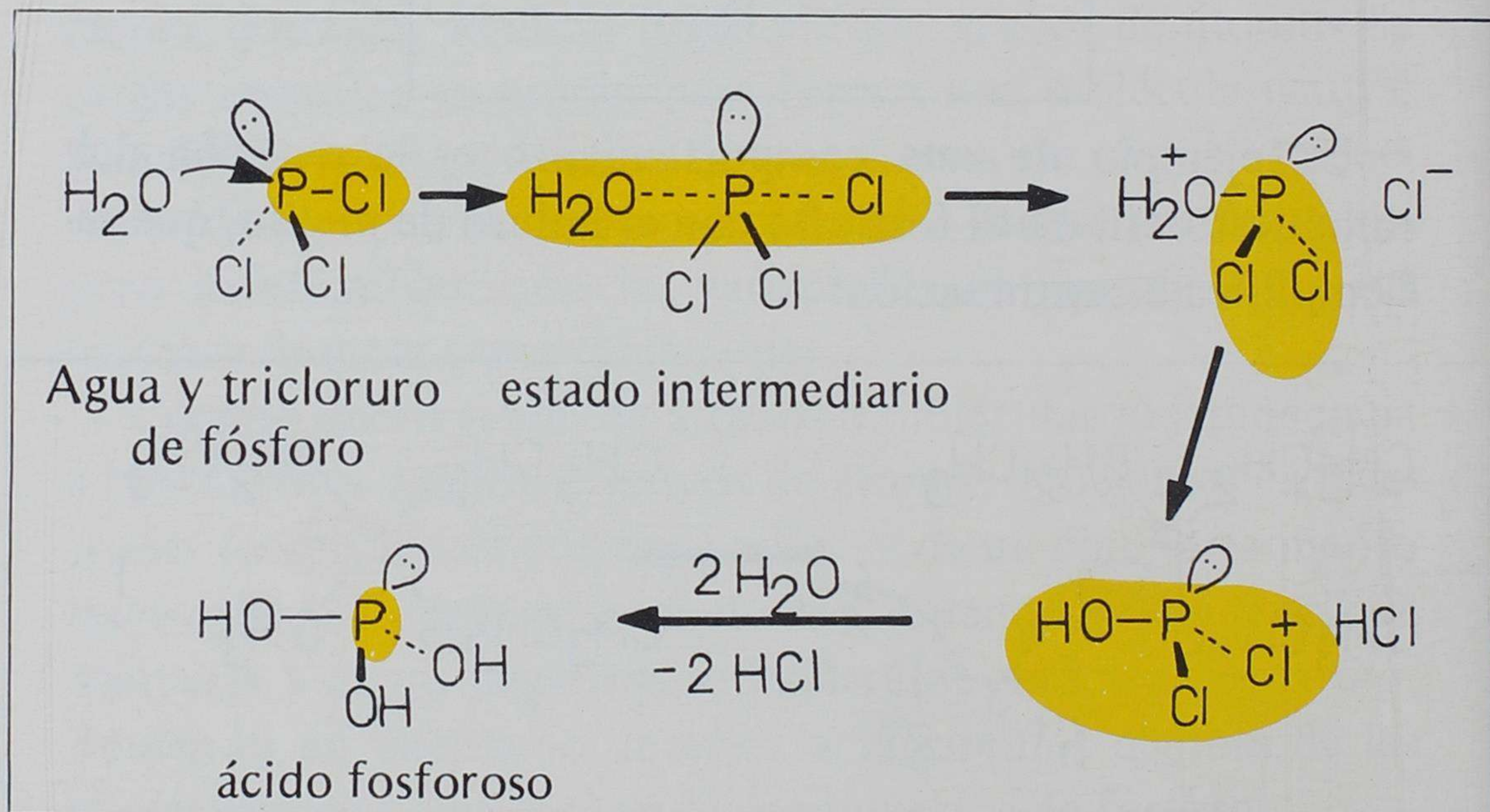


Un ejemplo de este comportamiento es la reacción del compuesto etil-dietil-fosfinito con el ioduro de metilo, que se ejemplifica a continuación:



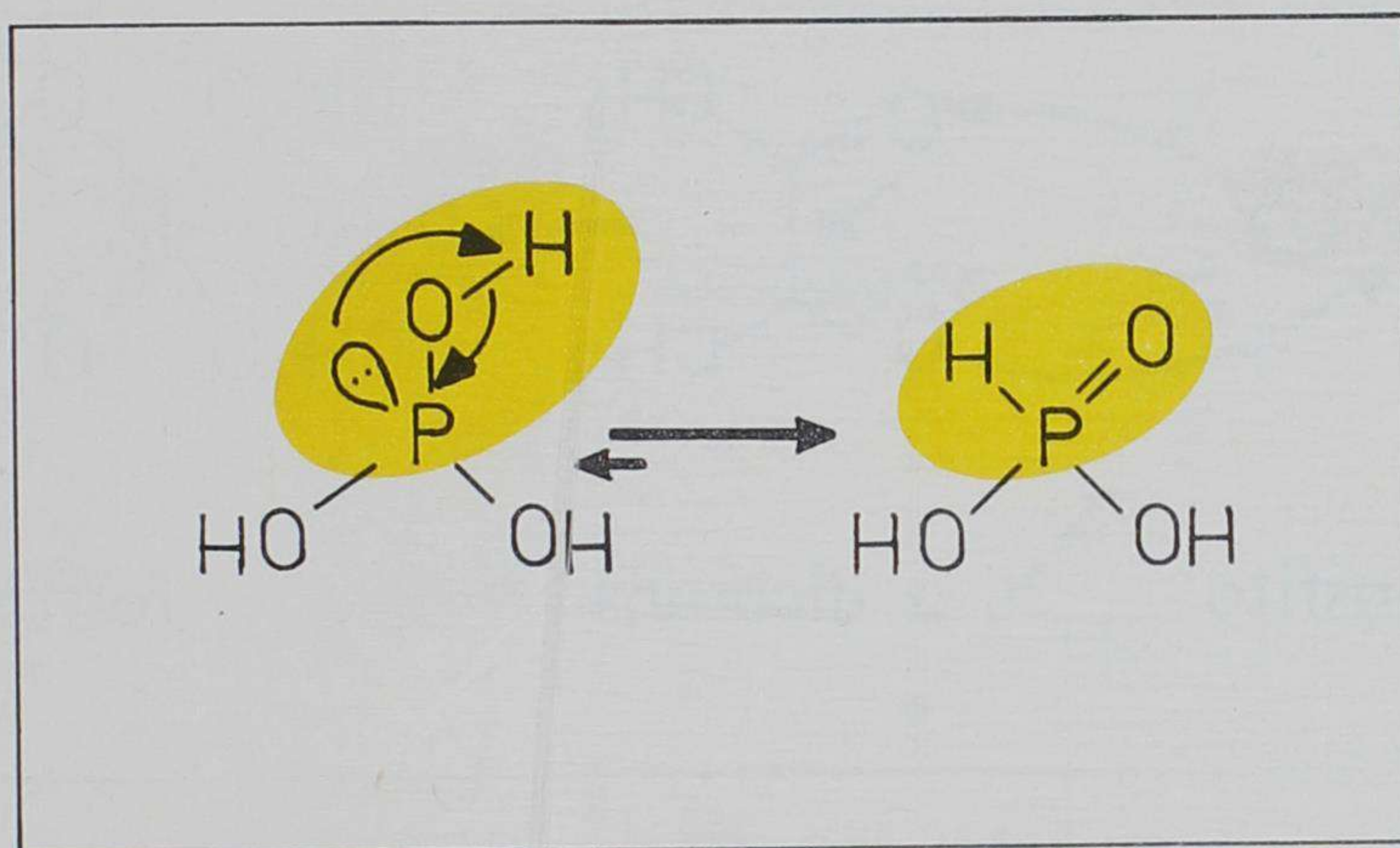
Esta reacción química conduce a la adición de un grupo metilo al fósforo, que pasa de trivalente a tetravalente, y a la formación de dos iones (ión es un átomo o un grupo de átomos que lleva una carga eléctrica): uno positivo, ión fosfonio, y otro negativo, ión yoduro. La reacción se efectúa a través del ataque al grupo metilo del par de electrones libres del fósforo. La presencia del yodo favorece el ataque, ya que polariza el enlace fósforo-carbono. El yodo es desplazado junto con un par de electrones, de manera que queda en forma de anión (ión negativo). Los movimientos de electrones están simbolizados por las flechas.

Los compuestos trivalentes de fósforo pueden tener afinidad hacia especies negativas, esto es, tener un carácter electrófilo. Uno de los ejemplos clásicos de este tipo de reacción es la hidrólisis (ruptura de enlace provocada por el agua) del tricloruro de fósforo:



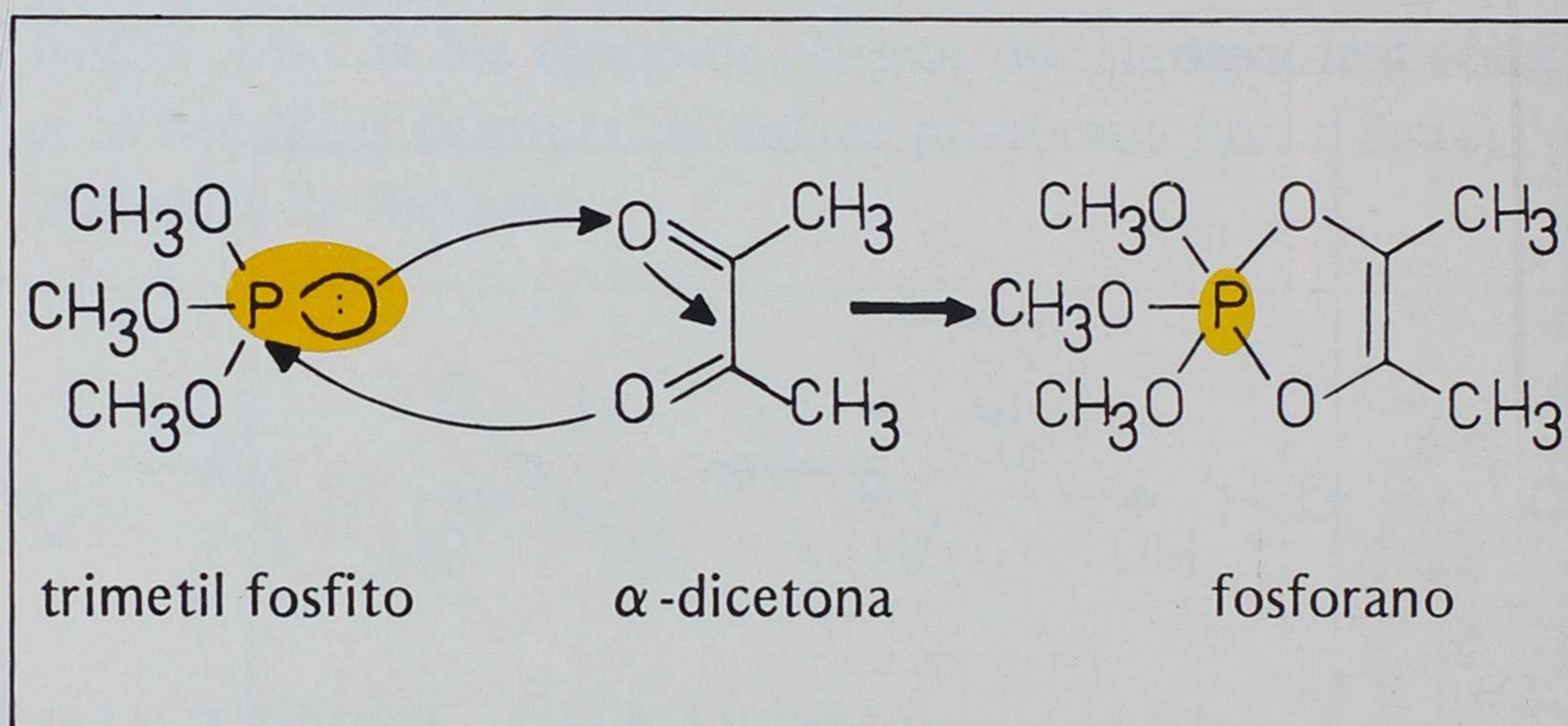
En esta reacción, el agua ataca al fósforo y se libera cloruro de hidrógeno. El intercambio de grupos se lleva a cabo a través de un estado que se conoce como intermediario, en el que el agua se acerca al fósforo por la parte posterior al grupo que sale. El estado intermediario tiene una geometría de bipirámide trigonal en la que el par libre ocupa una posición ecuatorial. El mismo ataque repetido dos veces más sustituye los tres cloros del fósforo por hidroxilos. La molécula que se forma por el ataque del agua al tricloruro de fósforo es el ácido fosforoso.

A continuación se muestra el equilibrio tautomérico del ácido fosforoso:



El ácido fosforoso “juega” con sus hidrógenos, situación en la que el hidrógeno cambia de posición y se coloca tanto en el fósforo como en el oxígeno; se dice entonces que esta molécula tiene un equilibrio tautomérico. La estructura más estable es la que tiene un hidrógeno junto al fósforo.

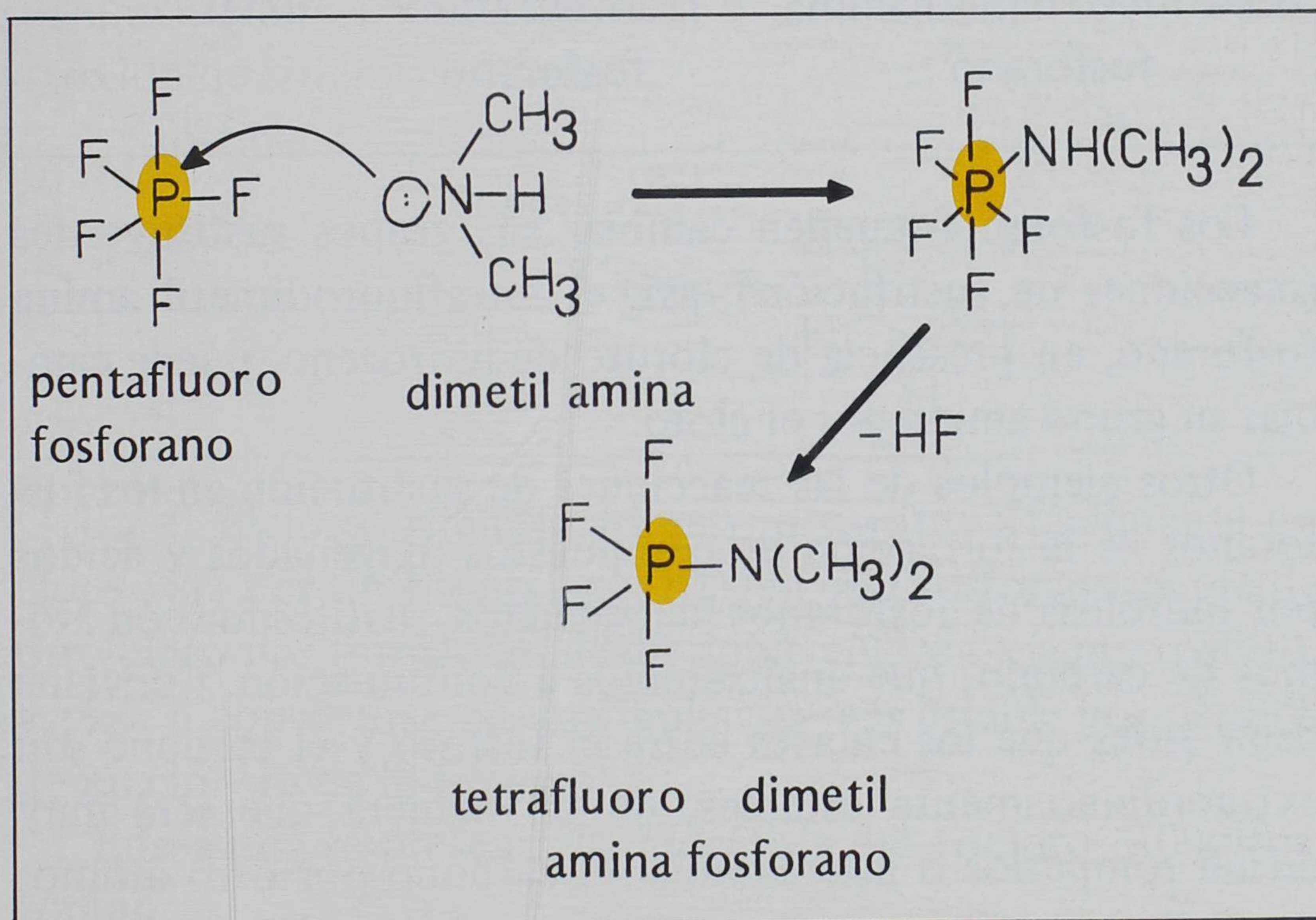
Los compuestos trivalentes de fósforo pueden comportarse a la vez como nucleófilos y como electrófilos, y en este caso tanto una especie positiva como una negativa reaccionan con el fósforo que pasa de un compuesto trivalente a uno pentavalente. Este tipo de reacción constituye un método de síntesis para compuestos de fósforo pentavalente; un ejemplo es la reacción siguiente:



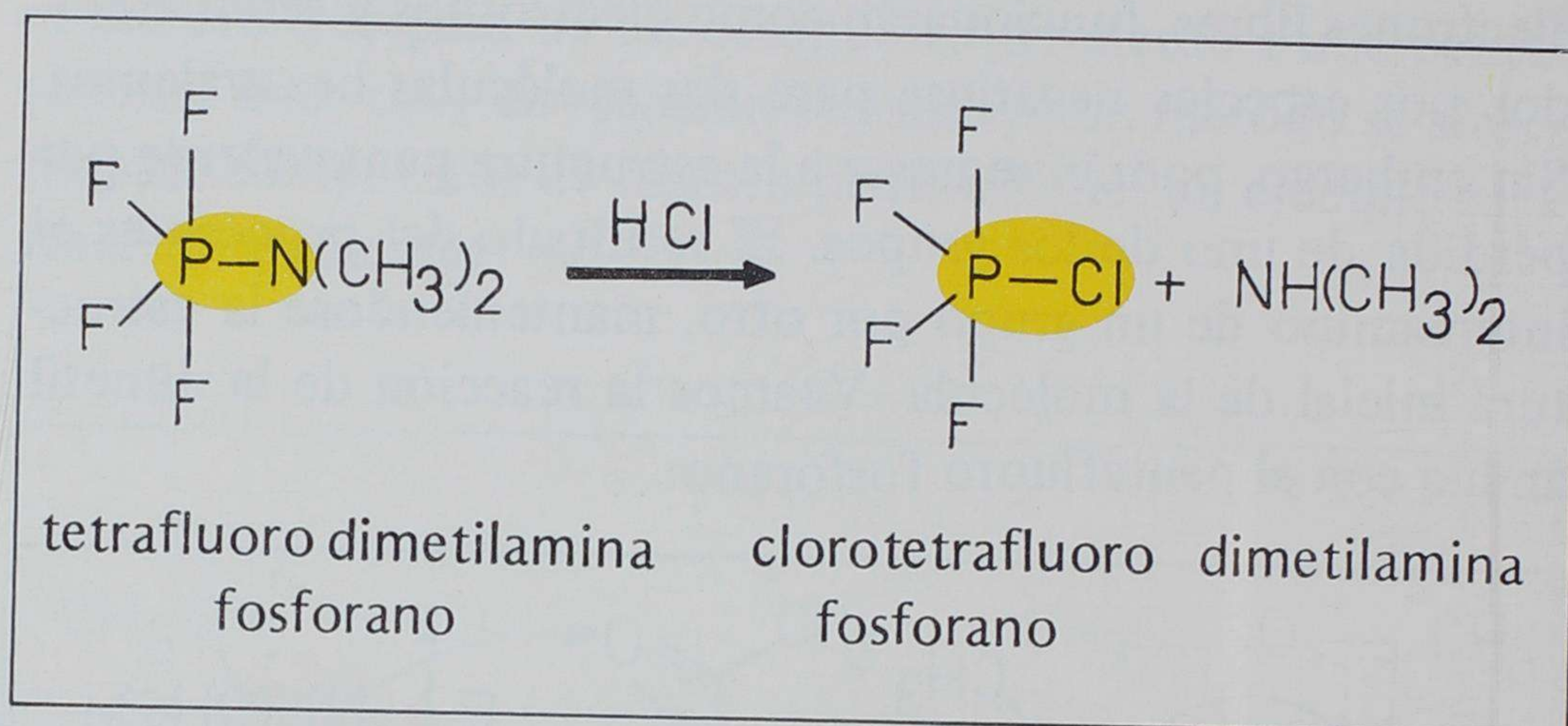
Se ilustra aquí la adición de una α -dicetona al trimetilfosfito. El par de electrones libres del fósforo establece un enlace con uno de los oxígenos; a su vez, el otro oxígeno hace un ataque nucleófilo al fósforo y forma el segundo enlace fósforo-oxígeno; la reacción da un fósforo pentavalente (fosforano).

Reactividad de los compuestos pentavalentes

Estos compuestos, en los que el fósforo no tiene pares de electrones libres, funcionarán como electrófilos y serán atacados por especies negativas para dar moléculas hexavalentes. Sin embargo, podrán regresar a la estructura pentavalente por pérdida de uno de los grupos. El resultado del proceso es el intercambio de un grupo por otro, manteniéndose la estructura inicial de la molécula. Veamos la reacción de la dimetil amina con el pentafluoro fosforano:

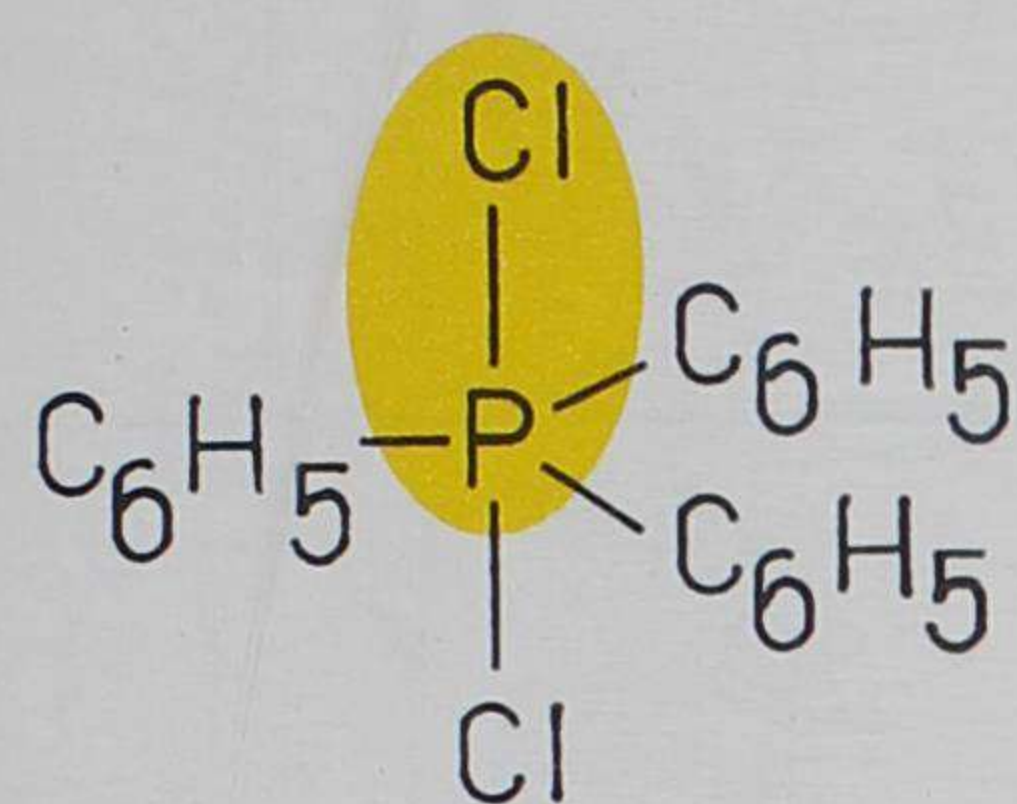


La dimetilamina se adiciona al fosforano por medio de su par de electrones libres, con lo que se obtiene un compuesto hexavalente. Este puede perder una molécula de fluoruro de hidrógeno para dar el tetrafluoro dimetilamina fosforano. Veamos un ejemplo de reacciones de sustitución en fosforanos:

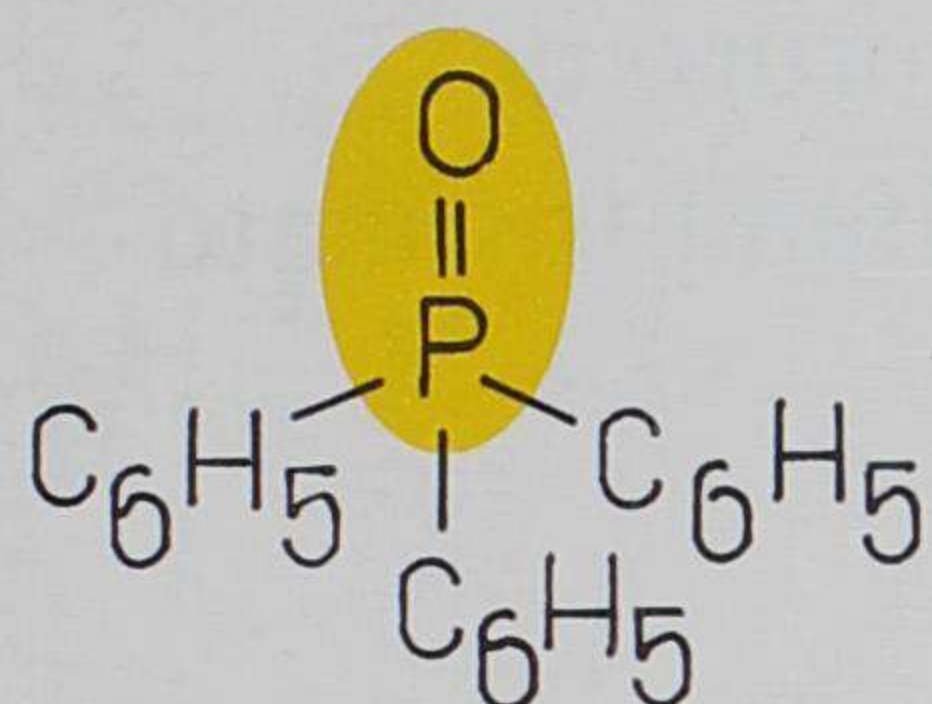
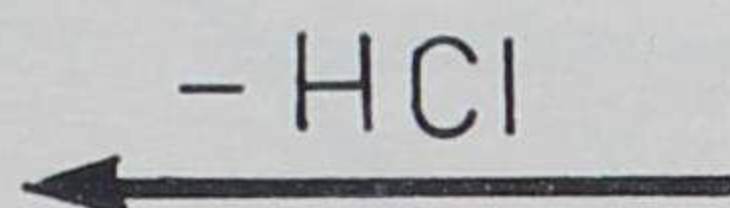
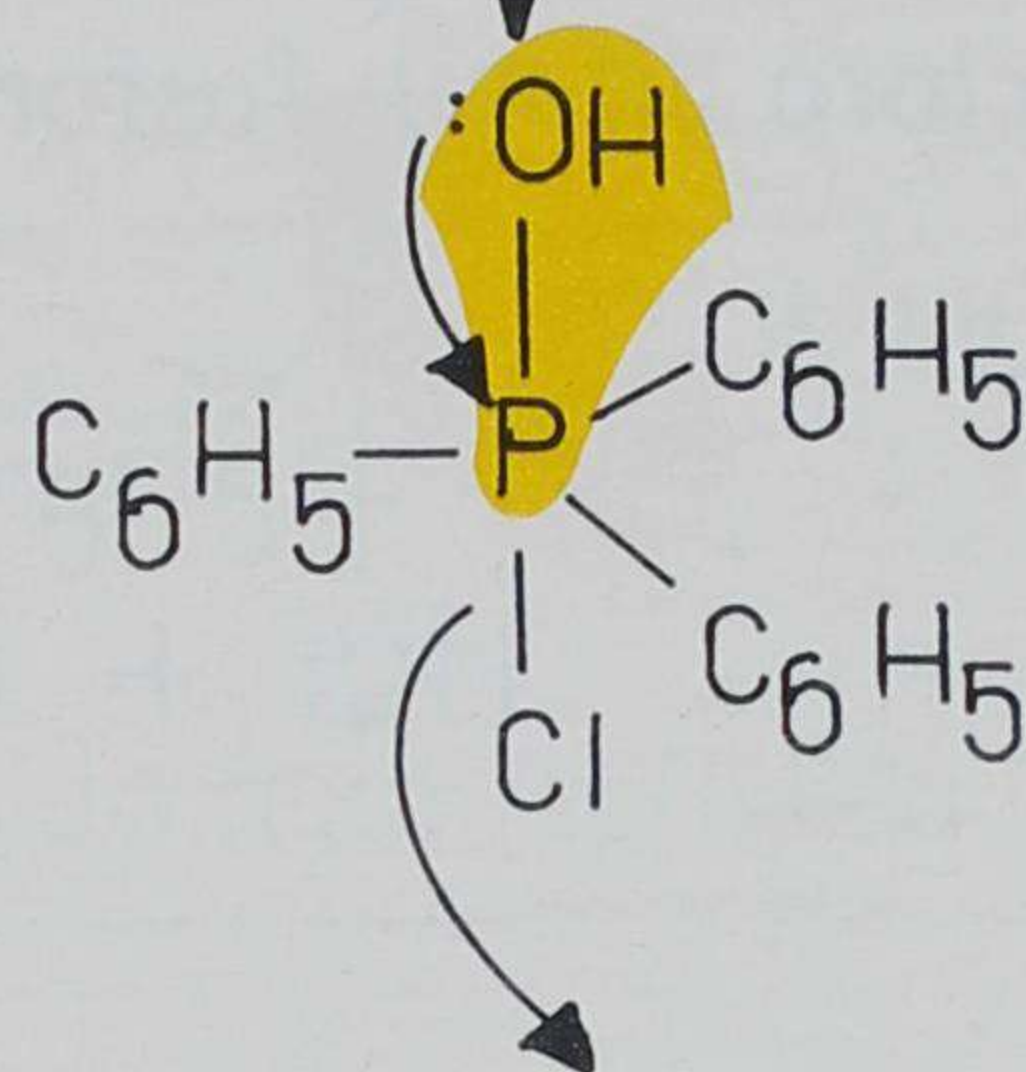
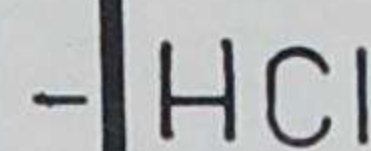
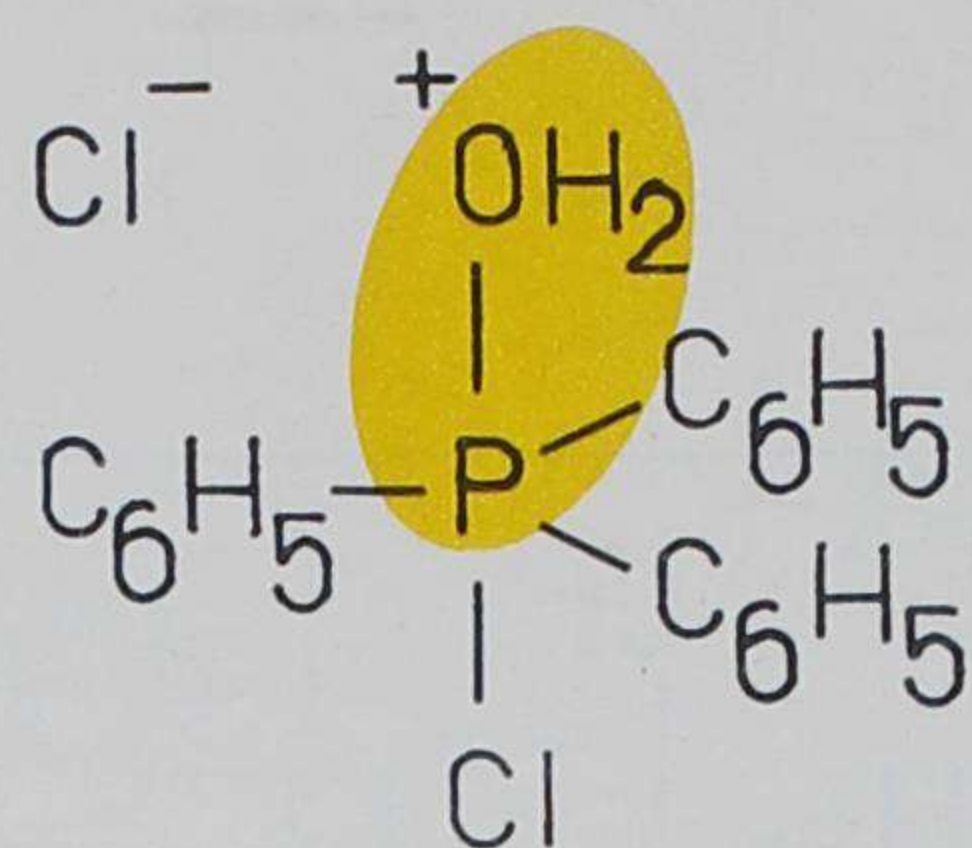
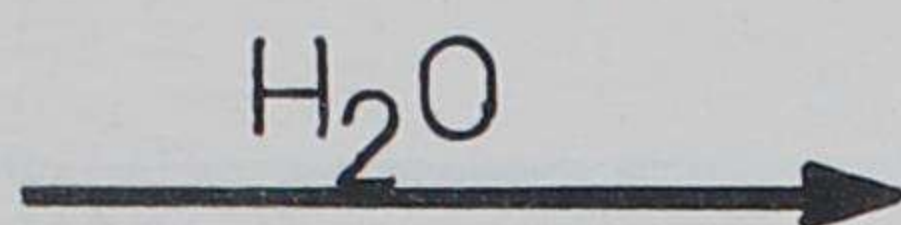


Los fosforanos pueden cambiar sus grupos sustituyentes (reacciones de sustitución); así, el tetrafluorodimetil amina fosforano, en presencia de cloruro de hidrógeno, puede cambiar su grupo amina por el cloro.

Otros ejemplos de las reacciones de sustitución en los fosforanos es la formación de compuestos oxigenados y ácidos por hidrólisis de fosforanos halogenados, sustituidos con átomos de carbono, que analizaremos a continuación. Conviene decir antes que los enlaces entre el fósforo y el carbono son extraordinariamente estables, de tal manera que será muy difícil romperlos o intercambiar el carbono por otro átomo.

