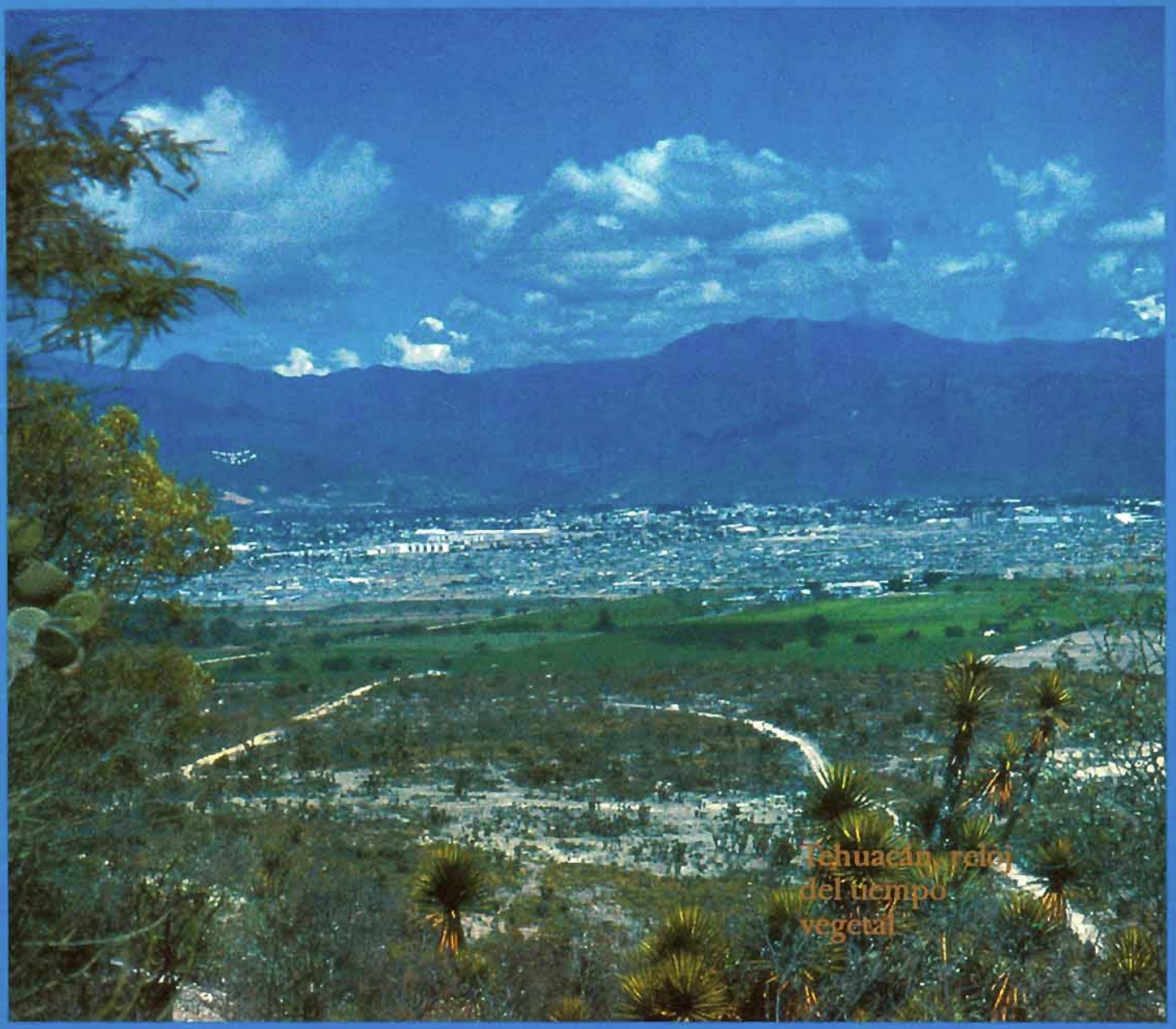
Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

elementos



Tehuacán, reloj del tiempo vegetal

Guerra nuclear: un oscuro y frío invierno

El estudio de los sismos en el estado de Puebla

Newton todavía está ahí

No. 14 • Año 4 • Vol. 2 Universidad Autónoma de Puebla Julio-Septiembre 1990

Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

elementos

REVISTA TRIMESTRAL
No. 14 • Año 4 • Vol. 2
JULIO-SEPTIEMBRE DE 1990

UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA

Rector
Eduardo Jean Pandal

Secretario General
Oscar Sánchez Daza

Secretario Auxiliar de Rectoría
Pedro Alonso Fernández

Secretario Particular de Rectoría
Rigoberto Benítez Trujillo

Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
Elías López Cruz

Consejo Editorial

María de la Paz Elizalde González
Enrique González Vergara
Julio Mendoza Alvarez
Hugo Navarro Castañeda
Leticia Quintero Cortés
Jesús Reyes Corona †
Luis Rivera Terrazas †
Raúl Serrano Lizaola
Cristóbal Tabares Muñoz
Gerardo Torres del Castillo
Román Viveros Aguilera

Editor
Jesús Mendoza Alvarez

Portada
Vista panorámica del Valle de Tehuacán

Tipografía, formación e impresión
Grupo Editorial Eón, S.A. de C.V.
Av. México Coyoacán 421, Xoco
Col. General Anaya, México, D.F.
Tels. 604-12-04 y 688-91-12

ELEMENTOS es una publicación trimestral de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma de Puebla. Los artículos firmados son responsabilidad de su autor. Se autoriza la reproducción de los artículos citando la fuente. Toda correspondencia debe dirigirse a: Revista *ELEMENTOS*, Av. Reforma 913-Planta Alta, Puebla, Pue., México. Tel. 46-8077.

Editorial 2

Reporte

El gobierno definió la estrategia de modernización para la investigación y el posgrado
Jesús Mendoza Alvarez 3

Colectividad

El Estado mexicano y la ciencia
Feliciano Sánchez Sinencio 7

Investigación e industria
José de Jesús Guadarrama H. 11

Hombre

Ética y genética
Ivanhoe Gamboa 13

Entorno

Un oscuro y frío invierno
Ignacio Cabral Perdomo 17

Saber y Hacer

Tehuacán, reloj del tiempo vegetal
Maricela Rodríguez Acosta 26

Instrumentación sísmica del estado de Puebla
Raúl Serrano Lizaola 37

Modelado de sólidos por computadora
José Cristóbal Sánchez-Mayendia 48

La transferencia tecnológica y sus problemas
R. Avakov 53

A Plena Luz

Newton todavía está ahí
José Luis Olivárez Vázquez 58

Los hacedores de la física
Jorge A. Ludlow Wiechers
M. Angeles Paz-Sandoval 64

Los orígenes de la revolución científica
Angel Ruiz Zúñiga 69

Pasando Revista

Actualidades

Editorial

La Universidad Autónoma de Puebla vive uno de sus periodos históricos de mayor contradicción y peligro en cuanto a su sobrevivencia como institución universitaria, de docencia e investigación, de influencia nacional.

Su desarrollo histórico a partir del inicio del proceso de la reforma universitaria si bien posiblemente no se encuentre agotado si ha acumulado una suma de errores y contradicciones de principio que la han orillado a un punto muerto en el que sólo con decisiones que trascienden los meros intereses personales y de grupo podrá avanzarse por una nueva alternativa de desarrollo.

Los errores cometidos en los espacios universitarios se han dado al parejo de un fin de siglo vertiginoso en cambios ideológicos, económicos, laborales. Aparentemente transitamos por el umbral de una nueva época en la que muchos han perdido el sustento y las referencias de sus sistemas de ideas.

Naturalmente que en el tránsito de este umbral podemos, como poder, acompañarnos de las mejores armas que obtuvimos de nuestro modelo histórico de desarrollo y en el que hay un buen número de cosas valiosas.

Todavía faltará mucho tiempo para que la sustancia del espíritu universitario deje de ser vigente. El humanismo, la investigación científica y tecnológica, la creación artística, la vocación y la profesión por la reflexión son elementos que las verdaderas universidades deberán conservar como sus atributos. Son sus únicos predicados.

Además la Universidad Autónoma de Puebla cuenta con su propia experiencia, nutrida en buena parte por diversos movimientos políticos preocupados por la vinculación con las necesidades de un pueblo sorprendido y aplastado por la historia, y muchas de las veces flagelado por los vaivénes del poder.

La preocupación social no debe abandonarse, es de hecho una responsabilidad o un producto de la búsqueda del conocimiento que toda universidad busca, cuestiona.

Pero una cosa es la Etica que debe ser producto de la Inteligencia, y con ello la necesidad lógica de pretender un sistema social Justo; y otra lo es la perversión de las ideologías, la confusión entre las deficiencias personales y la búsqueda de una evolución ética en la sociedad. No puede concebirse a la Universidad como una gran escuela de cuadros políticos.

Dentro de este marco de valores intelectuales y éticos es que puede considerarse a la docencia superior y de posgrado, así como a la investigación científica y tecnológica, como un binomio de acción dialéctica en la transformación de la sociedad.

Nuestra Universidad, en los renglones mencionados, se cuenta entre las primeras del país con cuadros científicos de excelencia, que ahora en la crisis está a punto de perder; son su arma de poder en el tránsito que nos espera.

La excelencia de estos cuadros radica en seguir la tradición científica de la formación de un investigador. Nadie puede pretender ser científico sin haber cumplido con la tarea escolar, del doctorado claro, a menos que sea un genio; la ciencia es un asunto exigente que excluye los populismos.

Así que para poner orden tenemos que exigirnos un mínimo de rigor, control y calidad, algo que por otra parte no es ajeno a la ciencia, es parte de su historia. Uno de los primeros pasos que deben darse si en verdad se desea la sobrevivencia de la Universidad lo será el generalizar las normas de calidad que han sido la base del éxito de algunos centros de investigación a todos aquellos que estén en etapa de formación.

El tiempo y las presiones apremian, de no tomar medidas urgentes sólo nos quedaremos con los despojos de un proyecto abortado.

El gobierno definió la estrategia de modernización para la investigación y el posgrado

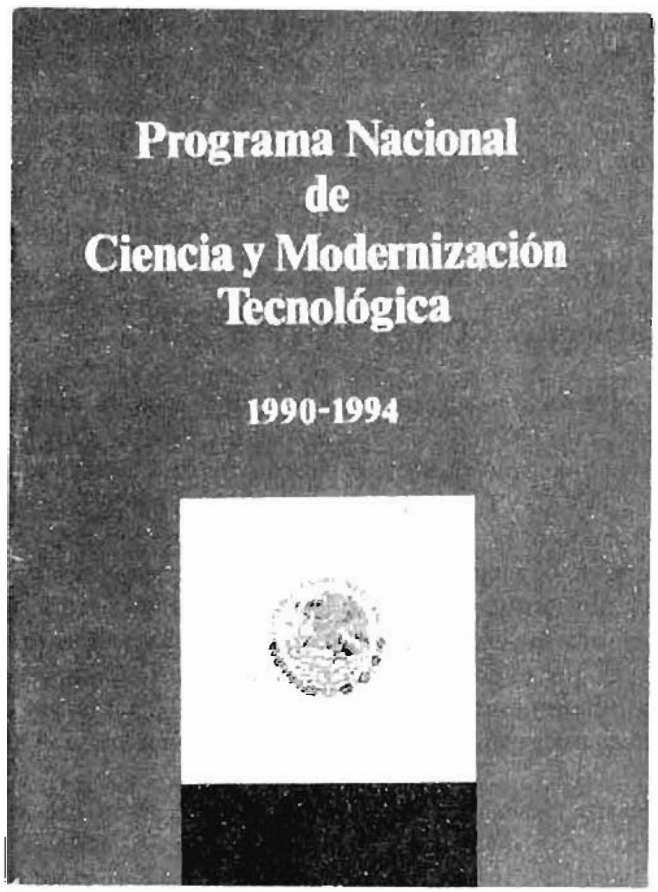
Jesús Mendoza Alvarez

La modernización del sistema político mexicano ha afectado notablemente las actividades de investigación en ciencia y tecnología a través de los programas que, para estos campos, ha instrumentalizado la Secretaría de Educación Pública (SEP) y la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP).

Las acciones que se han propuesto modernizar al país, particularmente en lo que respecta a la educación superior y de posgrado así como a la investigación científica y tecnológica, están esbozadas en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 (PND) elaborado por el equipo de asesores de la presidencia. Como se recordará, a partir de la presentación del PND se llevaron a cabo una serie de consultas con sectores involucrados en el diseño de las respectivas estrategias.

A la fecha se han definido ya todos aquellos programas que afectan directamente a la educación universitaria y a la investigación. La implementación de la nueva política gobernante se está efectuando por medio de las siguientes estrategias, en orden cronológico: Programa para la Modernización Educativa 1989-1994 (PME); Prospectiva CONACYT 1990; Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994; así como el nuevo Reglamento de la Ley Sobre el Control y Registro de la Transferencia de Tecnología y el Uso y Explotación de Patentes y Marcas.

No hay que olvidar que todas estas acciones se están efectuando en el marco de una transformación estructural de la economía mexicana, especialmente en el sector industrial y de bienes y servicios, como medidas tendientes a lograr una adecuación a las nuevas condiciones prevalecientes en la división internacional del trabajo provocadas por el surgimiento de bloques económicos, la virtual desaparición de la economía de estado además del desarrollo vertiginoso de la industria de alta tecnología.



El Programa para la Modernización Educativa

Este programa fue el resultado de la convocatoria que Salinas de Gortari realizó el 16 de enero de 1989, durante la instalación de la Comisión Nacional para la Consulta sobre la Modernización de la Educación, y dirigido a los sectores involucrados en la educación para que participaran de un debate nacional en torno a esta problemática.

Esencialmente, el programa señala y ubica una serie de características, hace un diagnóstico del problema educativo en nuestra nación y enumera y define los "retos" que el país tiene que encarar para "poder ingresar a la modernidad y de esta manera al desarrollo".

A partir de estas consideraciones introduce una nueva conceptualización para el proceso educativo en todos sus niveles. El lenguaje en el que se expresa consiste de términos como: crecimiento racional, desconcentración y descentralización, normatividad, evaluación, vinculación con el sector productivo, excelencia, estímulo, prioridades nacionales, y términos de la calidad total.

Finalmente este programa establece una serie de metas a cumplirse en 1990 que, como veremos mas adelante, han ido "aterrizando" en la concreción de programas más específicos para los diversos niveles del sistema educativo.

Prospectiva CONACYT 1990

En el mes de febrero del presente año el director general de CONACYT, doctor Manuel Ortega Ortega, convocó a una rueda de prensa en las instalaciones del CONACYT en donde informó a los reporteros que cubren la fuente de todas las actividades que realizó el consejo a su cargo durante el año de 1989 y presentó lo que denominó la "prospectiva" para 1990. En el informe escrito que fue repartido a los asistentes se asienta que el consejo seguirá funcionando de acuerdo a los lineamientos establecidos en el PND y apunta los nuevos programas de trabajo que se aplicarán en el año señalado.

Entre estos destaca el denominado Programa de Becas por Sustitución consistente en la asignación de becas a candidatos que cumplan con el requisito primordial de contar con nombramiento de base en la institución a la que pertenece, o si carecen de contrato gestionar, conjuntamente el CONACYT y la institución proponente, ante la SPP la solicitud de la plaza respectiva con objeto de poder incorporarse a la institución como parte de su planta académica. Este programa fue creado para garantizar el vínculo y el trabajo del posgraduado con la institución proponente.

Otro de los nuevos programas es el llamado de Tecnología Industrial para la Producción (TIPP) dirigido a obtener un mecanismo de participación sector productivo-estado-instituciones de investigación en el que fondos privados y federales se utilicen para el desarrollo científico y tecnológico. Por cada partida económica que destine una empresa el CONACYT pondrá dos.

Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica

Este es un programa que causó una gran expectativa y nerviosismo entre la comunidad científica nacional desde semanas antes a su presentación. Fue anunciado por el Presidente Salinas de Gortari el martes 27 de febrero del año en curso durante una sesión que tuvo lugar en el Salón Adolfo López Mateos de los Pinos.

Ahí, frente a un auditorio peculiar y en un salón abarrotado, Salinas de Gortari anunció lo que llamó "el primer esfuerzo" del programa y que consistió en cinco acciones: incremento de las percepciones devengadas en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) a partir del pasado mes de marzo, otorgamiento de becas para profesores que se hayan distinguido por su desempeño académico, incremento del SNI en número de mil investigadores, canalización de 20 mil millones de pesos al programa TIPP y aumento del presupuesto de CONACYT DEL 20% en términos reales.

Por supuesto que durante el acto aquí señalado se abordó además, a lo largo de la sesión, la lectura de las partes sustanciales del documento en cuestión con una extensión de 48 páginas divididas en siete capítulos en los que se apuntan el diagnóstico, objetivos, estrategia y políticas, financiamiento, formación de recursos humanos, marco jurídico y apoyo institucional y lineamientos generales para la implementación del Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica.