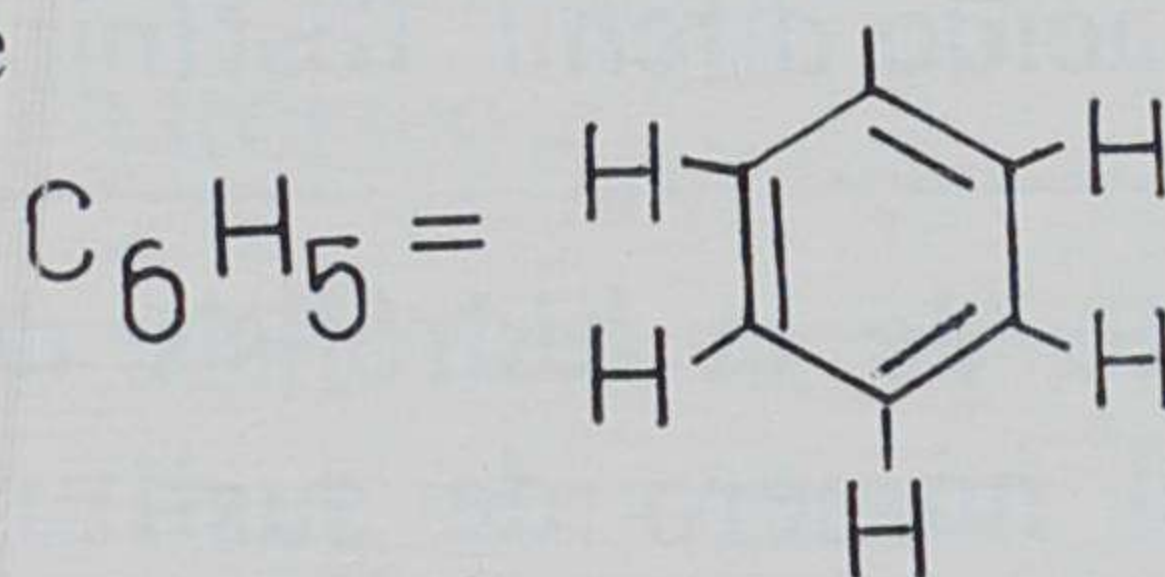


dicloro trifenil fosforano



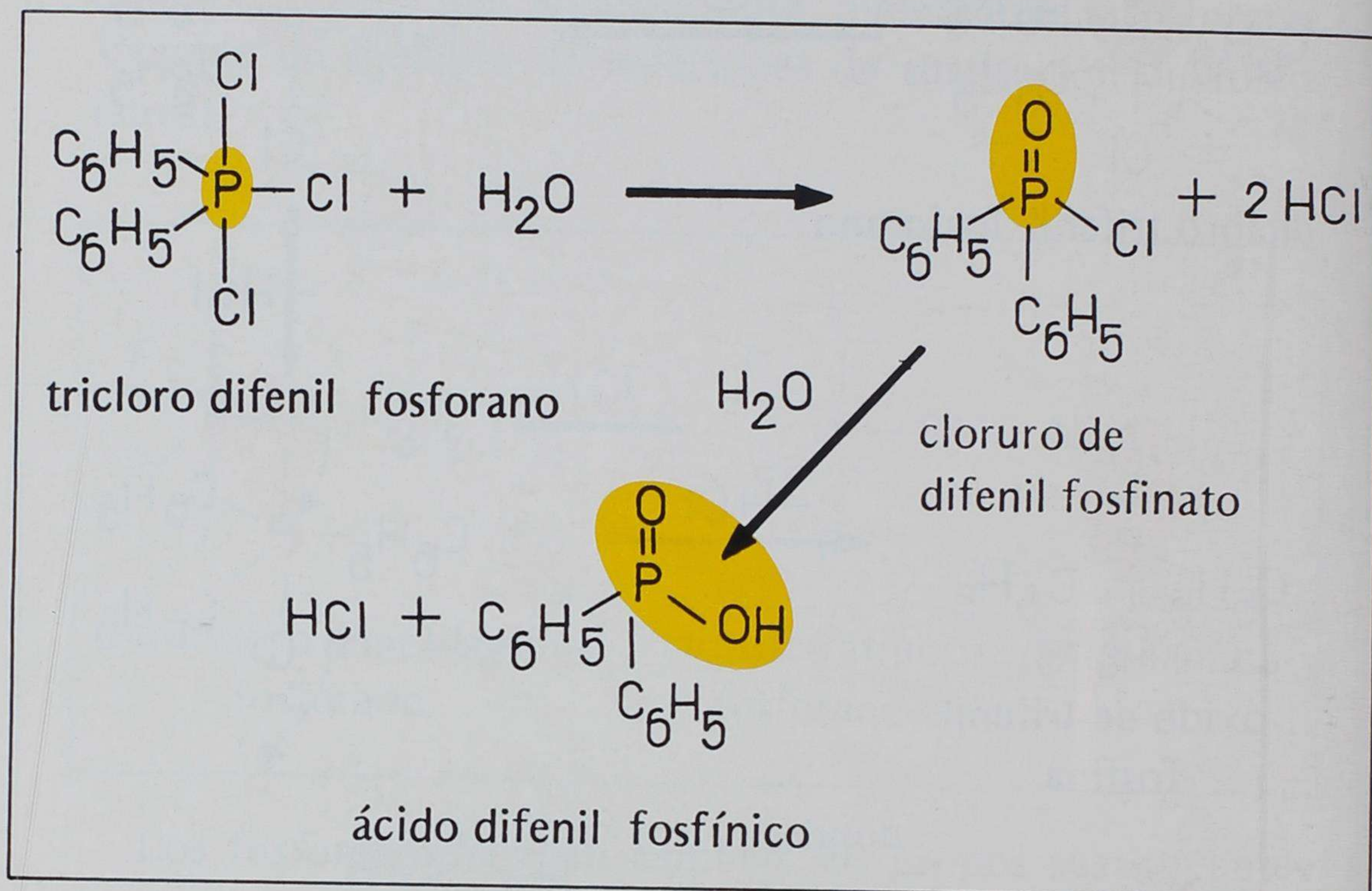
óxido de trifenil
fosfina

donde

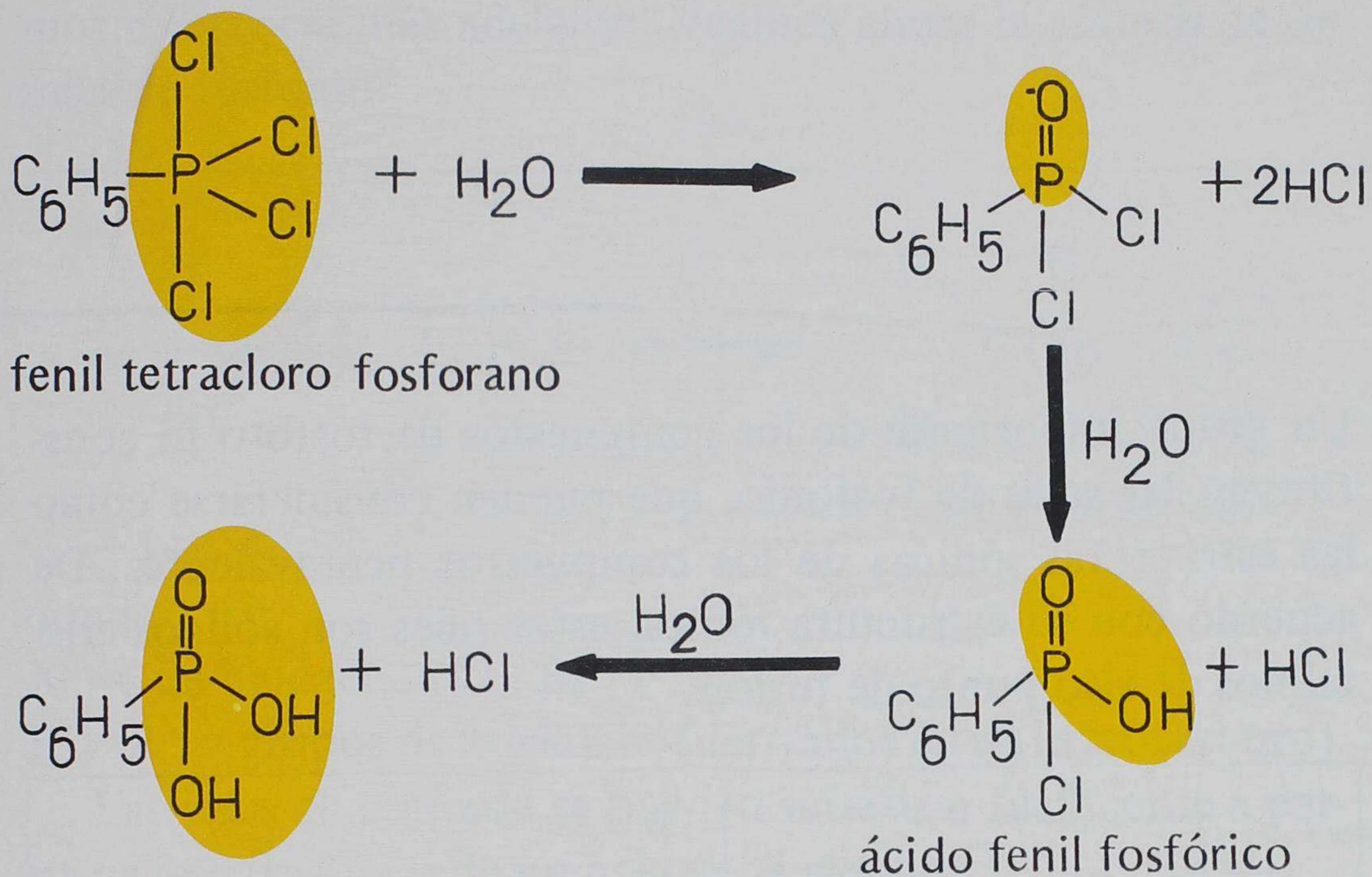


En el dicloro trifenilfosforano se sustituye fácilmente un cloro (Cl) por un hidroxilo (OH); en este fosforano se pierde otro cloro por formación de un doble enlace oxígeno-fósforo, y pasa a convertirse en una molécula más estable por pérdida de un cloruro de hidrógeno.

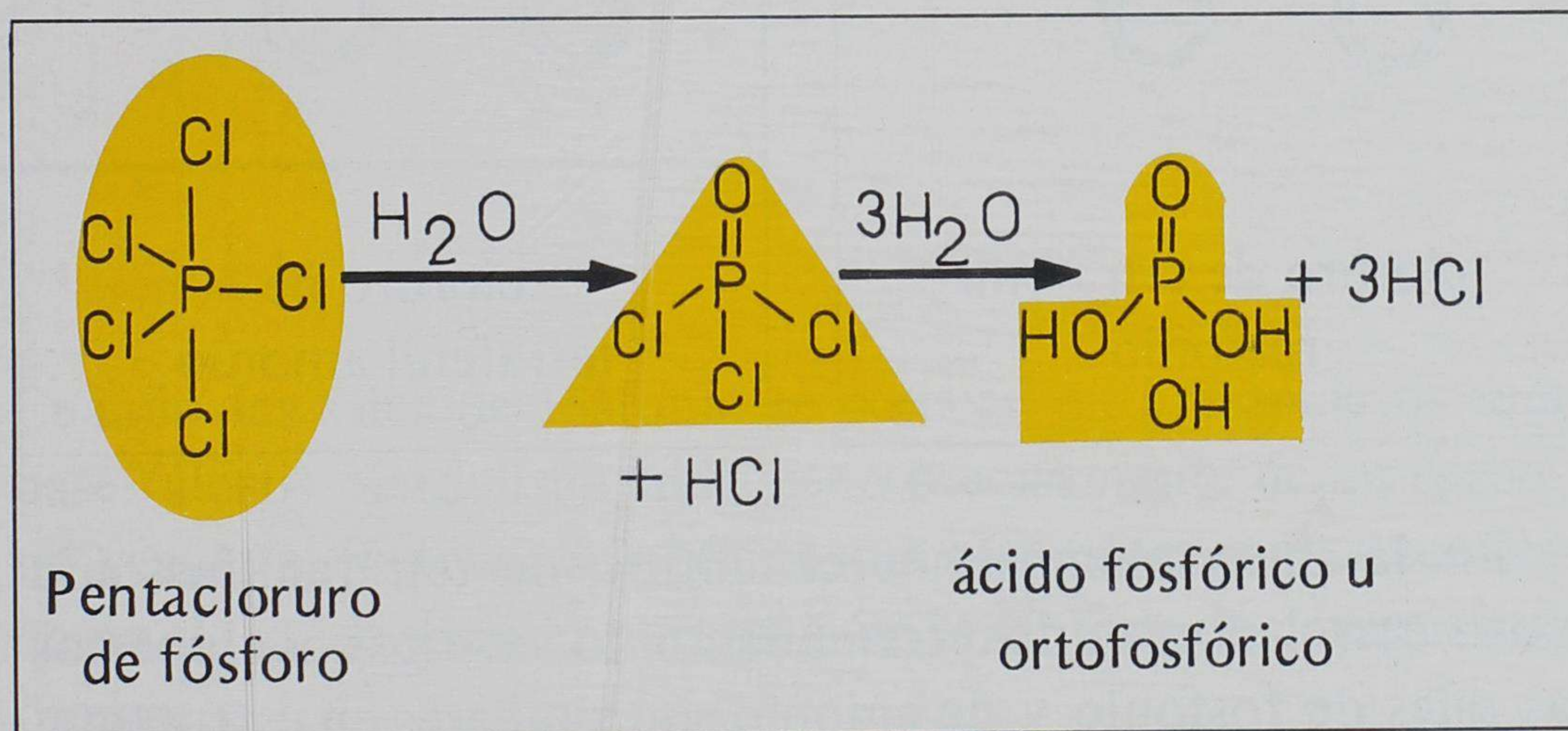
Enseguida se presenta la hidrólisis del tricloro difenilfosforano:



El producto de la hidrólisis de los fosforanos clorados dependerá del número de sustituyentes alquílicos (enlaces fósforo-carbono). En este ejemplo existen dos grupos fenílicos. Se puede considerar que la hidrólisis lleva varios pasos: primero se forma el intermediario, el cloruro de difenil fosfinato, en el que se ha formado un doble enlace fósforo-oxígeno, y luego en este intermediario la sustitución del último enlace fósforo-cloro da el ácido difenilfosfínico. Se presenta a continuación la hidrólisis del feniltetracloro fosforano, que da el ácido fenilfosfónico:

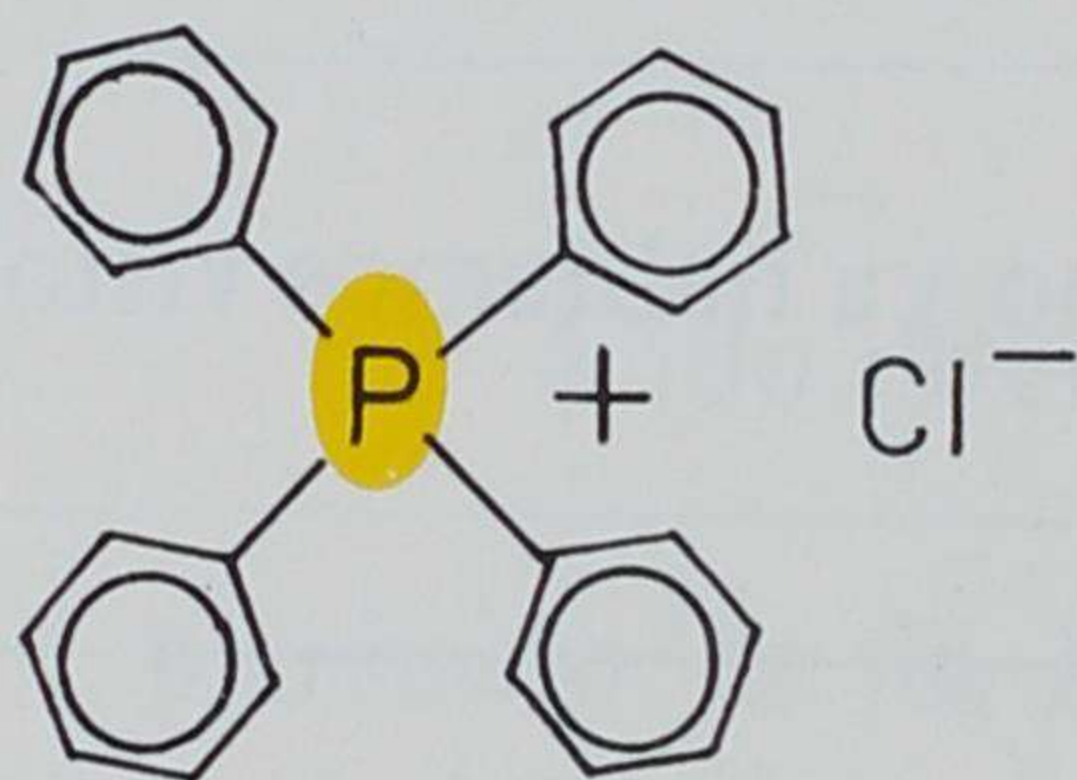


En el pentacoloruro de fósforo, como ya habíamos visto, la hidrólisis conduce al ácido fosfórico:

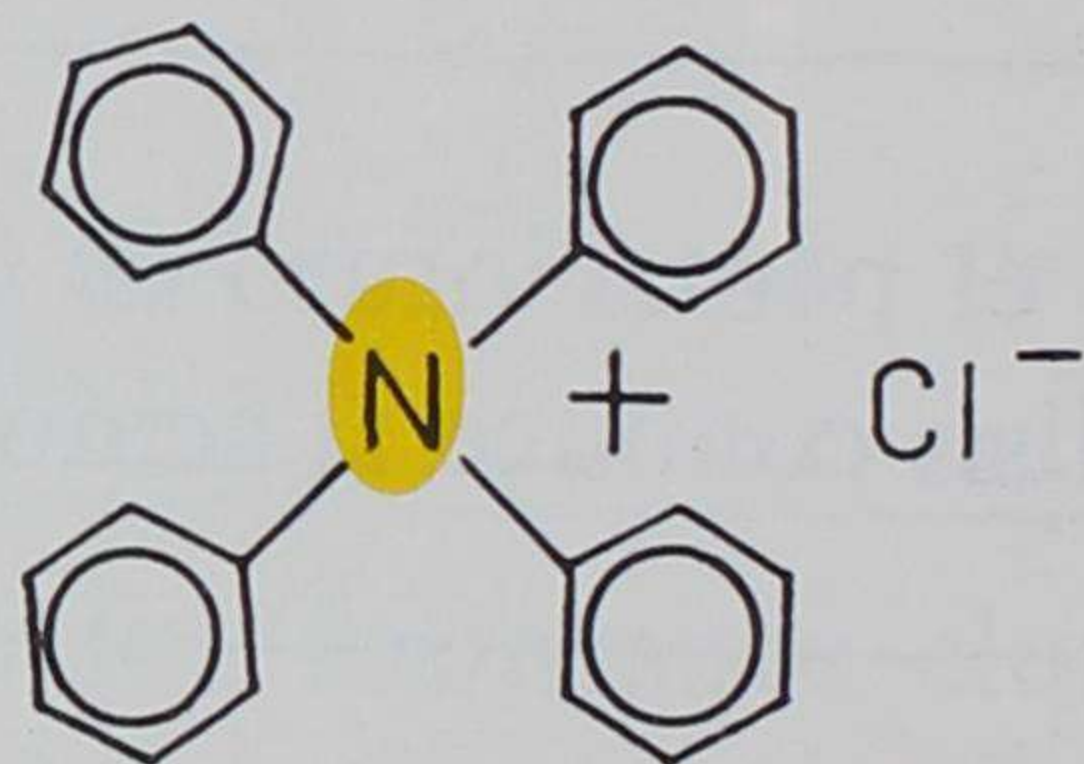


Reactividad de las sales de fosfonio

Un grupo importante de los compuestos de fósforo lo constituyen las sales de fosfonio, que pueden considerarse como las estructuras iónicas de los compuestos pentavalentes. De acuerdo con su estructura iónica, estas sales son sólidos cristalinos de alto punto de fusión.



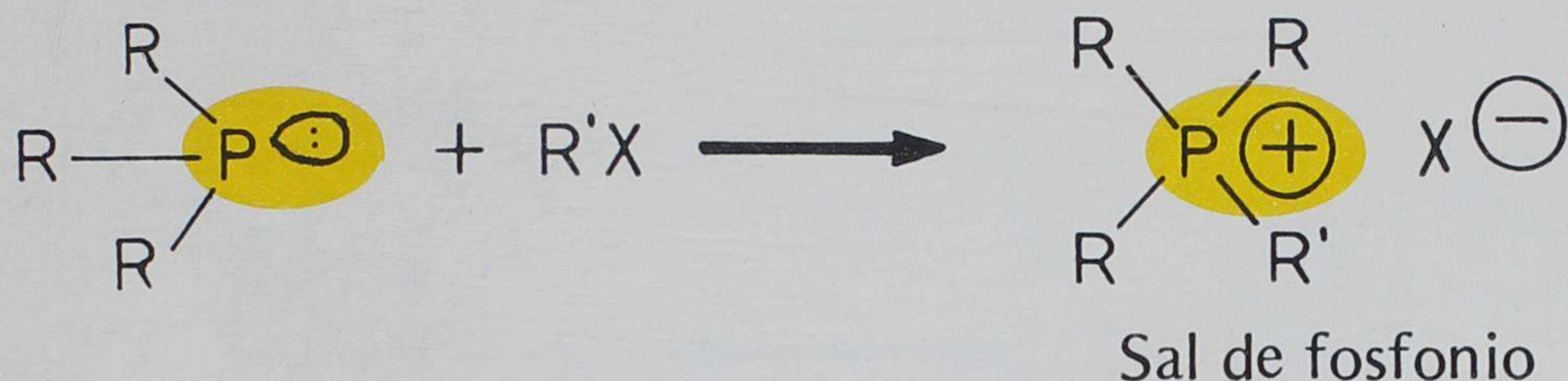
cloruro de tetrafenil
fosfonio



cloruro de
tetrafenil amonio

En la ilustración vemos el cloruro de tetrafenilfosfonio junto con el cloruro de tetrafenilamonio; en estos compuestos las sales de fosfonio y de amonio son similares en estructura.

Algunos de ellos se usan como detergentes, a los cuales haremos referencia más adelante. Veamos ahora la síntesis de las sales de fosfonio:



donde

X = un halógeno (Cl^- , Br^- , I^- , F^-).

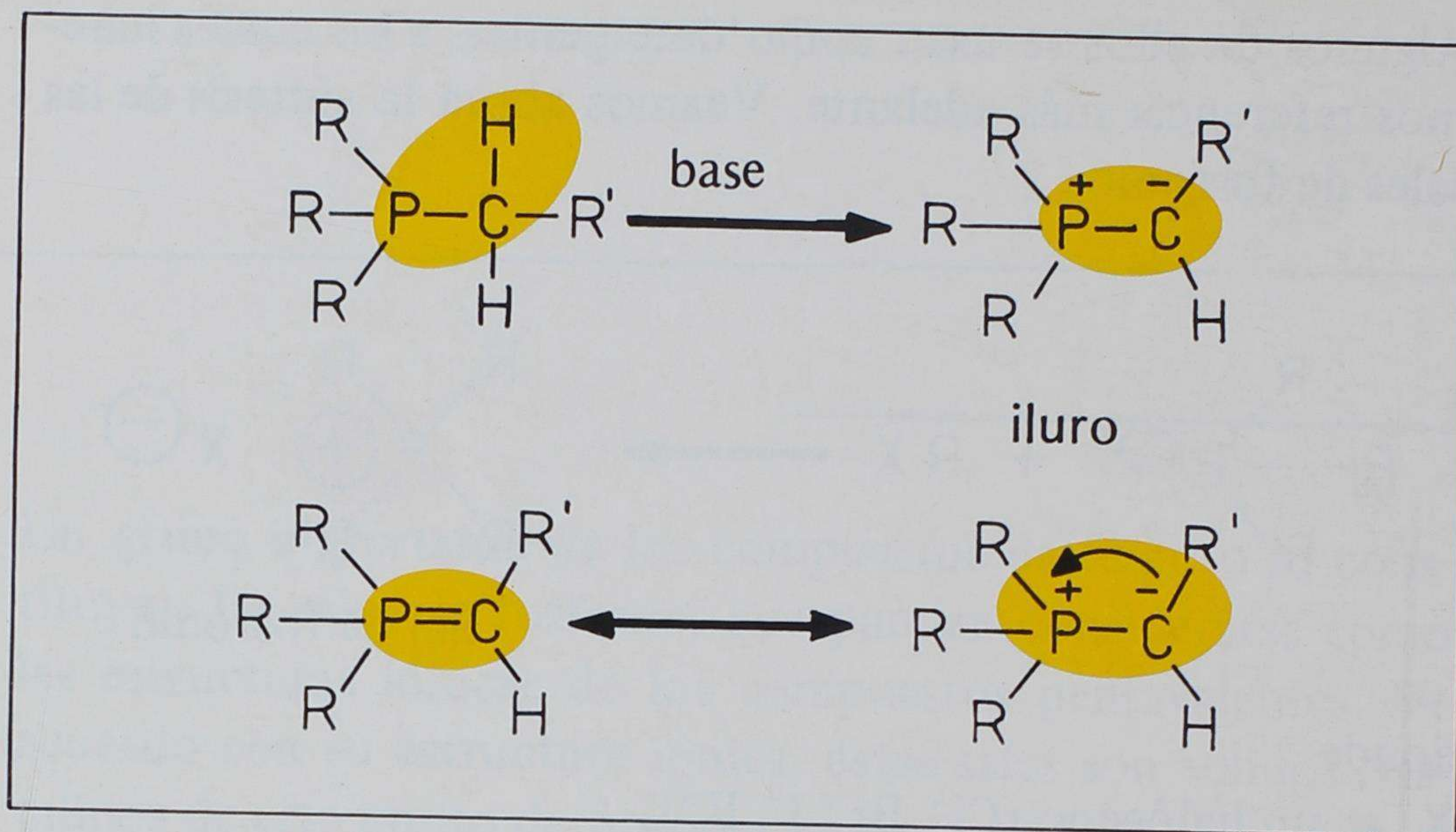
R y R' = grupos de orgánicos (derivados de un hidrocarburo).

Las sales de fosfonio se pueden sintetizar fácilmente a partir de una fosfina y de un haluro de alquilo.

Las sales de fosfonio

y la reacción de Wittig

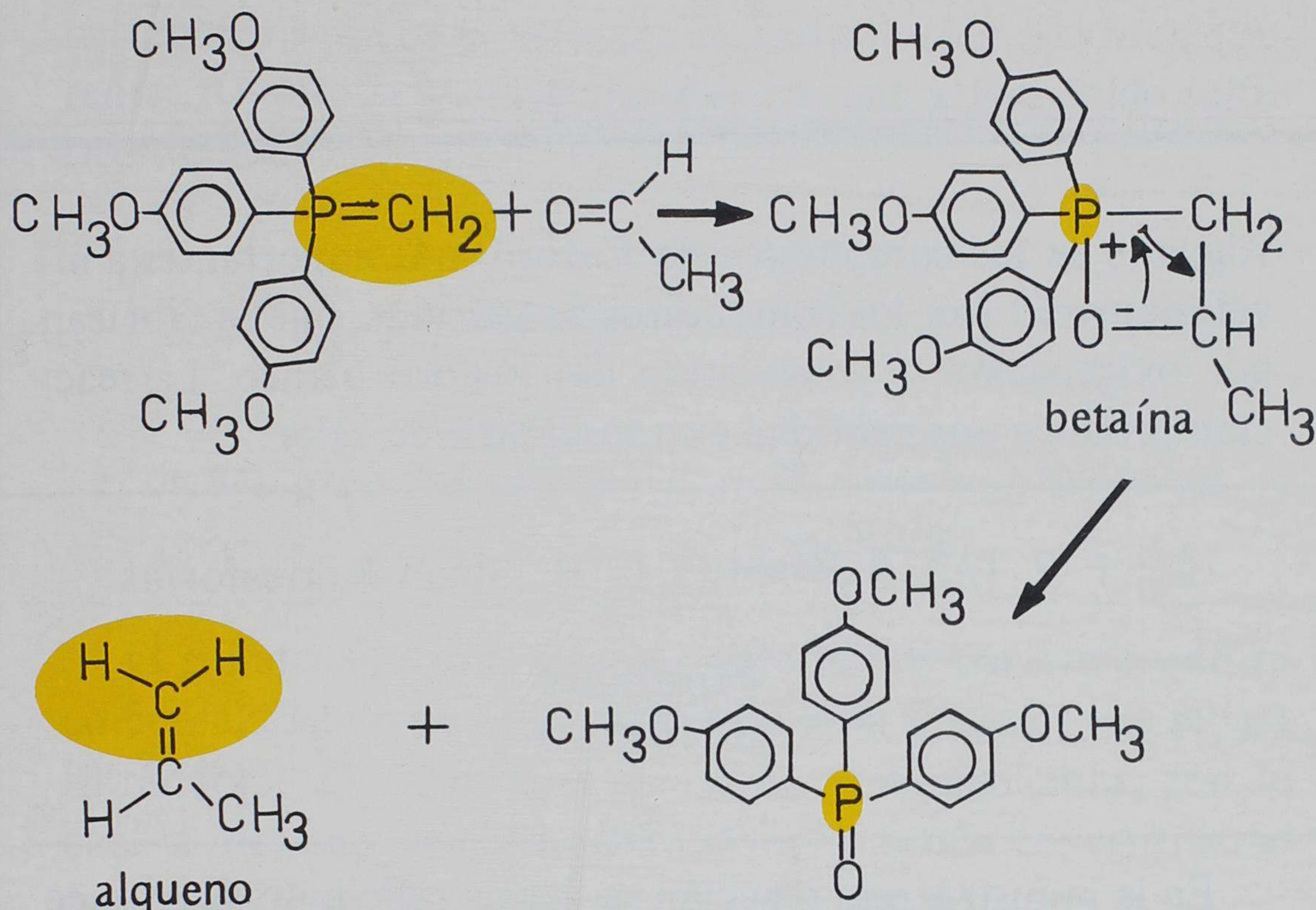
Cuando las sales de fosfonio se colocan en presencia de una base (álcali) pierden un hidrógeno precisamente de un carbono vecino al fósforo. Se obtiene una estructura que se conoce como iluro, de gran importancia en la síntesis de compuestos orgánicos.



Las sales de fosfonio pierden un hidrógeno en presencia de una base para dar un iluro; estas estructuras de iluro, en la que conviven dos cargas de signos opuestos en átomos vecinos, son muy estables, lo cual se atribuye a la existencia de un doble enlace entre el carbono y el fósforo.

La reacción más importante de los iluros de fosfonio es la reacción de Wittig, que debe el nombre al investigador alemán Georg Wittig, y es de tal importancia que este químico ganó el Premio Nobel en 1979. Pero la reacción fue descubierta por Hans Staudinger en los años veintes y desarrollada como un método de síntesis para moléculas orgánicas por el mismo Wittig en los años cincuentas.

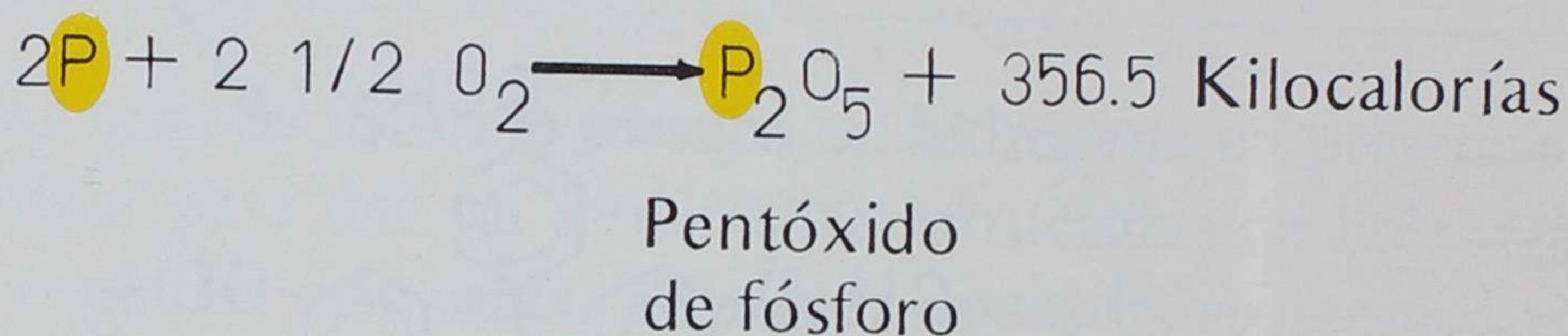
Ha tenido un gran impacto en síntesis orgánica porque permite la formación de enlaces carbono-carbono y por lo tanto la posibilidad de construir en el laboratorio los esqueletos de sustancias orgánicas.



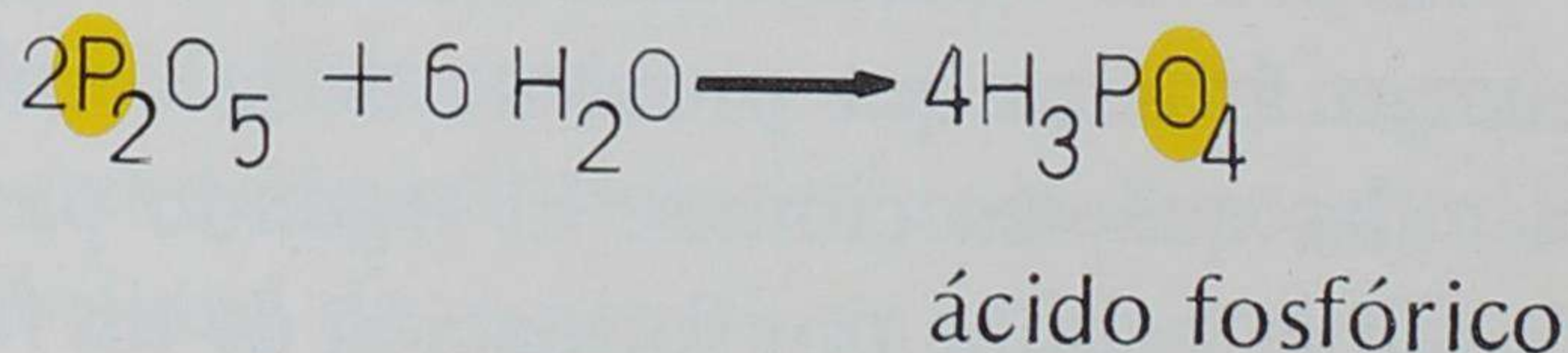
La reacción consiste en la obtención de un alqueno (sustancia con un enlace doble entre dos átomos de carbono) a partir de un aldehído o de una cetona (sustancias con un doble enlace entre un carbono y un oxígeno) y se efectúa en dos pasos: primero se forma una betaína, en la que hay un anillo de cuatro átomos que proviene de la combinación de las dos moléculas que reaccionan. El segundo paso es la descomposición de la betaína por formación de un fuerte enlace fósforo-carbono.