Reglamento de la Ley Sobre el Control y Registro de la Transferencia de Tecnología y el Uso y Explotación de Patentes y Marcas

Si bien este reglamento no está relacionado de manera directa con la educación superior o la investigación universitaria ello es debido sobre todo a la situación histórica en la que se desenvolvió el país durante la economía estatista. Con mucha probabilidad, por los cambios actuales en la economía, la transferencia de tecnología y la problemática de las patentes van a ser, cada vez más, elementos directamente involucrados en la evolución del sector ciencia y tecnología.

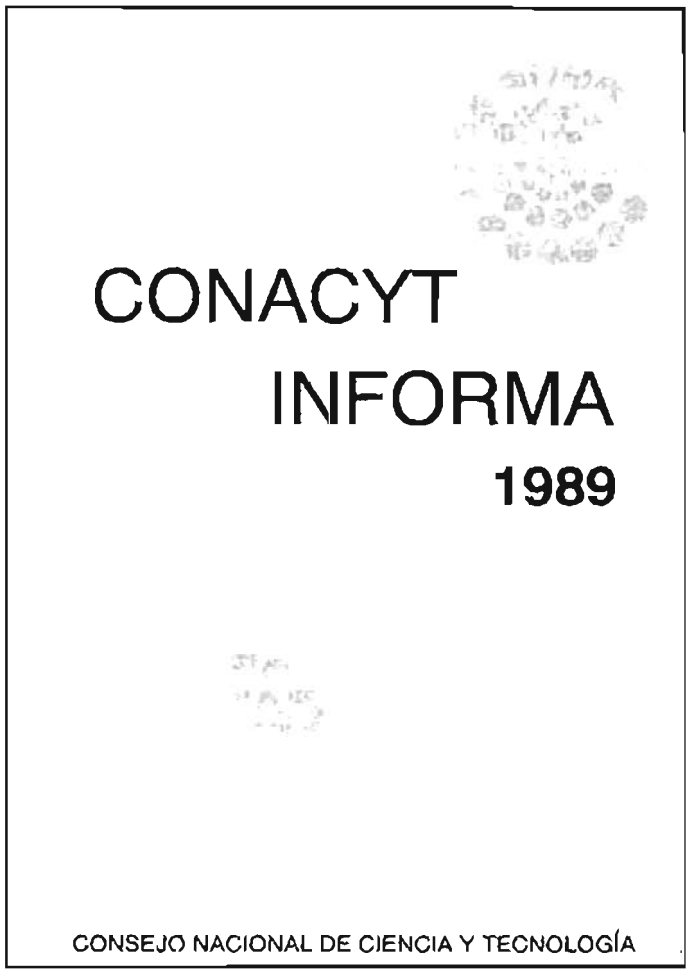
El nuevo reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el día martes 9 de enero de 1990 y expedido a través de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Pretende agilizar el acceso de las industrias establecidas en el país a tecnologías competitivas que les permitan insertarse mejor en las nuevas condiciones de competencia internacional.

Entre las principales modificaciones introducidas por el nuevo reglamento tenemos: se refuerza la protección del secreto industrial; se liberaliza totalmente el pago de regalías; se otorga a las empresas plena responsabilidad por las condiciones bajo las cuales contratan su tecnología, siempre y cuando redunde en beneficio del país de acuerdo a aspectos explícitamente definidos; se reduce de manera drástica la discrecionalidad de la autoridad; se simplifica el tratamiento a contratos de programas de cómputo.

Programa Nacional Indicativo del Posgrado

Este programa es la concreción más puntual que se ha definido a la fecha entre todas las acciones destinadas a la modernización de la educación. Su objetivo central es el establecimiento de normas generales que garanticen la excelencia académica de la educación de posgrado así como los criterios mínimos y mecanismos para la evaluación y coordinación de los programas de posgrado de las universidades e instituciones de educación superior.

Su origen se da a partir del 7 de noviembre de 1989 cuando la Coordinación Nacional para la Planeación de la Educación Superior (CONPES) estableció la Comisión Nacional de Posgrado (CONAPOS) la que a su vez decidió formar un Grupo Técnico encargado de poner en operación diversos mecanismos conducentes a la elaboración de un documento relativo el posgrado.



Estas acciones desembocaron en una versión propuesta del Programa Nacional Indicativo del Posgrado que fue analizado por la CONAPOS el 23 de mayo de 1990. Posteriormente, y a recomendación de esta última comisión, se efectuaron cuatro reuniones más de análisis con las diversas regiones que conforman a la ANUIES con el objeto de tomar acuerdos mínimos sobre la normatividad, la evaluación y la coordinación de los programas de posgrado.

Como resultado, en el documento aludido destacan entre otras consideraciones las siguientes: la educación de posgrado y la investigación son un componente innovador del proceso de modernización educativa; son opciones del posgrado la especialización, la maestría y el doctorado; se señalan los perfiles del posgrado; se aclara que la educación de posgrado es producto del desarrollo de la investigación y no a la inversa; que los profesores de los programas de posgrado deben de poseer, como mínimo, un grado semejante al que ofrece el programa, más otros requisitos; se definen exhaustivamente todos los criterios de normatividad y evaluación que deben observar las instituciones públicas y privadas que ofrezcan este nivel educativo.

Epílogo

Como puede observarse en este breve reporte la modernización o transformación de la educación superior y de posgrado así como la investigación está en marcha y operando con programas puntuales. De ahora en adelante la canalización de subsidios y presupuestos dependerá de ajustarse a las exigencias que marcan los programas aquí esbozados.

El caso contrario ya lo conocemos. Debido a la irresponsabilidad de no haber definido y establecido la homologación de los académicos de la UAP con los de la universidad nacional, la SEP no aceptó la tabla de puntajes que le presentó la UAP con la finalidad de obtener las becas al desempeño académico, por lo que cientos de docentes dejaron de percibir un incremento a su muy deteriorado salario.

El Estado mexicano y la ciencia

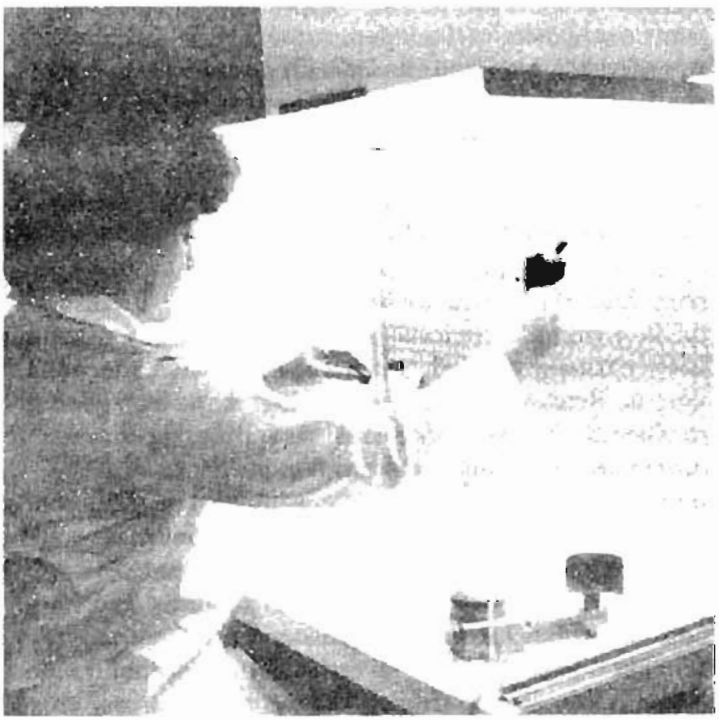
Feliciano Sánchez Sinencio*

Las cosas no volverán a ser como antes eran, al menos en política. Este es el sino del todo y así lo aprendemos por la historia de las partes. El actual gobierno sexenal que inicia operaciones a fines de 1988 y que define en el tiempo el punto de inflexión del comportamiento político de la sociedad civil mexicana, se manifiesta tardiamente para el gusto de la comunidad científica sobre la política de desarrollo que seguirá en el sector de ciencia y tecnología (CT).

El poder legislativo

En San Lázaro el 6 de diciembre de 1989, el Poder Legislativo a través de su Comisión de Ciencia y Tecnología (CCT) recibe a cinco científicos, 3 físicos y 2 biólogos. Los trabajadores de la ciencia y los legisladores se encuentran frente a frente en una cita común en la historia del país. El inicio de las conversaciones está caracterizado por la falta de entendimiento de ambas partes. Dos sectores de la sociedad que hablan el mismo idioma tienen problemas de linguística; han estado separados tanto tiempo, por siempre, que no se reconocen. Intentan casar ideas, conceptos, ilusiones, esperanzas; al asombro inicial sigue la emoción del reconocimiento e identificación de objetivos comunes. Se desea un país mejor y los dos sectores tienen mucho por hacer en común. Después de escuchar la problemática del sector por parte de los científicos, un legislador propone la creación de una Secretaría de Estado para la Ciencia y donde la burocracia sea reducida a su mínima expresión y la comunidad científica participe en la forma más abierta y extensa posible. El Presidente de la CCT deja ver que hay voluntad política favorable al desarrollo de la CT pero lo que falta es dinero, sin embargo se compromete a iniciar a trabajar desde ese momento para que en el año de 1991 se aumenten significativamente los recursos federales distinados a la CT. Otro diputado recuerda que aún en 1990 se puede recomendar se dé prioridad a la CT sobre las transferencias de partida.

Finalmente en sesión general de la Cámara de Diputados, CCT tiene éxito, convence y consigue que se mencione especialmente y se enfatice la importancia de la CT en el Presupuesto de la Federación.



* Investigador titular y director del depto. de física del Centro de Investigación y Estudios Avanzados-IPN

elementos núm. 14, año 4, vol. 2. Impreso en México

A continuación la transcripción de la mención y el detalle sobre la prioridad a la CT en la transferencia de partidas, hecha en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación para 1990:

"Poder Legislativo Federal. Cámara de diputados

La Comisión de Programación, Presupuesto y Cuenta Pública en sus deliberaciones ha manifestado su gran preocupación por la insuficiencia de recursos destinados a promover la Ciencia y la Tecnología.

La investigación científica y tecnológica es determinante en el desarrollo de una sociedad; sin embargo, en nuestro país el gasto público en esta área es bajo, y su monto se ha deteriorado, mientras que el de los particulares, a diferencia de otros países, es insignificante. Asimismo, ha habido poca o nula vinculación entre las acciones de política tecnológica y las necesidades del aparato productivo. Parte de estos problemas se debe a que las responsabilidades de la política científica y tecnológica, incluyendo la del ejercicio del gasto público, están dispersas en varias Secretarías: Educación, Salud, Agricultura, Programación y Presupuesto, Desarrollo Urbano y Ecología, otras, *sin que existan definiciones y parámetros generales claros para encauzarlo en una dirección más adecuada para las necesidades del país*. (el subrayado es mío).

La comunidad científica, en repetidas ocasiones, ha manifestado que los recursos públicos y privados no son suficientes siquiera para mantener vivos los grupos de investigación y desarrollo.

Se sugiere que, en el próximo presupuesto, se considere a la Ciencia y a la Tecnología como un insumo de la economía nacional que sean tratadas como un todo, para que pueda hacerse una planeación adecuada. Que se determine claramente el presupuesto general de Ciencia y Tecnología, considerando el gasto que en este rubro se hace en todas las dependencias públicas, y que éste sea parte de una política general de desarrollo científico y tecnológico, que sirva de detonador del esfuerzo de los demás sectores, en especial de la planta productiva. Que su ejercicio se autorice y vigile con la colaboración de organismos que tienen como finalidad específica la investigación y el desarrollo, así como de los productores. Que como tareas, en el ejercicio de 1990 se consideren acciones inmediatas que permitan a las instituciones allegarse recursos adicionales a los presupuestados mediante la venta de servicios, se depure la asignación del gasto para lograr mejores resultados, y se promueva la participación de la sociedad en esta fundamental tarea. Todo ello con el propósito de que no se haga más crítica la situación de esta actividad. SIMILARES CONSIDERACIONES REALIZO LA COMISION EN LA RELACION A SITUACION DE LAS ARTESANIAS.

Artículo 25. Las erogaciones por concepto de transferencias con cargo al Presupuesto de Egresos de la Federación, se sujetarán a las estrategias y objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, de los programas de mediano plazo y de los demás programas formulados conforme a la ley de la materia y se apegarán a los siguientes criterios.

VIII. Se considerarán preferenciales las transferencias destinadas al desarrollo de la ciencia y la tecnología, a la investigación en instituciones públicas, a la capitalización de las empresas políticas, a la formación de capital en ramas y sectores básicos de la economía y al financiamiento de actividades definidas como estratégicas, que en el mediano plazo propicien la generación de recursos propios".

El poder ejecutivo

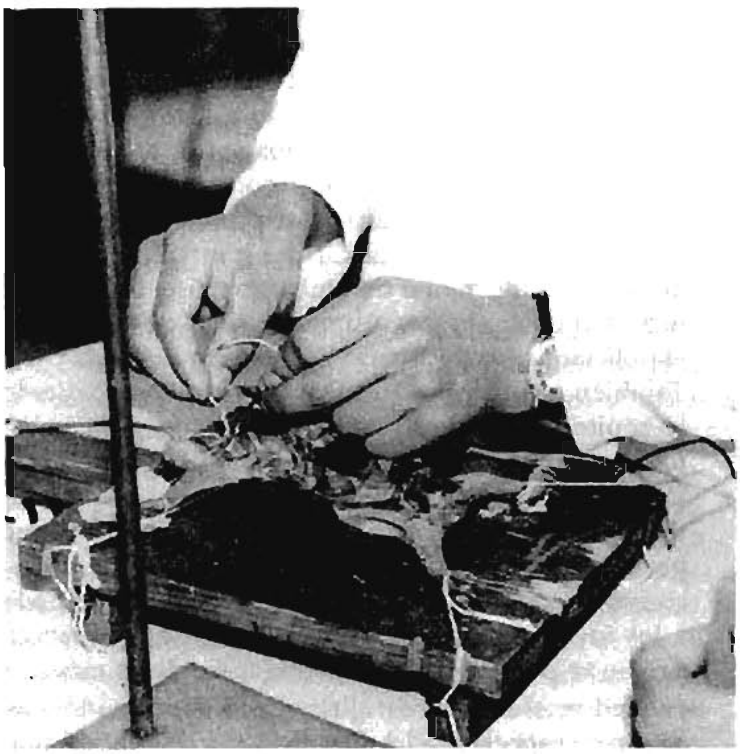
El salón "Adolfo López Mateos" abarrotado de aquellos interesados en conocer el espacio reservado a la ciencia y la tecnología en México. La residencia oficial de Los Pinos es un lugar de distinción para tratar los problemas más importantes de la sociedad civil mexicana. El 27 de febrero de 1990 fue presentado el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica (PNCMT) 1990-1994.

El PNCMT usa un fuerte estilo reiterativo para exponer sus ideas. En esta nota breve, me permito hacer el análisis sucinto así como los comentarios pertinentes de algunos puntos del documento en el cual sobresalen, entre otros, los siguientes:

- Se desea dejar claro que se entiende lo que es ciencia y lo que es tecnología. Se dice que son expresiones distintas, pero relacionadas. A lo largo de la exposición se intenta la separación de los dos conceptos para enfatizar que el desarrollo tecnológico para ser eficiente,

tienen que ser financiado preferentemente por el sector productivo. Comentario: Por la experiencia en el ejercicio de la profesión de investigador científico sabemos que esa separación es muchas veces artificial ya que la indeterminación es grande para permitir la separación aguda. Esta reflexión nunca es llevada en cuenta en el documento. Como diría Pasteur, sólo existe la ciencia y las aplicaciones de la ciencia; el interés en las aplicaciones nos llevará frecuentemente a desarrollar más la ciencia misma.

- Con gran sensibilidad el PNCMT recoge algunas de las preocupaciones del sector. Dice: ..."Es conocimiento que la comunidad científica y tecnológica con que México cuenta actualmente es pequeña, que el gasto público y privado en este renglón es insuficiente y que la proporción de estudiantes interesados en seguir una carrera científica o tecnológica ha disminuído en forma dramática". Menciona el deterioro que en los últimos años han sufrido la infraestructura destinada a la investigación y los niveles reales de ingresos de los investigadores. Reconoce que los recursos que se asignan a CT, medido como proporción del producto interno bruto, resulta insuficiente si se le compara con los montos que otros países con niveles semejantes de desarrollo asignan a estas actividades. También reconoce que "han sido insuficientes los esfuerzos para fomentar la descentralización", "la investigación CT sigue estando excesivamente concentrada en las principales zonas metropolitanas de país, en especial la Ciudad de México".
- *El PNCMT no analiza datos ni estadísticas, ni particulariza asuntos, trata todo en lo general.* Considerando esto, suena preconcebida la mención reiterativa a lo largo de todo el documento de "apoyar sobre la base de criterios de alta calidad". Comentario: ¿Significa ésto que todo lo hecho hasta ahora no ha tenido calidad o sólo unas cuantas cosas? ¿No sería necesario proceder contra los otorgantes o receptores del apoyo? También, el Programa menciona que "En parte, los recursos canalizados al desarrollo científico y tecnológico a través de los centros de investigación y desarrollo de la Administración Pública Federal, han sido incorrectamente asignados, debido a la ausencia de criterios precisos para la evaluación de los resultados obtenidos, que permitan asegurar que los fondos se aprovechan de manera óptima". Comentario: ¿qué porcentaje de los recursos fueron incorrectamenter asignados? ¿Qué monto ha sido incorrectamente asignado? Por otro lado el Programa reconoce que los recursos asignados a CT han sido insuficientes. ¿El programa se preocupa con mucho o poco que se le ha apoyado al sector de CT? Los montos reales de apoyo a la CT no han sido aumentados significativamente sin embargo existe el riesgo de incrementar los gastos administrativos asociados con el policiamiento (evaluación) del gasto del sector CT. También aprovechando toda oportunidad existente se repite a lo largo del documento que el financiamiento para CT se incrementará "en la medida que lo permita la disponibilidad de recursos". Comentario: No existe indicación alguna en el Programa que permite estimar cual es la prioridad que el Poder Ejecutivo da a la CT. También el Programa recomienda a los investigadores en ciencia básica "esforzarse en preparar propuestas de investigación de la más alta calidad académica y dirigirlas hacia fuentes idóneas, según su especialidad y disciplina. La asignación particular de personal hacia tales proyectos de investigación científica es clave para el establecimiento de una sólida reputación curricular nacional e internacional de cada entidad, que en el futuro inmediato redunde en un acceso creciente a las fuentes nacionales e internacionales de financiamiento en la actividad científica". Sin comentarios.
- El PNCMT critica las decisiones de las administraciones pasadas que implantaron el modelo de economía cerrada o de sustitución de importaciones o de reserva del mercado interno. Se dice que este modelo desinteresó a los sectores productivos por el desarrollo de CT. Además, se menciona que la estrategia con elevada protección propició una insuficiente vinculación entre el sector productivo y el Sistema Nacional de CT; se obstaculizó el surgimiento de una planta industrial moderna, eficiente y competitiva. Se sintió la ausencia de las economías de escala. El crecimiento de las exportaciones fue insuficiente para financiar las elevadas importaciones de bienes de capital y de insumos intermedios que los procesos productivos ineficientemente orientados demandaban. La organización industrial era de carácter oligopólico lo que desistimuló los procesos de modernización e innovación tecnológica. Ahora todo será diferente, a par-



tir de 1985 se inició el proceso de apertura de la economía o liberalización del mercado interno a fin de hacer surgir un sector exportador competitivo y vigoroso. La apertura económica trae consigo mayor competencia, lo que demanda generación, innovación, adquisición, difusión, y adaptación de tecnología lo que estimula la creación de áreas de investigación y desarrollo dentro de las empresas más grandes y la contratación de tecnología moderna entre las empresas medianas y pequeñas, menos casos a que el sector productivo nacional no ha aprovechado adecuadamente la infraestructura CT ya existente en el país. Comentario: considero que el análisis de los dos modelos es materia de una discusión extensa y profunda, sin embargo, el análisis dialéctico llevará inmediatamente a una serie de contradicciones que dejarán una seria de interrogantes. ¿Por qué no se intentó corregir el modelo de economía cerrada, mediante una legislación que motivase a las empresas paraestatales y privadas a desarrollar CT? Después de un plazo conveniente cuando las empresas fueran competitivas internacionalmente se podía proceder en forma segura a abrir el mercado interno. "Una premisa fundamental del Programa que se desprende directamente del papel central que se asigna a las exportaciones no petroleras en la estrategia de desarrollo contenida en el PND 89-94, es que la modernización tecnológica resulta indispensable para consolidar y mantener en el mediano y largo plazos la competitividad internacional de la economía mexicana y mejorar la calidad de vida de la población". Comentario: existe una industria en México que se ha opuesto a la apertura del mercado interno en su sector, el Gobierno no ha querido o no ha podido convencer de los beneficios del modelo de apertura económica que promociona. Sin embargo esta industria es líder en exportación de manufacturas, es decir productos no petroleros; esto es, satisface la premisa fundamental del Programa en cuestión. Esta industria es la automotriz. ¿Será que esta industria está de acuerdo en abrir en México laboratorios industriales de la más alta calidad y con currícula de sólida reputación que desarrollen investigación en CT, con capacidad de creación e innovación como los existentes en Estados Unidos de América, Alemania o el Japón? Parece ser que esta industria no es ajusta al nuevo modelo de desarrollo económico ni necesita ser encuadrada dentro del PNCMT para cumplir con la premisa fundamental. ¿Una singularidad dentro del campo?

- Los hacedores del PNCMT insisten en que la comunidad de CT se allegue de fondos extrapresupuestales mediante la venta de servicios, de patentes o bienes al sector productivo. Comentario: es conveniente recordar que fuera de los investigadores que están en los laboratorios industriales del gobierno IMP, IIE, ININ, Telmex el resto están dentro del sistema de formación de recursos humanos. Este sistema integrado por universidades y centros de investigación no fue diseñado, ni debía ser, para las actividades de servicios, generación de patentes y venta de bienes. Este sector también es productivo, produce gente preparada en CT; la falta de entendimiento de este concepto puede llevar a la destrucción de un sistema que fue construido por varias generaciones de científicos mexicanos durante muchos años y con fondos de la sociedad civil.
- La edición del PNCMT fue hecha por SPP y CONACyT. El documento es suficientemente cuidadoso para dejar claro que SPP será la instancia rectora en todo lo relativo a la ejecución del Programa.

Investigación e industria

José de Jesús Guadarrama H.*

A las advertencias de reorganización mundial de las economías que la nueva revolución venía advirtiendo desde hace muchas décadas, las empresas nacionales respondieron únicamente con muy buenas intensiones de desarrollo, actitud que hoy las deja prácticamente en desventaja ante la competencia internacional.

No es por azar, entonces, que en la actualidad el gran parque industrial del país, conformado principalmente por pequeñas y medianas empresas, luchen desesperadamente por encontrar alternativas viables que les permitan ver alguna señal para sobrevivir en su propio mercado.

Sin embargo, el actual modelo de desarrollo emprendido por nuestra nación en busca de moldearse a los acontecimientos internacionales de globalización económica, permite evidenciar que aquellos organismos que no tomaron con seriedad el desarrollo tecnológico prácticamente perdieron su vitalidad.

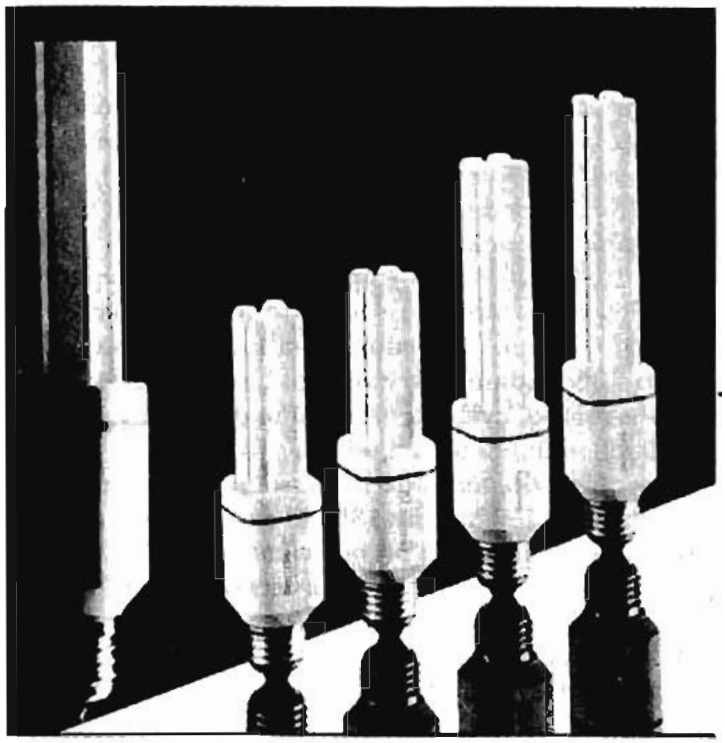
Quizá uno de los indicativos que permiten observar los pocos esfuerzos reales que se hicieron para responder a las advertencias se pueda apreciar en el seno de la Comisión Específica de Tecnología de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (Canacintra).

Esta Comisión nació en agosto de 1983 con el objetivo de promover el desarrollo tecnológico al interior de la planta productiva y motivar la vinculación de las empresas afiliadas a este organismo con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de tal manera que existiera una retroalimentación que diera pauta al avance conjunto; sin embargo, en 1985 fue necesaria la revisión de sus objetivos y de sus compromisos toda vez que "no pasó nada".

De esta manera, en 1985 fue necesario realizar una evaluación de la situación de dicha Comisión. En aquel entonces se detecto que uno de los graves errores cometidos fue la búsqueda e intensión de alcanzar el desarrollo de grandes proyectos sin contar con la infraestructura, los recursos humanos suficientes y el capital necesario.

Todo lo anterior condujo a que las metas no se alcanzaran y los resultados fueran raquíticos. Resulta indiscutible que la intención de lograr la vinculación que por años se ha deseado, entre los sectores gubernamental, industrial y de investigación, ha sido un buen intento que ha concluido en muy buenas intensiones.

Desde su nacimiento la Comisión Específica de Tecnología de Canacintra ha buscado dar a conocer entre sus miembros las opciones y alternativas posibles de apoyo, así como de las necesidades existentes de procesos, y la posible oferta de estos; ha perseguido, también, proporcionar asesoría a las dirigencias de la pequeña y mediana industria de la transformación.



* Periodista, sección de tecnología de el periodico El Financiero.

elementos núm. 14, año 4, vol. 2. Impreso en México

Poco después, en 1986, se encontró que la Comisión continuaba con su misma línea, adaptándola a las nuevas necesidades pero reconociendo ya el permanente crecimiento de la brecha tecnológica que separa a nuestra nación de los países más industrializados del orbe y, por tanto, de la independencia tecnológica de México con respecto al extranjero en materia de tecnología.

Hacia 1988, los integrantes de ésta agrupación plural requirieron de una nueva revisión de los objetivos y compromisos de la misma y se encontró, paradógicamente, que los industriales no reconocían al desarrollo tecnológico como negocio y se tomó la situación económica del país como pretexto para fundamentar la poca motivación estatal para la realización de inversiones; sin embargo, en el contexto en el que el organismo pretendió insertar en la conciencia empresarial la necesidad del desarrollo tecnológico, sin lograrlo, sucedieron amplias contradiciones.

En primer lugar, la constitución de la Comisión se realizó en momentos en que el crecimiento de la producción bruta promedio por empleado en el sector manufacturero era sólo de 2.2 por ciento anual, medido en el periodo que va de 1970 a 1983, mientras que otras naciones registraban ya como indicador de la productividad industrial tasas de entre 4 y 7 por ciento en promedio anual, tal era el caso de Estados Unidos, Alemania, Italia y Japón.

Aun cuando se argumentó que el desarrollo tecnológico no era negocio, entre 1970 y 1985 la inversión nacional destinada a la ciencia y tecnología propias fue inferior en 50 veces a las erogaciones realizadas por adquisición de tecnología extranjera.

De 1980 a 1988 las importaciones de maquinaria y equipo acumularon un total de 56 mil millones de dólares, es decir, alrededor de la mitad de lo que era nuestro endeudamiento externo. La balanza comercial en este campo, evidentemente, fue deficitaria en cerca de 39 mil millones de dólares.

Por otro lado, antes de la creación de la Comisión y de la crisis de 1982, de las 135 mil empresas industriales instaladas en el país el 95 por ciento no realizaba ninguna actividad de investigación tecnológica, ni invertía en desarrollo nacional, para 1989, según algunos expertos, la tendencia continuaba igual.

Lo anterior significa que apesar del cambio de mentalidad de los industriales, su actitud continua siendo la misma.

Según estudios del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que conviene recordar, se encontró que en la actualidad sólo el 8 por ciento de la industria establecida en México cuenta con tecnología de avanzada, empero la gran mayoría de este reducido porcentaje está constituido por empresa multinacionales.

Es muy importante destacar además que tradicionalmente se consideraba que la industria nacional participaba con un 10 o 15 por ciento del gasto nacional en ciencia y tecnología, sin embargo, datos recientes del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología indican que el gobierno federal participa con el 93 por ciento de estos recursos, lo que implica que la participación de la iniciativa privada actualmente es sólo de un 3 por ciento.

A todo lo anterior, la Comisión Específica de Desarrollo Tecnológico ha detectado además, ya para 1990, que más que como organismo para avance tecnológico de las pequeñas y medianas industrias, la promoción de la vinculación entre los diferentes sectores involucrados con la investigación y el desarrollo, ha servido como foro plural para intercambiar información y experiencias y una caja de quejas, demandas y ofertas, cuya resonancia ni siquiera alcanza los niveles de dirigencia de la misma Canacintra.

Sin embargo, la situación actual parece diferente, todos los integrantes han externado la necesidad de empezar a aterrizar en acciones concretas. La razón de tal determinación afecta a todos: México ya no es un mercado cautivo.

Los diferentes sectores con representantes en esta Comisión han entendido que sin acciones concretas, este foro puede convertirse en un capítulo más del amplio libro de las quejas.

La versatilidad de participantes en la Comisión Específica de Desarrollo Tecnológico le confiere un potencial de gran magnitud si verdaderamente se lo propone en la revisión actual que realiza de sus objetivos. El compromiso es el factor que dará la pauta.

En este contexto, es posible que se observe la capacidad de concertación que puede generarse cuando hay intereses comunes. En éste foro participan representantes de dependencia del sector central gubernamental, de institutos y centros de investigación e instituciones de educación superior, así como empresas de diferentes ramos industriales relacionados con el desarrollo tecnológico del país.

Etica y Genética

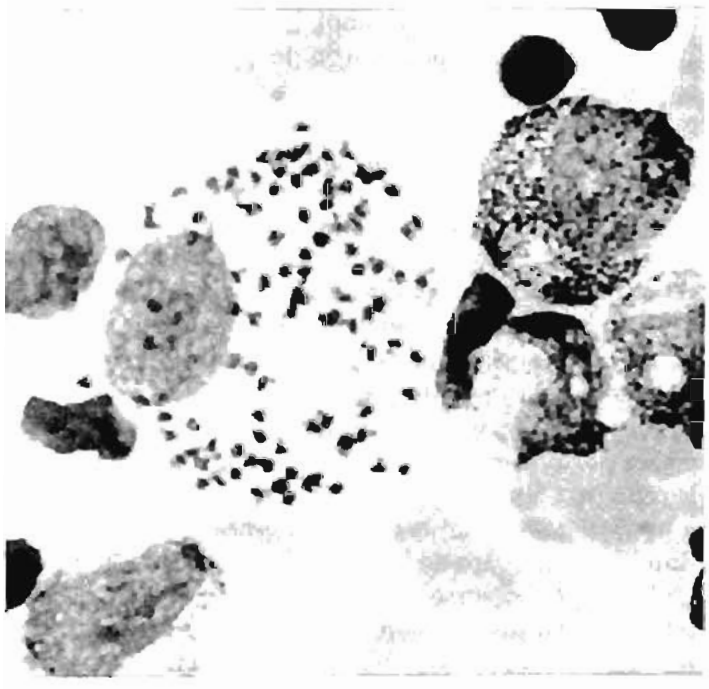
Ivanhoe Gamboa*

En los últimos años las investigaciones sobre la herencia han experimentado un avance vertiginoso. En pocos terrenos del conocimiento se ha producido tanto en tan poco tiempo. A partir de la década pasada la genética ya es capaz de elaborar *genes artificiales*. El advenimiento del ADN recombinante y sus cientos de enzimas que cortan y unen genes prácticamente *a voluntad* ha sido crucial para el avance de esta ciencia.

De golpe, a principio de los años setentas, se tuvo en las manos la herramienta inicial para recombinar genes, modificarlos y hacer que las proteínas, se produjesen por organismos que nunca antes las habían contemplado en su programación hereditaria. La humilde *Escherichia coli*, una de las bacterias hoy casi completamente conocida en su secuencia genética, que forma parte normal del grupo de bacterias del intestino grueso y que posee poco más de diez mil genes, se ha puesto –por la mano del hombre– a producir insulina humana, hormona del crecimiento y otras sustancias de capital interés para (al menos en un recurso bien intencionado) mejorar la vida. En la presente década la posibilidad de mejorar ciertos genomas, como los de las bacterias nitrificantes del suelo, fundamentales para el mejoramiento de los campos y, en consecuencia, de la agricultura, ha dejado atrás la ficción para convertirse en una realidad contundente. Ahora, existen cepas de ratones hechos crecer artificialmente que resultan gigantescos al lado de sus progenitores normales; hay hortalizas y diversas especies más, vegetales o animales, en las que el nuevo genetista ha podido introducir sensibles mejorías.