Los compuestos químicos de fósforo de uso industrial

Algunos de los compuestos de fósforo más importantes a nivel industrial son los compuestos oxigenados, que se fabrican por oxigenación o combustión del fósforo blanco. La reacción produce una cantidad extraordinaria de calor:



En la industria esta reacción se lleva a cabo en reactores de fierro. El pentóxido de fósforo es un polvo blanco que parece nieve y que sublima a 358°C , a una atmósfera de presión. El pentóxido de fósforo reacciona muy violentamente con el agua, lo que permite la aparición del ácido fosfórico llamado también ortofosfórico:



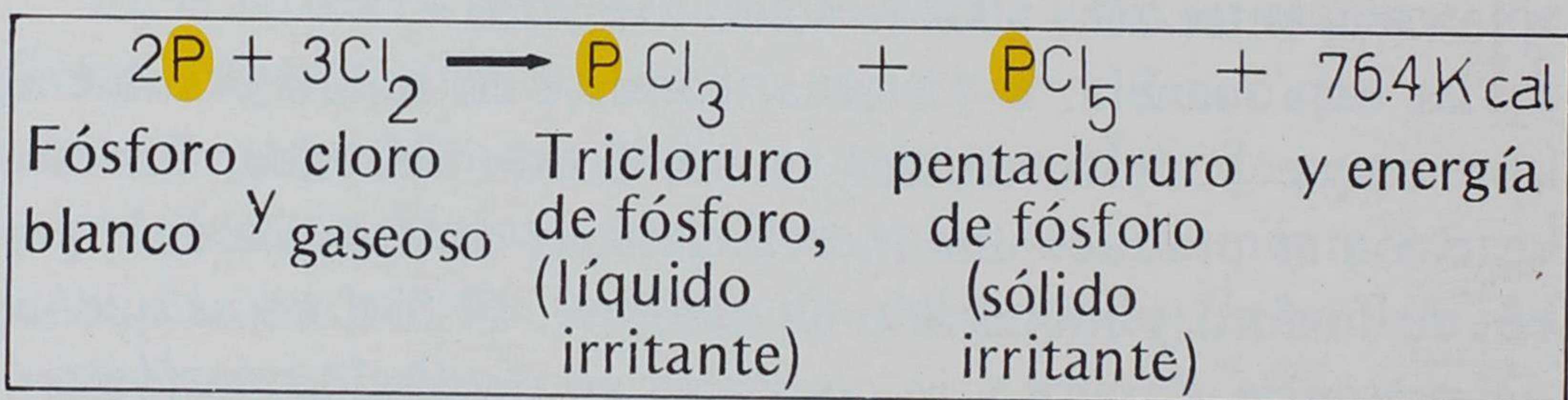
De esta manera se forman soluciones de ácido de gran pureza, en concentraciones que van del 85 al 90%.

Para darnos una idea de las cantidades de ácido fosfórico que se producen a nivel mundial, Estados Unidos es un buen ejemplo, ya que en 1981 produjo 9.91 millones de toneladas. En México existen plantas de ácido fosfórico, que destinan su producción a la manufactura de fosfatos para la agricultura; sin embargo, las cantidades de ácido fosfórico elaboradas son todavía modestas.

Compuestos de fósforo clorados

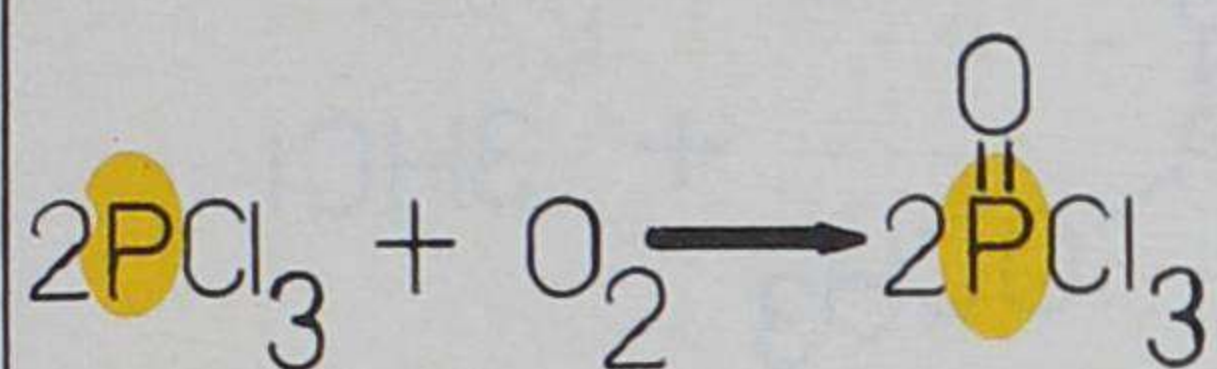
Veremos ahora los procesos de fabricación de los derivados clorados de fósforo, también de gran importancia industrial.

Síntesis de los derivados clorados del fósforo

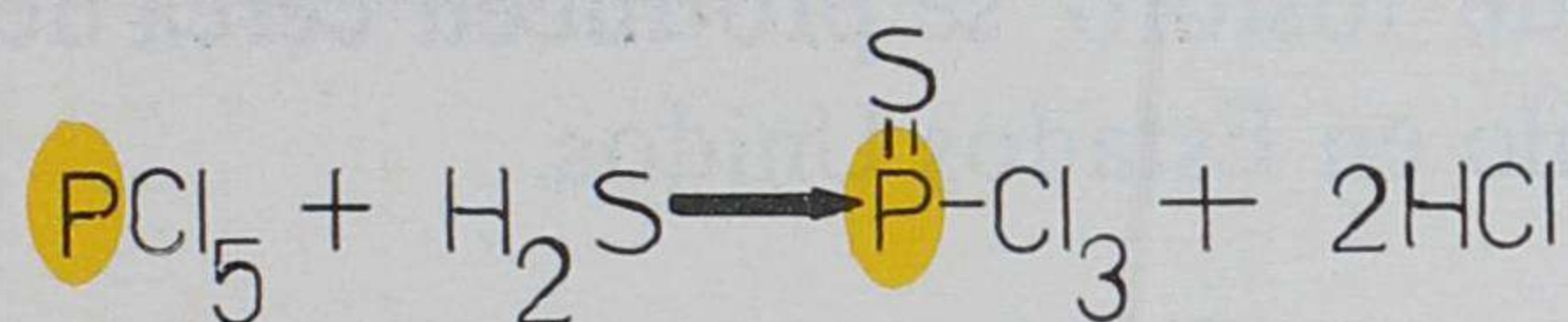
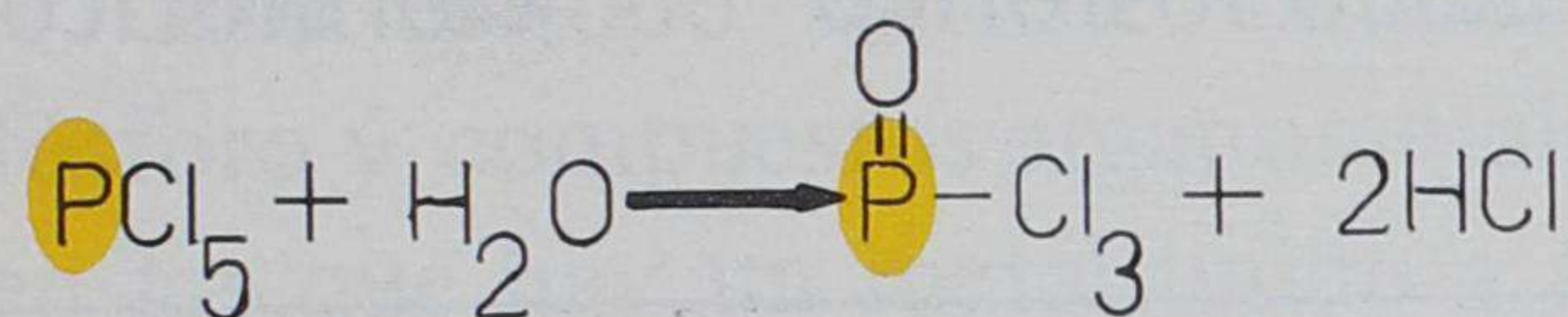
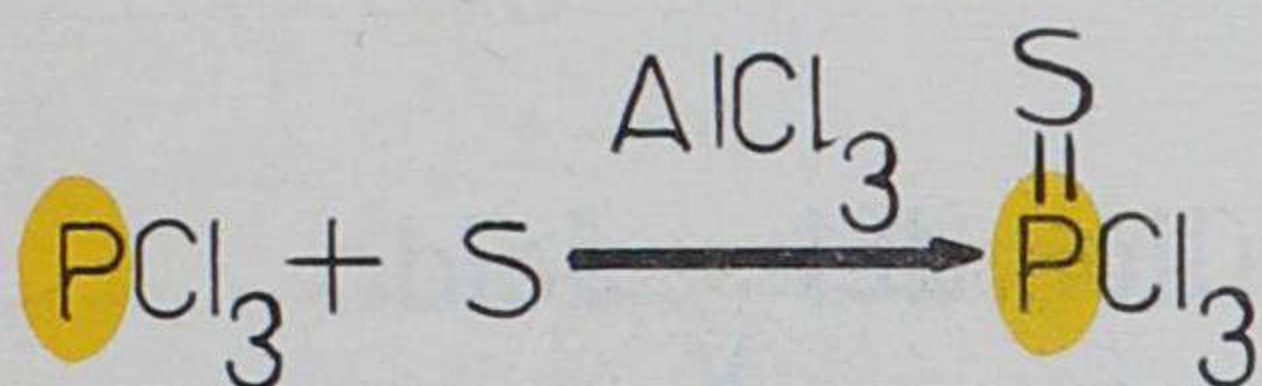


Durante esta reacción el fósforo blanco, en contacto con el cloro, se inflama y arde espontáneamente, produciendo una flama pálida. Tanto el tricloruro de fósforo (PCl_3) como el pentacloruro de fósforo (PCl_5) se destilan y se recogen en un matraz refrigerado.

Síntesis de derivados oxigenados o azufrados de compuestos de fósforo clorados



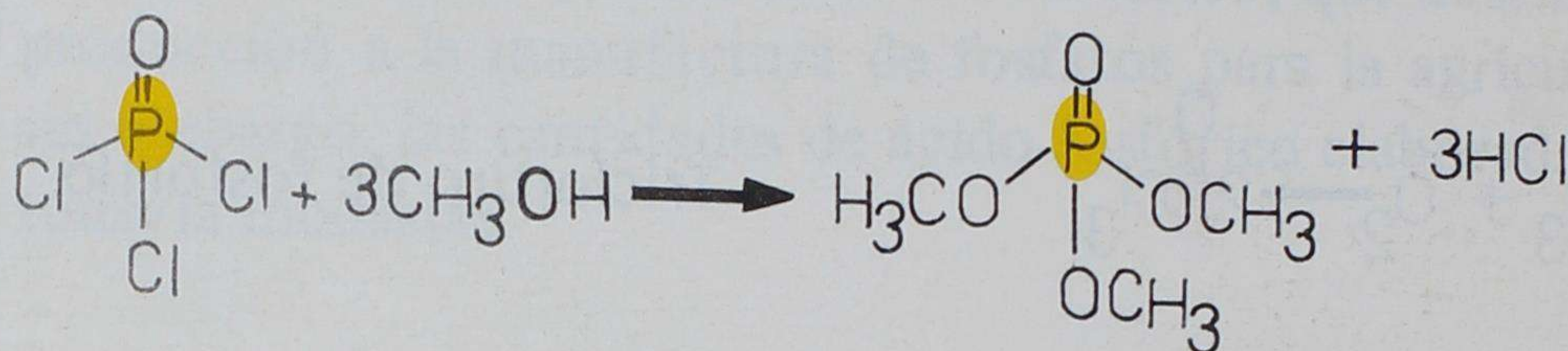
Tricloruro de fosforilo



Son también de interés en la industria química de síntesis los compuestos clorados oxigenados o azufrados, que se preparan de una manera muy sencilla a partir del tricloruro o pentacloruro de fósforo.

Los compuestos halogenados del fósforo, como los clorados, son muy sensibles al aire húmedo, pues el enlace fósforo-halógeno se hidroliza fácilmente.

El tricloruro de fósforo es a su vez materia prima para la fabricación de otros derivados de fósforo. Se pueden hacer ésteres del ácido fosfórico (un ester resulta de la combinación de un alcohol o fenol con un ácido), como por ejemplo la síntesis del éster metílico del ácido fosfórico:



Oxicloruro de fósforo
y alcohol metílico
o de madera

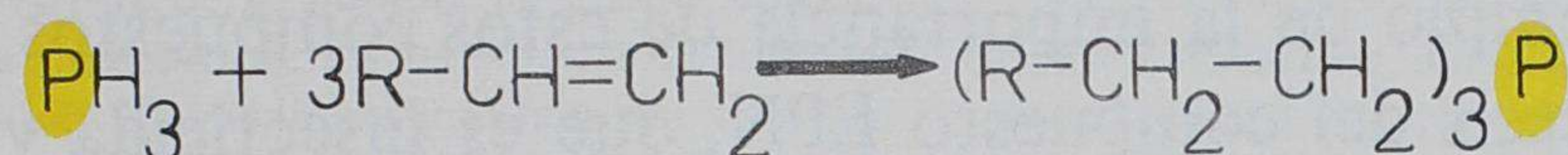
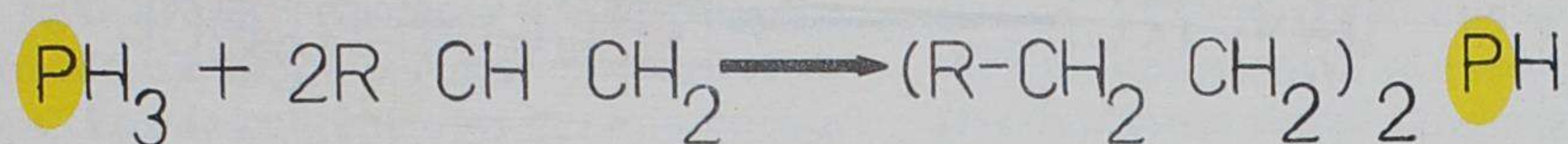
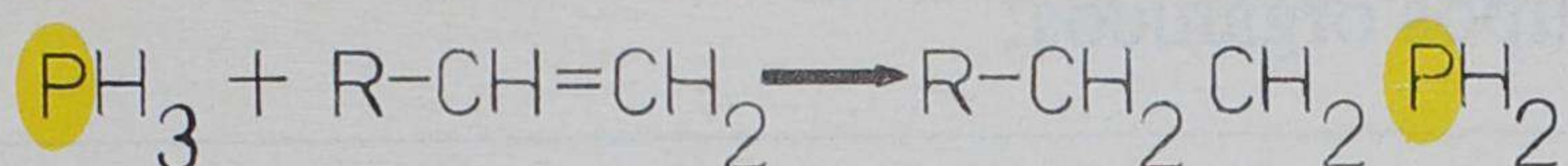
Ester metílico del ácido
fosfórico y clorhídrico

A partir de los ésteres de fósforo se fabrican insecticidas. En el caso del oxicloruro de fósforo se producen cerca de 100 mil toneladas anuales sólo en Estados Unidos.

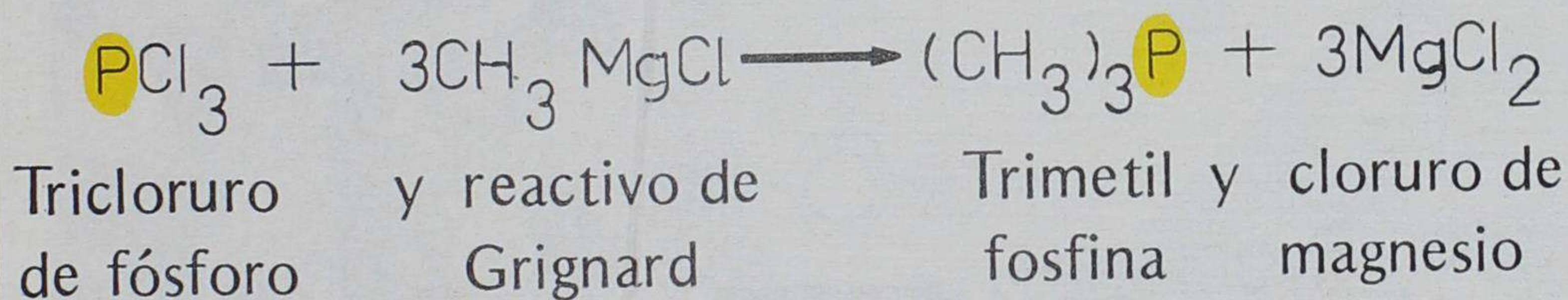
Compuestos con enlaces fósforo-carbono

Los compuestos orgánicos con enlaces fósforo-carbono son igualmente importantes en la industria. De 1847, año en el que el investigador francés Thenard preparó los primeros derivados, a la actualidad se conocen varios métodos de prepa-

ración; uno de ellos es la adición de fosfina (PH_3) a alquenos, que da como resultado alquifosfinas:

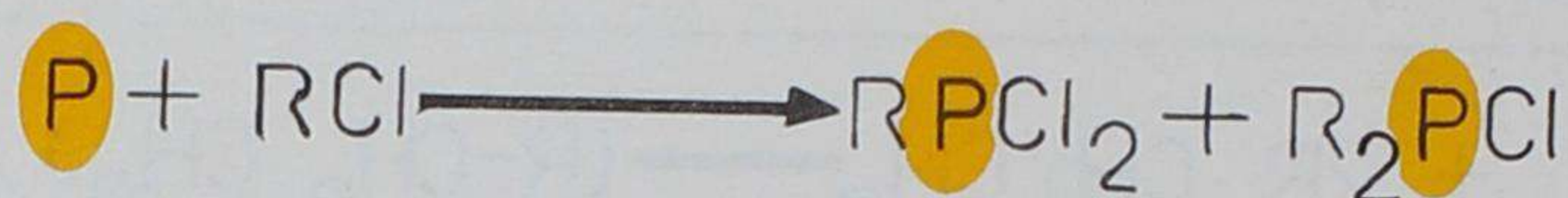


Otro método consiste en hacer reaccionar tricloruro de fósforo y compuestos organometálicos (compuestos orgánicos en los que hay un metal unido a átomos de carbono), como el reactivo de Grignard:

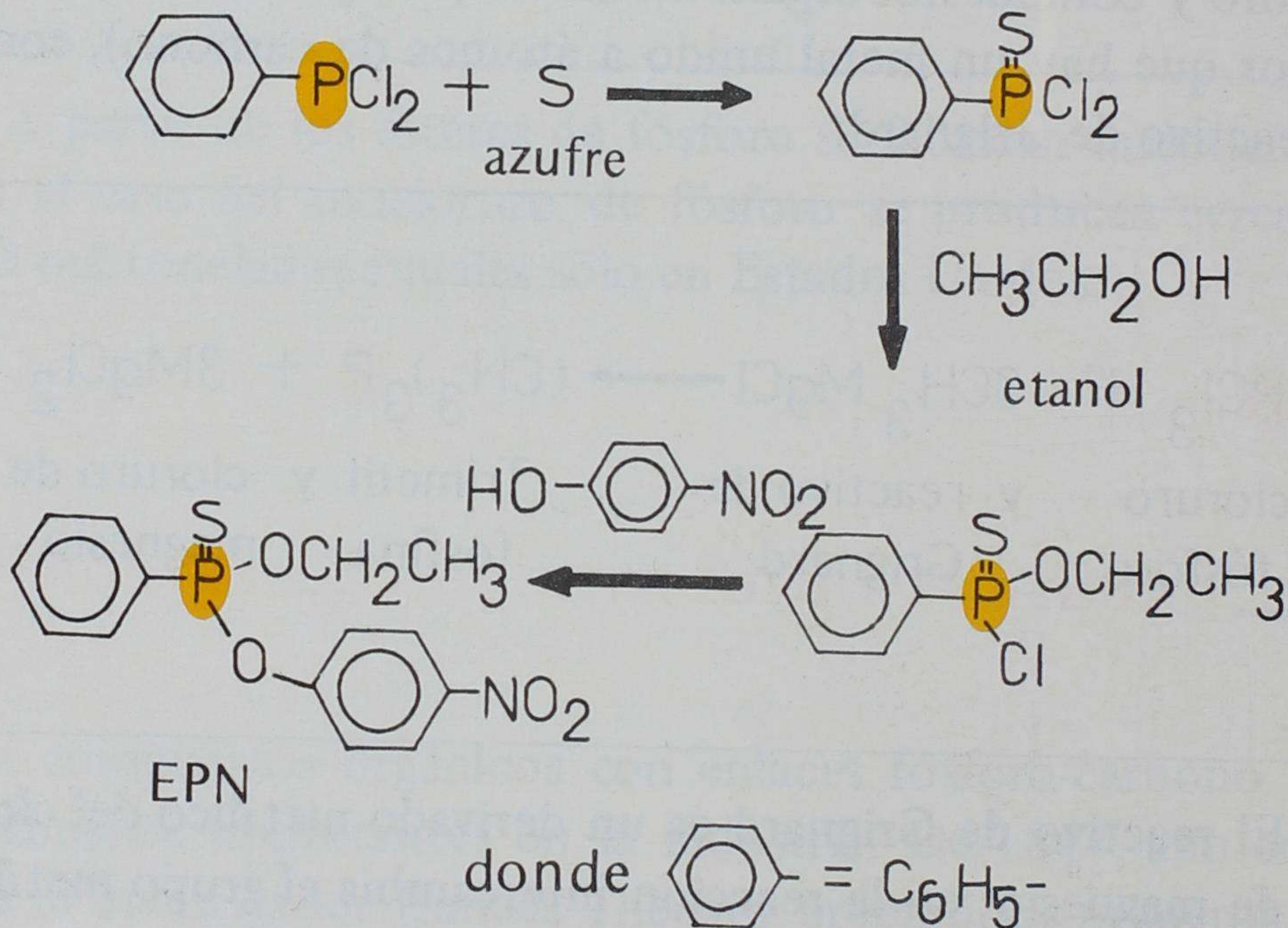


El reactivo de Grignard es un derivado metílico del cloruro de magnesio; en la reacción intercambia el grupo metílico por un cloro.

Otro método de síntesis de la misma simplicidad es la reacción del fósforo con haluros de alquilo (compuestos con enlaces halógeno-carbono) que permite obtener compuestos con uno o dos grupos orgánicos:



Un ejemplo de la importancia de estos compuestos nos lo da la síntesis del compuesto EPN, que es insecticida y acaricida, es decir, combate ácaros, como el responsable de la sarna.

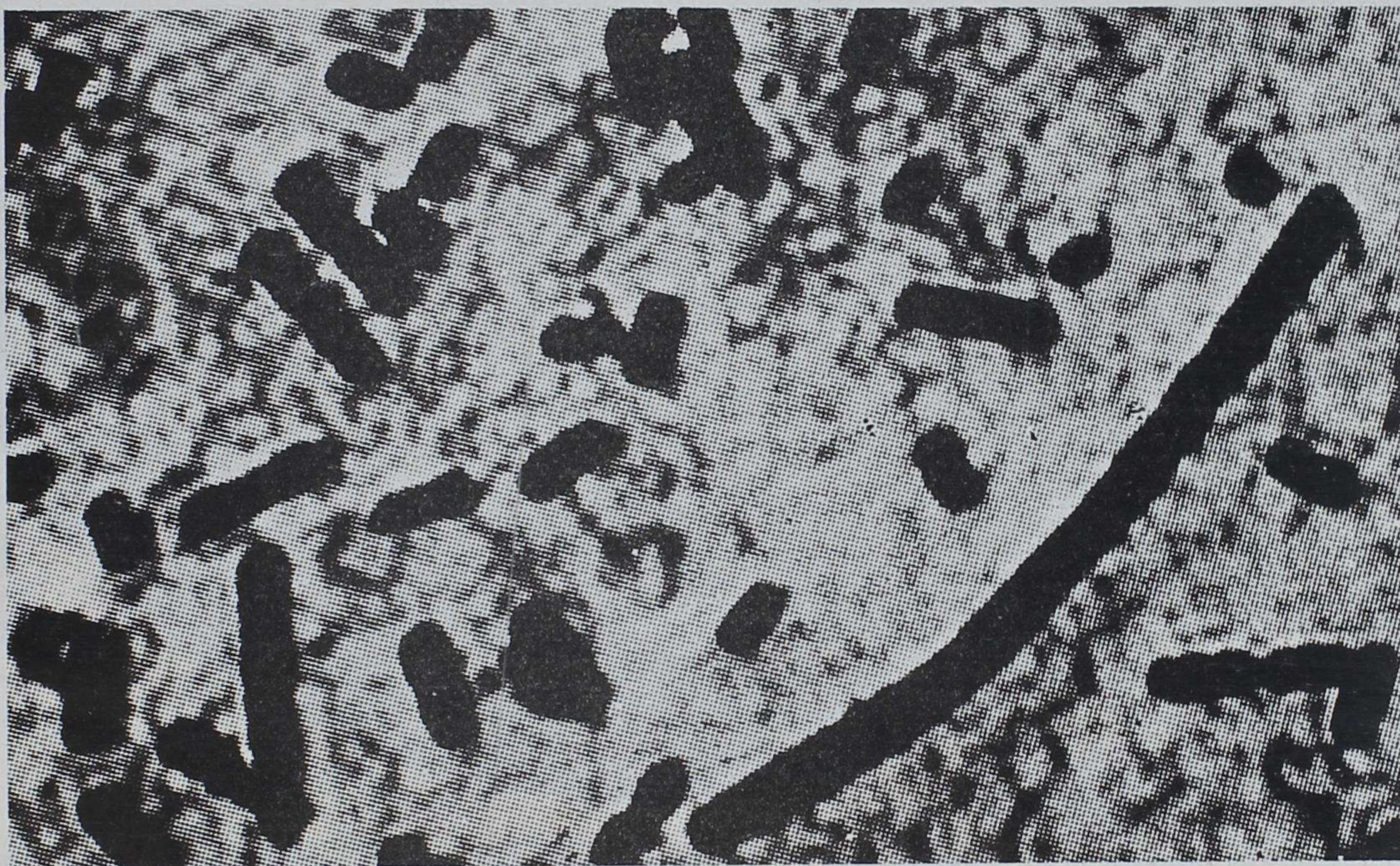


El fósforo es un elemento relacionado con el fenómeno de la vida

Se puede decir que los avances más notables en el siglo XX en la biología y la bioquímica han estado asociados con los compuestos de fósforo. Los descubrimientos llevaron poco a poco a conocer una sustancia orgánica fosforada: el trifosfato de adenosina, llamado ATP (abreviatura de su nombre en inglés), componente universal de los seres vivos incluidos el microbio más pequeño y el hombre. Esta sustancia tiene la importante función de transferir energía desde la fuente alimenticia hasta los

sitios donde se efectúan los diferentes tipos de trabajo mecánico, biosintético, etcétera. El ATP es fundamental, ya que sin él todas nuestras funciones vitales quedarían paralizadas y ninguna forma de vida de las actualmente conocidas sería posible.

El ATP fue descubierto apenas en 1929 por Fiske y Subarrow, al analizar extractos ácidos de músculo, y fue preparado en forma sintética por Todd y sus colegas en 1948. Esta hazaña le valió a Todd el Premio Nobel.



La energía que usan todos los seres, incluidas estas pequeñas bacterias, se obtiene de oxidaciones biológicas, es decir, combustiones sin flama y de baja temperatura. El calor no puede ser empleado como una fuente de energía por los organismos vivos ya que son esencialmente isotérmicos, y el calor puede trabajar a presión constante únicamente cuando fluye de un cuerpo caliente a uno menos caliente. Por lo tanto la energía libre de los combustibles celulares se conserva como energía química, específicamente en el enlace fosfato del trifosfato de adenosina (ATP).

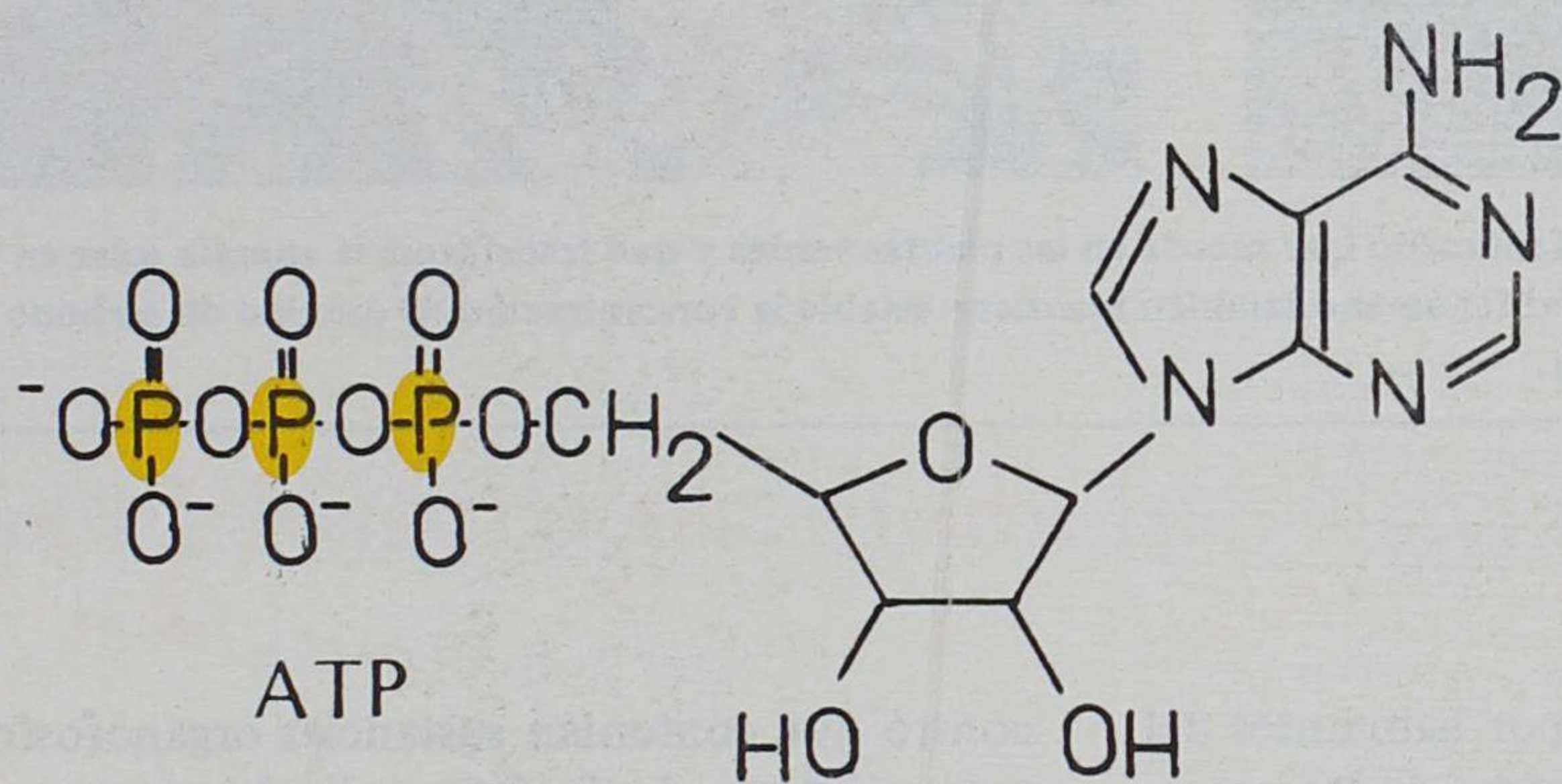
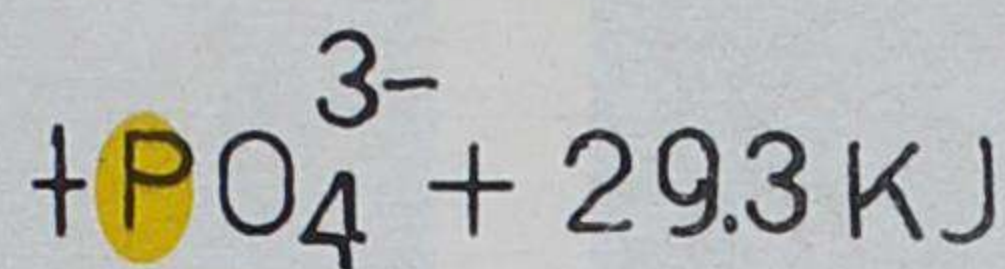
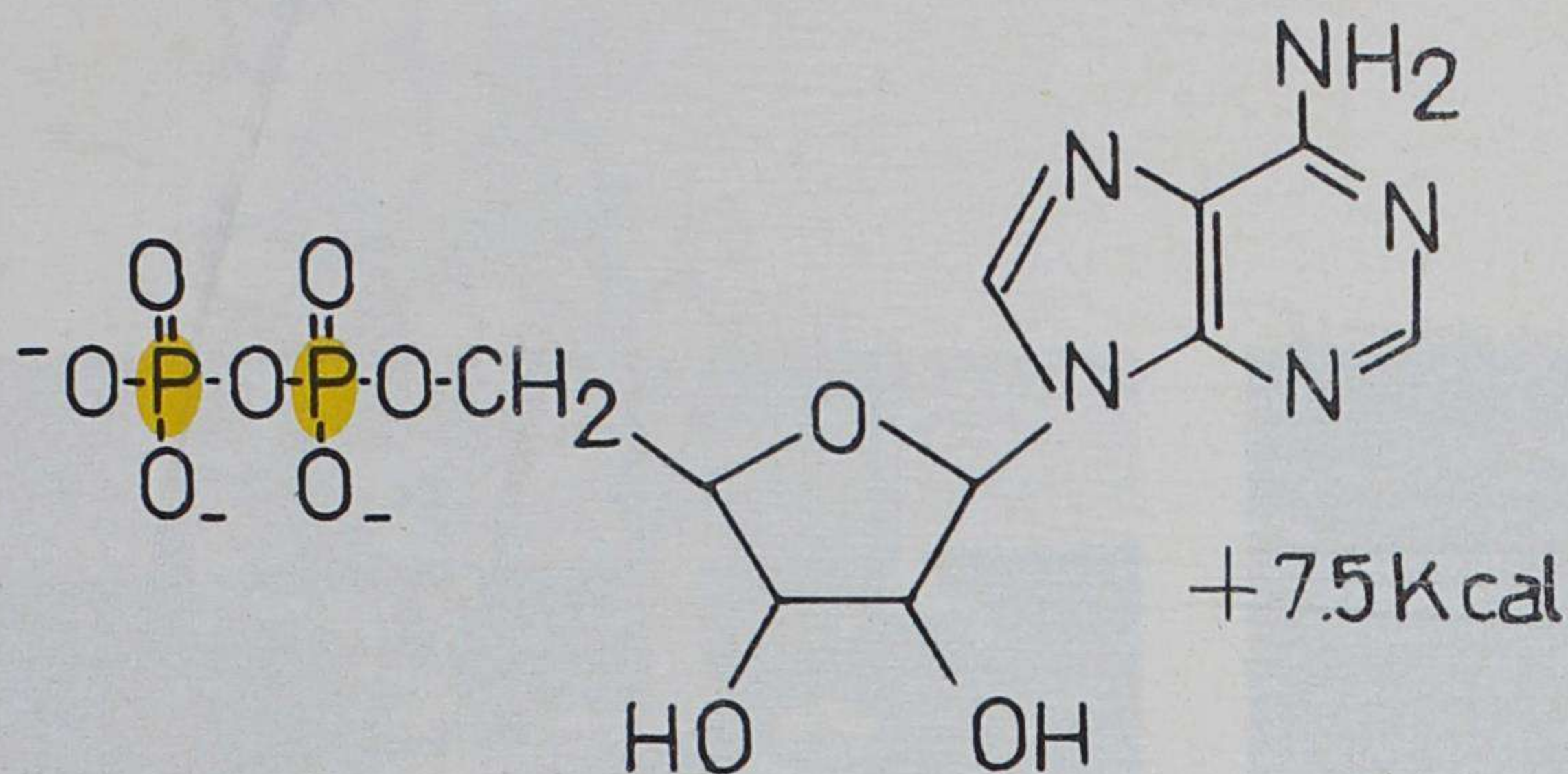


El trifosfato de adenosina es tan importante que sin él, todas nuestras funciones vitales quedarían paralizadas y ninguna forma de vida de las actualmente conocidas sería posible.

El trifosfato de adenosina tiene una cadena con tres fosfatos; al perder el más externo, pierde también una cantidad importante de energía y se convierte en una sustancia que só-

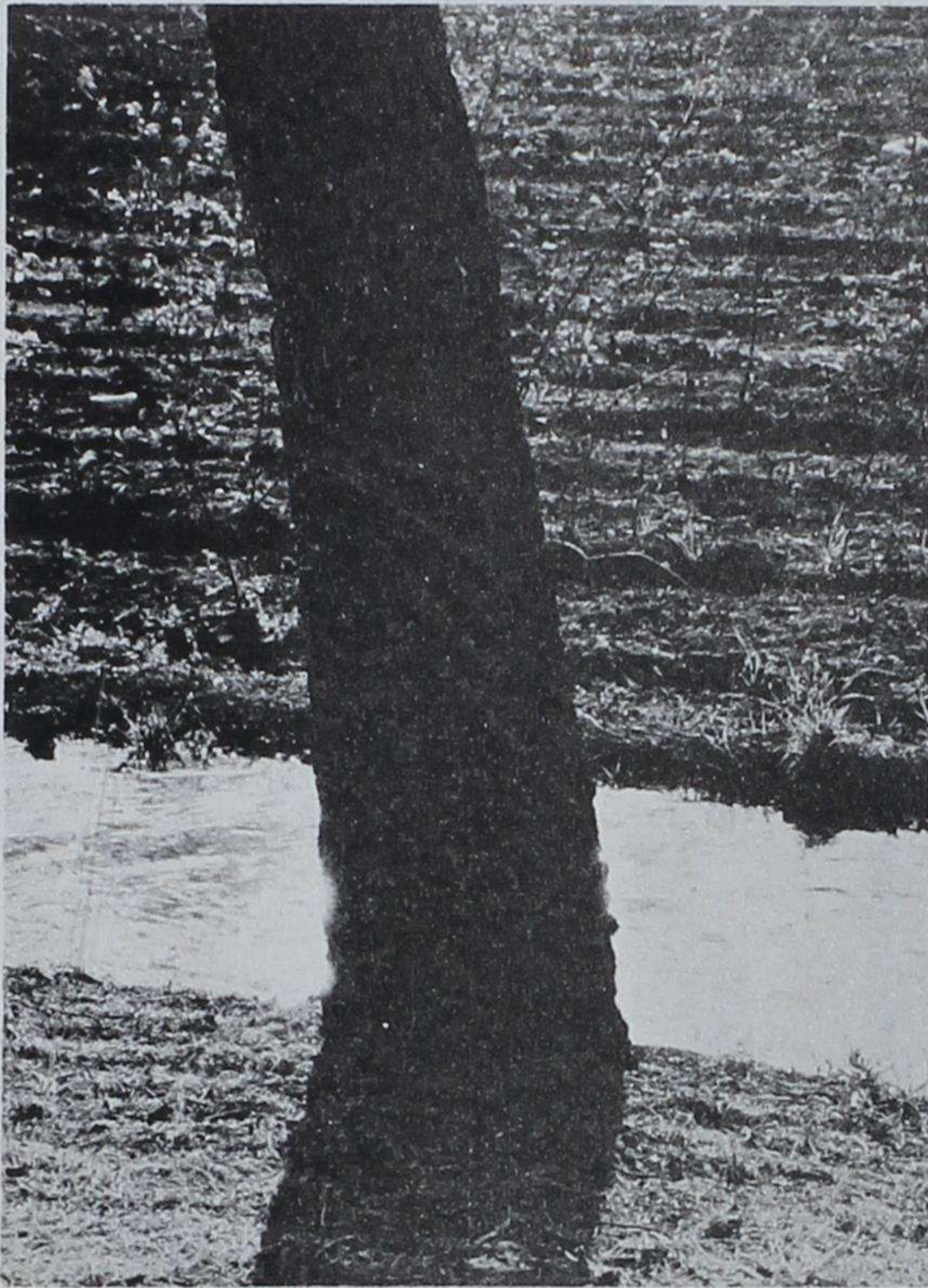
lo tiene dos grupos fosfato, conocida como fosfato de adenosina (ADP). Este ADP puede volver a recuperar un fosfato que añade a su cadena al mismo tiempo que absorbe energía.

Ciclo de transporte de energía en los seres vivos



La vida animal depende de un extraordinario acontecimiento que tiene ocasión en las hojas de las plantas. Los protagonistas son la luz solar, el gas carbónico (CO_2), el agua (H_2O), las enzimas y el ATP. Lo que sucede es la creación de azúcar. Además de que esta reacción es la base del desarrollo de todos los

seres vivientes, es también la reacción química más importante de la Tierra en cuanto al tonelaje de material sintetizado, si consideramos que el carbono proveniente del gas carbónico introducido cada año por la asimilación clorofílica en las moléculas biorgánicas se estima en



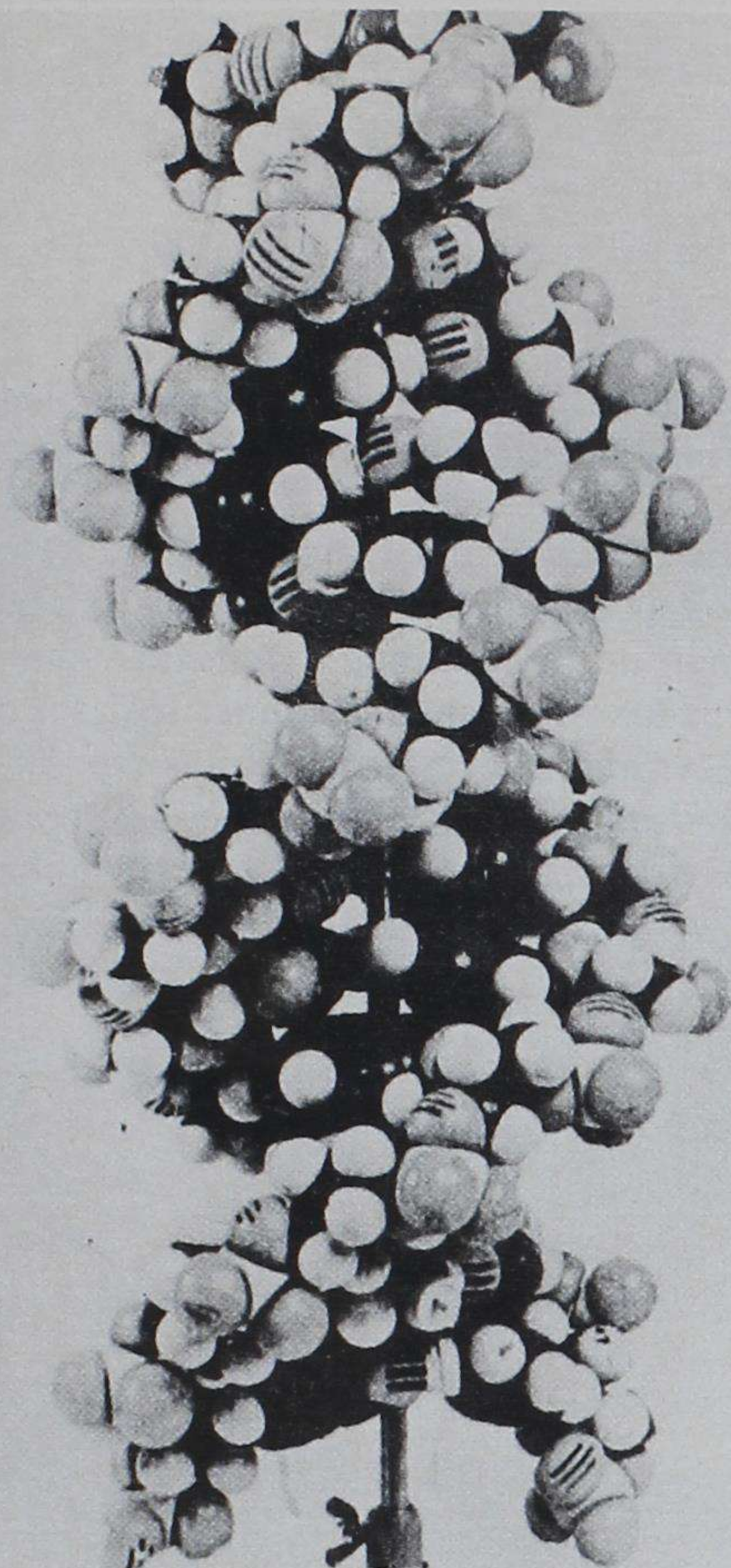
El ATP está involucrado en la fotosíntesis, fenómeno que sucede en las plantas verdes y que transforma la energía solar en la energía que sostiene la vida en el planeta. Tal fenómeno también mantiene estable la concentración de dióxido de carbono y de oxígeno necesarios para perpetuar la vida.

una veintena de toneladas por habitantes del planeta. Pero el papel del fósforo en los procesos vivientes no termina con el ATP; hay otras sustancias que son de importancia capital.

En el siglo XVIII, el químico francés Vauquelin descubrió el fósforo en los tejidos del cerebro. Este hallazgo pasó prácticamente desapercibido, lo mismo que el de otro investigador alemán llamado Friedrich Miescher, quien estudió el pus de las vendas quirúrgicas y en-

contró que contenían sustancias organofosforadas (ésteres de fosfato poliméricos que se conocen como ácidos nucleicos).

No fue sino hasta 1940 cuando se estableció que los ácidos nucleicos se encontraban en todas las células y que estos compuestos son los constituyentes esenciales de los cromosomas, los portadores de los códigos genéticos, las herramientas de los procesos hereditarios. La elucidación de su estructura molecular (la



El modelo del DNA (componente de los cromosomas) de Watson y Crick, llamado también la doble hélice, está constituido por dos cadenas helicoidales enroscadas alrededor del mismo eje en forma precisamente de una doble hélice. Los fosfatos son piezas importantes de estas cadenas orgánicas. En 1943, Avery y sus colegas identificaron el DNA como el sistema portador de la información genética.

doble hélice) dio el Premio Nobel a Crick y Watson en 1953, y este es probablemente el resultado más interesante y hermoso de la biología del siglo XX.

Con estos antecedentes veamos ahora algunos asuntos más, relacionados con este singular átomo.

¿Es el fósforo un elemento escaso?

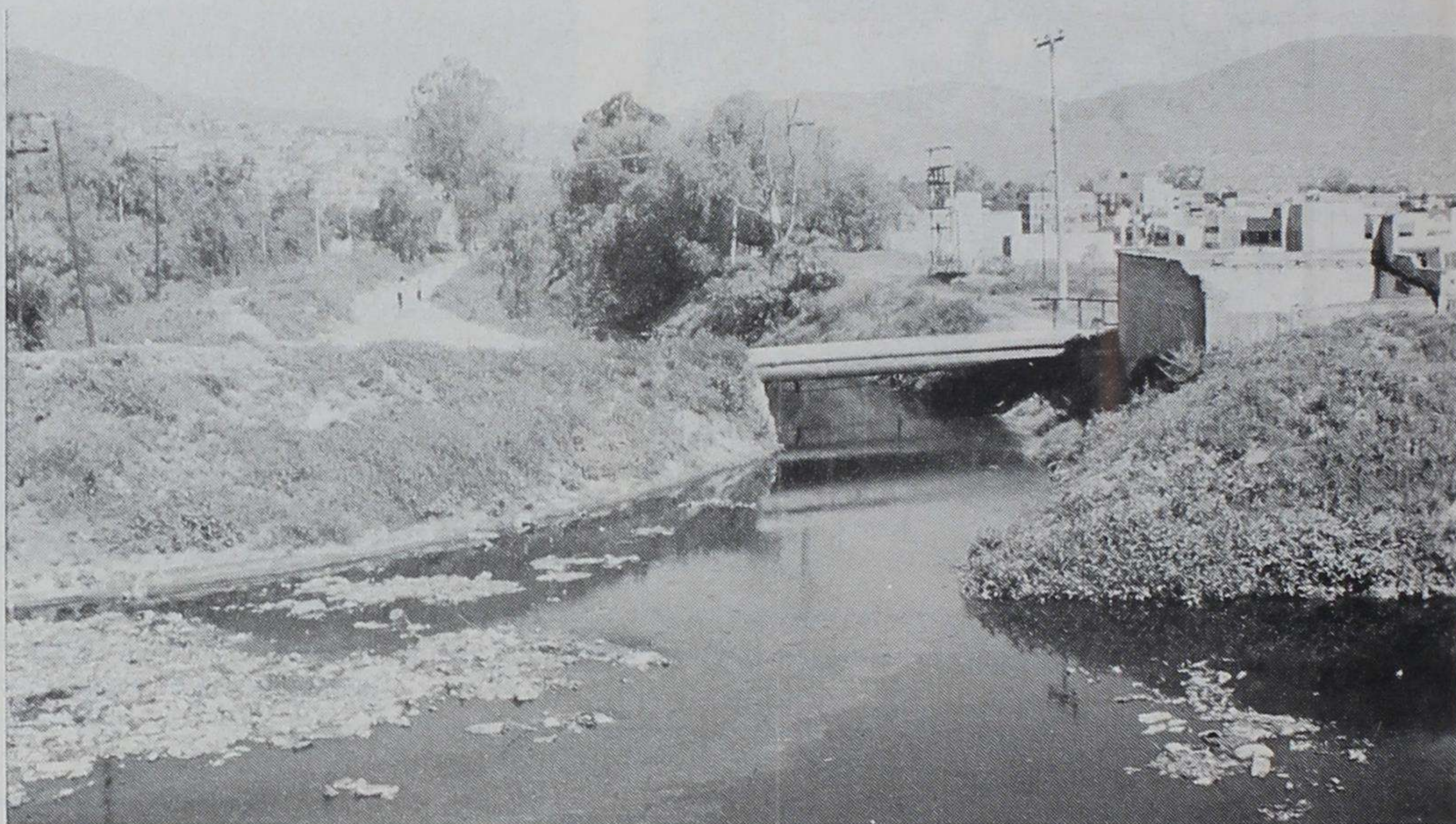
A pesar de la importancia del fósforo en el proceso de la vida en el planeta, es un elemento muy escaso, pues su concentración en la corteza terrestre es de 1.42%. Para que cada ser viviente tenga fósforo a su alrededor, éste debe circular en el planeta, lo cual plantea serios problemas que los cuatro elementos fundamentales más abundantes, hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno, no tienen por-

que se desplazan fácilmente en la atmósfera por intermedio del agua, del gas carbónico (CO_2) y del nitrógeno (N_2). El fósforo en cambio no forma compuestos volátiles capaces de circular por el planeta. Este elemento forma un ciclo sedimentario: el agua de lluvia lava las rocas, en donde se encuentra en forma de fosfatos insolubles, y lleva estos minerales hacia el mar, donde son poco solubles.

Aquí llegamos a una conclusión extraordinaria: el fósforo es el elemento que limita el desarrollo de las poblaciones vivientes. Esto quiere decir que si una especie encuentra para su desarrollo todos los elementos químicos necesarios, se desarrollará sin límite; este desarrollo se detendrá en el momento en el que falte un elemento, y éste casi siempre es el fósforo. Los elementos que escasean para el desarrollo de la vida, además del fósforo, son el potasio y el nitrógeno, este último por-

que las raíces de ciertas plantas lo fijan con un rendimiento y una velocidad limitadas.

Esta escasez del fósforo es tal que en los lagos, por ejemplo, las bacterias y las algas disponen de mecanismos extremadamente desarrollados para captar los iones fosfatos que se encuentran en el medio. Algunos experimentos muestran que los fosfatos que se agregan a los lagos desaparecen un 50% en un minuto y un 80% en tres minutos.



Los seres subacuáticos tienen mecanismos muy desarrollados para la captación inmediata de los desechos que llegan a ellos; el exceso de fosfatos desequilibra rápidamente la flora y fauna de ríos y lagos.

Muchos de los detergentes que se usan actualmente son derivados fosforados que van a parar a los ríos y a los lagos. El exceso de fósforo proveniente de los detergentes y de los desechos humanos permite un desarrollo de las algas, que terminan por ocupar todo el espacio e impedir el paso de la luz. Muchas espe-

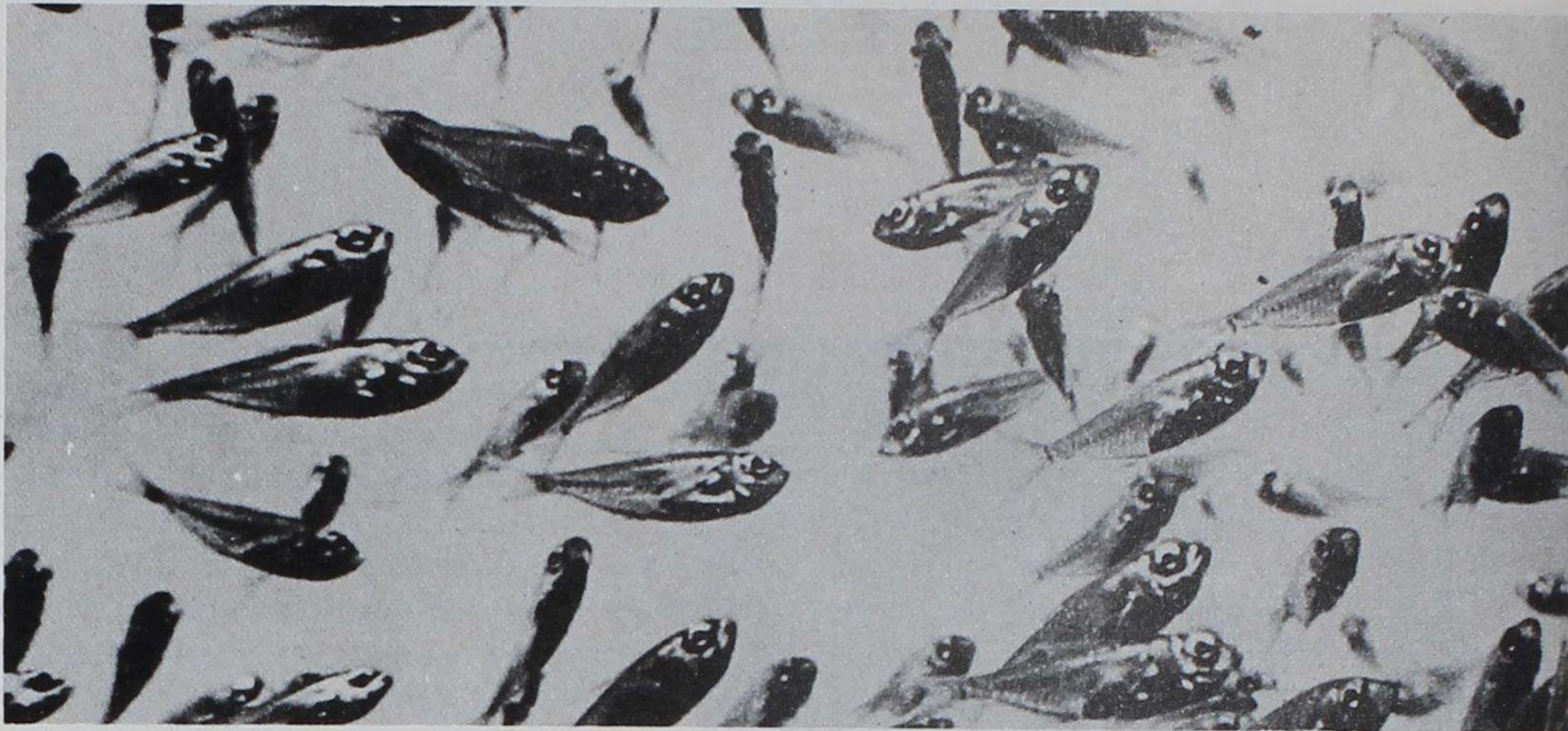
cies mueren, el sistema se perturba y lagos y ríos se convierten en caldos verdosos y nauseabundos. Este fenómeno, que se conoce como eutroficación, ha motivado a muchos países a buscar salidas tales como el uso de detergentes biodegradables y establecimiento de plantas de tratamiento de aguas de desecho.



La explosión demográfica y la gran tecnificación necesaria para el mantenimiento de la enorme población humana han contribuido a la desaparición de la vida en ríos y lagos. Una tarea para lograr la supervivencia humana será regenerar estos mundos acuáticos y mantenerlos libres de contaminación.

El fósforo está en relación con ciertos enigmas ecológicos, como la distribución de peces en el mar. Las condiciones marinas actuales no son favorables a un mar prolífico. En efecto, el análisis de la concentración de fosfatos de los océanos a diferentes profundidades nos muestra que la concentración crece regularmente con la profundidad, hasta llegar a los

mil metros, donde se estabiliza y alcanza una concentración de 0.0008 g/litro, cifra diez veces más grande que en la superficie (0.00008 g/litro). Es por tanto un sistema desequilibrado, ya que en la superficie hay luz pero poco fósforo, y en el fondo más fósforo pero poca luz.



La distribución de la población de los peces en el mar depende de la concentración de los fosfatos. Para nuestra desgracia estas concentraciones son débiles.

La falta de fósforo impide que haya más peces en el mar, pues en aquellos lugares donde las corrientes marinas suben los fosfatos a la superficie abundan las especies, como es el caso de la corriente de Humboldt en la costa

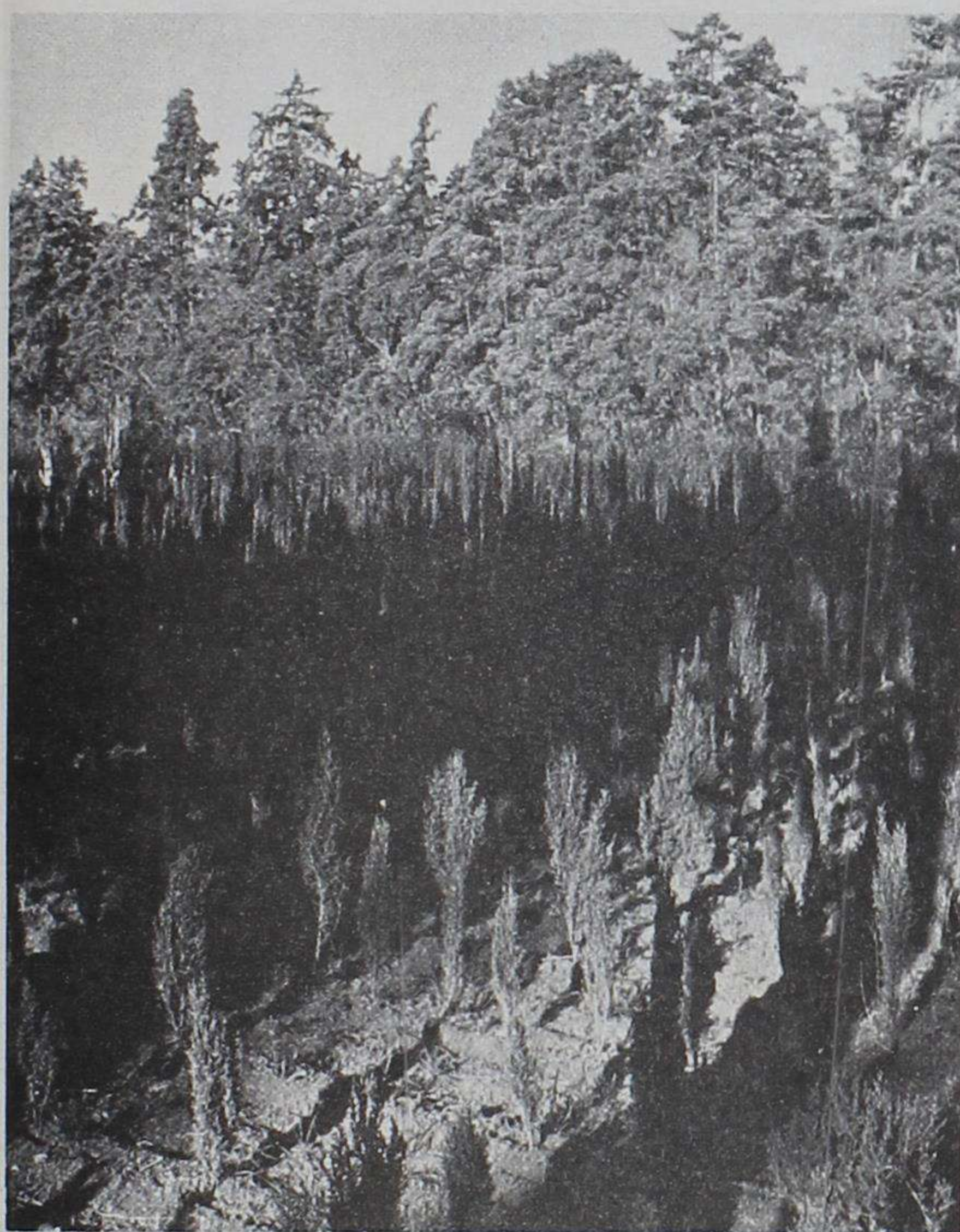
del Perú. Este fenómeno es extraordinario, pues el 0.1% de la superficie del mar contiene el 50% del pescado, es decir, mil veces más que en otros lados. Podemos imaginar las perspectivas maravillosas al cambiar un día las cosas.

¿De dónde proviene el fósforo que consume el hombre?

La producción mundial de fosfatos en 1980 fue del orden de 200 millones de toneladas por año, más o menos 50 kilogramos anuales por persona, de los cuales el 90% se utiliza en la agricultura.

La importancia de los fosfatos como fertilizantes se conocía desde hace tiempo. Antigüamente éstos provenían sobre todo de América del Sur, de los yacimientos de guanos produci-

dos por las aves que se alimentan de pescados en los lugares donde emergen las corrientes profundas. Al aumentar la población humana, fue necesario buscar fuentes más abundantes, también de origen marino. La producción mundial proviene principalmente de tres yacimientos sedimentarios: Florida, Estados Unidos; la península de Kola, URSS, que se ve en el mapa, y Marruecos.



Los compuestos de fósforo tienen gran aplicación como fertilizantes en la agricultura para mejorar la cantidad y la calidad de los alimentos.

Actualmente las reservas de fosfatos, que son recursos no renovables, pueden considerarse como suficientes pero no están bien distribuidas, y desde el punto de vista estratégico podrían muy bien causar la dependencia económica y política de algunos países.

La producción de alimentos no ha ido de la mano con la explosión demográfica. Los acuerdos tomados en 1975 en el Club de Roma piden incrementar la producción de alimentos

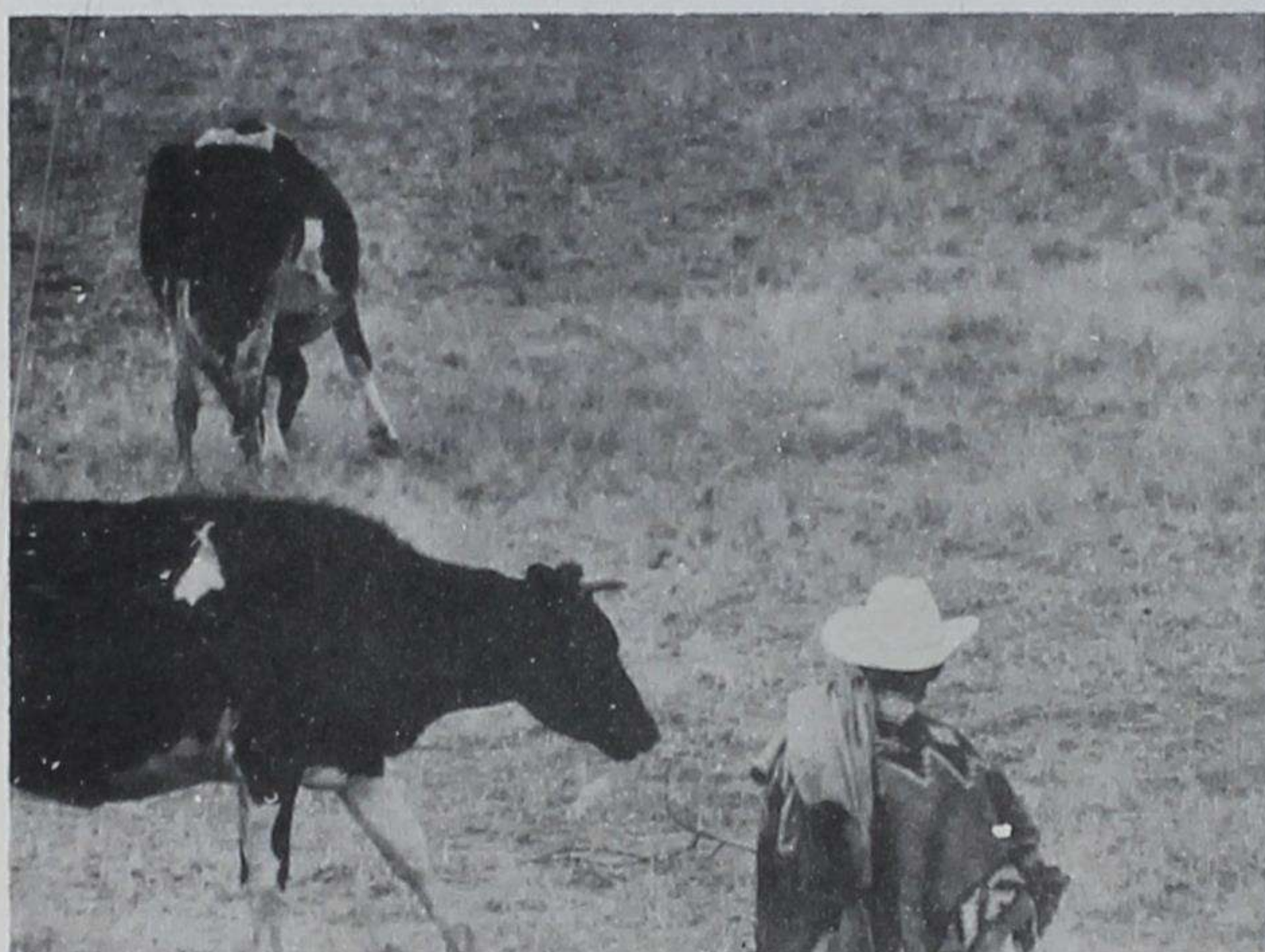
mediante una fertilización adecuada. Los cálculos establecen que para preservar la existencia humana se requiere una cantidad mínima de 1.5 millones de calorías al año por persona, esto es, a 4 100 calorías por día. Esto indica que el requisito óptimo es de tres millones de calorías al año por persona, es decir, 8 200 calorías por día.

Se han hecho pruebas para determinar la equivalencia de tal requisito de energía en función del fósforo; como resultado se deduce que la cantidad mínima es de seis kilogramos al año por persona, y la óptima de 12 kilogramos. En México hay una demanda anual de dos millones de toneladas de concentrados de fosfatos (equivalentes a 32.00% de P_2O_5) correspondientes a 279 295 toneladas de fósforo destinados a la producción de fertilizantes para 70 millones de habitantes. Se proporciona por tanto 3.99 kilogramos de fósforo al año por persona, ¡sólo el 66.40% del

mínimo requerido! En términos de energía esto equivale a 2 726 calorías por día por persona, lo cual coloca al país en la categoría de los sub-alimentados.*

México posee yacimientos de roca fosfórica en Baja California, en San Juan de la Costa y en Santo Domingo. No obstante, actualmente importa de Marruecos y de Estados Unidos un millón quinientos mil toneladas anuales para la elaboración de fertilizantes e insecticidas.

Los fosfatos se utilizan como alimentos para el ganado. Las necesidades de los organismos animales son cubiertas por las plantas. Una vaca de 600 Kg contiene aproximadamente 5.5 Kg de fósforo, esencialmente en los huesos y dientes como hidroxil apatita. A pesar de que el fósforo juega un papel determinante en el metabolismo y tiene otras muchas funciones, el 80% del total se encuentra localizado en el esqueleto.



Para tener una idea del impacto del fósforo en la vida diaria, baste saber que los compuestos de fósforo tienen un uso amplio en la industria textil, para la tintura de fibras, como agentes blanqueadores, como agentes antiestáticos en fibras sintéticas y para reducir la inflamación de éstos.