Pero si bien esta práctica, correctamente aplicada, conduce al desarrollo de supuestas especies mejores, también la tecnología genética ha producido daño biológico a los *viejos* organismos. El riesgo es que manos perversas aplicaran este recurso en la elaboración de armas bacteriológicas de efectos incomparablemente mayores a la proscrita guerra química experimentada sobre los campos de Viet-Nam durante el pasado conflicto bélico. Basta recordar los pavorosos efectos del *napalm*, la imposibilidad de obtener una cosecha tras el riego del veneno y la hambruna consiguiente.

Imaginemos: sobre el agua que consume una ciudad se vierte un poco de la toxina botulínica, una proteína hecha por el minúsculo *Clostridium botulinum* y que en cantidad de escasos microgramos es capaz de paralizar los nervios de cualquier animal incluyendo al hombre. Supongamos que este procedimiento se hace con fines genocidas por una nación belicosa empeñada en destruir toda forma de vida de un supuesto enemigo.



* Profesor de la Escuela de Medicina, UAP.

Los efectos serían devastadores. Para una ciudad como Puebla, para citar el caso, bastaría la diminuta dosis de cien miligramos para matar a sus ya casi dos millones de habitantes. Sólo escaparían de la muerte aquellos que no bebieran esa agua o los que tuviesen a la mano el antídoto para contrarrestar los efectos letales de la toxina. ¿Cómo actúa la ingeniería genética aquí? El gen que produce esta toxina puede ser perfectamente duplicado de manera artificial –por medio del ADN recombinante– y metido en el genoma de algún organismo que lo produzca en grandes cantidades. El mismo *Clostridium* puede ser inducido para "mejorar" hasta una potencia del millón de veces su maquinaria productora de veneno.

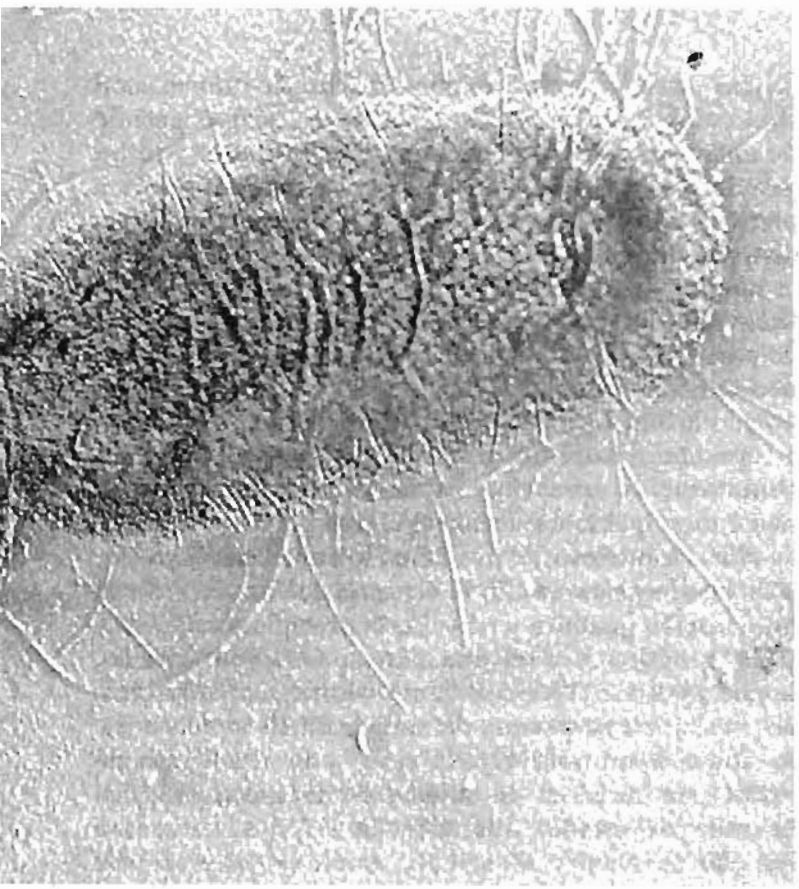
La tecnología genética se encuentra ya tan avanzada que en 1974 los investigadores pioneros de este campo llegaron al acuerdo de suspender varios tipos de experimentos que podían resultar arriesgados. La comunidad científica dedicada a la genética en diversas partes del mundo, llegó al consenso de establecer prohibiciones a cruzas génicas y a combinaciones potencialmente peligrosas. Se establecieron hasta doce niveles de *contención biológica* mientras se busca una fórmula para legislar sobre el uso de las nuevas tecnologías.

Los científicos se percataron de que así como podían obtenerse incuestionables beneficios podían también provocar inmensos daños. Alguien ha mencionado (no sin insistencia) que el virus del –ahora famoso— SIDA ha sido producido justamente por ADN recombinante y que, de alguna manera, "se escapó del control del laboratorio". Se ha insinuado, también, que la maniobra consistiría en culpar a ciertos simios de la transportación del virus cuando, en realidad, se ha tratado de un juego genético de posibilidades técnicas bien dilucidadas que tuvo la desgracia de desparramarse un poco.

Aunque los sustentos de tal elucubración no son fuertes, es perfectamente posible producir organismos virales con una potencia letal similar a la del virus del SIDA o peor aún. Por esto la *ingeniería genética*, la ciencia que dominará el futuro de la humanidad en un centenar de años más, debe verse con algo más que asombro y cautela. En ella, más que en otra ciencia cualquiera, se ve implicada la razón de la deontología, de la ética, para valorar de cerca sus conveniencias e inconveniencias. Por ejemplo, el ADN recombinante ha abierto las puertas a la posibilidad de curar, en un futuro próximo, algu-

nas enfermedades genéticas. ¿Será ético curar a sujetos portadores de un gen deletéreo? ¿Hacerlos hábiles para funcionar normalmente en la vida, pero dejándolos (por imposibilidad tecnológica) con la capacidad biológica de engendrar nuevos seres con el mismo defecto aunque también curables como ellos? ¿No es esto atentar contra las leyes naturales de la selección? ¿Contra la biología? ¿Contra la vida misma? Por algo existe un equilibrio mantenido hasta el momento y por algo también la naturaleza, "sabia" al fin, elimina las taras que se le van presentando en sus descendientes.

Considero que prestar atención médica y ayuda a un enfermo que padece una enfermedad genética que ya puede ser curada constituye no una falta de ética y sí en cambio lo es el que pudiéndolo curar, no se empleen los recursos con que se cuenta por miedo a "violentar" a la naturaleza. Aquí creo que todos coincidimos y no hay problema alguno. Ético será aplicar el recurso terapéutico para aliviar al enfermo afectado de un morbo hereditario; no ético sería dejarlo a la suerte de su "antes", de su antaño cuando no se podía hacer nada por él.



Caso aparte serían las manipulaciones genéticas de las bacterias del suelo a fin de hacerlas rendir más nitrógeno y conseguir que los cultivos resultasen más productivos; las cosas encierran un matiz que no puede resumirse simplemente en los buenos deseos de que haya más y mejores cosechas. Aquí lo ético sería estudiar las cadenas ecológicas del terreno y ver qué tanto se comprometen en su subsistencia. Si se va a mejorar en lo inmediato un cultivo, el procedimiento ético debe llevarnos mejor a concientizar cuáles son las ventajas y cuáles las desventajas. Tal vez hagamos desaparecer, con nuestras mejoras genéticas, a algunas especies menores de gusanos, a bacterias, a lombrices o ratones de campo; lo que a su vez haría desaparecer las aves y otros animales "depredadores". Si en el momento esto es útil ¿no estaremos arriesgando una pieza de precisión ecológica de ajuste para el futuro? En este caso lo ético sería emprender todo estudio posible para saber qué tanto daño se provoca, paradójicamente, con el beneficio.

La genética se enfrenta, como ciencia nueva, a deslindes que necesariamente requieren de un fuerte *sopesamiento* ético antes de pronunciarse. Dejando a un lado las técnicas de recombinación de genes, en la década pasada surgió el llamado *diagnóstico prenatal*, es decir, un estudio que permite decir a los angustiados padres (aunque sólo para un abanico todavía reducido de enfermedades) cómo será el estado de salud del futuro bebé que en esos momentos ya crece en el vientre materno. La técnica es simple aunque el equipamiento complicado: se punza el útero grávido entre la semana 12 a la 16 después de la fecundación, se obtiene una muestra del líquido amniótico que baña al bebé y que le permite su crecimiento y lo amortigua y, en condiciones asépticas, se lleva al laboratorio para procesarla en una centrífuga. Del sobrenadante se obtiene líquido puro donde es posible hacer algunas determinaciones que revelen la presencia o ausencias de enzimas en el bebé que nacerá en pocos meses. Del fondo del centrifugado se obtienen células que se ponen a crecer en un medio de cultivo (figura 1) y que, tras veintiún días de incubación en estufas especiales, habrán crecido lo suficiente como para formar una colonia *analizable*. Las mitosos (reproducciones celulares) se interrumpen y los cromosomas se estudian. Los análisis de los mismos permiten predecir el sexo del futuro bebé y si se presenta o no alguna alteración grave en sus cromosomas. La técnica se ha empleado cada vez con más exito y se empieza a volver de uso común. Una madre angustiada que ya ha tenido un niño con síndrome de Down (la triplicación del cromosoma 21, antiguamente llamado *mongolismo*) no necesita esperar hasta que nazca el nuevo hijo para saber si éste también tiene la alteración. Se puede saber desde mucho antes. Igualmente, como el síndrome es común en mujeres de más de 35 años, todas las que cursen con un embarazo a esa edad deberían hacerse la prueba. Los riesgos son mínimos y en los países del primer mundo es un estudio obligado.

Aquí, a la encrucijada ética se revela cuando los padres son informados de que su futuro hijo tendrá una alteración genética o cromosómica y deben de decidir entre conservarlo o bien eliminarlo. La cuestión roza entonces fuertemente con la moral, la creencia religiosa y –por fortuna no en México gracias a las reformas a los códigos de procedimientos penales de varios estados– a veces con la legal. Pero ¿Qué tan ético es eliminar una vida humana defectuosa? ¿Qué tan ético es someter

a unos padres a la conservación de la misma? La dificultad se salva, al menos en el ánimo del genetista, porque son precisamente los padres y únicamente ellos– los que deben decidir sobre el futuro de su bebé. Se defiende ese derecho como una responsabilidad de los progenitores. Si ellos desean el aborto terapéutico, lo ético es procurarles los medios para que se realice sin riesgos. Si desean conservar al bebé por sus convicciones religiosas o por otras causas, lo ético para el genetista será respetar esa decisión.

Los genetistas se enfrentan a diversas enfermedades graves, profundamente conflictivas y la mayoría sin remedio. Por su parte los médicos que atienden o reciben niños "defectuosos" suelen hacerse de la "vista gorda" y, aunque facilmente podrían aconsejar sobre el problema, prefieren no hacerlo y dejarle al responsabilidad final al genetista. A éste es al que le toca dar las malas nuevas al padre y a la madre del paciente e informar sobre los riesgos de recurrencia de una cierta alteración genética en la descendencia futura. Aquí lo ético sería explicarle al interesado las posibilidades que existen de repetición de una tara y darle los pormenores del mecanismos de transmisión hereditaria. Las decisiones que se tomen son atributo y responsabilidad exclusiva de las parejas y, sobre esto, poco o nada tiene que hacer el genetista a menos que llegue la pregunta: *¿y usted qué nos aconseja?* Si es así puede darse un buen consejo genético y estimular otras procreación o definitivamente desaconsejarse.

Hay un grupo pequeño de enfermedades que afectan la diferenciación sexual. Sobre este aspecto no resulta nada fácil decirle a un paciente su verdadero estado, porque la experiencia ha demostrado que son más los contras que los pros. Ha habido suicidios y tal sensación de frustración, que resultaba infinitamente mejor haber dejado al paciente en la ignorancia del por qué de su problema. Concretamente hay una docena de síndromes que causan ambigüedad sexual y que someten al paciente a una vida de miserias psíquicas más que de carencias físicas. Hay mujeres con genes y cromosomas de hombres a las que no conviene decirles su verdadero estado, porque resulta contraproducente. En estas situaciones la experiencia ha demostrado que lo ético es callar y dejar sin respuesta las preguntas hasta donde sea posible. Debe decirse sólo lo necesario, y nada más.

Hay también otros estados donde la información crea culpas profundas. Se trata de un grupo grande de enfermedades donde la madre es portadora de un gen defectuoso y la mitad de los hijos varones llegan a padecer las consecuencias. La conocida hemofilia y la distrofia muscular de Duchenne (terrible estado donde el músculo se destruye lentamente) son dos ejemplos. Sólo se dice la verdad cuando hay una tercera insistencia de parte de la madre y cuando se está seguro de que la noticia no acarreará problemas en la vida conyugal. Han habido infinitos casos de separaciones, recriminaciones y reproches gratuitos (gratuitos porque nadie elije los genes con los que viene al mundo y, por lo tanto, nadie es culpable de llevar tal o cual gen) que lejos de ayudar a sobrellevar el problema lo empeoran. Lo ético y lo prudente es medir el alcance del impacto de la información genética y no soltarla precipitadamente.

La genética es pues una ciencia de contundencias, impacta porque el daño no es transitorio sino definitivo. Se revela atroz porque la enfermedad genética no se limita a un solo sujeto, sino –con frecuencia a– varias generaciones de sujetos de la misma familia. Se trata de estados alterados de largo alcance, con los que se nace y se muere, amén de que se vive a menudo una vida de miserias y de restricciones. La información, la acción, las posibles terapéuticas, los futuros remedios, empiezan a formar ya parte de otro expediente científico que es perfectamente posible ubicar en el terreno deontológico. El mejor conocimiento de los pros y los contras, los mejores acopios de experiencias, el estudio individualizado de cada caso, dictarán las pautas éticas.

Referencias

[1] Grobstein, C. Debate sobre el ADN recombinante, *Investigación y Ciencia*, 6-18 (sept. de 1977).

[2] Atrenborough, D. *Life on earth*, Boston, Little Brown, 1979.

[3] Southern, E.M.: Detection of specific sequences among DNA fragments separated by gel electrophoresis. *J. Mol. Biol.*, No.5; 98 (3), pp. 503-17 (1975).

[4] Bolívar, F., Rodríguez, L., Greene, P.J., Betlach, C., Heyneker, H.L., Boyer, H.W., Crosa, J.H., Fialkow, S.: Construction and characterization of new vehicles, II: A multipurpose cloning system. *"Gene"* No. 2; (2), 95-113 (1977).

[5] Gamboa, I. *Genética Humana*. Año 2100, Puebla (1987).

[6] Barrera Saldaña, H.: La nueva imagen del gen eucariote, *Avances en Biomedicina*, No. 1; 1, (nov. de 1988).

Un oscuro y frío invierno

Ignacio Cabral Perdomo*

"Es verano en el Hemisferio Septentrional del planeta Tierra. La temperatura media de los continentes se encuentra alrededor de los 15°C. bajo cero (-15°C.). La situación es terrible; millones de seres han perecido: sólo encontramos vestigios de los que parecen haber sido zonas urbanas, nichos ecológicos y extensas regiones de cultivo.

La magnitud de la catástrofe abarca incluso la desaparición de la mayoría de las especies habitantes de este mundo..."

¿Un relato de ciencia ficción? ¿Acaso el reporte de cualquier civilización extraterrestre, que de alguna galaxia cercana a la nuestra, analizara la situación de la Tierra después del holocausto nuclear? Las dos sugerencias, de cualquier manera, atraen nuestra curiosidad y nos desconciertan, pues se trata de una realidad factible y no lejana en modo alguno, que implica a los seres humanos como especie.

Recientes investigaciones avalan la certidumbre, en un alto grado de probabilidad, de que las inmensas nubes de polvo, humo y hollín, levantadas por una conflagración mundial entre las superpotencias, transformen el clima actual del planeta en un *invierno nuclear*. Esto presupone que los ecosistemas naturales serán afectados en sus funciones básicas y que la extinción de las especies habitantes de la tierra –incluyendo la humana– será una posibilidad real.

Las investigaciones

Las primeras investigaciones sobre el tema *El mundo después de un conflicto nuclear* datan del año de 1975. La Academia de Ciencias de los estados Unidos analizó, por vez primera, el conjunto de los efectos y las consecuencias que una guerra nuclear generalizada, provocaría en la biosfera y el clima de la Tierra[1].