La época moderna está marcada por el uso de las materias plásticas moldeables, que se conocen como termoplastos. Entre los mejores termoplastos está el cloruro de polivinilo,

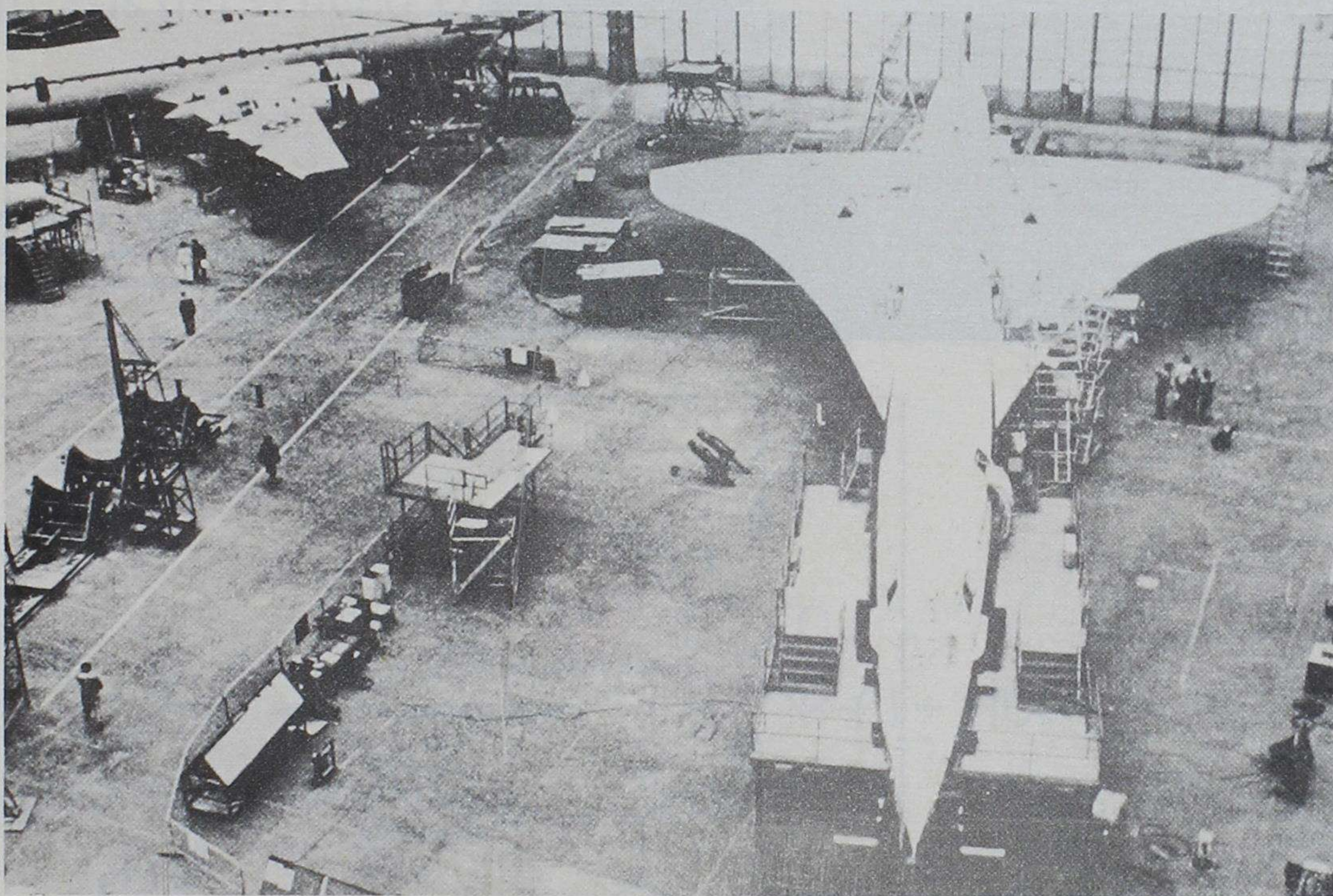
Una vaca que produce 30 kilogramos de leche por día, necesita 65 gramos de fósforo por día; un cerdo en engorda, entre 5 y 8 gramos.

que se obtiene polimerizando el cloruro de vinilo en grandes autoclaves; después se agregan plastificantes, generalmente compuestos de fósforo que convierten el cloruro de polivinilo en un material adecuado para ser utilizado en la fabricación de objetos como guantes, zapatos, juguetes, para el revestimiento de los asientos de autos, para aislar hilos y cables, para hacer cintas y hojas. Estos plastificantes fosforados tienen además la propiedad de bajar la inflamabilidad de los plásticos.

* Datos proporcionados por el ingeniero Luis Espinoza de León, de Roca Fosfórica Mexicana.



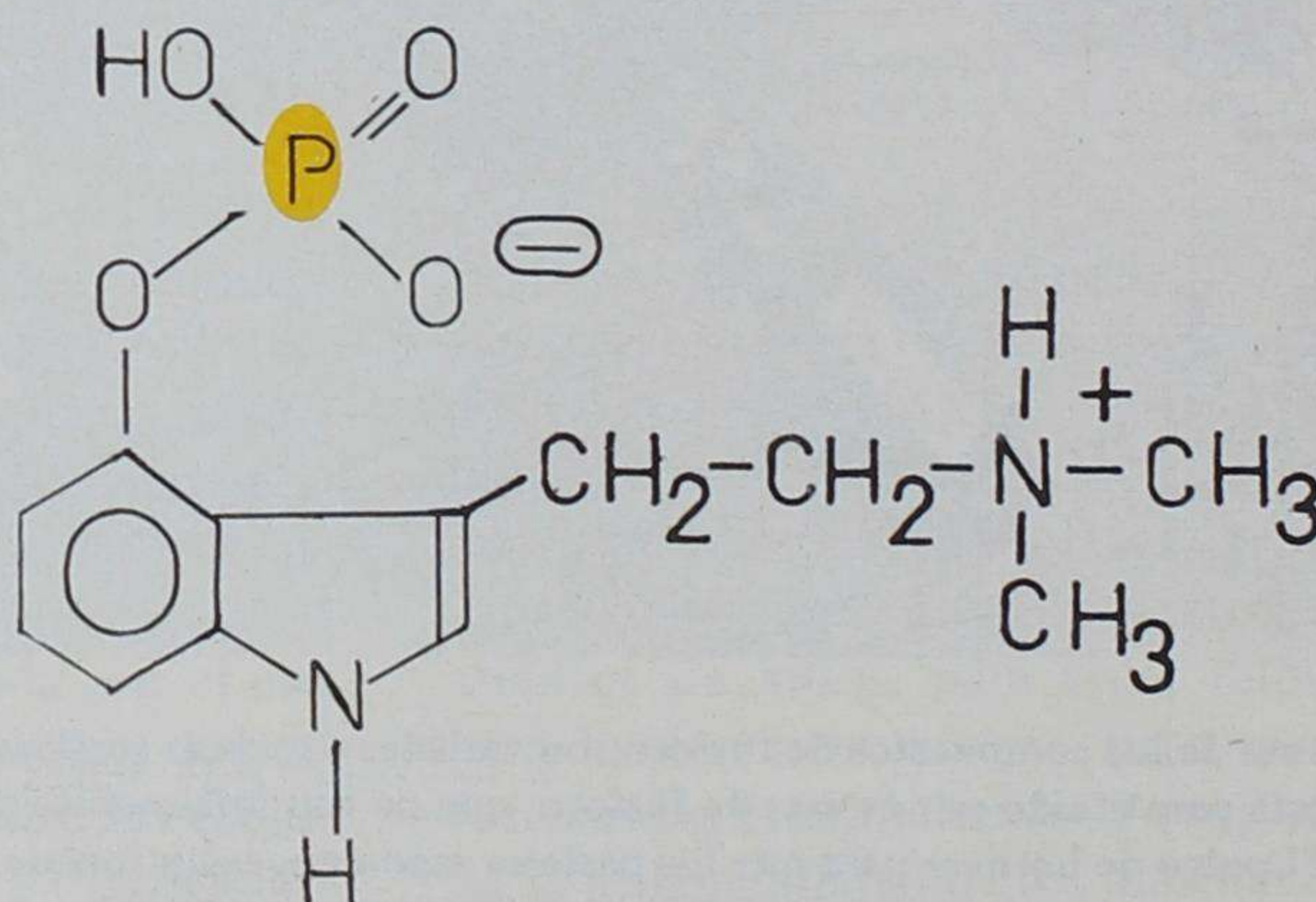
El techo de los pabellones del estadio olímpico de Munich fue construido con plastificantes de fósforo para hacerlo anti-inflamable y dar más seguridad a los visitantes durante las Olimpiadas de 1972.



Las aplicaciones de los compuestos de fósforo son variadas e incluso sorprendentes. El líquido para el sistema hidráulico de los aviones está constituido por ésteres de fósforo, que no son inflamables y que reducen el riesgo de incendio en caso de accidentes. El polvo de hornear para que los pasteles esponjen, es un fosfato de calcio. El ácido fosfórico se emplea en los refrescos de cola, que tienen 0.057 a 0.083% de ácido fosfórico al 75%; este es fuertemente ácido, lo cual produce en estos refrescos un pH de 2.5.



Los compuestos de fósforo pueden estar en los lugares menos esperados; así, en algunos hongos mexicanos existe una sustancia psicotrópica alucinante, la psilocibina.



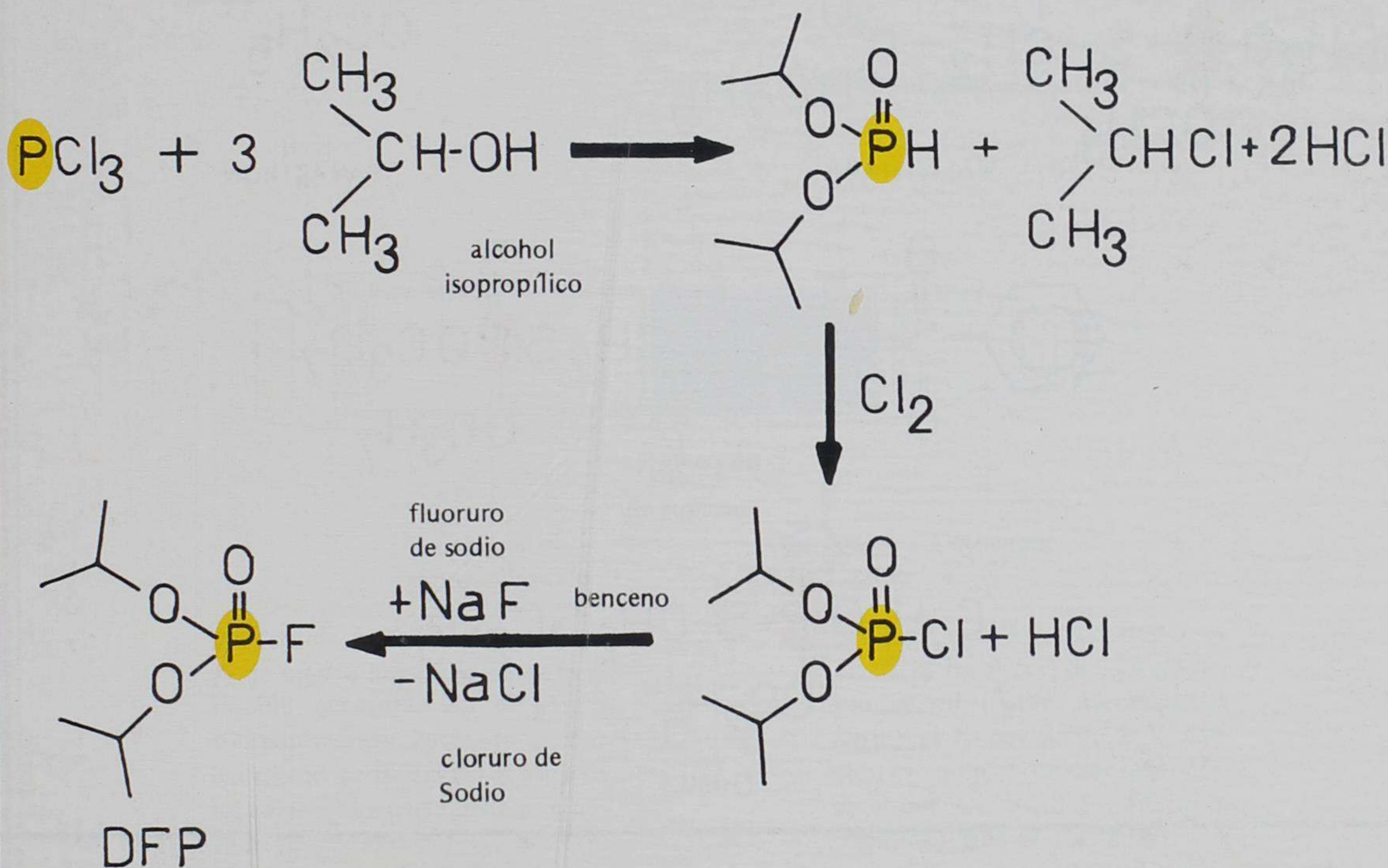
Hay sin embargo, con respecto a la química del fósforo, un aspecto desagradable. Seguramente muchos hemos oído hablar de los gases de guerra, tan potentes, que una sola gota es capaz de matar un caballo, y también hemos oído hablar de los insecticidas que permiten mejorar los cultivos y producir más alimentos. Estos dos tipos de compuestos provienen de la misma investigación.

Los programas de investigación sobre los venenos orgánicos de fósforo empezaron du-

rante la segunda Guerra Mundial, en Inglaterra, dirigidos por B.C. Saunders, de la Universidad de Cambridge, y en Alemania, por Gerhard Schrader, en las instalaciones de la compañía I.G. Farben.

Las investigaciones inglesas condujeron a la síntesis en escala industrial de potentes venenos como el DFP. La dosis letal necesaria para matar el 50% de ratas expuestas 10 minutos (LD_{50}) es 0.36 ppm (partes por millón) en el aire.

Síntesis del veneno DFP

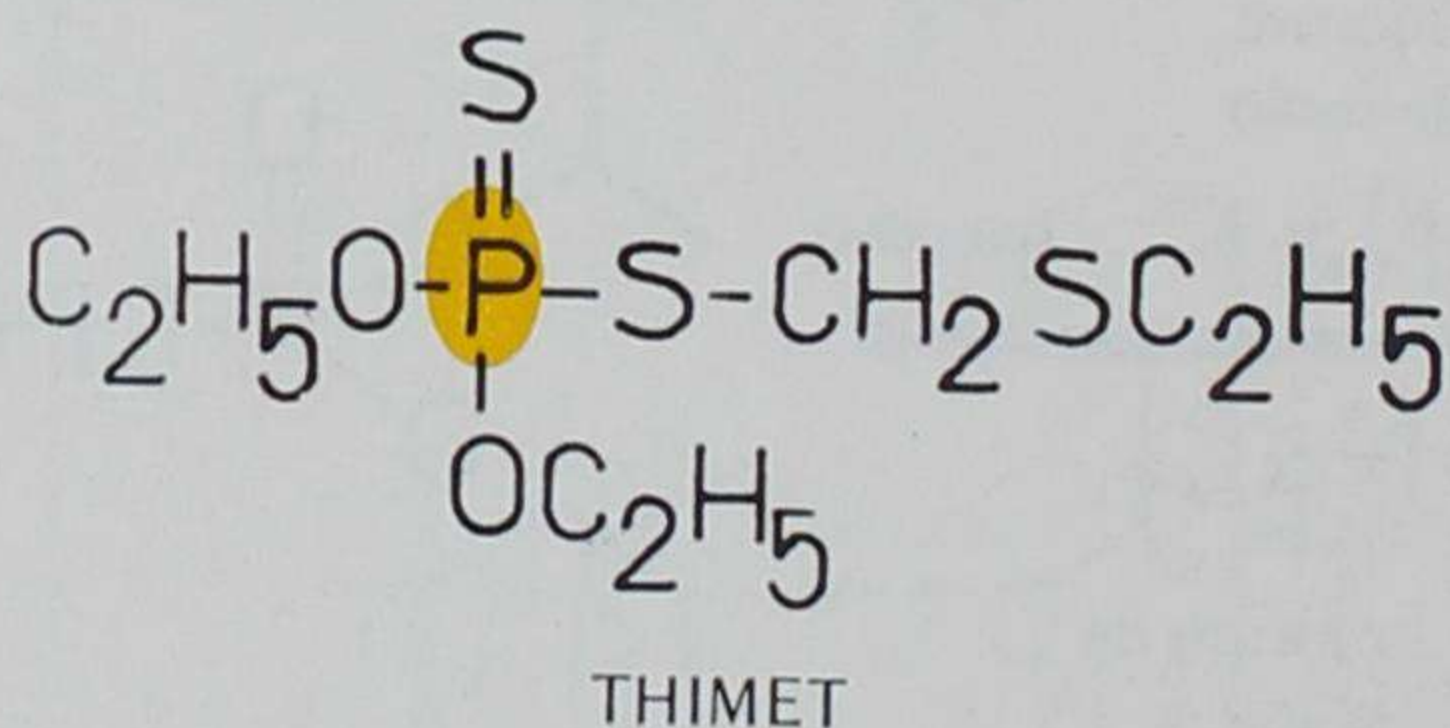
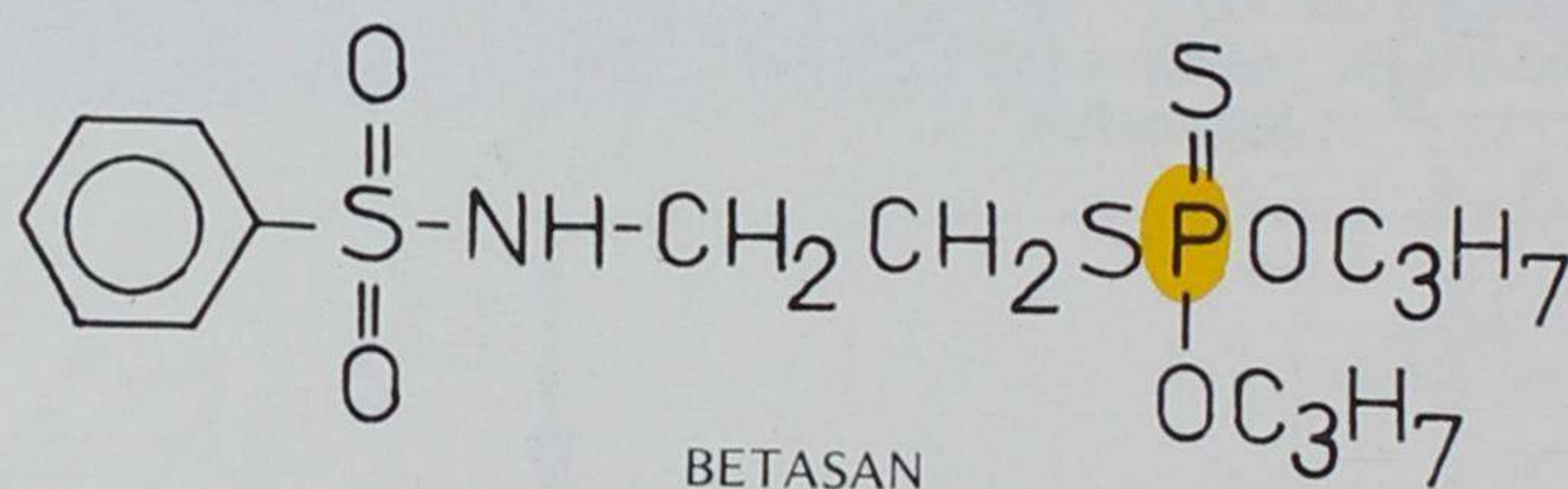
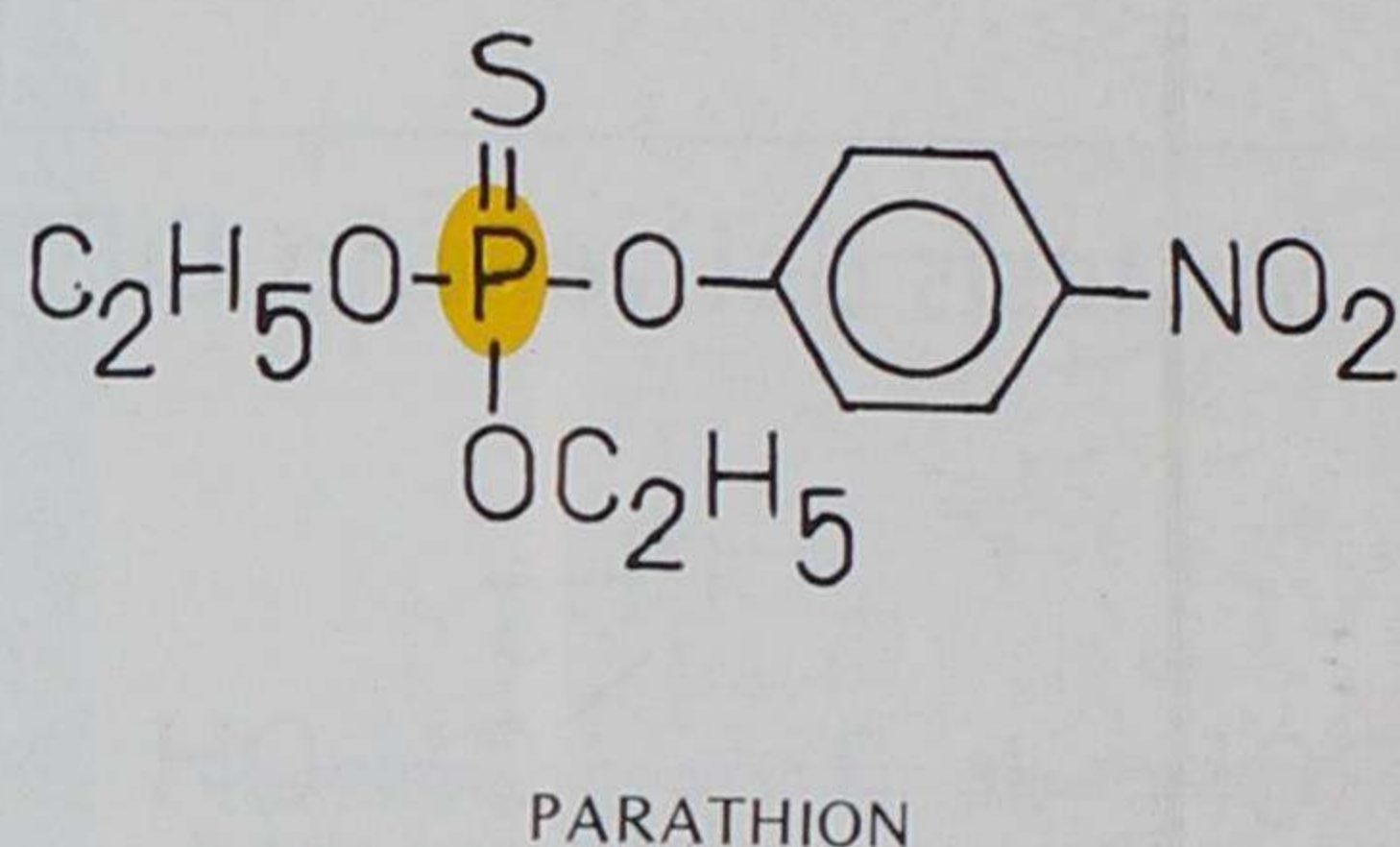
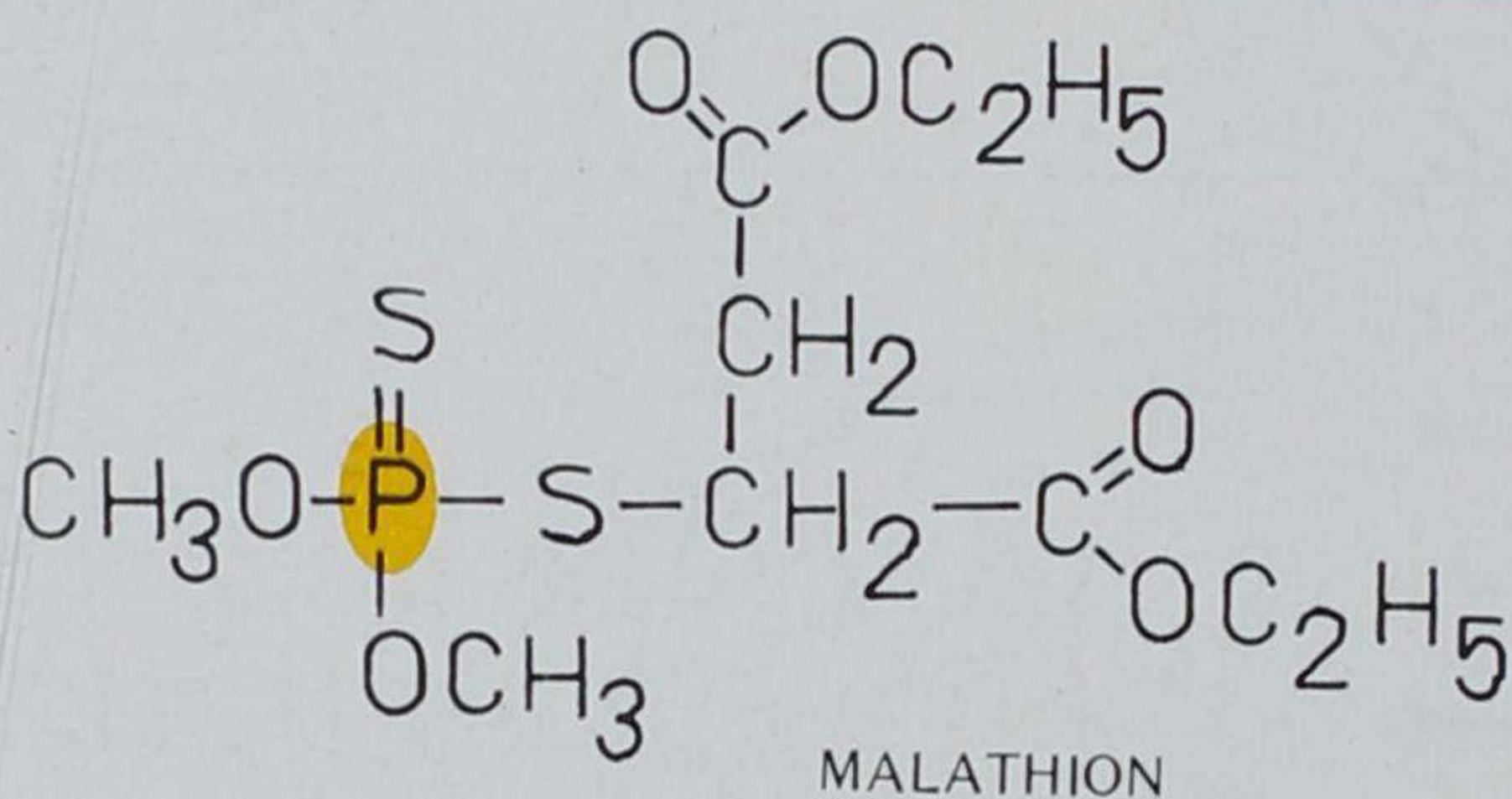


La secuencia de reacción muestra la síntesis del DFP, un potente veneno. Llama la atención la simplicidad de los reactivos.

Los laboratorios alemanes que tenían como meta principal la investigación de insecticidas, hicieron un estudio sistemático sobre miles de compuestos, muchos de los cuales resultaron extremadamente tóxicos y fueron usados para

finés militares; otros fueron utilizados como potentes insecticidas después de la guerra.

En los Estados Unidos se continuó con estas investigaciones; surgieron entonces insecticidas como el malathion, que es inofensivo para los mamíferos, y el thimet, que es tóxico para los animales de sangre caliente. Otro ejemplo es el betasan, que resultó ser un herbicida.



Un ejemplo de la toxicidad de estos insecticidas lo da la siguiente cifra: ciertas poblaciones de mosquitos mueren en un 95% cuando se pone un gramo de parathion en 20 toneladas de agua.

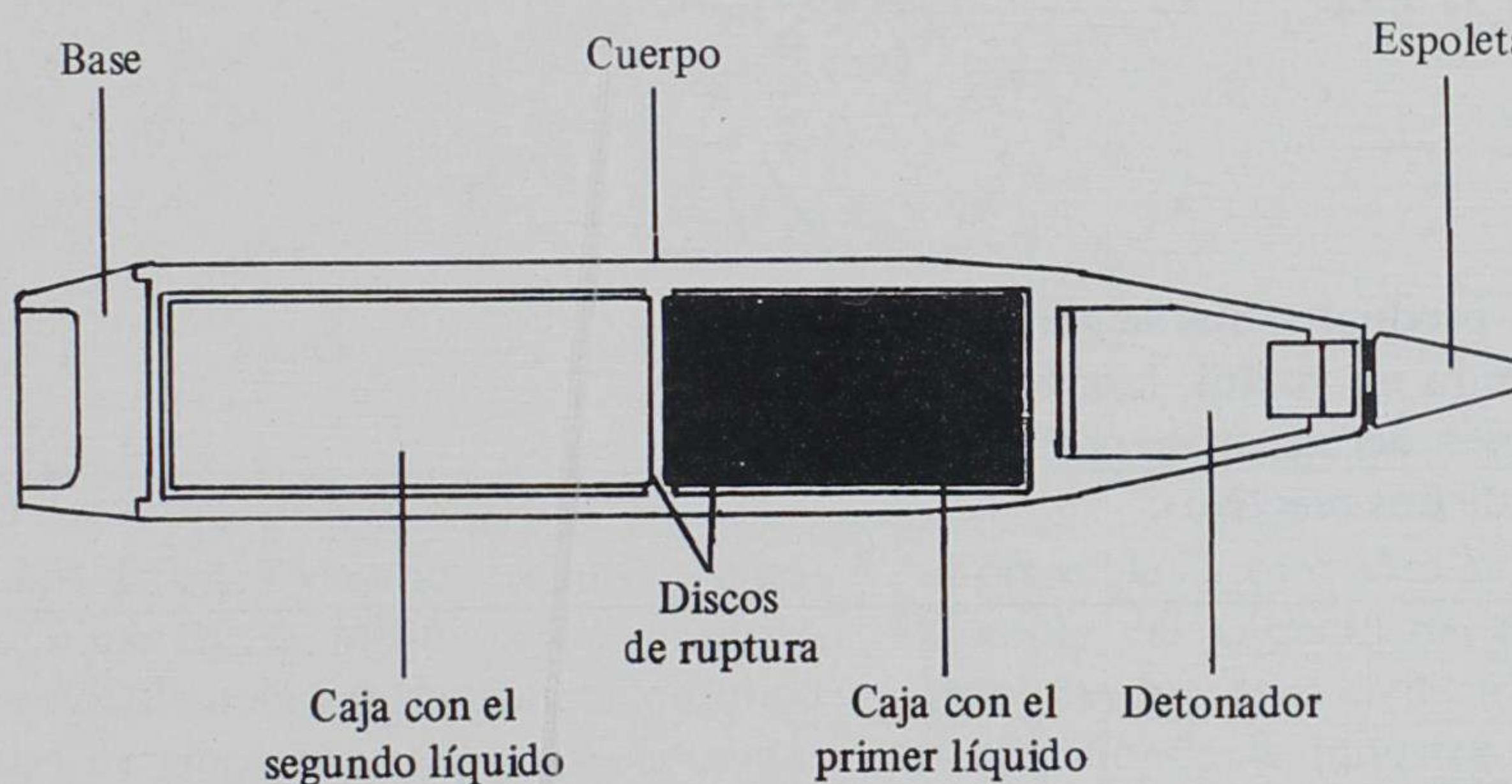
La investigación y el uso de compuestos de fósforo con armas de guerra es un tema que sigue adelante, como podemos apreciar en un artículo de la revista *Chemical and Engineering News*, del mes de diciembre de 1980, donde se habla de las recientes armas químicas. Nuevas bombas construidas actualmente por Estados Unidos, contienen cápsulas que llevan dos

compartimientos, con una sustancia química cada una de ellas; al caer la bomba el impacto mezcla dichas sustancias, que reaccionan en segundos produciendo un compuesto de fósforo terriblemente tóxico. La síntesis es muy simple. A partir de isopropanol y difluoruro de metil fosfonilo, en 10 segundos el producto está listo.

Concepto binario:

dos ingredientes se mezclan y reaccionan en el aire, formando los gases tóxicos GB o VX

Casco de artillería: un sistema líquido/líquido



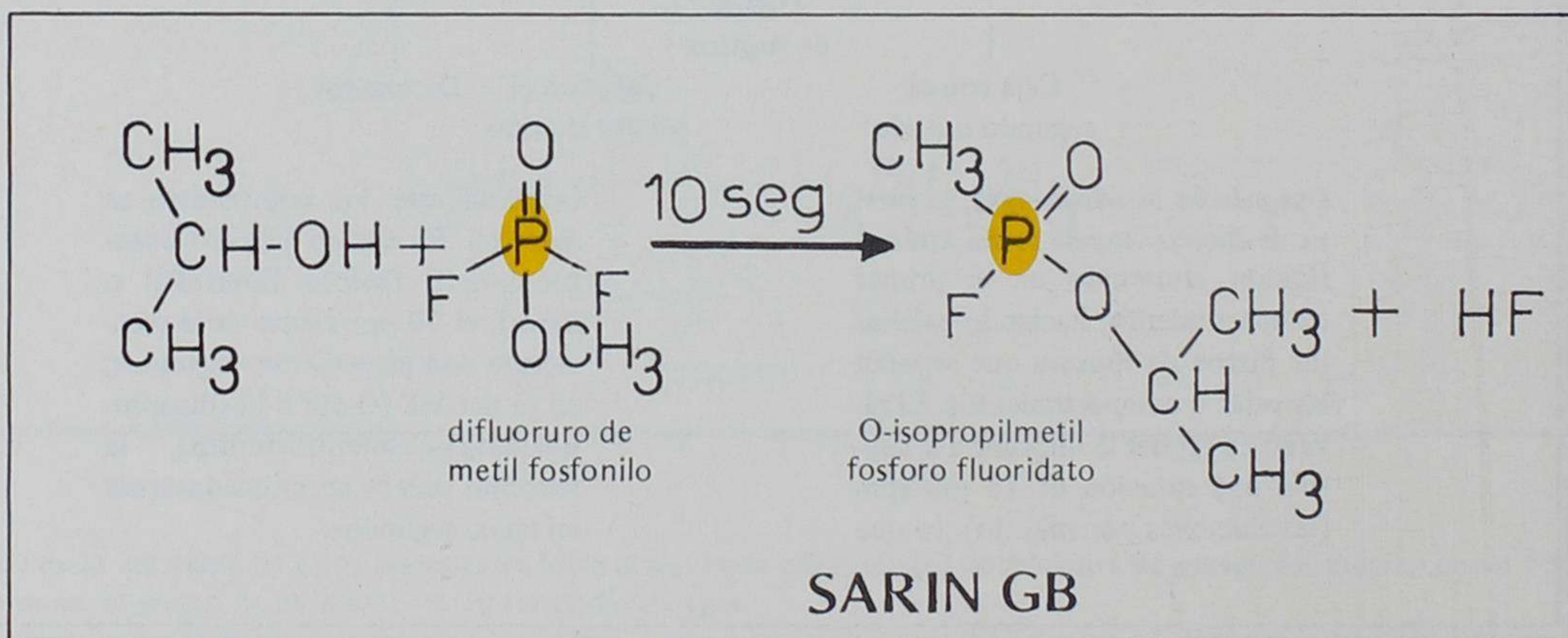
Después de la detonación, la fuerza de inercia impele hacia atrás el líquido contenido en el primer compartimiento, haciendo estallar los discos de ruptura que separan las cajas o compartimientos. El rayado en espiral le imprime a la cápsula una rotación de 15 mil rpm (revoluciones por minuto), lo que

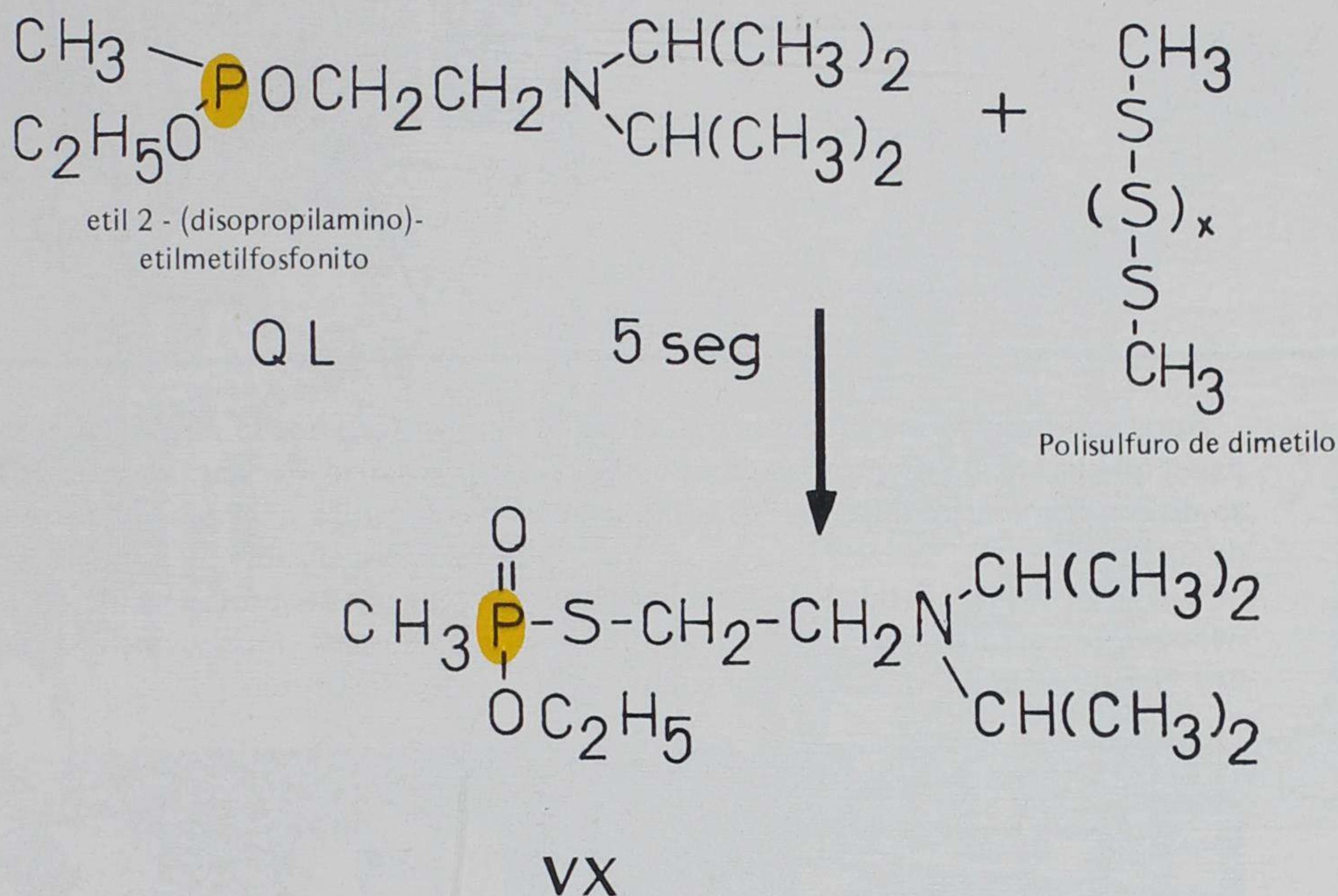
ocasiona que los compuestos se mezclen. En el caso del GB (O-isopropilmetil fósforo fluoridato o Sarin), el 70 por ciento de la reacción se completa en diez segundos; en el del VX (O-etil S-[2-(disopropilamino)-etilmetilfosfonito], la reacción sucede aproximadamente en cinco segundos.



Este soldado con equipo de protección para gases dirigidos a los nervios en una imagen del apocalipsis.

El otro producto, que se conoce como VX, es un líquido no volátil, inodoro, que se prepara también de una manera muy simple, por la mezcla de dos reactivos.





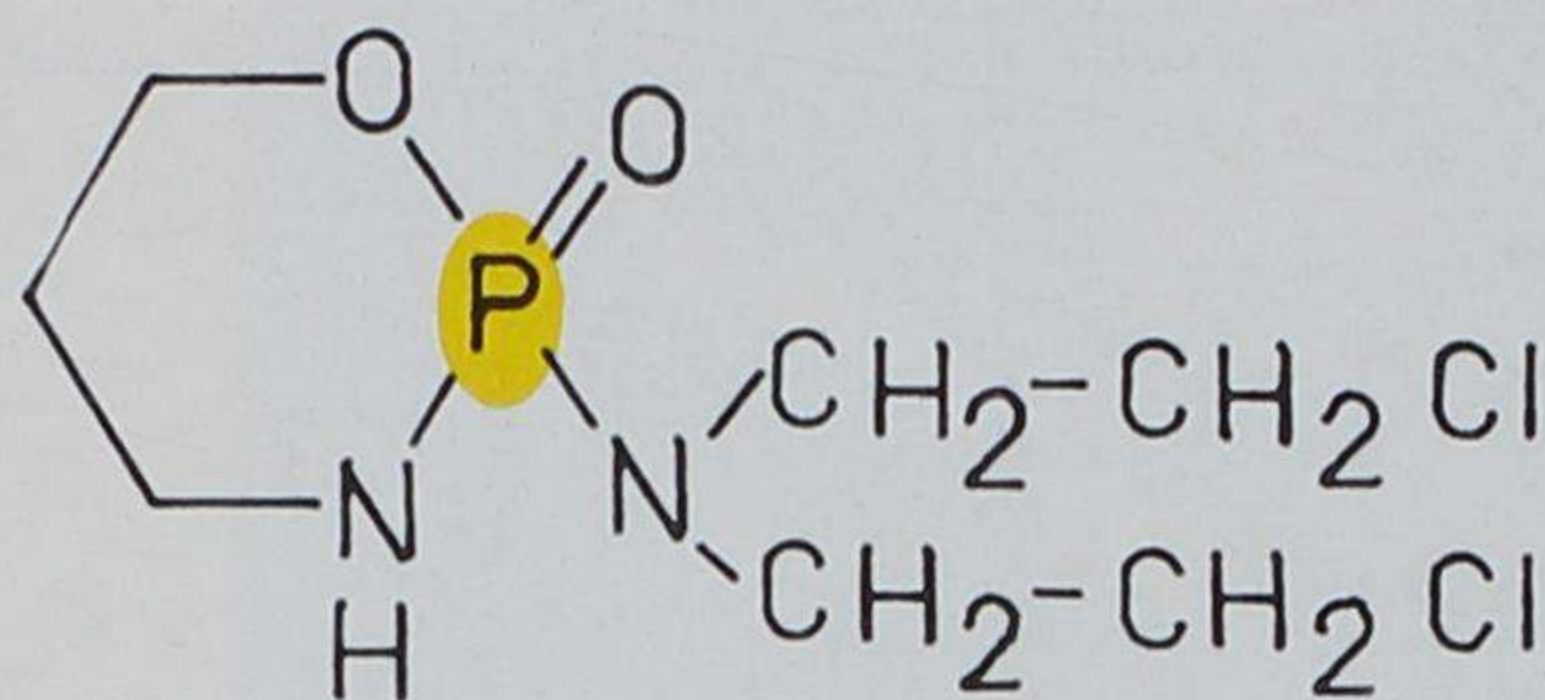
La acción de estos venenos es inhibir la enzima anticolinesterasa, lo que causa un incremento de acetilcolina, el transmisor químico del impulso nervioso que interrumpe la comunicación del cerebro con los músculos. Esto causa parálisis y desequilibrio de las señales nerviosas. Los efectos físicos son: miosis, disminución de la visión, congestión bronquial y constricción, náuseas, vómito y defecación incontrolada, convulsiones y muerte por paro respiratorio. La peligrosidad de estos gases está en su toxicidad extrema aun en concentraciones bajísimas: por inhalación es de 1 miligramo para G.B. Sarin y de 0.4 mg para VX.

El uso del fósforo en los gases de guerra es

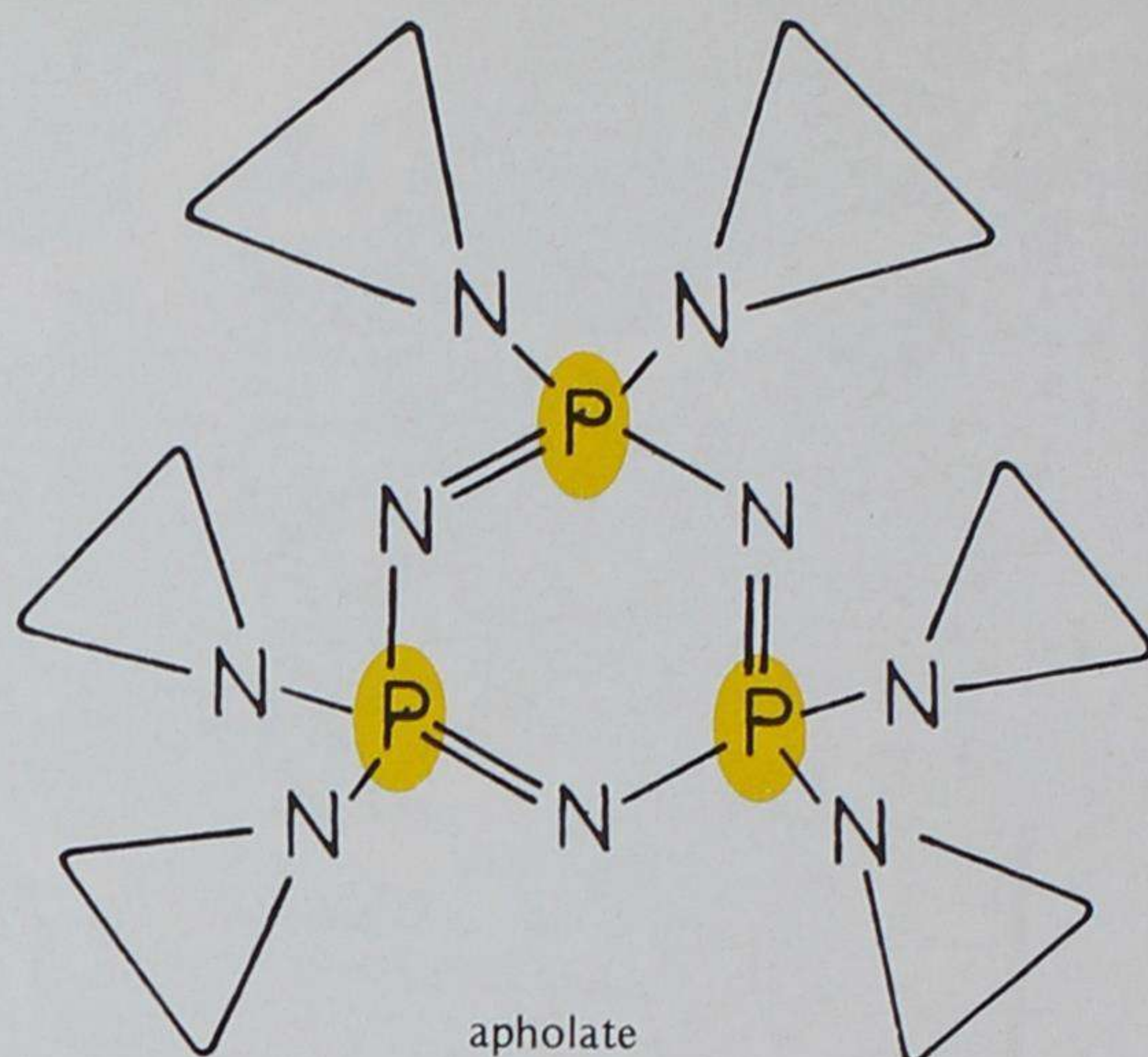
abhorrecible, y esto sólo debe quedar como un ejemplo del impacto del trabajo del químico en el destino de la civilización y también en el desarrollo de la industria de la muerte. Sin embargo, no podemos responsabilizar a los químicos del mal uso de la ciencia ya que la preparación de estos gases depende de la decisión de algunos gobernantes.

Afortunadamente hay cosas que son útiles. La sensibilidad a los compuestos fosforados por parte de los procesos más íntimos de la célula los convierte en principios activos en medicina. Ejemplos son el endoxan y apholate, que se investigan como antitumorales.

Compuestos antitumorales



endoxan o ciclofosfamida

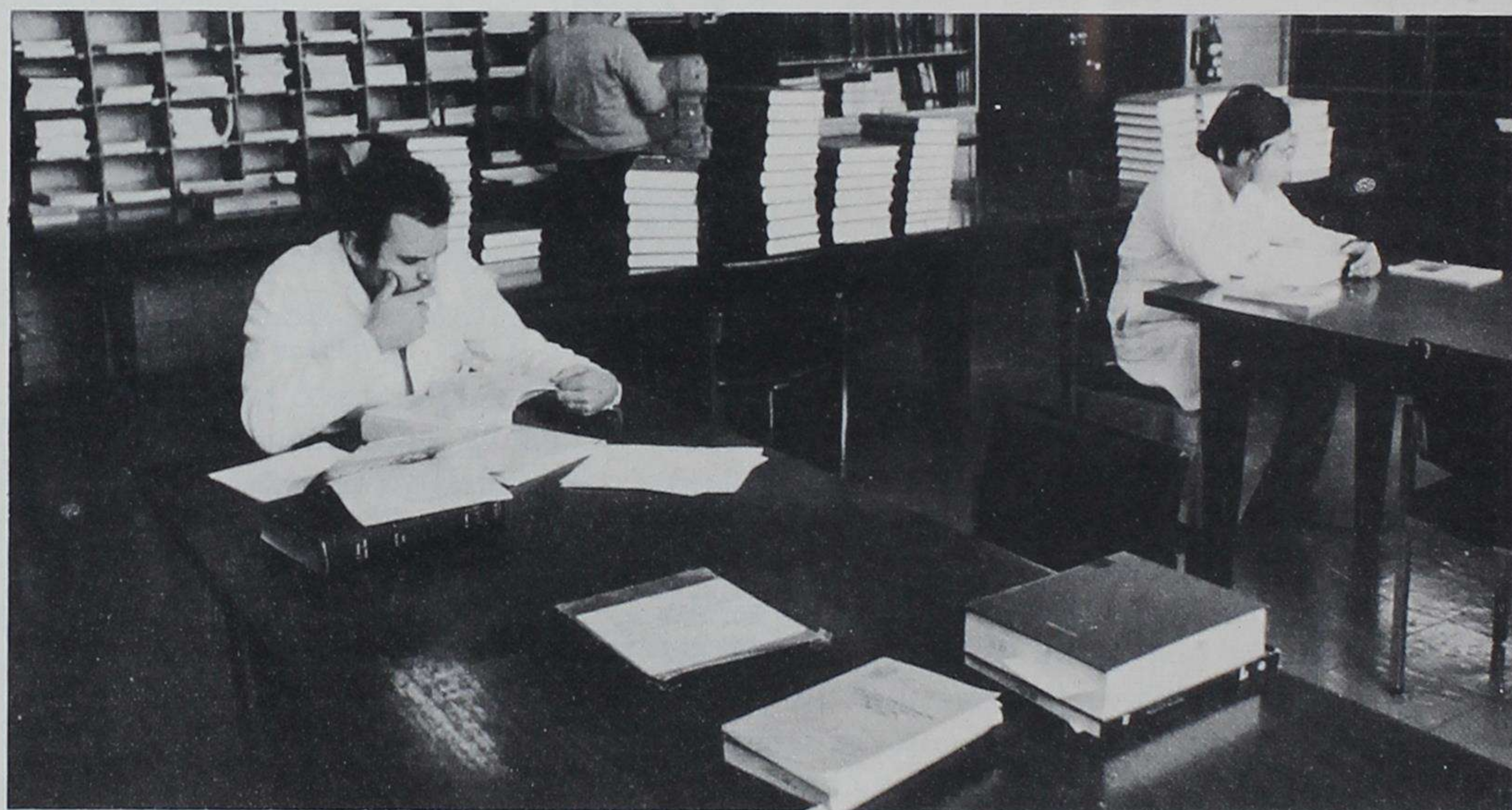


apholate

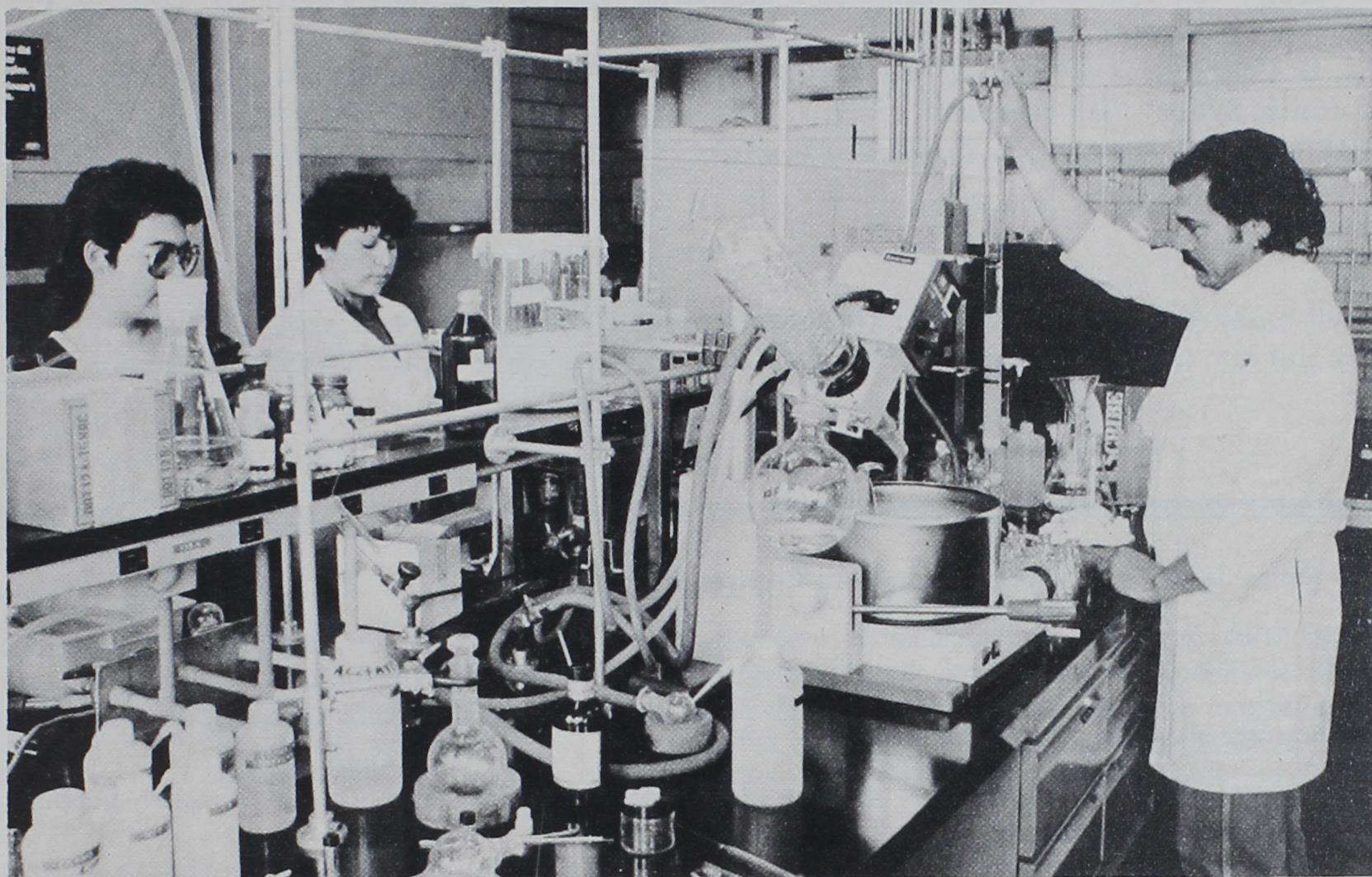
Surge de pronto una pregunta: ¿Cuál es el papel que ha jugado el químico en este universo de conocimientos y usos de los compuestos de fósforo?

Una idea de la cantidad de trabajo que es necesario desarrollar para tener un compuesto útil, por ejemplo de un insecticida como el pa-

rathion, nos lo puede dar el siguiente dato: Es necesario diseñar, sintetizar y probar 10 mil moléculas nuevas para encontrar una que sea comercializable, y, como es de suponerse, para realizar un programa así de tal magnitud son necesarios muchos investigadores, laboratorios, institutos.



Es fácil estimar la actividad de los investigadores químicos en el mundo, puesto que la bibliografía sobre los trabajos químicos queda registrada prácticamente en su totalidad en el *Chemical Abstracts*, que es una publicación semanal que resume el conjunto de la documentación química mundial. Esta revista analiza las publicaciones periódicas de 8 mil revistas diferentes y registra las patentes.



En 1980 se publicaron aproximadamente 20 mil artículos sobre la química del fósforo, y la mayoría trata de problemas prácticos. Se habla del análisis de los grandes lagos americanos, del mejoramiento de fertilizantes, de la fabricación de materiales plásticos, de dentífricos, de la composición del suelo lunar, y muchos otros temas interesantes. Para desarrollar estas aplicaciones e investigaciones, se necesita contar con conocimientos generales sobre los compuestos de fósforo. A la tarea de generar estos conocimientos fundamentales se dedica otro grupo de investigadores, que realizan lo que conocemos como investigación básica. Así, si se quiere apreciar el número de publicaciones que tiene por meta mejorar nuestros conocimientos en el terreno de esta química general, encontramos que hay entre 1500 y 2 mil publicaciones por año. Esto representa una cantidad muy importante de investigación. Querer estar al corriente puede ser frustrante, por la razón siguiente: Ser químico es ya una especialidad, ser químico del fósforo es otra especialidad dentro de la especialidad, así que no es posible estar al pendiente del conjunto del progreso que se realiza. Todo esto nos habla de la amplitud de investigación que se lleva a cabo en el campo, y también de la gran especialización a la que llegan los investigadores modernos.

La distribución mundial de los químicos que hacen química del fósforo depende fundamentalmente de la tradición nacional. La química era una ciencia alemana en el siglo XIX, y es natural que en Alemania se encuentren grupos numerosos y activos. Hay también personalidades que han creado escuelas como Arbuzov en la Unión Soviética; entre los paí-

ses que tienen grupos importantes podemos citar a Inglaterra, Francia, Polonia y Estados Unidos. En México, por razones que deben resultar obvias, es necesaria la preparación de especialistas en el campo de la química del fósforo, pues el país requiere tener expertos que manejen los problemas químicos industriales que presentan estos compuestos. ❁

Bibliografía para la comprensión de la química del fósforo

- A.D.F. Toy, *Phosphorus Chemistry in Everyday Living*. American Chemical Society, 1976.
- B.J. Walker, *Organophosphorus Chemistry*, Penguin Book Ltd. Harmondsworth, Middlesex, Inglaterra, 1972.
- J. Emsley D. Hall, *The Chemistry of Phosphorus*, Harper and Row Publishers, Londres, Nueva York, Haghstow, San Francisco, 1976.
- J.I. G. Cadogan, *Organophosphorus Reagents in Organic Synthesis*, Academic Press, Londres, Nueva York, Toronto, Sydney, San Francisco, 1979.
- A.D.F. Toy, *Comprehensive Inorganic Chemistry*, Vol. 2, pág. 389, Pergamon Press, 1973.

Bibliografía general

- Streitwieser A. Jr. Heathcock C.H., *Química Orgánica*. Interamericana, México.
- J.E. Huheey, *Química Inorgánica. Principios de estructura y reactividad*. Harla, S.A. México.

Los temas de investigación de la doctora Contreras son:

La estructura, reactividad y aplicaciones de compuestos de boro derivados de aminas, alcoholes y aminoalcoholes. Estos derivados son importantes tanto desde el punto de vista teórico, debido a sus estructuras moleculares, como práctico, ya que tienen un gran uso como reactivos de laboratorio. En esta línea ha publicado un número grande de trabajos, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

M. Añez, G. Uribe, L. Mendoza y R. Contreras. Pirroliborano-tetrahidrofurano. Un nuevo agente hidroborante bifuncional. *Synthesis*, pp. 214-216 (1981).

N. Farfán y R. Contreras. Síntesis de derivados $-OBH_2 \leftarrow N$ de la 8-hidroxiquinoleína, 1-metil-8-hidroxi-1, 2, 3, 4-tetrahidroquinolina, N, N-dimetil-2-aminofenol y borano. *Nouveau Journal de Chimie*, pp. 269-272, vol. 6 (1982).

T. Mancilla, F. Santiesteban, R. Contreras y A. Kláébé. Obtención de tres tipos de derivados de boro: Esteres aminoboratos tris N-boranos, ésteres aminoboratos bis N-boranos y aminoalcoholes N-boranos a partir de la reacción de aminoalcoholes $1, 2 N \rightarrow B$. *Tetrahedron Letters*, pp. 1561-1564, vol. 29 (1982).

R. Contreras. La química simple de algunos compuestos de boro vista a través de la investigación científica actual. Cuadernos de Posgrado, Química Orgánica II (1982). Editado por la Facultad de Química de la UNAM.

Otro de los temas estudiados, dentro de la química del fósforo, es la estereoquímica (disposición espacial relativa de los átomos en las moléculas) de derivados espirofosforanos derivados de aminoalcoholes. También se interesa por la naturaleza ácido base de derivados orgánicos de fósforo. Específicamente uno de sus intereses es la síntesis de derivados tri y pentavalentes de fósforo derivados de aminoalcoholes, en los que, utilizando el borano (BH_3 , que es ácido) como herramienta, pone de manifiesto las características básicas de las moléculas a través de la formación de aductos. Algunos de sus trabajos en la química del fósforo son los siguientes:

R. Contreras, J.F. Brazier, A. Kláébé y R. Wolf. Espirofosforanos derivados de amino-(2) etanoles ópticamente activos. Estudio de una pareja de estereoisómeros, a la vez epímero y casienantiómeros. *Phosphorus*. 1972, vol. 2, pp. 67-71.

R. Contreras, R. Wolf y M. Sánchez. Síntesis mejorada de algunos espirofosforanos nuevos. *Synthesis in Inorganic and Metal Organic Chemistry*. 3(1), 37-45 (1973).

R. Contreras, D. Houalla, A. Kláébé y R. Wolf. Fosforanos bicíclicos con enlace P-H: Bases de Lewis potenciales. *Tetrahedron Letters*. vol. 22, núm. 40, pp. 3953-3954 (1981).

A. Kláébé, J. Brazier, A. Cachapuz Carrelhas, B. Garrigues, M. R. Marre y R. Contreras. Estudio cinético del mecanismo de isomerización de espirofosforanos ópticamente activos. *Tetrahedron*. Vol. 38, núm. 14, pp. 2111-2122 (1982).

Algunos de los trabajos del doctor Wolf relacionados con el tema son los siguientes:_____

R. Wolf. La pentacoordinación. *La Recherche* 60, 818-827 (1975).

R. Wolf. Tautómeros organofosforados que involucran un cambio en el número de coordinación del fósforo. *Pure and appl. Chem.* 52, 1141-1150 (1980).

R. Wolf y M. Sánchez. Los fosforanos se vuelven útiles. *La Recherche* 103, 894-895 (1975).



Doctora Rosalinda Contreras, Jefa del Departamento de Química, y doctor Robert Wolf, Director de investigación en el Centro Nacional de la Investigación Científica de Francia.

Indice de ilustraciones

Pág. 12: Lavoisier. Grabado del siglo XVII.

Pág. 15: Tabla periódica. The Random House Encyclopedia, James Mitchell (ed.) Random House, Nueva York, 1977.

Pág. 17 (arriba): Detalle de Descubrimiento del fósforo, de Joseph Wright (1665-1750). Museo de Derby, Inglaterra. (Abajo): Robert Boyle. Grabado del siglo XVII.

Pág. 18: El químico, de Cornelius Pieter Bega (1620-1664). The Fisher Collection of Alchemical and Historical Pictures, Pittsburgh, Penn.

Pág. 20: Planta química. Tomada de Chemical and Engineering News, 60 (31), agosto 2 de 1982.

Pág. 30: Batalla del Medioevo. Tomada de Historia Universal, 7, Editorial UTEHA, 1982.

Pág. 53: Salmonella Typhi. Tomada de The Random House Encyclopedia. Citada.

Pág. 56 (derecha): Barco pesquero. Tomada de Mundo submarino. Enciclopedia Cousteau. Tomo 20: El aspecto de la contaminación. Editorial Urbion-Hyspanamerica.

Pág. 57: Modelo de ADN. Tomada de The Random House Encyclopedia. Citada.

Pág. 59: Fábrica y espuma. Tomada de Mundo submarino. Citada.

Pág. 60: Peces. Tomada de Mundo submarino. Citada.

Pág. 61 (arriba): Mapa. Tomada de Geografía Universal Ilustrada, 12, UTEHA, 1982.

(Abajo): Aves sobre roca en el mar. Tomada de Mundo submarino. Citada.

Pág. 62: Estadio Olímpico en Munich. Tomada de München, Klaus Gallas Editor. DuMont Buchverlag. Colonia, 1979.

Pág. 62: (abajo): Hangar. Tomada de Mundo submarino. Citada.

Pág. 64: Amanita Muscaria. Tomada de Evans Schultis Richard y Albert Hofmann, Plantas de los dioses. FCE, México, 1982.

Pág. 67: Concepto binario. Tomada de Chemical and Engineering News, 58 (50), diciembre 15 de 1980.

Pág. 68: Soldado. Tomada de Chemical and Engineering News. Citada.

Eugenio Frixione

El impacto de la ciencia en la plástica contemporánea

En el primer número de esta gaceta se reproduce un texto del doctor Arturo Rosenblueth en torno a los aspectos estéticos de la ciencia.¹ Este tema ha sido de interés no sólo para numerosos científicos sino también para los estudiosos de las artes; una reciente compilación de ensayos, que acaba de ser traducida al español,² proporciona una visión múltiple y general de los factores estéticos en el quehacer científico. Con menor frecuencia se hace referencia a las facetas científicas de la producción artística. En consecuencia, cuando fui invitado a colaborar en esta sección decidí aventurar algunos comentarios acerca de la incidencia del conocimiento científico sobre las artes plásticas en Occidente.

La irrupción más obvia de la ciencia y sus resultados en el arte moderno se manifiesta en la diversidad de nuevos materiales y recursos técnicos que los artistas han sabido aprovechar para sus creaciones, desde pigmentos más estables y su aplicación por procedimientos mecanizados, hasta la generación de patrones y combinaciones cromáticas por medio de computadoras y su proyección en pantallas electrónicas. Por otra parte, se percibe que el mundo del arte ha sido invadido por cierta terminología procedente de la ciencia cuando

nos encontramos con títulos tales como *Supernovae* (Víctor Vasarely), *Atom piece* (Henry Moore), *Relativity* (Maurits Escher) y *Asunción anti-protónica* (Salvador Dalí) en las artes plásticas, o *Ionisation* (Edgar Varèse) y *Metastasis* (Iannis Xenakis) en la música.

Pero, más allá del simple aporte temático y tecnológico, el pensamiento científico ha contribuido a producir un profundo cambio en la actitud del artista frente a su labor. En esta transformación ha jugado un papel decisivo la adopción generalizada de un enfoque metodológico que hasta hace algunas décadas se identificaba tan sólo con el científico: la experimentación. Si en el pasado la búsqueda de nuevas posibilidades era mal tolerada por los maestros en turno, en la actualidad su práctica se preconiza universalmente como la única opción válida. A mediados del siglo XIX, Ingres, el gran clásico de la pintura francesa, amonestaba a los partidarios del Romanticismo:

¿Qué quieren decir esos pretendidos artistas que predicán el descubrimiento de lo "nuevo"? Todo está hecho; todo está hallado. No es nuestra tarea inventar, sino continuar. ...³

En nuestros días incluso los representantes de las posiciones estéticas más antagónicas coinciden en la necesidad de investigar. Víctor Vasarely, el principal teórico del arte óptico, advierte:

Ahora, los talleres de los artistas se pueden comparar con los laboratorios. Hoy no se puede proceder si no se dispone de medios; así, pues, un joven artista que no posea más que las técnicas y la ética antiguas queda como un ser subdesarrollado, condenado a practicar un arte acabado, inútil y condenado por lo mismo a perecer.⁴

Mientras, en el polo opuesto del espectro pictórico contemporáneo, Antoni Tàpies, uno de los más destacados exponentes del arte matérico, señala:

El artista es hombre de laboratorio (. . .) El artista únicamente conseguirá resultados positivos si trabaja en su tarea solitaria de investigador, paralela —aunque no igual— a la forma de trabajar del hombre de ciencia, y sólo la experimentación cotidiana y el hecho de estar constantemente en estado de alerta harán que, a veces, en el momento más impensado, se produzca el milagro se-

gún el cual unos materiales, que por sí solos son inertes, empiezan a hablar con una fuerza expresiva que difícilmente puede compararse a ninguna otra cosa.⁵

Es posible que ciertas influencias del espíritu científico sobre la actividad artística hayan tenido lugar ya desde la antigüedad clásica, pero resulta indudable que se dieron durante el Renacimiento, principalmente a través de personalidades como Leonardo da Vinci y Piero della Francesca. Sin embargo, un impacto definitivo y continuado se observa sólo en los últimos cien años. La primera aproximación consciente se dio hace exactamente un siglo cuando un pintor francés, George Seurat, se interesó por la teoría del color tal como era concebida por los físicos de entonces, y creó la técnica del Divisionismo. Su procedimiento, basado en consideraciones ópticas, consistía en descomponer el color en sus elementos primarios, cubriendo las superficies con pequeños puntos de pigmentos puros sin mezclar, a fin de que la fusión cromática ocurriera en la retina del observador. Esta es la parte más conocida de la historia, pero las inquietudes de Seurat iban más allá. Se preguntaba:



Augusto Rodin, Hombre con la nariz rota (1864). Bronce.