* Departamento de Ciencias y Matemáticas, Universidad de las Américas, Puebla.

Desafortunadamente en ese sentido no fue tomado en cuenta un factor preponderante sobre los probables efectos en el clima: el polvo y el humo levantados por la pulverización del suelo en los puntos de impacto provocado por los incendios, debidos –sobre todo– a las bolas de fuego nuclear. El primer trabajo al respecto no aparece sino hasta 1982 en la revista sueca *Ambio*, donde Paul Crutzen y John W. Birks estudian los efectos y la importancia del humo y del hollín producidos por los enormes incendios. Siguiendo la pauta, en 1983 la revista *Science* publica un importante estudio matemático conocido como el *Reporte TTAPS* por el acrónimo de Richard P. Turco, Owen B. Toon, Thomas P. Ackerman, James B. Pollack y Carl Sagan, sus autores. Consiste en un modelo matemático computarizado en el que se analizan ampliamente los efectos sobre el ambiente y la atmósfera provocados por una guerra termonuclear. En el modelo se simulan varios escenarios para el conflicto, y asimismo, la aplicación de diferentes magnitudes de materiales explosivo, que van desde los 100 hasta los 25000 megatones (1 megatón, Mt, es la potencia equivalente a la explosión de 1×10^6 toneladas de dinamita).

elementos núm. 14, año 4, vol. 2. Impreso en México

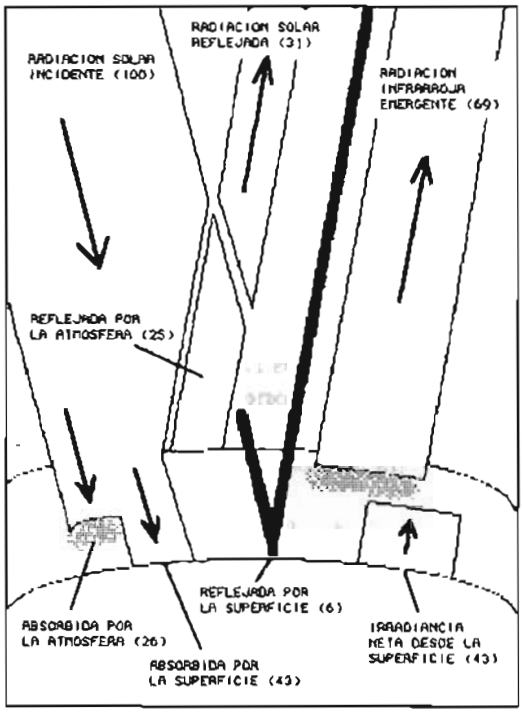
Existen otros estudios importantes; por ejemplo, los realizados por Curt Covey, Stephen Schneider y Stanley Thompson sobre la incorporación y la circulación de humo y polvo en la atmósfera como resultado de un conflicto nuclear[3]. En ellos se muestran los efectos sobre el clima provocados por la reducción de la intensdad de la luz solar sobre la superficie terrestre, debido a las densas nubes y al polvo prevalecientes en la estratósfera y en la ionósfera. Para dar una idea de la trascendencia del caso, mencionaremos, por último, el estudio realizado por el Comité Científico para los Problemas del Medio Ambiente (SCOPES) del Consejo Internacional de las Uniones Científicas[4]. Muchos análisis más se han efectuado y todos llegan a una conclusión similar: los efectos de una conflagración termonuclear generalizada provocarán el *invierno nuclear* en el planeta.

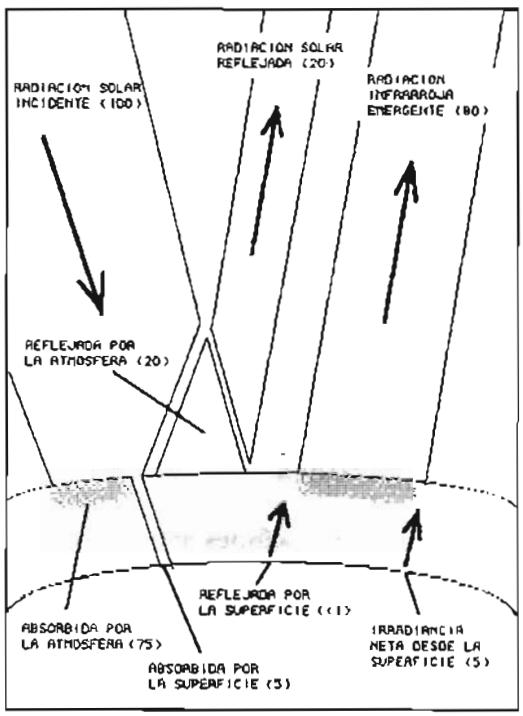
El invierno nuclear y la desaparición del efecto invernadero

La Tierra posee las cualidades óptimas para la vida debido al balance de los flujos térmicos entre ésta y el espacio que la rodea; este balance produce el denominado efecto invernadero.

La transparencia de la atmósfera hace posible que el 43% de la energía solar sea absorvida por la superficie terrestre y el resto reemitida al espacio en forma de rayos infrarrojos. Sin embargo, con la presencia en la atmósfera del bióxido de carbono y vapor de agua, se posibilita la reemisión de estos rayos infrarrojos nuevamente a la superficie de la Tierra. Es con este proceso que la relación superficie-atmósfera permite la existencia de una temperatura media constante que hace posible la existencia de la vida (fig. 1).

Las nubes y el polvo levantados por el impacto y la explosión de misiles atómicos y las nubes de humo y hollín, provocadas por los incendios en áreas urbanas y bosques, producirán la degradación del efecto invernadero en el planeta. Esta degradación llegará al extremo de reducir la temperatura media de los continentes a unos 20°C. bajo cero, durante veinte días. La temperatura, además, no volverá a ser mayor de los 0°C. hasta, aproximadamente tres o cuatro meses después[5]





Relaciones de energía incidente y reflejada para el caso de una atmósfera normal (izquierda) y para el caso de una densa nube de polvo y humo (derecha. (R.P. Turco y col, 1983).

Las simulaciones llevadas a cabo por el grupo TTAPS incluyeron una con potencia explosiva de 5000 Mt (equivalente a 1.8 toneladas de TNT para cada uno de los cinco mil millones de habitantes del orbe); esta cantidad propulsaría a la atmósfera 180 millones de toneladas de humo.

Si bien la mayoría de las simulaciones de TTAPS suponen que el conflicto será fundamentalmente en el Hemisferio Norte, estudios más recientes confirman el hecho de que las nubes no se mantendrán estáticas sobre el sitio de las explosiones, sino que se desplazarán a otras latitudes afectando la mayor parte de la superficie terrestre (fig. 2).

La biosfera después del conflicto

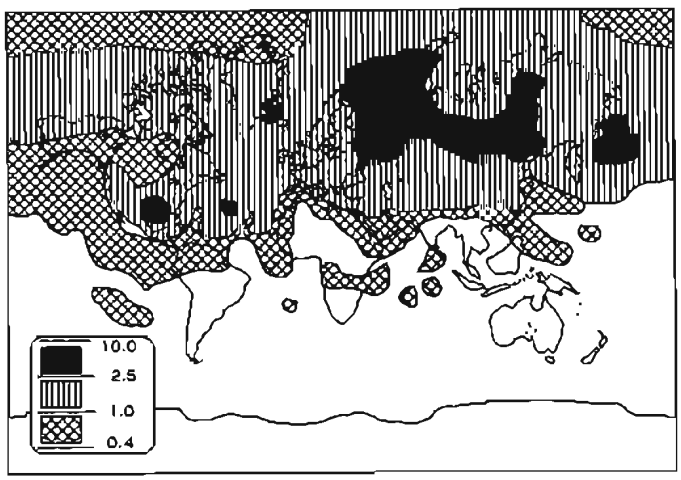
El conflicto nuclear alterará la composición de la biósfera terrestre y sus funciones normales. La temperatura, la luz visible, los efectos atmosféricos y los sistemas agrícolas serán trastornados de manera definitiva.

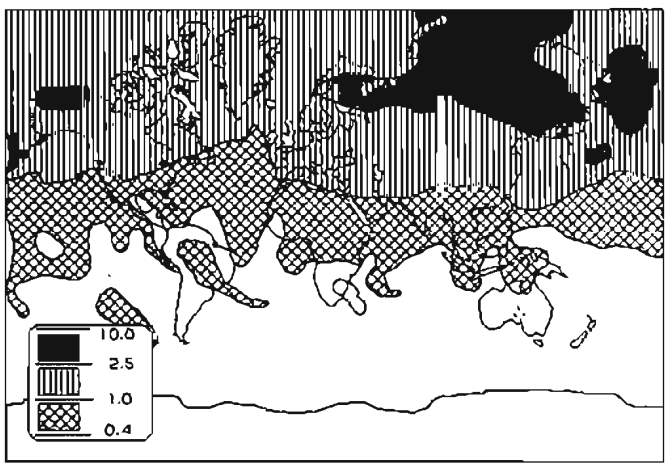
El impacto de la drástica disminución de la temperatura sobre las plantas y los animales, dependerá de la estación del año en la cual ocurra la depresión, su duración y los límites de tolerancia de cada especie particular. En zonas con cambios climáticos bruscos el efecto puede ser no tan radical como en aquellas regiones templadas o tropicales.

Sin embargo la fotosíntesis vegetal se verá reducida, o incluso interrumpida, para muchas especies. Las principales consecuencias de esto serán, la ruptura de cadenas alimenticias –muchas de las cuales incluyen al hombre como consumidor final– y la destrucción y muerte de la mayoría de las especies vegetales debido a la reducción sustancial de su productividad neta causada por la reducción de la luz solar incidente sobre sus hojas. Asimismo, la reducción e interrupción de la fotosíntesis vegetal trastornará el proceso de eliminación del bióxido de carbono presente en grandes concentraciones en la atmósfera, provocado por los enormes incendios.

Después de una guerra nuclear vastas cantidades de otros contaminantes del aire, como monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno, cloruros de vinilo, dioxinas y furanos serán liberados cerca de la superficie terrestre. Estos contaminantes afectarán severamente los sistemas agrícolas y los ecosistemas terrestres y acuáticos.

También debido al invierno nuclear el crecimiento normal de los granos y cereales se verá interrumpido; el agua, por otra parte, no se encontrará en forma líquida y las lluvias no se producirán normalmente, afectando con eso el funcionamiento de los agrosistemas. La agricultura organizada, tal como la conocemos, no existirá; y es probable que la variabilidad genética de las especies vegetales se reduzca drásticamente.





Areas afectadas por las nubes del invierno nuclear, a 10 días (fig 2a) y a 20 días (fig. 2b) después del conflicto. Las unidades se refieren a profundidad óptica. Las profundidades 2.5 y 1.0 y 0.4 corresponden a reducciones de la energía solar que alcanza la superficie, del 99, 85 y 50 por ciento, respectivamente. (S.L. Thompson, 1985).

Los ecosistemas, al estar expuestos a bajas temperaturas, fuego, tormentas, y otros efectos físicos, serán afectados en sus funciones principales, como la regulación de la composición atmosférica, la moderación del clima, la regulación del ciclo hidrológico, la generación y preservación de los suelos, la degradación de desechos y el reciclamiento de nutrientes.

Otras consecuencias funestas para los ecosistemas terrestres incluyen la destoxificación lenta del agua y el aire como consecuencia secundaria del daño provocado en las plantas, la evapotranspiración reducida de los vegetales, que causará la reducción de la entrada de agua en la atmósfera; y un gran disturbio de la superficie de los suelos, provocando una erosión acelerada y enormes tormentas de polvo.

En los ecosistemas acuáticos las cadenas alimenticias se interrumpirán debido a los distintos niveles de congelamiento de gran parte del agua dulce, y a la baja producción de plancton en los océanos.

Las consecuencias que acabamos de mencionar son quizá las más importantes que afectarán la biósfera. Es necesario hacer notar que estos efectos *se influyen a sí mismos*; esto dificulta establecer una jerarquización de la prioridad y la intensidad del modo como trastornarán a los organismos vivientes, microscópicos y macroscópicos, vegetales y animales.

Las radiaciones

Por si fuera poco, durante el invierno nuclear y aún después, se desencadenarán otros efectos capaces por sí solos de provocar situaciones catastróficas a gran escala. Estos efectos son los distintos tipos de radiaciones. La radiación ionizante es una de ellas y su aumento será resultado directo del flujo de neutrones y rayos gamma de las bolas de fuego, de la lluvia radioactiva y de la circulación del aire por toda la superficie terrestre. Con respecto a esta radiación, la dosis letal media de exposición para un ser humano es del orden de 350 a 500 rem (unidad de radioactividad) recibida en todo el cuerpo en 48 horas. La mayor parte de los mamíferos y algunas plantas tienen dosis medias letales menores a los 1000 rem e incluso menos. En un conflicto que involucre explosiones por 5700 Mt se calcula que en menos de las 48 horas mencionadas los seres vivos en un área de 5×10^6 Km^2 recibirán el 85% de la dosis mortal de radiación ionizante. Se estima, también, que el 2.5 de la superficie del Hemisferio Norte será afectada por la radiación, matando árboles y plantas en la zona. El total de personas afectadas podría exceder los mil millones.

Debemos añadir que el ataque a reactores, depósitos de combustible nuclear, y plantas de procesamiento de material fisible provocarán dosis mayores de radiaciones, hecho que debemos tomar en cuenta.

Por otra parte, en las semanas siguientes al conflicto, las capas de humo y polvo absorverán la radiación ultravioleta, que de otra forma sería retransmitida por la recién destruída ozonósfera. Después de un año, esta radiación ultravioleta se incrementará en un factor de dos, debido a la desaparición parcial de las mismas capas de humo y polvo. El exceso de radiación ultravioleta afecta primordialmente a las hojas de los vegetales y al plancton marino. En los mamíferos terrestres, incluyendo al hombre, las dosis excesivas les producirán cataratas y ceguera, y suprimirá sus sistemas inmunológicos de defensa.

La extinción

Los estudios realizados hasta el momento no excluyen, de ninguna manera, que los efectos a largo plazo del conflicto nuclear pudiesen provocar la extinción de la humanidad y de la mayoría de las especies vivas vegetales y animales. El impacto sobre la biósfera y los ecosistemas es de un grado todavía insospechado en su totalidad y magnitud[6].

Seguramente la disponibilidad de alimentos será reducida en todo el mundo, ya que las reservas se encontrarán destruidas, contaminadas, o serían rápidamente consumidad.

Debido a que los vegetales comestibles se habrán limitado, la gran mayoría de los vertebrados, no eliminados por el fuego y las radiaciones, corren riesgo de congelarse o ser víctimas de la falta de alimento y de agua líquida. Las especies animales contaminadas estarían indisponibles para el consumo, provocando en primer instancia, el hambre y la inanición de los seres humanos. A continuación se muestra un resumen de los efectos potenciales y las consecuencias ecológicas provocadas por el conflicto nuclear.

Los modelos analizados en los artículos que hemos citado, no constituyen los más severos que se pueden imaginar tomando en cuenta los arsenales existentes en la actualidad y los que las potencias contemplan para el futuro.

Por los efectos biológicos, atmosféricos y climáticos de una guerra generalizada es evidente que no habrá vencedor posible.

La extinción total de la raza humana y de la civilización moderna es una amenaza real y debe constituir la más efectivo de las armas disuasorias. A menos que queramos continuar redactando un grotesco relato de ciencia ficción: *el reporte de nuestra propia desaparición*.

Ecosistemas naturales terrestres

Frío extremo, independiente de la estación y extensión sobre la Tierra, daño a plantas, particularmente en el Hemisferio Norte y en los trópicos. La oscuridad corta severamente la fotosíntesis, eliminando la productividad en las plantas. Indisponibilidad de agua fresca, la oscuridad provoca *stress* en los animales, con mortalidad difundida. Las tormentas, de intensidad sin precedentes, devastarán los ecosistemas en los continentes.

Muchas plantas perennes resistentes y la mayoría de las semillas de plantas en latitudes templadas podrán sobrevivir, pero la productividad vegetal será disminuída significativamente. Cuando la atmósfera se limpie, el incremento en rayos ultravioleta puede dañar plantas y perjudicar los sistemas visuales de muchas especies animales. La productividad primaria limitada causará intensa competencia por recursos entre los animales. Muchas especies tropicales continuarán sufriendo daño o reducción a su productividad debido al cambio de temperatura. Extinción generalizada de los vertebrados.

El potencial básico para la productividad primaria y secundaria podría, gradualmente, recuperarse; no obstante, el daño irreversible extendido a los ecosistemas continuarían respondiendo a las perturbaciones y pasaría mucho tiempo antes que las redundacias funcionales puedan reestablecer la homestasis de los ecosistemas. La pérdida masiva de especies, sobre todo en áreas tropicales, podría reducir la diversidad genética de éstas.