Medardo Rosso, Cabeza de una mujer joven (1901). Cera sobre yeso.



Georges Seurat, Domingo por la tarde en la isla de La Grande Jatte (1884-1886).

Si he podido, con la experiencia del arte, hallar la ley del color pictórico, ¿no puedo descubrir un sistema igualmente lógico, científico y pictórico para componer armoniosamente las líneas de un cuadro del mismo modo que puedo componer sus colores?⁶

Desafortunadamente Seurat murió demasiado joven para emprender la tarea que ambicionaba, pero el Divisionismo o Puntillismo representó una influencia decisiva sobre generaciones posteriores, no siempre como innovación técnica pero sí como cambio de actitud ante el potencial del conocimiento científico para su aplicación en las artes.

Al avanzar la primera década del siglo XX, en paralelo con el fermento del Cubismo en Francia, apareció en Italia una revolución estética de vigor inusitado: el Futurismo. Por

vez primera artistas con especialidades diversas —pintores, poetas, escultores y músicos— unifican criterios, se comprometen con una posición (en este caso extremista e iconoclasta) y manifiestan por escrito un marco de referencia teórico que justifica y orienta su labor. Como único don rescatable del pasado, los pintores del grupo reconocen la obra de Seurat:

Concluimos que la pintura no puede existir hoy sin el Divisionismo.⁷

Su entusiasmo por la ciencia es exaltado; entre las consignas futuristas se lee:

Apoyar y glorificar nuestro mundo de día con día, un mundo que va a ser continua y espléndidamente transformado por la victoriosa Ciencia.⁸

Se proponen incluso maneras científicas para juzgar el valor de la producción artística:



Umberto Boccioni, Formas únicas de continuidad en el espacio (1913). Bronce.

Puesto que las palabras crítico y crítica han sido ya manchadas por el vil uso que se ha hecho de ellas, nosotros los Futuristas las abolimos, de una vez por todas, y utilizaremos en su lugar los términos *medida* y *medidor*. (...) La medida Futurista de una obra de arte significa una exacta determinación científica expresada en fórmulas de la calidad de la energía cerebral representada por la obra misma, independientemente de la impresión buena, mala o inexistente que la gente pueda tener de ella.⁹

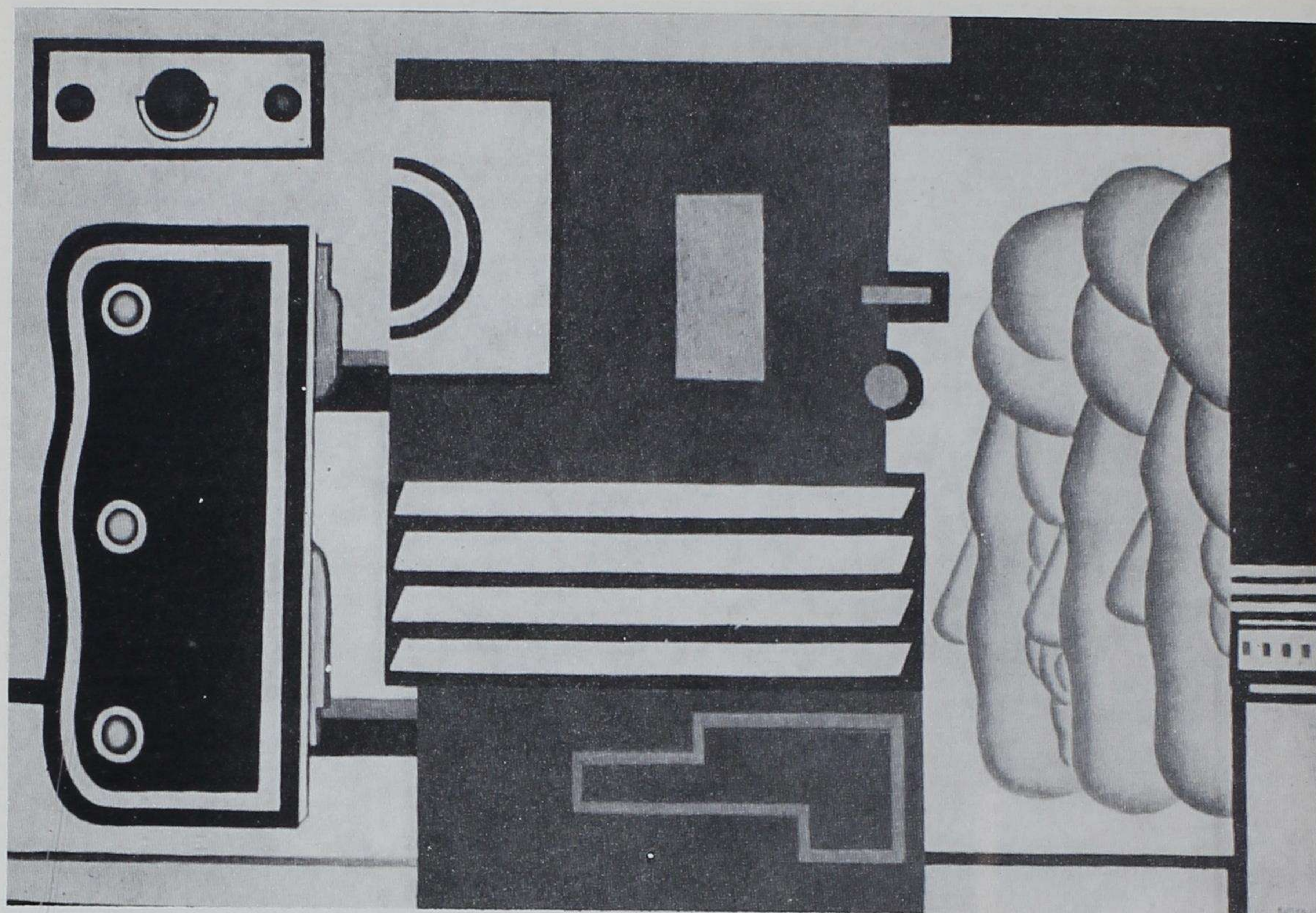
Estas declaraciones, que hoy pueden parecer caricaturescas, deben contemplarse en el contexto de una época que, sin recobrarse aún de los efectos sociales de la teoría de la evolución, se vio asombrada y estremecida por el nacimiento casi simultáneo de la comunicación por radio, la aeronáutica, la teoría cuántica, la teoría de la relatividad, la lógica simbólica y el

psicoanálisis, además del descubrimiento de los rayos X y la radiactividad. La voz de la ciencia se había hecho oír por el gran público como nunca antes en la historia e imprimió una marca profunda en la sensibilidad humana. En adelante el artista de vanguardia, individuo quizás cultivado, se convertiría en un ser necesariamente bien informado; el artífice fue reemplazado por el intelectual, y un importante caudal de la actividad artística cambió el énfasis de la mera observación y copia de las apariencias de la realidad al cuestionamiento e indagación de sus raíces ontológicas.

El ideal Futurista de un arte fundado en relaciones objetivas, libre del subjetivismo banal, se robusteció cuando Wassily Kandinsky descubrió que los elementos de la plástica podían mantener y aun aumentar su efectividad estética al ser liberados de la representación figurativa del mundo sensible. Era por tanto posible jugar con combinatorias de formas y colores arreglados según relaciones derivadas de principios organizativos de validez universal. Estos conceptos cundieron rápidamente por Europa. En la Rusia postrevolucionaria florecieron varias corrientes afines, de entre las que sólo sobrevivió y prosperó luego en Occidente el Constructivismo, capitaneado por Antoine Pevsner y Naum Gabo. En Holanda surgió el Neoplasticismo, en el que destaca de manera predominante la figura de Piet Mondrian. La obra de este último, y en general la del grupo *De Stijl*, se conformó alrededor de un núcleo teórico original del filósofo Schoenmaekers y de su noción de la "matemática plástica":

La matemática plástica significa un pensar verdadero y metódico desde el punto de vista del creador (...) Aprendemos ahora a traducir la realidad de nuestra imaginación en construcciones que pueden ser reguladas por la razón, con objeto de recobrar estas mismas construcciones más adelante en una realidad natural "dada", penetrando así en la naturaleza por medio de la visión plástica.⁶

El Constructivismo ruso y el Neoplasticismo holandés se asimilaron después de la Primera guerra mundial en Alemania, donde nutrieron una institución crucial para la plástica y archi-



Fernand Léger, Tres rostros (1926).

tectura contemporáneas: la Bauhaus. El objetivo de esta organización de artistas era la convergencia de las artes en una sola obra, el edificio para la habitación o actividad humanas; innumerables construcciones (las del Cinvestav por ejemplo) muestran el sello del estilo puro y sereno de la Bauhaus, en el que la línea recta y las áreas cuadrangulares intentan ejercer un efecto sedante y propicio para el trabajo intelectual y el descanso.

Después de la Segunda guerra se han dado en la plástica varias modalidades de clara inspiración científista. Durante los años cincuenta se impuso el Espacialismo, con pintores como el italiano Lucio Fontana y el ruso-norteamericano Mark Rothko, que alcanzaron límites aún no transpuestos de intensidad expresiva con una máxima economía de medios. Más recientemente aparecieron el arte óptico (*Op Art*) y el arte cinético. En el pri-

mero se explotan de manera sistemática las posibilidades estéticas de ciertos fenómenos curiosos de la percepción visual; entre sus cultivadores más destacados están el húngaro Vitor Vasarely, la artista inglesa Bridget Riley y el venezolano Jesús Soto. En el arte cinético se enfatiza el movimiento, y por lo tanto la energía y el tiempo. Entre quienes han experimentado sobre esta línea se encuentran el argentino Julio LeParc; el norteamericano Alexander Calder, inventor de los móviles; el griego Takis, autor de esculturas en las que el magnetismo desempeña un papel central, y el belga Pol Bury, creador de estructuras cargadas del más impenetrable misterio.

La fascinación que muchos de estos artistas sienten por los conceptos científicos es en ocasiones desconcertante. Por ejemplo, únicamente la nítida y comprometida trayectoria profesional de Vasarely nos convence de su absoluta seriedad cuando afirma:

Hace ya mucho tiempo que vengo observando en mi propia obra una tendencia ondulatoria y otra corpuscular.⁴

Y Naum Gabo, uno de los pilares del Constructivismo, ha dicho al referirse a los artistas que aún practican el Naturalismo:

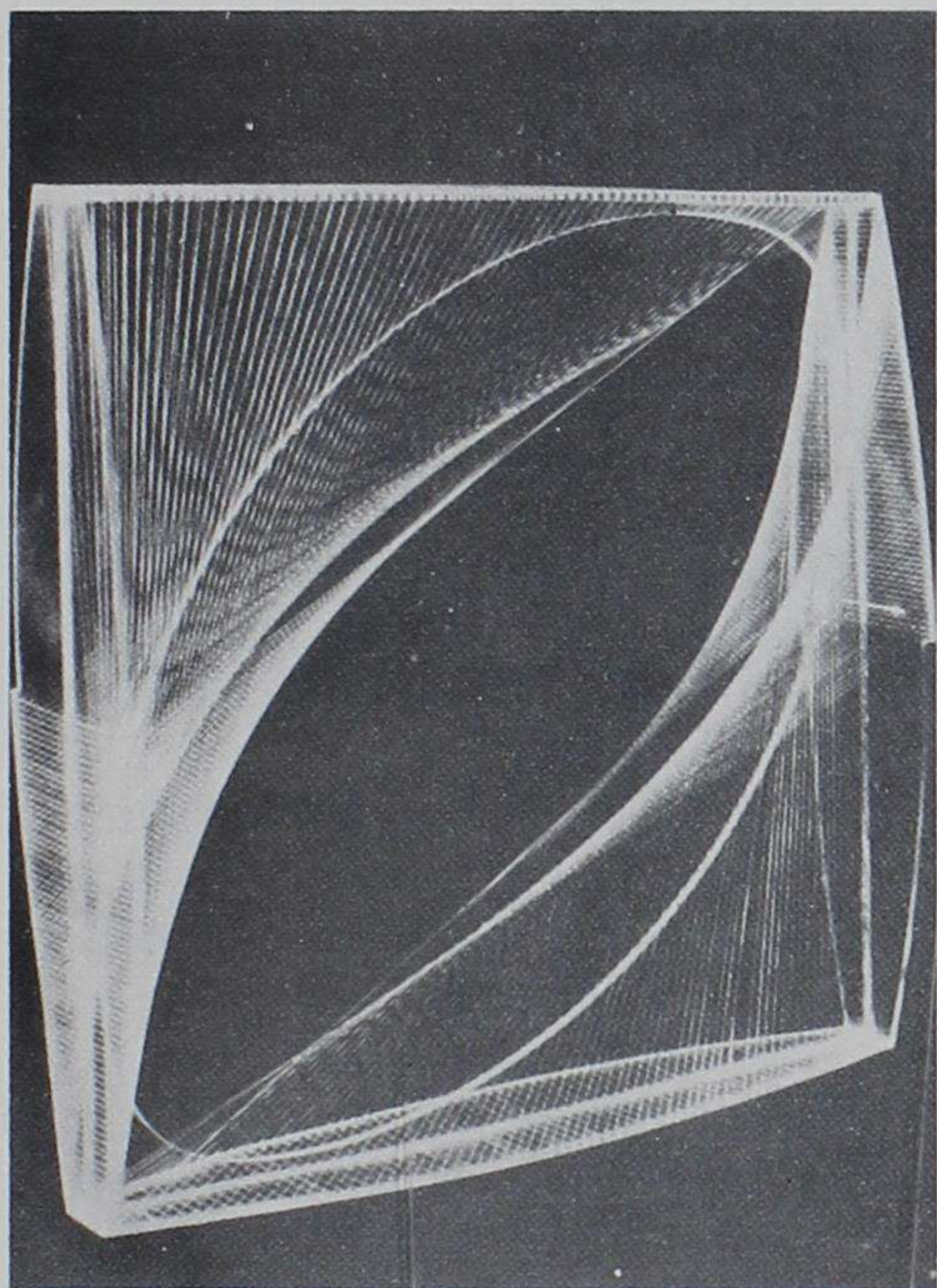
Poco, me parece, saben estos artistas de cuán estrecha debe lucir su imagen de la realidad para la mente científica de hoy; para la mente que nos transfiere hoy en día una imagen de la realidad en la que no hay diferencias, no hay fronteras, entre un grano de arena y una gota de agua, un destello de electricidad y la fragancia de un árbol.¹⁰

He mencionado cómo la ciencia motivó y enriqueció el trabajo de numerosos pintores y escultores en nuestro siglo. Pero el impacto de la ciencia sobre el arte, como sobre la sociedad, ha sido y sigue siendo bimodal. Así, mientras el Futurismo, el Neoplasticismo, el Constructivismo y sus tendencias herederas en la actualidad han querido encontrar una estética objetiva e impersonal, reducible a ciertas

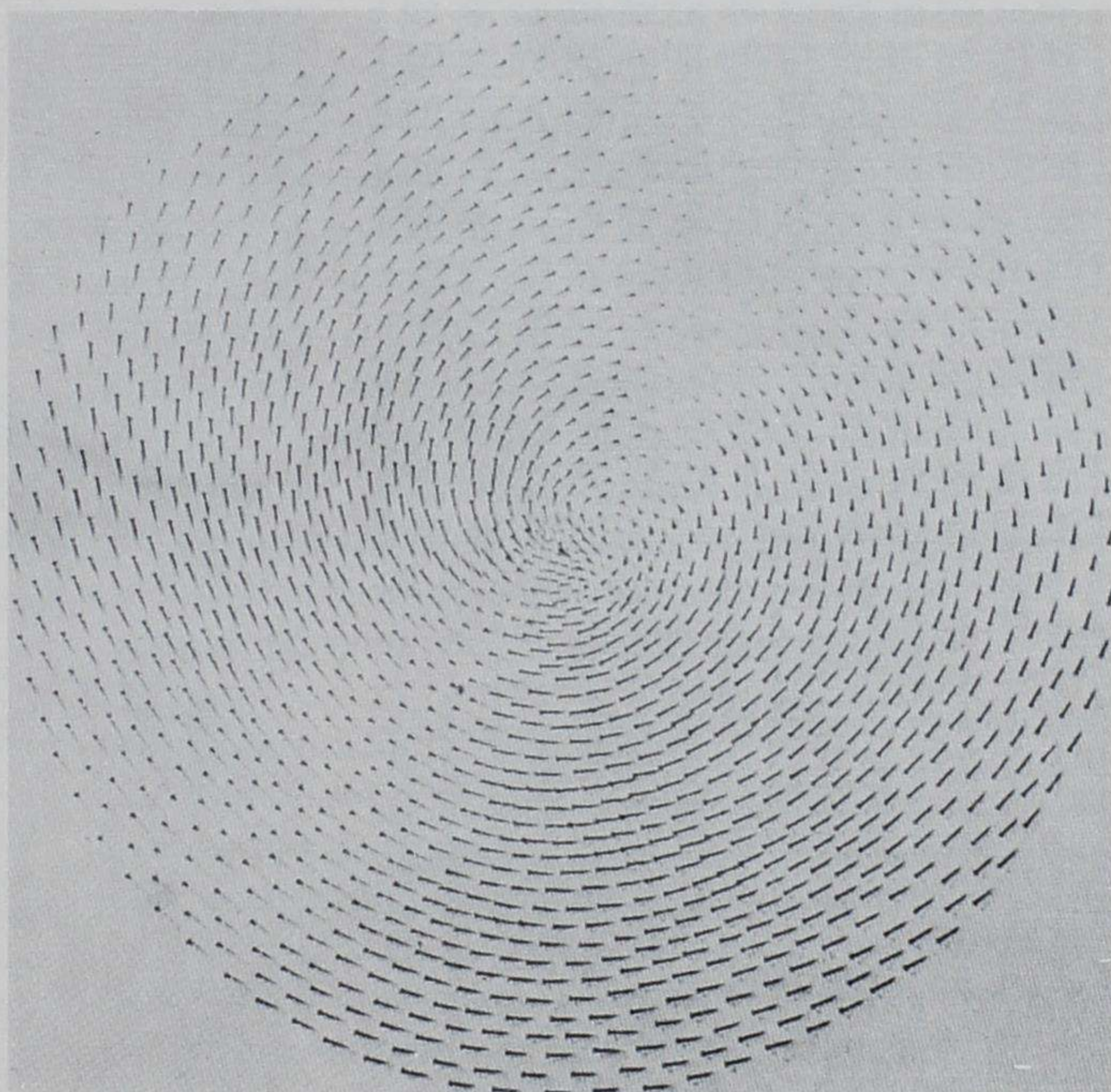
leyes o principios de validez general, otro tipo de arte se fue desarrollando sobre bases opuestas. Escepticismo o franca desconfianza ante la tecnología, afirmación del individuo frente al cosmos, exaltación de lo subjetivo y temperamental, y aceptación de una pluralidad de estilos tan diversa como vasta es la vida misma, han caracterizado en mayor o menor medida la ideología de artistas que se enmarcan dentro del Surrealismo, el Dadaísmo, el Expresionismo, el Informalismo, el Arte Matérico, el Tachismo, la Pintura de Acción. Desdeñando la pureza aséptica de geometrías exquisitas y equilibrios perfectos, ellos prefieren el signo personal y único, la conjunción accidental, el mudo grito de una tacha, el gesto irrepetible y evocador. Si por una parte los Futuristas creían que:

No hay diferencia esencial entre un cerebro humano y una máquina. Es mecánicamente más complicado, eso es todo.⁹

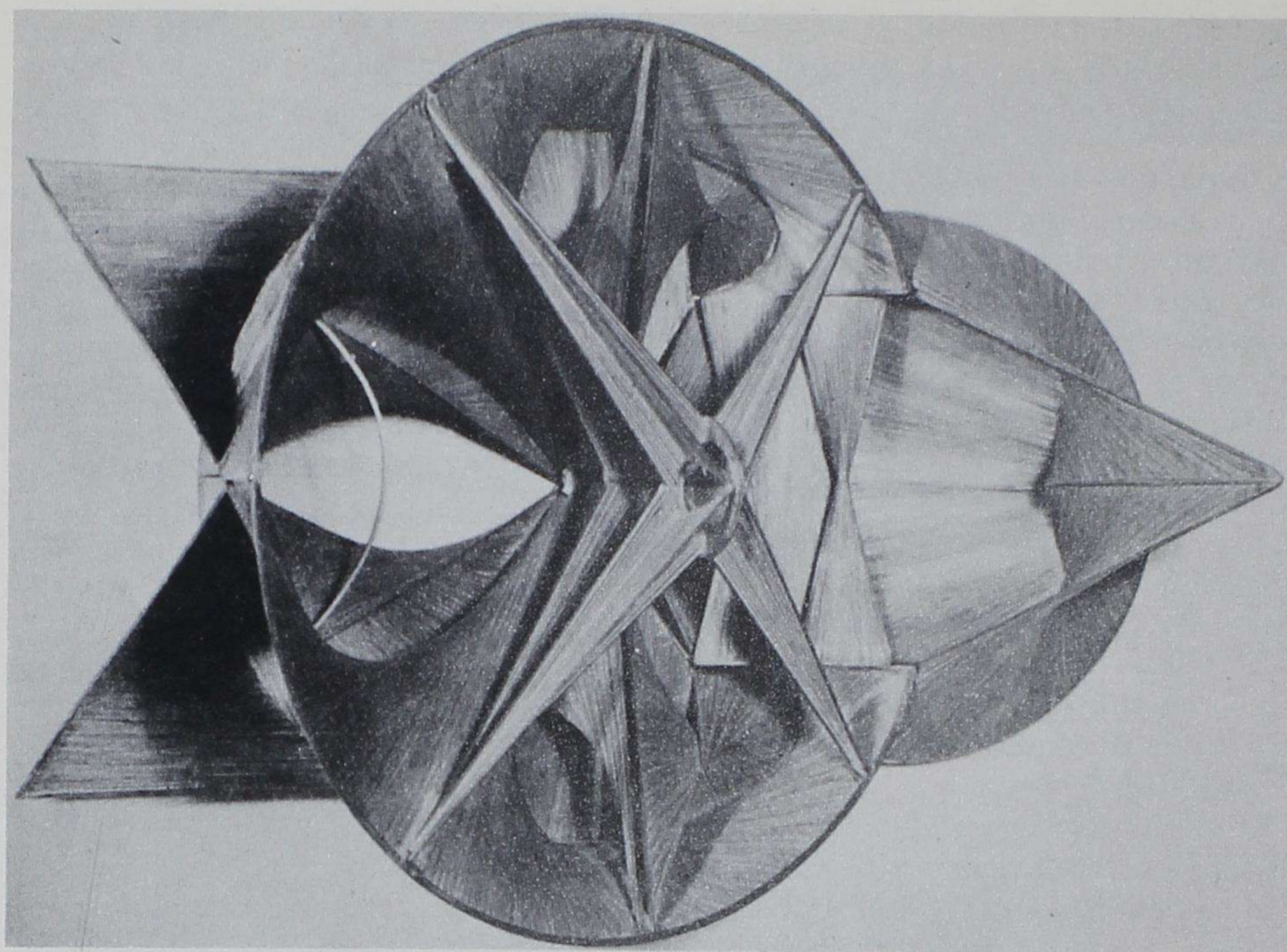
Y hoy Vasarely, en nombre del arte óptico, aún sostiene ideas semejantes:



Naum Gabo, Construcción lineal (1942-3).
Plástico con hilos plásticos.



Gunther Uecker, Espiral (1965).



Antoine Pevsner, Fauna del océano (1944). Latón y estaño oxidado.

A la luz cruda de nuestros descubrimientos, el terreno emotivo se convierte en campo de acción de la bioquímica y propaga *feedbacks* hacia el intelecto. El centro ya no es el corazón, sino la retina, y la buena disposición —*le bel esprit*— se convierte en objeto de la psicología experimental.⁴

Por otro lado los partidarios del individualismo, creyentes como Kandinsky en un arte de “necesidad interna”, parecen desafiar las arrogantes pretensiones de la ciencia y exclamar con Sartre:

¿Cómo explicar las emociones sutiles?
¿Cómo explicar la alegría pasiva? ¿Cómo admitir que unas triviales reacciones orgánicas puedan dar cuenta de unos estados psíquicos cualificados?^{1 1}

Así por ejemplo, Tàpies, que como vimos reconoce las virtudes del método experimental en la labor creadora, nos dice con respecto al verdadero artista:

El artista tampoco siente ninguna devoción especial por las teorías, ya denunciadas por

los dadaístas, que se contentan, con el deseo de operar aún más “científicamente”, con catalogar las propiedades retinianas que, según dicen, tienen en sí mismos ciertos colores, líneas, formas y estructuras. Sabe que, en nuestras emociones estéticas, intervienen, tanto o más que estos elementos, factores conceptuales o simbólicos, que aparecen por contraste o por asociación de ideas en los registros de la memoria o del inconsciente, y que nunca serán, pues, codificables del todo porque están en constante transformación en cada momento circunstancial e histórico vivido por los autores y por los contempladores.⁵

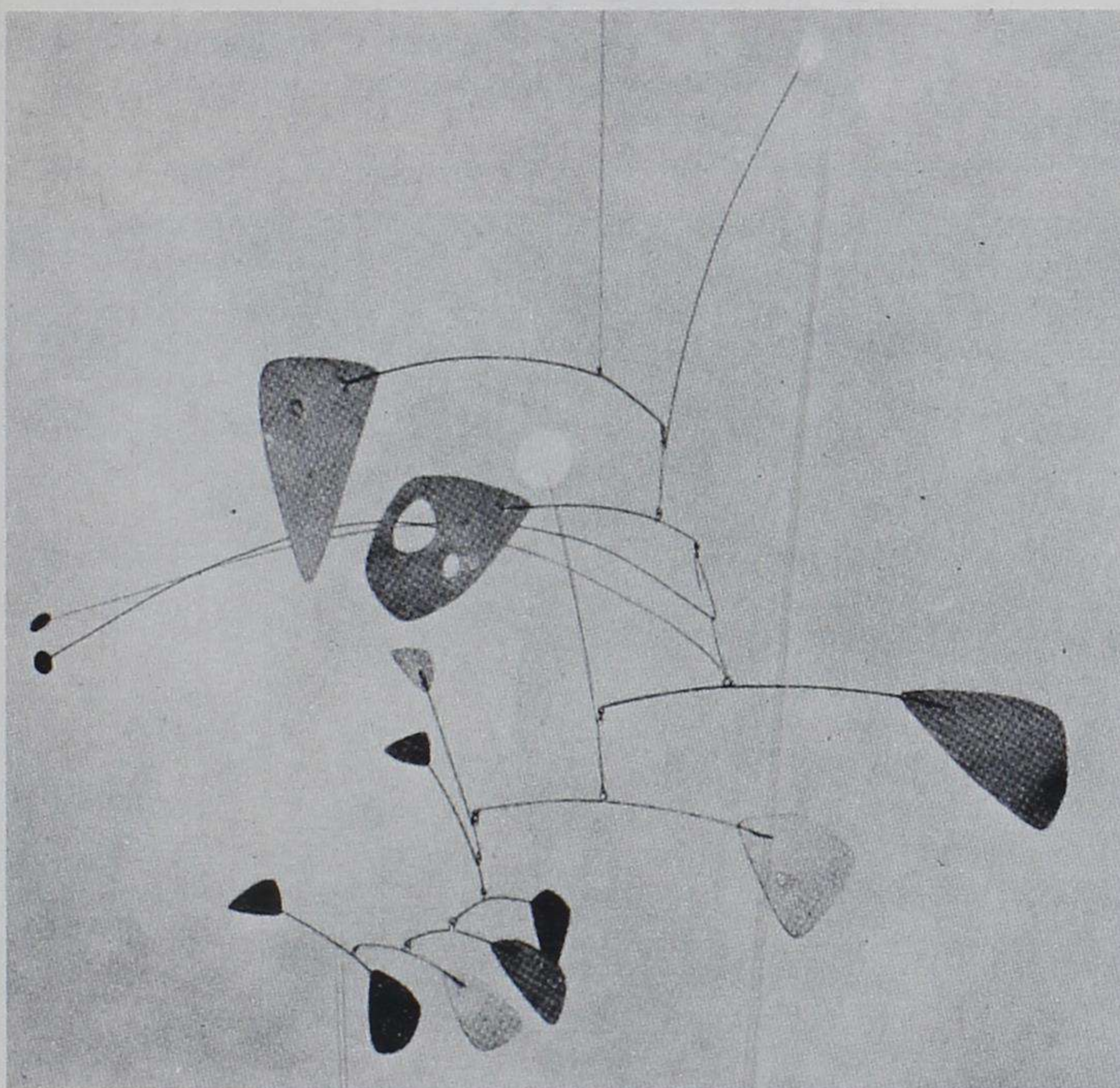
Como puede observarse, la influencia de la ciencia en el arte ha sido innegable. Pero ha sido también diversa y compleja. Por ello se hace difícil aceptar hipótesis simplificadoras de esta interacción, como la propuesta por Katherine Kuh, conocida crítica de arte norteamericana. En opinión de Kuh:

Desde un principio fue la ciencia, de una u otra forma, la que afectó la pintura y escultura modernas. (...) Inventos como el microscopio y el telescopio, con su capacidad para agrandar, aislar y sondear, ofrecen al artista nuevos y provocativos mundos para explorar. Estos instrumentos, que rompen las estructuras tan sólo para examinarlas más plenamente, demuestran cómo los detalles pueden ser aumentados y separados del todo y operar como nuevas experiencias. En los años recientes los artistas han explotado repetidamente esta idea (...) Así como los científicos despedazan el átomo, así los artistas despedazan las formas tradicionales.^{1 2}

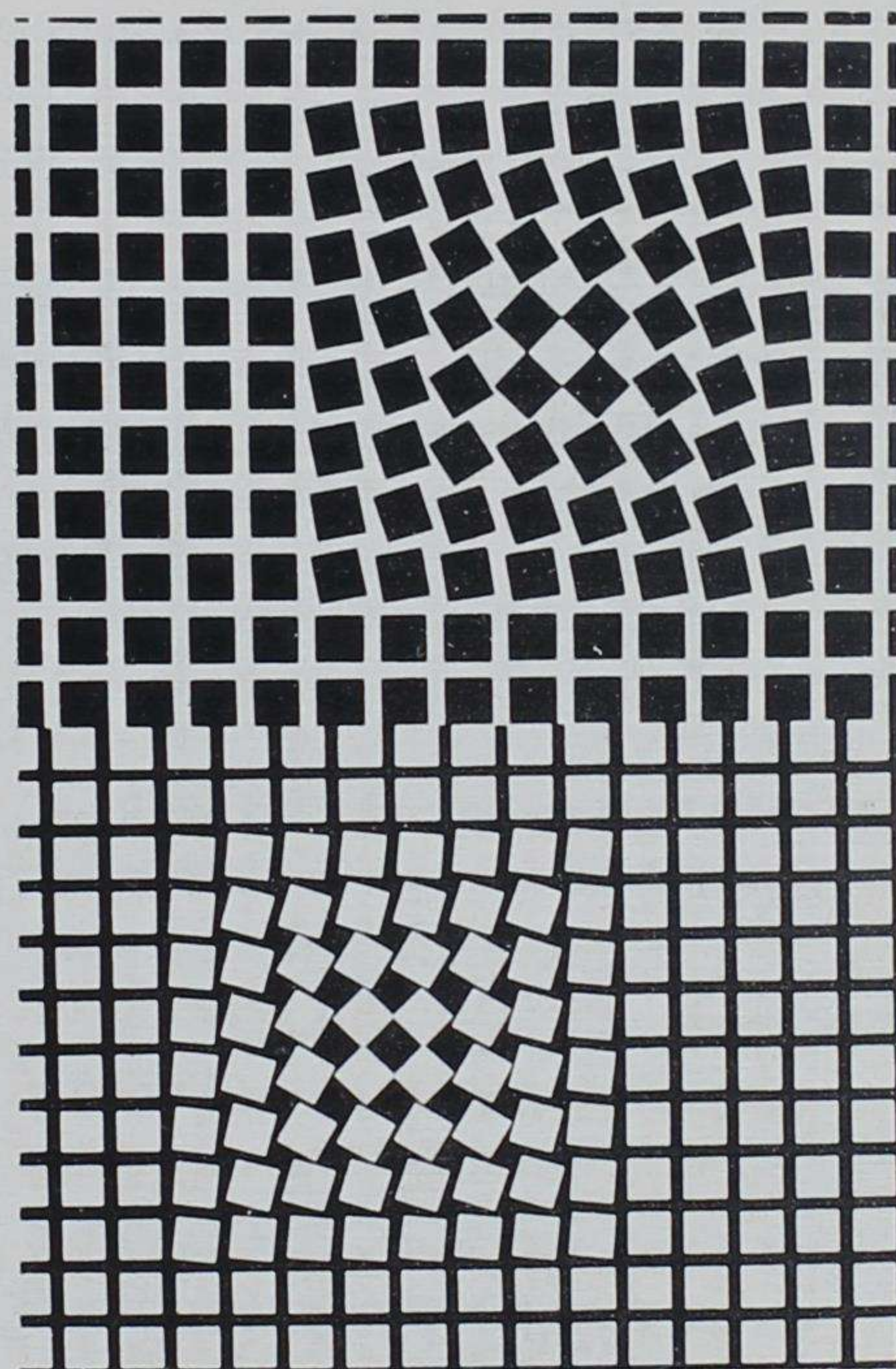
De acuerdo con esta proposición la historia del arte contemporáneo se explicaría como una ruptura progresiva de los elementos que integran el arte clásico: ruptura del color con el Divisionismo, ruptura de la forma con el Cubismo, ruptura del pensamiento lógico con el Surrealismo, ruptura total con el Expresio-

nismo abstracto. Creo que el fenómeno intrincado y plural que constituye el arte moderno difícilmente puede entenderse a través de esta hipótesis de la demolición. Si bien existen en él los ingredientes de fragmentación y análisis, las palabras de los propios artistas atestiguan que el parangón con la ciencia se centra con mayor propiedad sobre el afán exploratorio mismo, por sus promesas y recompensas, por su contenido lúdico intrínseco, independientemente de seguir un curso ahora analítico, ahora sintético, aquí destructivo, allá constructivo.

Para terminar quisiera referir ciertos resultados de la investigación científica sobre las bases biológicas de la producción artística, que deberían conducir a una revisión de la relación que muchos artistas de hoy guardan con respecto a su obra. En su descripción de estudios sobre la capacidad artística en los primates, Desmond Morris relata:



Alexander Calder, Antenas con puntos rojos y azules (1960). Móvil de acero pintado.