Ecosistemas naturales acuaticos

Las temperaturas extremas resultarán en la formación generalizada de hielo en la mayoría de los sistemas acuáticos, particularmente en el Hemisferio Norte y en las áreas de latitud media de los continentes. Los ecosistemas marinos serán afectados en gran medida. La reducción de la luz podrá terminar con la producción del fitoplancton, eliminando la base soporte para muchas especies animales marinas y de agua dulce. Las tormentas en las costas continentales afectarán la vida marina en zonas costeras. Las fuentes potenciales de alimentos no podrán ser accesibles a los humanos o se encontrarán contaminadas con substancias tóxicas.

La pérdida temprana del fitoplancton continuará provocando colapsos de población en muchas especies herbívoras y carnívoras en los ecosistemas marinos; las comunidades bentoicas no se afectarán. Los ecosistemas de agua dulce podrán recuperarse, pero muchas especies ya se habrán extinguido. Los organismos en los ecosistemas marinos y de agua dulce templados, adaptados

a fluctuaciones estacionales de temperatura, podrán recuperarse más rápido y extensamente que aquellos de regiones tropicales.

La recuperación podría proceder más rápidamente que para los ecosistemas terrestres. La extinción de especies se daría en mayor número en áreas tropicales. Los ecosistemas de las costas empezarían a contener fuentes de alimentos contaminados.

Agroecosistemas

Las temperaturas extremas y los niveles bajos de luminosidad, imposibilitarán virtualmente cualquier productividad neta de los cultivos en cualquier parte de la Tierra. Los suministros de alimentos en las zonas atacadas se destruirán, se contaminarán, o se agotarán rápidamente. Los países importadores no atacados perderían subsidios de Norte América y otros exportadores de alimentos.

La productividad potencial de cultivos se mantendrá baja debido a las contínuas, aunque menos extremas, depresiones de temperatura. La luz solar no se debilitará pero se incrementará la radiación ultravioleta. Las precipitaciones reducidas y la pérdida de suelos por las tormentas reducirán la productividad potencial. La agricultura organizada no se dará como tal, y los subsidios modernos de energía, fertilizantes y pesticidas no estarían disponibles. Los alimentos almacenados estarán indisponibles y los animales de carga sufrirán mortandad extendida y/o consumo por humanos.

El potencial biótico para producción de cultivos podría ser restaurado. Los factores limitantes para este reestablecimiento estarían relacionados con el agua, energía, fertilizantes, pesticidas y protección contra enfermedades.

Sistemas sociales humanos

Los sobrevivientes a los efectos inmediatos (fuego, explosiones, radiación ionizante inicial) podrán incluir quizá al 50 ó 70 por ciento de la población terrestre. Temperaturas extremas, oscuridad, tormentas violentas, y pérdidas de abrigo y fuentes de combustible, resultarán en mortalidad extendida debido a la exposición, inanición, pérdida de agua potable, y sinergismos con otros impactos como la radiación, malnutrición, desaparición de tratamientos médicos y *stress* psicológico. Los sistemas de soporte social para alimentos, energía, transporte, medicamentos, comunicaciones, y muchos más, cesarán sus funciones.

Los impactos climáticos se reducirán considerablemente, pero la exposición se mantendrá en seres humanos. La pérdida del soporte agrícola dominará los impactos adversos en la salud de los humanos. Los sistemas sociales no funcionarán adecuadamente. Con el retorno de la luz solar y la radiación ultravioleta, ocurrirán daños oculares extendidos por todo el mundo. Los efectos psicológicos, la exposición a la radiación, así como otros efectos sinergéticos, continuarán afectando adversamente a los humanos. Se extenderán las epidemias y pandemias.

Los efectos climáticos no serán el factor primario limitante para la recuperación humana. Los grados de reestablecimiento del orden social y los sistemas de soporte humano, limitarán el grado de crecimiento de la población humana. Las capacidades de adaptación humana permanecerán severamente rebajadas desde las condiciones de pre-guerra, por un largo periodo de tiempo.

Impacto

Radioactividad local y global debido a detonaciones nucleares.

Aumento de la radiación ultravioleta incidente.

Fuego e incendios.

Contaminación química de aguas superficiales.

Contaminación química de la atmósfera

Intensidad o extensión

De 100 a 200 rem en el Hemisferio Norte.

Incremento cuadruplicado en el Hemisferio Norte.

Incendios generalizados en el Hemisferio Norte; más del 5 por ciento de los ecosistemas terrestres afectados.

Pirotoxinas; liberadas desde áreas de almacenamiento de productos químicos.

Liberación alta de NO, ozono, polutantes pirogénicos debido a detonaciones; liberación de compuestos tóxicos orgánicos debido a incendios en áreas urbanas y centros de almacenamiento de químicos.

Mecanismo de efecto

Efectos directos sobre la salud; depresión de sistemas de inmunidad; radiosensitividad de especies; efectos genéticos.

Supresión de la fotosíntesis; efectos directos sobre la salud; daño a sistemas de visión; depresión de sistemas de inmunidad.

Pérdida directa de plantas; daño a los almacenes de alimentos; cambios en el albedo; destrucción del hábitat.

Efectos directos sobre la salud; sensitividad diferencial de especies; bioconcentración.

Efectos directos sobre la salud, precipitación o lluvia ácida.

Consecuencias en ecosistemas

Alteración de estructuras tróficas; reemplazo por especies oportunistas; anomalías genéticas y ontogenéticas.

Reducción en la productividad primaria; alteraciones en estructuras tróficas marinas; ceguera en animales terrestres; efectos del comportamiento en insecto, incluyendo polinizadores.

Deforestación y desertificación, cambios climáticos locales; erosión a gran escala; pérdida de nutrientes; extinción de especies.

Pérdida de organismos; contaminación continuada de sistemas acuáticos superficiales y profundos; pérdida de agua para consumo humano.

Humo extendido; acidificación del agua potable; pérdida de nutrientes.

Bibliografía

1. Berger A. El Invierno Nuclear, en *Mundo Científico* 6, 948-958 (1987).
2. Turco R.T. et. al. Efectos Climáticos de una Guerra Nuclear, en *Investigación y Ciencia* 97, 6-18 (1984).
3. Covey C. et. al. Global Atmospheric Effects of Massive Smoke Injections form a Nuclear War: Results from General Circulations, en *Nature* 308, 21-25 (1984).
4. Smith R.J. NRC Panel Envisions Potencial Nuclear Winter, en *Science* 226 1403 (1984).
5. Crutzen P.J. y J.M. Birks. The Atmosphere After a Nuclear War: Twilight at Noon, en *Ambio* 11, 119-125 (1982).
6. Smith R.J. A Grim Portrait of the Postwar World, en *Science* 229, 1245-1246 (1985).

LA VERDAD NOS HARA LIBRES
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

II SEMINARIO

LA UNIVERSIDAD Y LOS DERECHOS HUMANOS EN AMÉRICA LATINA

7, 8 y 9 de noviembre de 1990

El Seminario pretende constituirse en un foro académico interdisciplinario para el análisis del papel de la Universidad Latinoamericana en la enseñanza e investigación para la promoción y defensa de los derechos humanos. Se espera analizar y evaluar críticamente las experiencias universitarias en este campo y proponer alternativas para hacer más eficientes las acciones universitarias encaminadas a asegurar la vigencia y el respeto a los derechos humanos en nuestras sociedades.

Novedades editorial UAP

André Gide

Al filo de la pluma

Ricardo Flores Magón

Correspondencia (1904-1912)

Prólogo, selección y notas de Jacinto Barrera Bassols

Mauricio Beuchot

Hermenéutica y psicoanálisis

Edgar Montiel

Barro pensativo. Signos de la cultura peruana I

Jean Whal

Kierkegaard

Vasilis Vasilikós

Poemas

De venta en las principales librerías

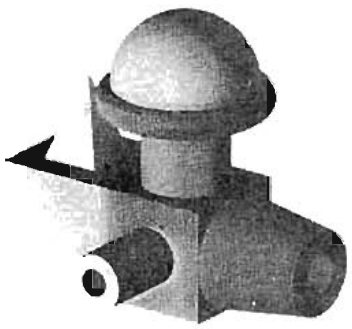
Puebla Reforma 913 ☎ 46-38-91
México ☎ 543-27-20 Guadalajara ☎ 13-66-54

Saber y Hacer

El lugar de los que tienen a Dios, Tehuacán, se distingue por ser uno de los sitios con mayor riqueza arqueobotánica del continente.

El estado de Puebla así como su ciudad capital se encuentran ubicados en una región sísmica. De ahí la importancia de conocer por métodos científicos las posibles consecuencias de sismos o terremotos que, como bien sabemos, nos esperan en cualquier momento...

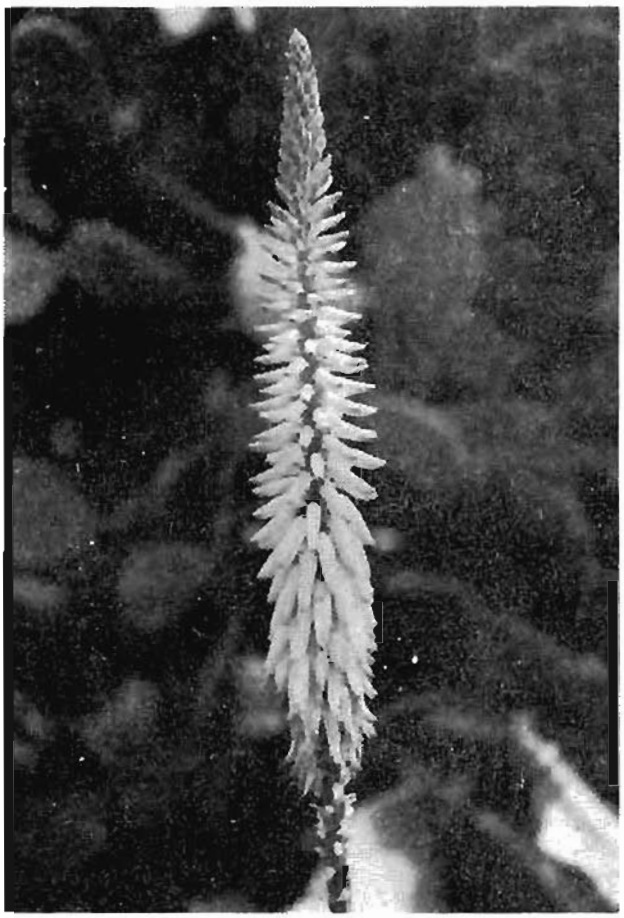
Otra de las funciones que también desarrollan las computadoras lo es el modelado de objetos en dos o tres dimensiones.



La agudización de la división internacional de trabajo nos apremia a crear mecanismos de transferencia de tecnología que impidan el ahondamiento de la brecha entre países desarrollados y los del tercer mundo.

Tehuacán, reloj del tiempo vegetal

Maricela Rodríguez Acosta*



En los viejos nichos de los cerros se respira el aire caliente que sube de las tierras áridas. Desde aquí se divisa la zona seca más al sur de México, el Valle de Tehuacán, en el estado de Puebla. El lugar se distingue por ser uno de los ambientes naturales del país con una importante cantidad de especies de la familia *Cactaceae*. De tal suerte, la peculiar belleza de Tehuacán, cuya etimología habla de un *lugar de los que tienen a Dios*, la integra la capa de arbustos espinosos y plantas de gruesas, pequeñas y brillantes hojas.

Pero la zona, importante por su flora, realza su valor por ser uno de los sitios arqueobotánicos más valiosos en el continente, pues los trabajos de este género realizados aquí han conformado uno de los registros biológicos más completos y acertados del mundo. Con estas evidencias hoy se sabe del estrecho vínculo que ha existido entre las plantas y el ser humano. De los vestigios encontrados se puede concluir que este es uno de los sitios donde se inicia la agricultura y punto de partida del desarrollo cultural de nuestro pueblo.

El valle es, aún en la actualidad, un ejemplo claro del aprovechamiento que sus antiguos pobladores hicieron de la flora local y aledaña. Estos hombres, al verter sus conocimientos en el trabajo agrícola, además de asegurar la subsistencia de varias generaciones, hicieron posible la conservación del medio ambiente natural.

Con el estudio de los restos de plantas, encontrados durante las investigaciones arqueológicas, se sabe el tipo y uso que los antiguos daban a la flora del lugar. Algunas de estas plantas existen en esta zona hasta hoy día sin variación alguna; pero aún más, todavía se conserva entre los lugareños el conocimiento tradicional del uso de dichas plantas. Esto nos habla de la experiencia, que se remonta muchos años atrás, de los habitantes de México para aprovechar y explotar de manera racional los recursos vegetales sin romper el equilibrio ecológico.

El Valle de Tehuacán, otrora zona lacustre, no fue el único sitio donde se inició la agricultura, pero sí uno de los más importantes. Su distinción estriba en el hecho de que, a pesar de no contar con las mejores condiciones ambientales, las tribus que arribaron a este lugar lograron pasar rápidamente de una economía basada en la recolección a otra que descansaba en la agricultura. El lugar es significativo, por que aquí se implantó una considerable variedad de cultivos que permitió a sus pobladores alcanzar un alto estado de sofisticación en sus preferencias alimenticias. Como resultado de estas condiciones, el valle se convierte en un enclave importante, donde dejaron su impronta un significativo número de culturas amerindias.

Pero mucho antes de que el ser humano pisara este valle y no mucho después de que el lago que lo cubría desapareciera, la vegetación se apoderó rápidamente de estas tierras. La invasión vegetal provino del lado oeste de la Sierra de Oaxaca y de la Cuenca del Balsas, desde las costas del Pacífico; hecho fácilmente comprobable si se observa la vegetación actual. La composición florística de la zona ais-

* Herbario, Universidad Autónoma de Puebla.

Fotografías tomadas por Alejandro Rivera Domínguez.

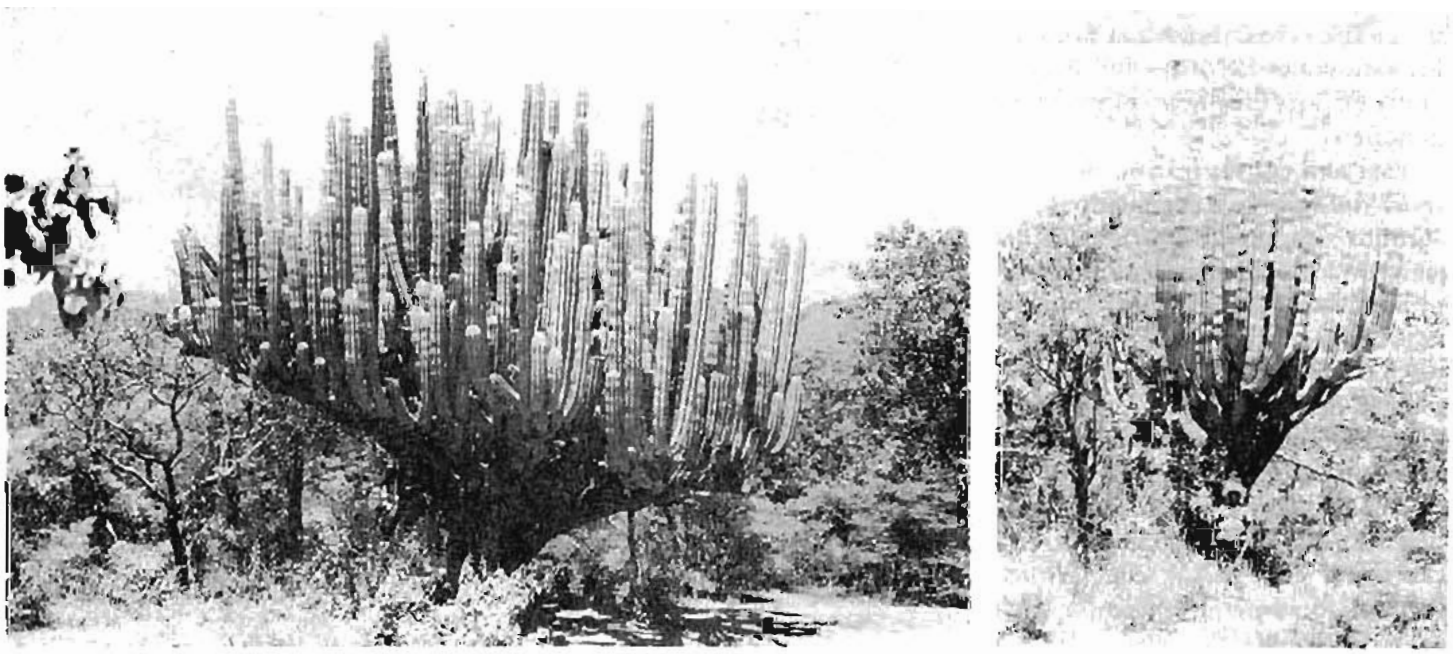
Vista panorámica donde se observa la ciudad de Tehuacán a las faldas de las montañas. Se puede observar también parte de las zonas de cultivo y de la vegetación natural del área.

lada, que se presenta en una alta proporción de endemismos, constituye un argumento fuerte a favor de la antigüedad de los climas secos en México. Largo tiempo debe de haber transcurrido desde la desaparición de la continuidad del clima seco entre esta región y la zona árida chihuahuense.

A causa de las escarpadas montañas que lo rodean, el valle se encuentra en una *sombra pluvial* que la convierte en la zona de clima seco más al sur del país. No obstante se perciben pequeñas variaciones de clima que van de la aridez a la subaridez, éste control de la humedad que proviene de los suelos del Golfo de México se debe a la Sierra de Zongolica. Las lluvias de la mayor parte del valle, presentan precipitaciones medias anuales inferiores a 600 m. durante un corto período de dos meses.

Ubicado en la parte meridional del estado de Puebla, el Valle de Tehuacán se encuentra a una altitud de 1 500 m (snm), y se extiende hacia la parte norte del estado de Oaxaca hasta Cuicatlán. La dirección del valle es paralela a la Sierra Madre Oriental, que en el sur del estado está representado por la Sierra Zongolica, hacia el norte y al oeste choca con el nudo mixteco. El valle es atravesado por el Salado, que debe su nombre al gusto algo salobre del agua que descurre por su lecho.

Los suelos que se encuentran en los alrededores de Tehuacán corresponden al de las regiones áridas (derivados de evaporitas). Se trata de suelos con diferentes grados de salinidad y alcalinidad (holomórficos). En los lomeríos de la zona, las tierras (rendzinas calcinomórfica) presentan problemas de salinidad y una flora particular, de donde se desprende que existe en el valle una estrecha relación entre la naturaleza de los suelos y la presencia de algunas especies vegetales. Por ejemplo: mientras la vegetación en la que abundan los izotes, parece estar más relacionada con los suelos de alto grado de sa-



Impresionante ejemplar de *Lemaireocereus weberi* "cardon" de aproximadamente 6 metros de alto. En ocasiones los brazos interiores son cortados para almacenar forraje, siendo éste uno de los usos más comunes para esta especie, en las comunidades rurales. Al tipo de vegetación donde predomina esta especie se le conoce como "Cardonal".

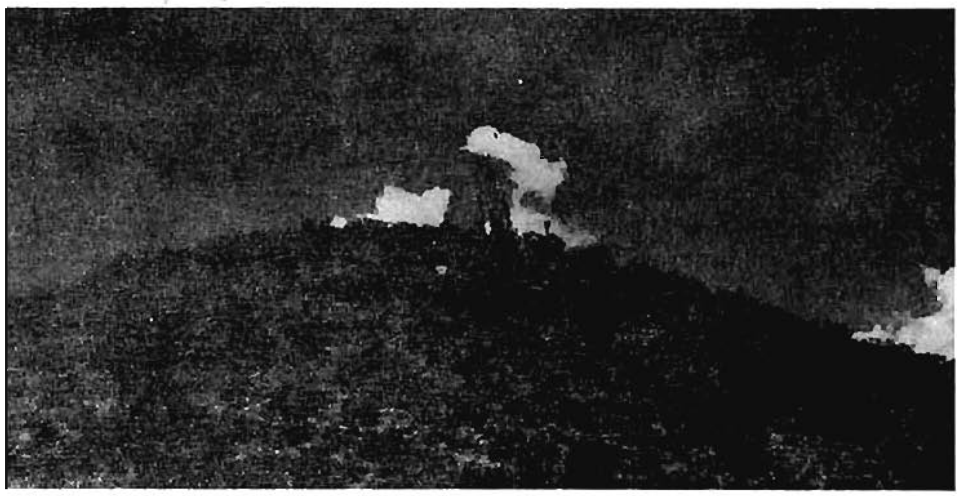
En esta fotografía se observa parte de un "izotal", el cual está representado por gran cantidad de izotes (*Yucca periculosa*). En ocasiones existe también dominancia de *Beaucarnea gracilis*.

linidad y alcalinidad; las biznagas órganos suelen estar asociados con tierras derivadas de calizas.

En general la cubierta vegetal observable en el valle es típica de las regiones secas y el paisaje adopta las características de un desierto. El aspecto de su flora es de una gran belleza, sobre todo por la abundancia de plantas pertenecientes a las cactáceas. Pero la variedad y riqueza de la vegetación del lugar nos muestra el alto grado de endemismo que caracteriza a la flora de los matorrales xerófilos de México, tanto en lo específico como en lo genérico.

Esta alta concentración de flora típica del valle se ha señalado ya en algunos estudios (Smith), pues de acuerdo a los cálculos realizados de una muestra de 253 especies colectadas en esta zona, se encontró que un poco más del 29% corresponde a plantas de distribución restringida a la región. En otro estudio (Miranda), se describe la presencia en el valle de matorrales arbustivos espinosos, con abundancia de especies como *Celtis palida, Zanthoxylum liebmanii, Schaefferia stenophylla, Megastigma galeotti y Condalia mexicana*; así como plantas con hojas de entre 2.25 a 20.25 cm^2, además de muchas cactáceas pequeñas y plantas completamente desprovistas de hojas, entre las que se encuentran *Euphorbia, Acanthathamnus* y *Pedilanthus*, y algunas especies de *Agave* y *Hechtia*. En ciertas zonas, sin embargo, domina la *Yucca periculosay*, a menudo, *Beaucarnea gracilis*; en otros sitios influye *Bursera* o *Ceiba parvifolia* y algunos árboles y arbustos altos.

En las partes más secas del valle la flora es más pobre y entre los escasos matorrales se puede observar sobre todo *Gochnatia obtusata* y *Castela tortuosa*. Hacia el sur de esta zona, en las porciones más áridas, aparecen matorrales de tallo carnoso o grueco como las tetecheras, cardonales, quiotillales e izotales. Las tetecheras son agrupaciones de cactáceas columnares del



Panorama de la vegetación xerófila que predomina en el Valle de Tehuacán. Se observa la poca altura de sus elementos y porciones de suelo desprovistos totalmente de vegetación.

género *Neobuxbaumia*, que crecen en las faldas de los cerros dentro del valle. Formando parte de esta unidad de vegetación, se encuentra una capa arbustiva constituída por *Aeschynomene americana, Mimosa luisiana, Cordia cylindros-tachya. Eisenhardtia polystachia* y *Agave marmorata*.

En la parte este del valle y en las mismas faldas de los cerros se encuentran los cardonales que, en apariencia, son muy semejantes a las tetecheras. La especie dominante aquí es *Cephalocereus hoppensdtedtii*; sin embargo, cuando en esta unidad abunda *Lemaireocereus weberi*, la comunidad vegetal recibe este mismo nombre. El cardonal por lo común aparece acompañado de una capa arbustiva formada por *Ruellia sp., Echinopteris glandulosa, Casia pringlei* y *Agave kerchovei* entre otras. Por otra parte, cuando la especie más abundante es la chiotilla *(Escontria chiotilla)*, a la unidad de vegetación correspondiente se le denomina *Quiotillal*. En lo que respecta a los izotales éstas son agrupaciones de *Beaucarnea gracilis* o de *Yucca periculosa* que se encuentra en las lomas de pendiente suave. La cubierta arbustiva es muy rala y en ella destacan *Myrtillocactus geometrizans, Beacarnea* y *Croton ciliatoglandulosus*.

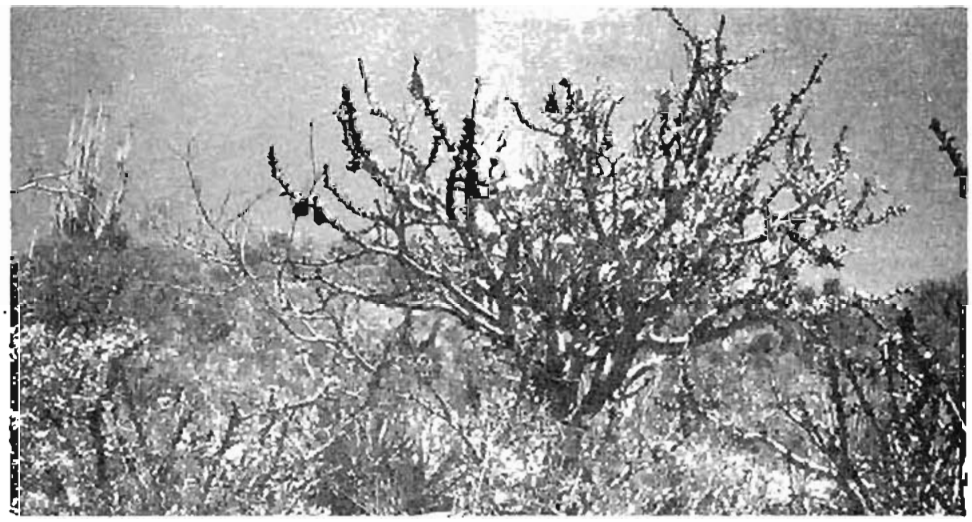
En algunas partes del valle se encuentran también encinares arbustivos de uno a tres metros de alto y con ellos conviven algunas plantas de hojas pequeñas verde claro, como *Quercus cerripes* y *Quercus schenckiana*. A diferencia de esta vegetación, la de tetecheras y cardonales, son comunidades particularmente vistosas por la gran cantidad de cactáceas columnares poco o nada ramificadas, que llegan a reunirse con tal densidad que en ocasiones no admiten la compañía de otras plantas altas. En las montañas, a altitudes mayores de 1800 m, la vegetación corresponde a bosques de encino y pino. Más allá de los 2 500 m, donde se presentan lluvias frecuentes, el bosque cambia a mesófilo de montaña. Resalta el hecho de que, a pesar de la abundancia de plantas de alto valor alimenticio y de otros usos, los restos arqueológicos no indican la presencia de pobladores en las montañas sino sólo en sus faldas.

Las primeras tribus que arribaron al valle de Tehuacán, realizaron las mismas actividades que los pobladores de otras partes del mundo. Dichas actividades fueron la recolección y la caza, de manera que existió una relación estrecha de sus habitantes con su medio ambiente natural, con poco detrimento de su vegetación.

Con el inicio del cultivo estos hombres modifican de alguna manera el crecimiento de ciertas especies de la flora del lugar, con el subsecuente cambio gradual, tanto de la flora local, como de la cubierta vegetal. Pero ésto nos lleva a una pregunta fundamental: ¿de qué manera se inició la agricultura?

Es posible que en las zonas templadas se haya iniciado con el favorecimiento de uno o pocos cultivos, y en los climas más cálidos, con la remoción de plantas pequeñas no deseadas, lo que implicaría el uso de las semillas o partes vegetativas. Casi podría asegurarse que este es, también, el nacimiento de los huertos o jardínes domésticos, que eran pequeñas áreas con árboles plantados de manera dispersa e irregular como: guaje, mezquite, nanche, zapote blanco, zapote negro y chicozapote. En estos lugares podían encontrarse también plantas herbáceas, como el frijol, la calabaza y el chile, que convivían con los animales domésticos no destructivos. Los huertos se originan, entonces, al limpiar espacios para el sembradío, y al dejar de manera selectiva las plantas que se deseaba. Es conveniente agregar que estos jardines domésticos actualmente no sólo existen en las poblaciones aledañas a Tehuacán, sino también en muchos otros lugares de Puebla y de México.

Mucho tiempo después, los habitantes del valle, aprendieron la construcción de retenes en las barrancas con el fin de dar mayor fertilidad a los suelos aluviales; aunado a esto, el desarrollo de terrazas contribuyó a prevenir la erosión. Con esos recursos se inciaron los procesos de irrigación, que, posteriormente, tendría un efecto modificador considerable sobre la vegetación natural, en comparación con el simple clareo para jardín. Afortunadamente para la vegetación natural, la red de irrigación necesitaba de la gravedad, por lo que era necesario dejar zonas sin perturbar entre cultivo y cultivo, lo que permitió que estas áreas fungieran como reservorio de semillas para la



En esta fotografía se muestra las plantas micrófilas que habitan en esta zona. Resaltan en primer plano ejemplares de *Jatropha neopauciflora* conocido comunmente como "sangre de drago" y usado en la medicina popular.

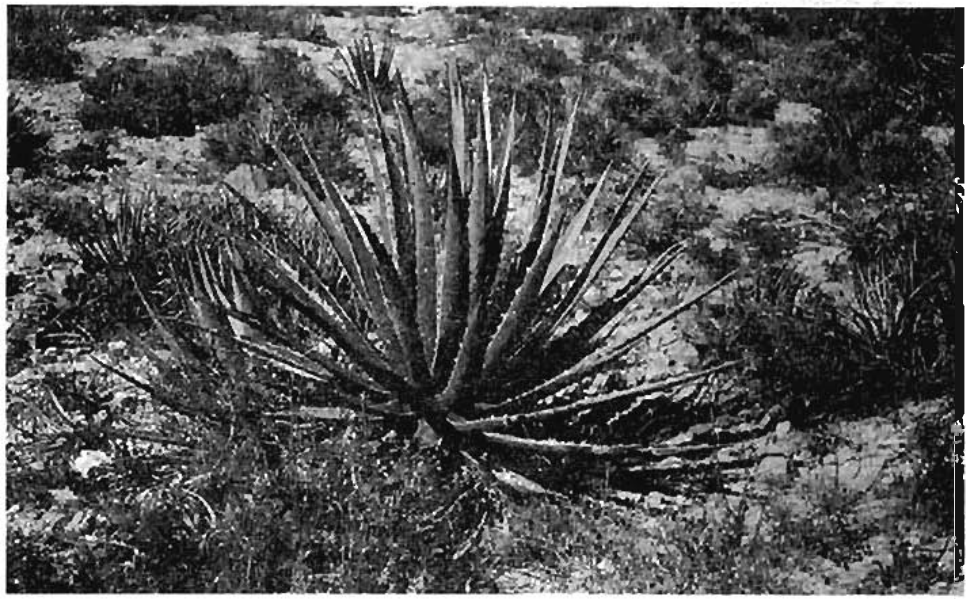
recolonización de las tierras abandonadas.

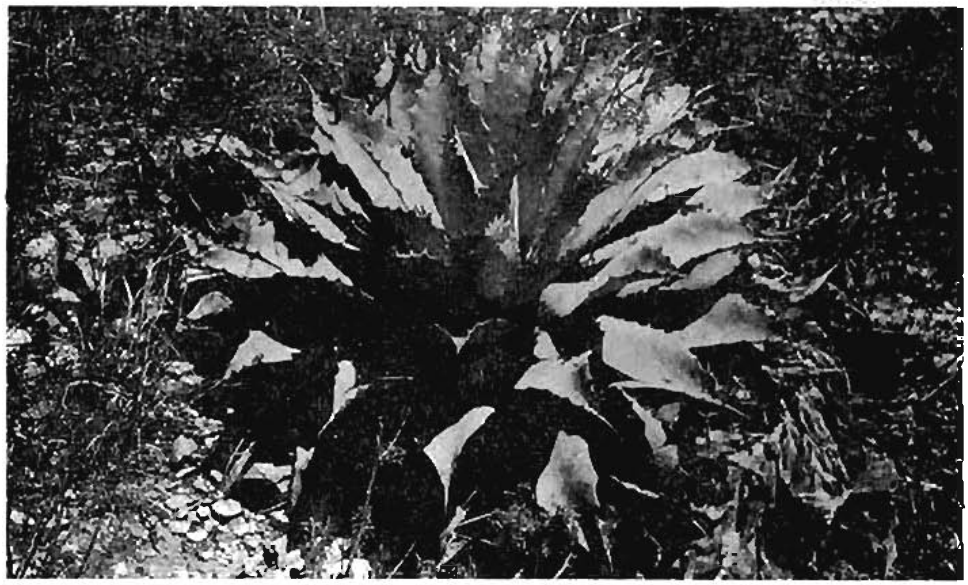
Se piensa que las tierras de cultivo eran abandonadas por los nativos cuando se presentaba un cambio en el nivel de agua o cuando la salinización o mineralización reducía su fertilidad. Este último proceso afectó la zona del valle, ya que los cultivos eran irrigados con agua de manantiales minerales. Aunque en los años de precipitación abundante una cantidad de este depósito mineral era filtrado, en general este proceso es irreversible, pues las sales de calcio son muy difíciles de redisolver.

Si bien acaso el comienzo de la agricultura nunca se conozca con exactitud, se puede inferir que las primeras porciones de tierra que fueron plantadas y cultivadas corresponden a los terrenos aluviales o a aquellos clareados parcialmente por el cauce de las corrientes de agua, sobre todo en las barrancas del norte del valle donde los suelos se encontraban más humedecidos, lo que incrementaba las posibilidades de obtener más éxitosamente un cultivo.

Se considera que entre las primeras plantas que se cultivaron se encuentran el nopal y el maguey, debido a su fácil propagación vegetativa. Estas plantas fueron cultivadas en las zonas habitadas, de esta manera, el cultivo fue llevado al agua. Sin embargo, a través de los primeros canales para distribuir el agua, los primeros agricultores pudieron incrementar sus cultivos aún cuando las plantas se encontraban disponibles en la vegetación natural.

Otras de las primeras plantas que se cultivaron fueron traídas de las montañas y gran parte del material vegetal fue colectado en un radio aproximado de 20 kilómetros alrededor del valle de Tehuacán. Las plantas disponibles localmente eran utilizadas con cierto y las que se encontraban más alejadas eran llevadas al lugar cuando se necesitaban. Estas acciones pueden ser ejemplificadas por la presencia en el lado este del valle de fragmentos de sotolín (*Beaucarnea gracilis*) y palma (*Brahea dulcis*), las cuales crecen en el lado oeste. A esta iniciativa hay que agregar una vez más el valor que tuvieron las fuentes permanentes de agua en el valle.

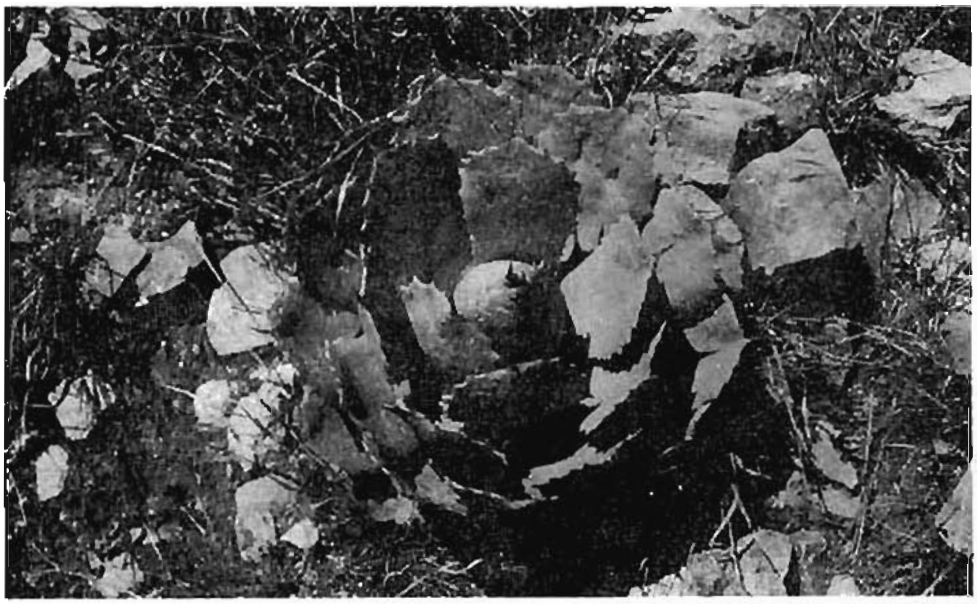


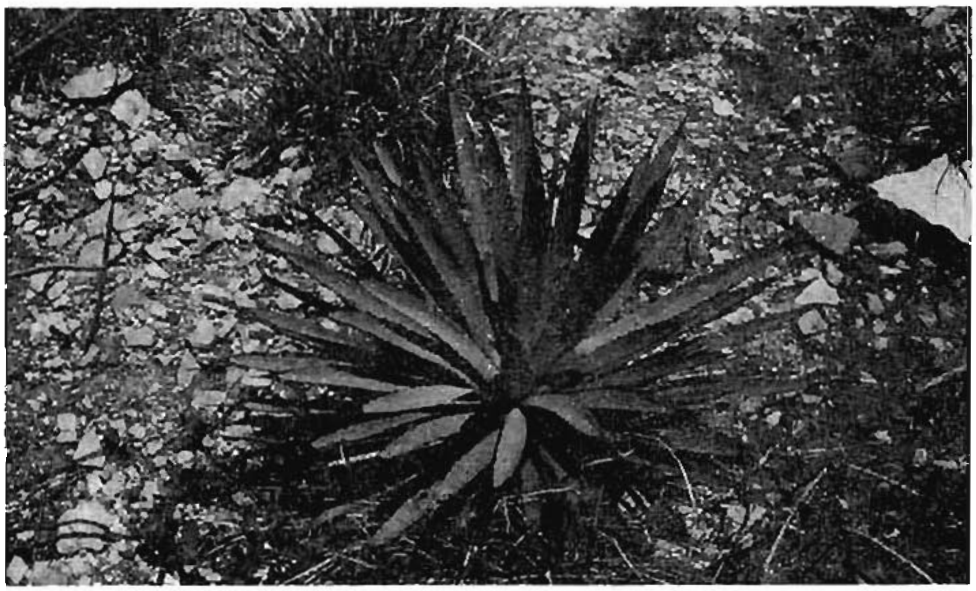


Estas cuatro especies de *Agave* representan una muestra de la rica diversidad de combustible y de fibra para los pobladores de la misma.

La remoción de la vegetación nativa sobre casi la totalidad del valle de Tehuacán es evidente. Las áreas que hoy vemos con vegetación aparentemente original o primaria son poblaciones de crecimiento secundario que, debido al clareo y abandono, pudieron desarrollarse nuevamente; al mismo tiempo esta vegetación aparentemente primaria nos indica que muy pocas especies vegetales fueron eliminadas de la vegetación anterior a la conquista española.

Es precisamente la etapa de la conquista la que marca un cambio importante en el método de cultivo, que posteriormente repercutirá de manera perjudicial en la cubierta vegetal del valle. Los principales factores que causaron este daño fueron el sistema europeo de agricultura, basado en el monocultivo, y la introducción del pastoreo, ya que los rebaños de ovejas y cabras arrollaron la vegetación más que cualquier otra fuerza, hasta dejar las colinas limpias y expuestas a la erosión.





plantas que existen en la región. Así también constituyen una valiosa fuente de

A pesar de que el valle de Tehuacán no fue el primero ni el único sitio donde se desarrolló la agricultura, sí fue uno de los sitios donde se obtuvo la variedad de cultivos más amplia lo que complementó de manera placentera la dieta básica de los pobladores del valle y posteriormente de México.

Durante los años de 1960 y 1961 se realizaron en el valle de Tehuacán una serie de excavaciones arqueológicas que formaron parte del trabajo de investigación dirigido por el doctor Robert MacNeish, "Proyecto Arqueológico-botánico de Tehuacán". Como resultado se obtuvieron una serie de residuos subfósiles de plantas, relacionadas estrechamente con niveles de ocupación humana. Con los datos obtenidos sobre la edad de los restos, se definieron nueve "complejos culturales" que, ordenados en forma cronológica, cubren un período que va de aproximadamente 10000 a. de C., a 1540 d. de C. Dichas fases son conocidas como: Ajuereado, El Riego, Coxcatlán, Abejas, Purrón, Ajalpan, Santa María, Palo Blanco y Venta Salada.

Fase Ajuereado

El conjunto de residuos más antiguos corresponde a la *Fase Ajuereado* que parece haber terminado en 6500 a. de C., y haber empezado 3 6 4 milenios antes.

Durante esta fase se hallaron vestigios de la ocupación de cuevas, probablemente por grupos pequeños de unas pocas familias nómadas, que cambiaban de lugar según la estación del año. Las actividades de la gente eran la caza, recolección y el trampeo de animales. La vegetación era probablemente xerófila, no como la desértica actual del valle de Tehuacán, sino más parecida a la de pastizal de mesquites del oeste de Texas. También se encontraron evidencias de las primeras herramientas de piedra.

Fase El Riego

La Fase El Riego, comprende con mucha precisión desde 6500 hasta 5000 años a. de C.,; durante este período se establecieron muchos campamentos, sobre todo en épocas de lluvias y de secas. Aquí aparecen las primeras evidencias del cultivo de las plantas y probablemente a este tiempo corresponde la domestificación del aguacate y algunas variedades de calabaza; en tanto se seguía recolectando plantas silvestres como el algodón, el chile, el amaranto y el maíz, que más tarde sería domesticado también. Las abundantes pruebas sobre la práctica de recolección permiten inferir que éste fue el período en que se concibió la idea de que al dejar caer una semilla en el suelo nace una planta, razonamiento básico para el inicio de la agricultura.

Fase Coxcatlán

Durante la fase llamada Coxcatlán de 5000 a 3500 años a. de C.; se ocuparon menos sitios: aunque fueron habitados por grupos más numerosos de personas y durante períodos más largos. Las actividades básicas continuaron siendo la recoleción, la caza y el trampeo, pero la actividad característica de esta fase es la agricultura. Confirman lo anterior el mayor número

Dentro de las cactaceas se forman globosas, encontramos las conocidas comun mente como biznagas. *Ferocactus latispinus*, *Ferocactus flavovirens* y *Coryphantha pallida* constituyen algunas especies de mucho valor ornamental y actualmente son cultivadas en otros países con fines comerciales. Su cultivo en México aún no está muy desarrollado.

de evidencias de plantas como maíz, frijol, calabaza, chile, así como las señales de la experimentación que se hacía con algunos frutos. Sin embargo no es el Valle de Tehuacán el único centro temprano de domesticación de plantas o inicio de la agricultura, ya que se sabe de similares hallazgos en el área de América Central y el sur de Estados Unidos.

Fase Abejas

Se estima que abarca desde el año 3500, hasta el 2300 a. de C. Durante este período hubo un cambio significativo en el patrón de asentamientos humanos, ya que existían campamentos de cacería durante la estación de secas y asentamientos en terraza de río. Las casas, semisubterráneas y habitadas durante todo el año, permitieron un modo de vida más sedentario. Esto facilitó la producción alimentaria de plantas conocidas y algunas otras como la canavalia domesticada, la calabaza, el frijol *tepary* y algunas variedades de maíz híbrido con introgresión de teosinte. Sin embargo estos alimentos sólo proporcionaban un 20% de la alimentación, mientras el resto provenía de plantas y animales silvestres.

Fase Purrón

Se ubica entre 2300 y 1500 años a. de C., y corresponde a la secuencia menos clara de todas las fases. El material encontrado se reduce a restos de maíz tripsacoide temprano, metates, metlapiles o manos de metate, raspadores, navajes finas y algunos fragmentos de cerámica muy tosca. La cerámica encontrada en esta fase es la más antigua, hasta ahora, de Mesoamérica.

Fase Ajalpan

Esta fase es mucho mejor conocida y se situa estre los años 1500 y 900 a. de C. Según parece la gente vivía en pueblos pequeños con casa de baja-

reque de entre 100 a 300 habitantes. La agricultura aparece como actividad fundamental y su producción se orienta al maíz híbrido primitivo, calabazas, guajes, amaranto, frijol, chile, aguacate, zapote y algodón.

Fase Santa María

La edad de los restos encontrados indican que el período Santa María duró desde el año 900 hasta el 200 a. de C., y el patrón de asentamientos revela que la gente vivió en casa pequeñas y en pueblos menores alrededor de un gran centro con estructuras ceremoniales. Aquí aparecen las primeras evidencias de construcciones para la irrigación. Las labores agrícolas se llevan a cabo en los planos inundables y barrancas, donde se cultivaban especies ya conocidas como el frijol, y razas mejoradas de maíz.

Este período corresponde quizás a cuando Mesoamérica se dividió en dos unidades culturales: una de tierras bajas basada en cultivo de roza y que pudo haber culminado en el desarrollo de centros ceremoniales bajo el mando de jerarquías sacerdotales; y la otra basada en agricultura de irrigación, culminando en ciudades seculares. La serie de Tehuacán sería un ejemplo de este tipo.

Fase Palo Blanco

La Fase Santa María dio lugar a la Fase Palo Blanco, fechada entre los años 200 a. de C., y 700 d. de C., sus pobladores fueron agricultores que usaron sistemáticamente la irrigación. Además de las plantas ya domesticadas, introdujeron el tomate, el cacahuate, el frijol y la guayaba.

Fase Venta Salada

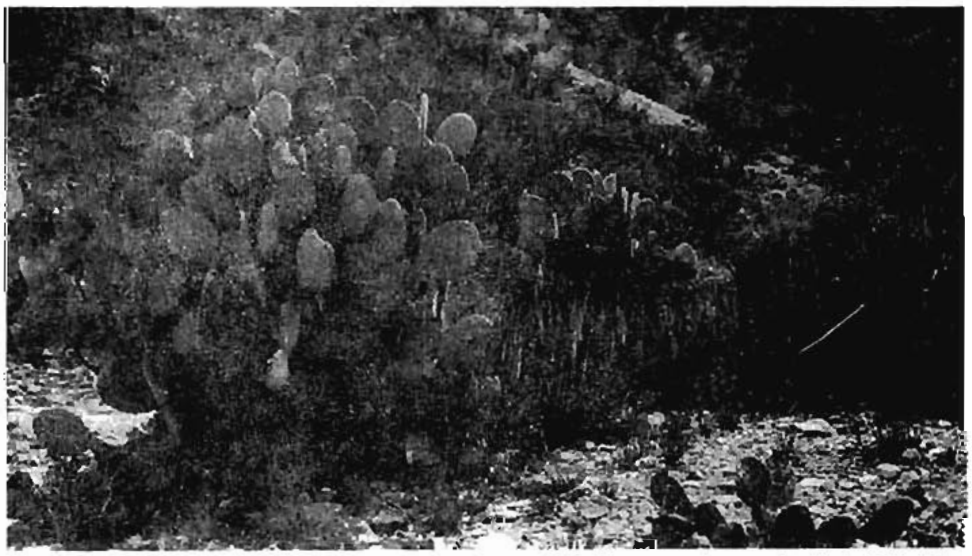
Este, que es el período final se situa entre el año 700 y el 1500 d. de C. Al llegar a esta etapa seguramente el valle se encontraba dividido en estados-ciudades o reinos hechos de pueblos y caseríos rodeando los centros urbanos, a menudo fortificados y situados en los flancos de la zona en los mismos lugares donde están los pueblos del presente. La economía estuvo basada en la agricultura de irrigación, comercio, producción de sal, procesamiento de algodón y manufactura de varios implementos de piedra.

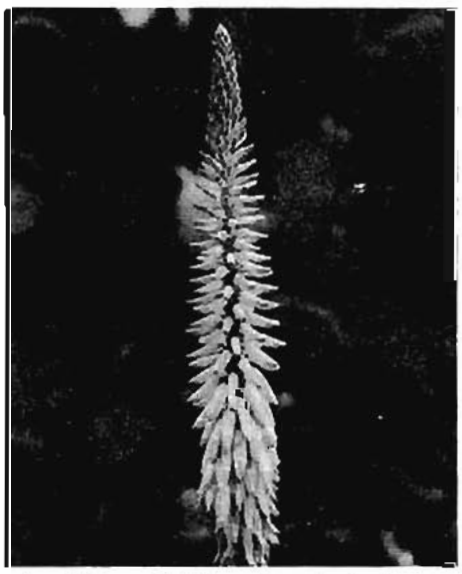
En las etapas tempranas de la llegada del hombre al valle de Tehuacán, éstos habitaron las cuevas que se encuentran en las faldas de los cerros. Ahí los restos de plantas, artefactos y utensilios, conformaron un registro claro de la forma de vida de nuestros antepasados. Precisamente, son esos vestigios los que permitieon saber como se fue desarrollando el conocimiento sobre el cultivo y uso de las plantas. Producto de las excavaciones realizadas en esas cuevas son los residuos vegetales pertenecientes a 71 especies de plantas. Los restos se encontraban distribuidos en seis cuevas y en ellas se representan las nueve fases culturales señaladas antes. Las cuevas son conocidas con los nombres: El riego, San Marcos, Tecorral, Abejas, Purron y Xoxcatlán.

Cueva El Riego

Es una cavidad incrustada en el travertino del Cerro de la Mesa. Se localiza aproximadamente a 4 km al oeste de Tehuacán y tiene un nicho al este y otro al oeste. Se trata de una zona con abundante agua para irrigación desde tiempos prehispánicos y, aunque su nivel ha disminuido, en la actualidad se sigue usando con varios fines.

En esta zona el intenso cultivo y riego ha hecho imposible determinar la flora original del área; sin embargo, en los suelos aluviales aún se pueden encontrar plantas como mezquite, ciruela y guajes. En la parte de la barranca se encuentran cactos y arbustos espinosos, magueyes y *Hechtia sp*; a un lado de la mesa del lado suroeste del valle





Dos ejemplares clásicos de la vegetación xerófila los constituyen la "sávila" (*Aloe vera*) y el "nopal" (*Opuntia sp.*). Ambas plantas son de valor en la medicina y en la alimentación campesina. En la fotografía contigua se muestra la inflorescencia de la sávila.

se encuentran las suculentas como los agaves y las xerofitas. Los residuos de plantas encontrados en este lugar representan las fases