Victor Vasarely, Eridan III (1956).

Con objeto de atestiguar este punto, un chimpancé fue sobornado en una ocasión con alimento como recompensa, para estimularlo a dibujar con mayor intensidad. El resultado de este experimento fue muy revelador. El mono no tardó en aprender a relacionar el dibujo con la obtención de la recompensa, pero, tan pronto como esta condición quedó establecida, el animal

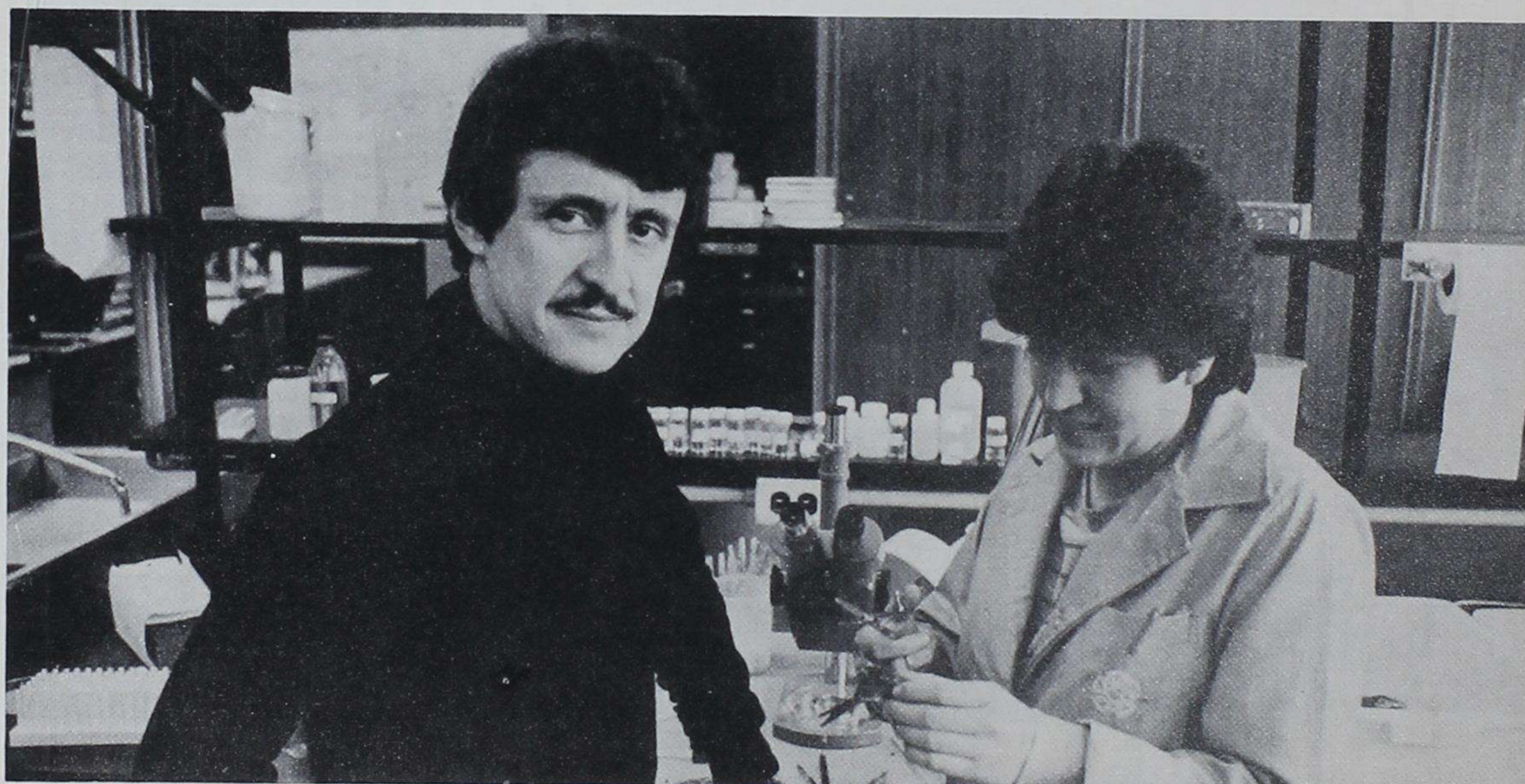
mostró cada vez menos interés en las líneas que trazaba. Cualquier garabateo antiguo era suficiente, y a continuación extendía inmediatamente la mano solicitando la recompensa. La gran atención que el animal había dedicado antes al dibujo, al ritmo, al equilibrio y a la composición, había desaparecido, surgiendo así la peor clase de arte comercial!^{1 3} 🌀

Referencias

- ¹ A. Rosenblueth. **Los aspectos estéticos de la ciencia.** Avance y Perspectiva núm. 1. México, 1981.
- ² J. Wechsler (ed.). **Sobre la estética en la ciencia.** Fondo de Cultura Económica. México, 1982.
- ³ J.A.D. Ingres. **Pensamientos. Notas y cartas.** Editorial Poseidón. Buenos Aires, 1945.
- ⁴ V. Vasarely. **Plasti-ciudad-cidad. La obra plástica en la vida cotidiana.** Editorial Extemporáneos. México, 1972.
- ⁵ A. Tàpies. **La práctica del arte.** Editorial Ariel. Barcelona, 1971.
- ⁶ H. Read. **La pintura moderna.** Editorial Hermes. México, 1965.
- ⁷ U. Boccioni, C. Carrà, L. Russolo, G. Balla, G. Severi-

ni. "Futurist painting: technical manifesto 1910". En: **Futurist Manifestos.** U. Apollonio (ed.) The Viking Press. Nueva York, 1973.

- ⁸ ————. **Manifesto of the futurist painters 1910.** Ibid.
- ⁹ B. Corradini, E. Settimelli. **Weights, measures and prices of artistic genius-Futurist manifesto 1914.** Ibid.
- ¹⁰ N. Gabo. "Trowbridge Lecture", Yale University, 1948. Citado en: G. Brett. **Kinetic art. The language of movement.** Studio Vista. Londres, 1968.
- ¹¹ J. P. Sartre. **Bosquejo de una teoría de las emociones.** Alianza Editorial, Madrid, 1971.
- ¹² K. Kuh. **Break-up: the core of modern art.** New York Graphic Society. Greenwich, Conn., 1965.
- ¹³ D. Morris. **La biología del arte. Un estudio de la conducta en la ejecución de pintura de los grandes monos y su relación con el arte humano.** Siglo XXI Editores. México, 1971.

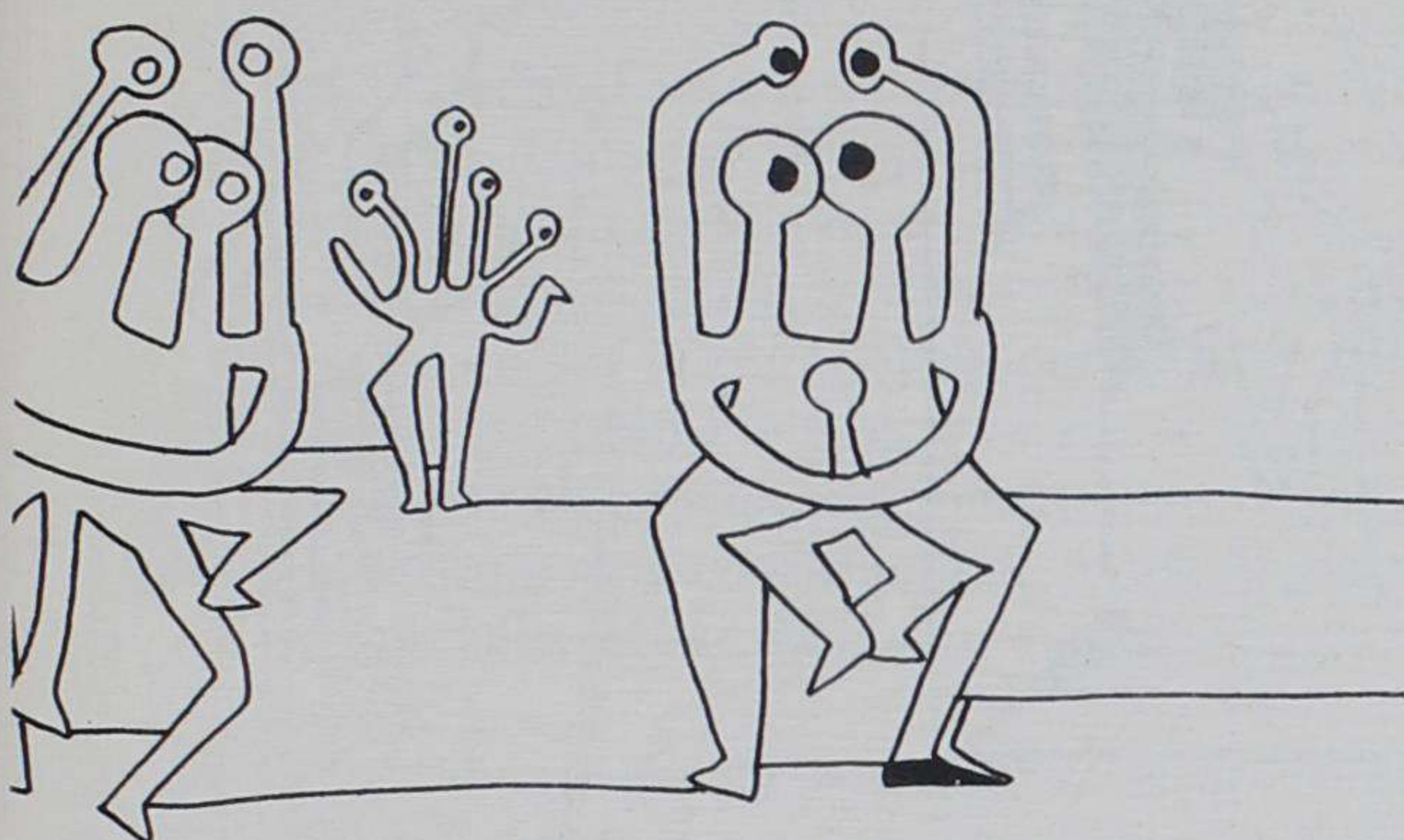


Doctor Eugenio Frixione, profesor adjunto del Departamento de Biología celular.



Carlos Chimal

La vía de la luz



El lector estará de acuerdo en que un libro merece ser leído cuando momentáneamente uno piensa: "Quisiera conocer a este personaje" o "qué bien conversa tal autor". Es el caso del Breviario que acaba de publicar el Fondo de Cultura Económica, *Consejos a un joven científico*,* escrito por el profesor Peter Medawar, quien recibió el Premio Nobel en 1960 por sus investigaciones acerca de las causas y posibles remedios al rechazo de órganos y tejidos trasplantados entre los seres humanos. Quizá también el lector esté de acuerdo en que hay obras que modifican nuestro comportamiento, y que no son precisamente las que se lo proponen, las biblias de cualquier signo, sino aquellas que por su sencillez, cordialidad y firmeza nos proporcionan utensilios adecuados para salir de las tinieblas, de la barbarie que aún prevalece en las sociedades civilizadas.

En nuestros días difícilmente abriremos un libro de consejos sin cerrar la guardia, pero habremos hecho bien si pronto cruzamos las manos y ponemos atención. Podemos interrumpir cuanto queramos; Medawar esperará y continuará alegremente alimentándonos de agudas observaciones, inclusive para los hombres mayores que tienen su propia experiencia e intereses. Desde el primer obstáculo, el título Medawar se propone eliminarlo:

"No existe esa persona, el científico (subrayados del autor). Hay científicos, desde luego, y hay una colección tan variada de temperamentos como entre los físicos, abogados, clérigos empleados o encargados de piscinas (. . .) Los científicos por obligación son muy raros, y la mayoría de quienes en realidad son científicos fácilmente habrían podido ser también otra cosa."

Así, cualquiera que haya cursado medianamente la escuela, inquieto ante la adversidad, temeroso de la negligencia, podrá no ser considerado un paladín, pero sí se distinguirá por su actitud científica. En palabras de Medawar:

"Al fin y al cabo, es una labor efectuada por hombres y mujeres que pueden ser nuestros vecinos, que van y vienen todos los días a su lugar de trabajo, alentados por esperanzas y propósitos que son comunes a todos; recompensados, como la mayoría, por triunfos esporádicos, y entristecidos por reveses ocasionales. Es una empresa que tiene sus propias reglas y costumbres, pero su entendimiento no es inaccesible a ninguno de nosotros, por-

* P. B. Medawar, *Consejos a un joven científico*. FCE. México, 1982 (Breviario núm. 341).



que es esencialmente humana. Y un entendimiento de la empresa inevitablemente trae consigo cierta noción de la naturaleza de sus frutos.”

Podría pensarse que se refiere a todo el que indaga. En principio sí, pero “puede decirse con completa confianza que todo científico, de cualquier edad, que *desea efectuar descubrimientos importantes* habrá de estudiar problemas importantes. Los problemas fútiles o aburridos producen respuestas fútiles o aburridas. No basta que un problema sea ‘interesante’: Casi cualquier problema es interesante si se le estudia con la profundidad necesaria”.

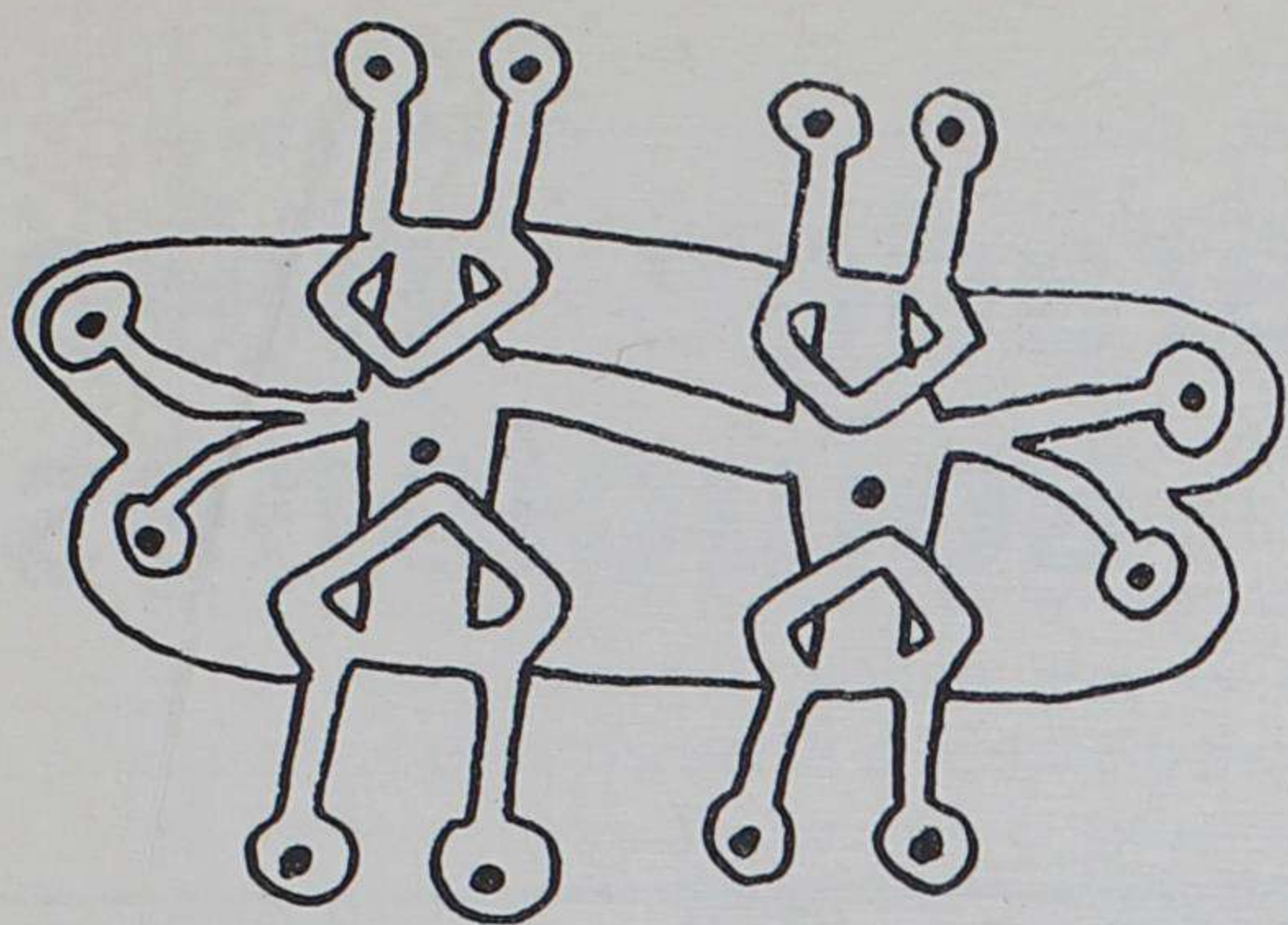
Así va construyendo Medawar su libro, confiado en que ganará la partida, sabedor de que la importancia y el placer se encuentran en el desarrollo mismo del juego, que es cuando se educa, y no en la mezquina satisfacción del haber triunfado sobre el otro o la humillante derrota, el ridículo de empeñarse en poseer la verdad.

Muchas generaciones se han formado bajo el ojo que observa míticamente al preceptor, al maestro, al padre, al Estado. O bien se le

acepta de una manera religiosa, con sus dudas, pecados y arrepentimientos, o se le sataniza y se aleja uno de él, como si huyera de Dios y sus huestes celestiales. El libro de Medawar viene a dar al traste con ambas actitudes por su decidida e inteligente manera de ponerse siempre del lado bueno, aquel formado por los hombres que creen que todas las razas humanas deben acceder a los éxitos del mundo moderno y derrumbar el fantasma de la guerra y el poder. Las cosas así planteadas desembocan de manera recurrente en una cuestión de orden moral. A propósito, dice Medawar, “un científico normalmente tendrá obligaciones contractuales con su patrón, y siempre tiene un compromiso especial e incondicional con la verdad”.

Esto, que suena con tan buen sentido común que cualquiera podría haberlo pensado, denota una conducta severa desprovista de los temores religiosos, místicos en su naturaleza. Medawar dice:

“No hay nada en el hecho de ser científico que disminuya la obligación de obedecer la Ley de Secretos Oficiales y a las reglas de la com-



pañía sobre no hablar, en confianza, acerca de los procedimientos de fabricación, ante unos desconocidos barbudos y con gafas negras. Sin embargo, tampoco hay nada que le obligue a volverse sordo a los llamados de su conciencia.”

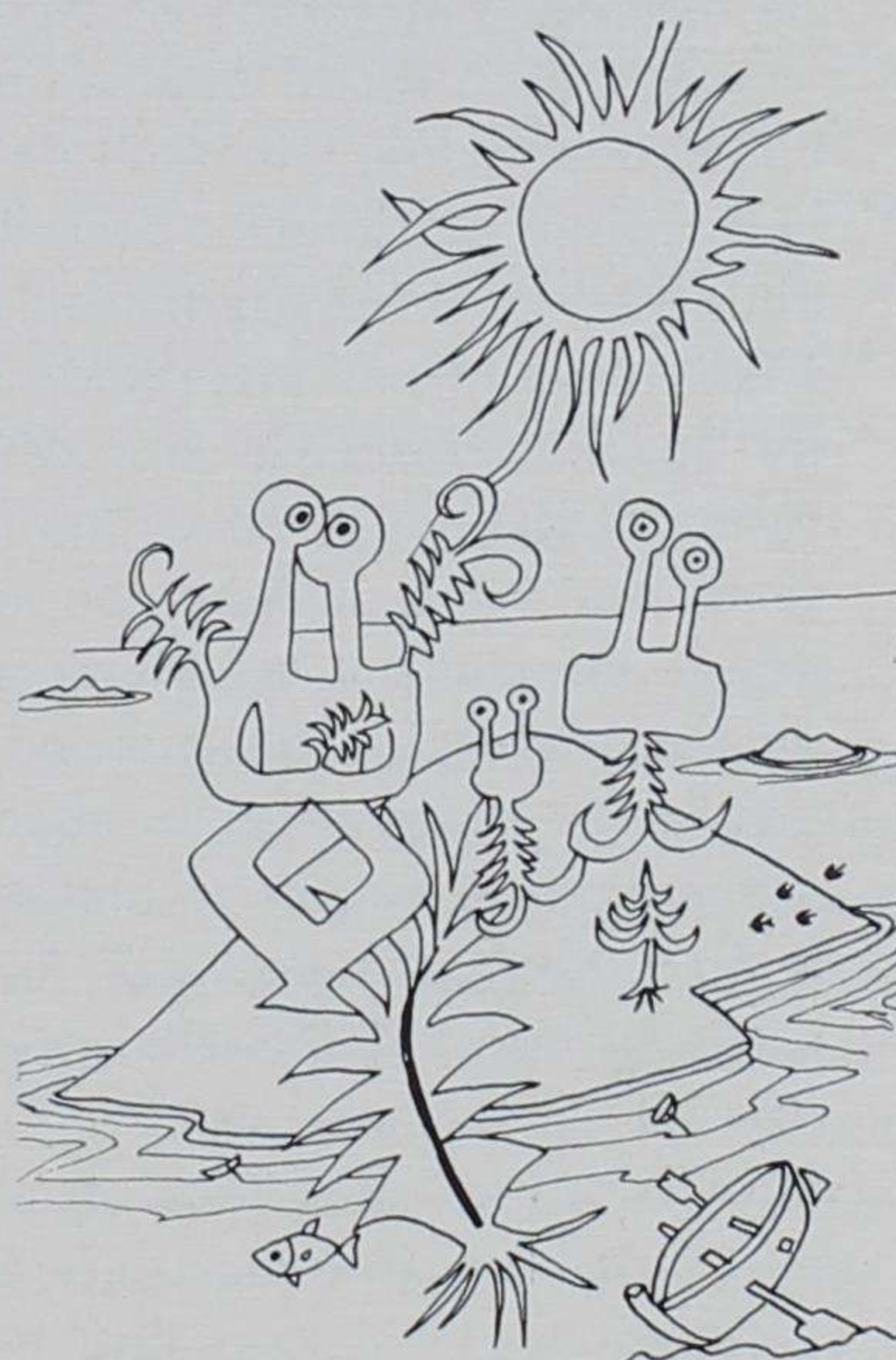
El creyente podría hacerlo y luego arrepentirse, pero no lo hará; el no creyente ve con malos ojos a todo el que se le acerca, porque en realidad tiene secreta simpatía por el protestantismo y su coeficiente de probabilidades de que Dios exista. Medawar propone simplemente:

“El momento de enfrentarse es *antes* de que surja el dilema moral. Si un científico tiene razones para suponer que una investigación no puede dejar de promover el descubrimiento de un mal terrible para la humanidad, entonces no debe participar en ella. . . a menos que esté en favor de semejante curso de acción.”

Los consejos de Medawar abarcan prácticamente todo el quehacer humano en favor del conocimiento, pero no conforman un ser ideal; es decir, si empleamos todas las recomendaciones en su momento ciertamente seremos mejores, pero no supercientíficos. Medawar se preocupa por la calidad del investigador, que descansa en la capacidad de permanecer entero cuando las pruebas niegan nuestra hipótesis; por el papel tan importante que juegan los administradores científicos, con quienes debe prevalecer una atmósfera de camaradería, pues según la Ley Haddow, atribuida a Sir Alexander Haddow, durante muchos años jefe del más grande instituto británico contra el cáncer, el Chester Beatty, “la labor del administrador es recabar dinero, la del científico es gastarlo.”

Se ocupa del patrimonio de una idea, de la sobrevaloración del científico y su actitud propia; pide que los jóvenes se interesen por la historia de las ideas, se inclina por el trabajo en equipo, aunque “muchos pueden desempeñarse muy bien trabajando por su cuenta”; denuncia a los que gustan de la “oportunencia”, horrible término que define una no menos horrible actitud, la de no reconocer lo que Augusto Monterroso llama “padre”, “tíos”, “primos”, “hermanos” que contribuyeron a veces sin pedirlo al buen logro de una investigación. Se preocupa, pues, de la falta de entusiasmo por parte de algunos científicos en aprender a escribir bien.

Acompañado en lo que a la ingrata labor de aconsejar abiertamente se refiere por el diligente Polonio de *Hamlet*, Lord Chesterfield, cuya obra fue lectura obligada por centenares de jóvenes ingleses, y por William Cobett, de quien se desprende “el buen sentido”, y en lo que a la actividad científica se refiere por Bacon, Aristóteles, Galileo y Kant, Medawar no escatima esfuerzos en hacernos sentir que algo hemos descubierto, simplemente el hecho de que los descubrimientos son consecuencia de preconcepciones imaginativas o expectativas acerca de la naturaleza del mundo, y nunca resultado de una pasiva asimilación de pruebas de los sentidos. ❀





Estamos preparados para contribuir con soluciones prácticas

Entrevista con el doctor Héctor Nava

—A fin de introducir a nuestros lectores, ¿nos podría platicar de manera sucinta cuáles han sido sus experiencias tanto académicas como de investigación?

—Realicé mis estudios en instituciones del Estado. Inicialmente en una primaria mixta, que para la época era una novedad, y posteriormente asistí a la Escuela Prevocacional cuatro, ubicada cerca de la glorieta de Peralvillo, rumbo de gran tradición popular. Luego me inscribí en la Escuela Vocacional dos, en Tolsá y Tres Guerras, y más tarde (estoy hablando de los años 55 a 58) en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Al término de mi estancia en la ESIME fui contratado como profesor de Electrónica en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y como ayudante de investigador en el Instituto de Física de la misma institución, por un periodo de aproximadamente tres años. Mi trabajo, fundamentalmente en el Instituto de Física, se orientó hacia aspectos de radioquímica, en donde contribuí a establecer algunas técnicas de radiodetección de carbono 14 con el propósito de determinar la edad de materiales arqueológicos, según el método del Profesor W.F. Libby, ganador del Premio Nóbel de Química en 1960. Surgió entonces la posibilidad de hacer una estancia de perfeccionamiento sobre estas técnicas (la del tritio en particular) en Francia, país al que viajé en octubre de 1961 con una beca que cubría nueve meses.

El destino ha sido siempre generoso conmigo, ya que nueve meses se convirtieron en cerca de ocho años, casi todo el tiempo en París. Terminé pues este adiestramiento en la técnica de detección de muy bajos niveles de radiactividad, y al serme prorrogada esta beca por nueve meses más, busqué la manera de perfeccionar mi formación como ingeniero y me inscribí en un curso de electrónica superior, que se impartía en la Facultad de Ciencias de la Universidad de París, en su sucursal de Orsay. Circunstancias que no vale la pena mencionar prolongaron mi estadía y en los cuatro últimos años decidí hacer un trabajo que me llevase a la obtención del grado de Doctor.

Durante mi estancia en Francia pude trabajar en diferentes instituciones, los cuatro primeros años en organismos dependientes del Comisariado de Energía Atómica Francés; después de los dos que ya comenté, asistí al Servicio de Fusión Controlada de la Comisión de Energía Atómica en las instalaciones de Fontenay aux Roses, en donde aprendí las técnicas de la electrónica rápida para la detección de partículas generadas en un plasma de alta temperatura. Cuando terminé esta estancia fue cuando decidí hacer estudios de posgrado y obtuve un diploma de "estudios profundos" en electrónica cuántica, con énfasis en el nuevo campo que se abría de los láseres y los máseres. Al terminar estos requisitos para obtener un doctorado, fui contratado como ingeniero practicante en la compañía francesa Thompson-Houston, con el propósito de desarrollar un enlace óptico para transmisión de un canal de televisión.

A partir de los años 1966-1967, algunos colegas mexicanos me plantearon la posibilidad de reintegrarme al país, y de unirme al Centro, del cual tenía la imagen de un Centro de excelencia. Al plantearse tal posibilidad, en un momento en que tanto mi esposa como yo teníamos una situación estable profesional en Francia, las raíces fueron mucho más fuertes y nos reincorporamos al país. Fue así como ingresé al Centro a partir del primero de enero de 1970, para colaborar con el grupo de comunicaciones. El grupo en esa especialidad que se formaba en Ingeniería Eléctrica era incipiente, y me parece que demasiado pronto se me dio la responsabilidad de fungir como Coordinador del departamento, puesto que estaban en pleno proceso de estructuración y definición sus líneas de trabajo. La conducción de un departamento que era para mí totalmente desconocido, me planteó situaciones difíciles dado al interés que tenía yo de personalizar mi trabajo con los estudiantes y



de tratar de levantar un departamento que estaba en pleno proceso de fortalecimiento.

Como he dicho, el destino siempre ha sido generoso conmigo; dos años después fui nombrado Jefe del mismo departamento. Transcurrido el tiempo me tocó, gracias a la extraordinaria colaboración de mis colegas, implementar los temas de trabajo actuales. En 1970, con el Tecnológico de Monterrey, el Instituto de Ingeniería de la Universidad y otras instituciones de la región, fuimos escogidos por la Organización de Estados Americanos como unidades de excelencia para la preparación de ingenieros en Latinoamérica, y establecimos nuestros primeros proyectos para el apoyo a las actividades que se han escogido como prioritarias: el control de procesos por computadora y el establecimiento de las tecnologías de fabricación de dispositivos semiconductores. En este aspecto nos tocó compartir estos primeros recursos de la OEA con el Departamento de Fisiología, para la adquisición de la primera computadora importante que poseía el Centro. Creo que el excelente trabajo de mis colegas, aunado a un esfuerzo sin descanso, nos llevó a formar un departamento que tiene enormes potencialidades y una masa crítica suficiente para la búsqueda de soluciones a algunos problemas de carácter tecnológico.

—Usted ha expresado en varias ocasiones que la difícil situación económica por la que atraviesa actualmente el país puede tener algunos aspectos positivos, en los que la participación de instituciones nacionales que realizan ciencia y tecnología puede ser importante. ¿Quiere explicar esta posición?

—En situaciones de crisis hay dos posibilidades: o sumirse en la desesperación o aceptarla como reto. Yo creo que la situación actual del país se parece mucho a la que se presentó en la época de la segunda Guerra Mundial; me refiero a los años 1940-1946 aproximadamente, época en la que los grandes países centrales desatendieron, por decirlo así, el sostenimiento de la incipiente planta industrial de entonces. El país acababa de expropiar el petróleo, y mientras los países centrales dedicaban todos

sus esfuerzos al sostenimiento de la guerra, los ingenieros mexicanos mantuvieron las instalaciones industriales, e incluso llegaron a fabricarse ciertos tipos de maquinaria semi-pesada. La situación actual es de esta naturaleza: si no podemos importar maquinaria y el "saber hacer", nuestro conocimiento científico y el apoyo que la ciencia otorga al desarrollo tecnológico nos permitirá proponer ahora soluciones a algunos problemas que afronta el país en una situación delicada. Esto no significa que necesariamente tengamos que reorientar el perfil de la institución, para trabajar, por ejemplo, en la sustitución de importaciones. Pensamos que una virtud del Centro es la capacidad de sus investigadores de encarar algunos problemas de tipo práctico. Es en este sentido que yo considero el aspecto positivo de la crisis, el reto que se nos presenta y la potencialidad que tenemos para resolver algunos problemas, que por otra parte habría que definir con mucho cuidado, todo esto sin dejar de mantener la excelente actividad académica y de investigación del Centro.

—Así, ¿cuál sería el papel del Centro?

— En principio, tiene ya una tradición importante. Yo creo que las personas que pueden participar en la solución de los problemas cuando un país está en crisis son las que están mejor capacitadas. El Centro ha cumplido su papel de formación de personal altamente calificado, tanto en el aspecto científico como

en el tecnológico y, repito, sólo la gente preparada puede enfrentar los retos de hoy. Puesto que la relación actual de estudiantes de maestría y doctorado respecto de los profesores es relativamente baja, creemos estar en la posibilidad de atender más alumnos ya que el problema para superar esta crisis no solamente es la falta de recursos materiales, sino de recursos humanos. Podríamos mencionar otros ejemplos de contribuciones específicas del Centro para la solución de algunos problemas, tales como la fabricación de instrumental científico no extremadamente sofisticado, o bien el desarrollo de fármacos. Con respecto a esto último se está elaborando un programa multidisciplinario, a fin de contribuir a la producción de medicamentos en México, ya que tenemos diferentes grupos con una gran experiencia en este campo. Me refiero fundamentalmente a la Sección de Control de Alimentos, Drogas y Medicamentos (SCADMA), que ha hecho durante muchos años el control analítico del cuadro básico de medicamentos del Seguro Social; al grupo de Terapéutica Experimental, que recientemente ha ingresado al Centro, así como a los departamentos de Fisiología o Bioquímica. Existe también la posibilidad de que en el Departamento de Química se pueda implementar un grupo que haga síntesis de sustancias farmacéuticas. Lo anterior nos hace pensar que los eslabones de todo un diseño tecnológico para la fabricación de medicamentos están dados; desde la investigación básica hasta las pruebas de los mismos. ❁





Taller México-Estados Unidos sobre producción y calidad de sorgo

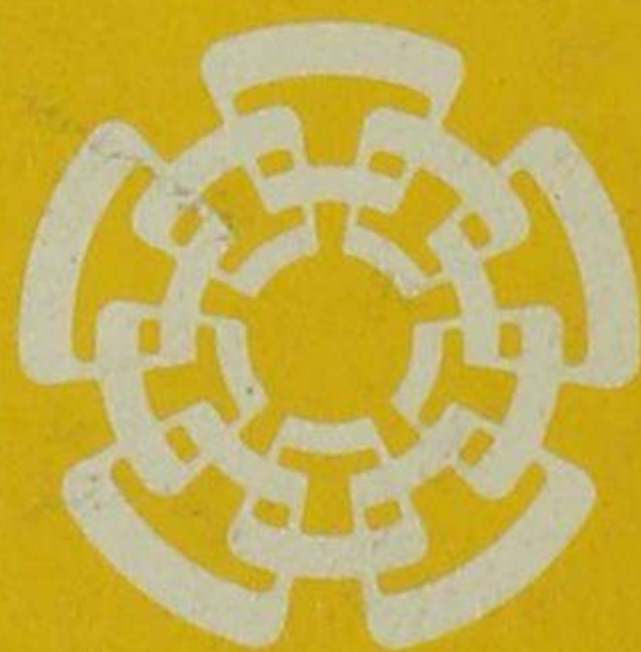
del 26 al 29 de septiembre

Temas

- Producción de sorgo
- Genética
- Fito mejoramiento
- Usos de sorgo en alimentación humana y animal
- Tecnologías de manejo y almacenamiento
- Demostraciones de campo y de productos alimenticios

Informes

Doctor Octavio Paredes López, Unidad Irapuato/Cinvestav. Apdo. Postal 629-3650, Irapuato, Gto. Tel.: (462) 650-10 y 718-60



CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN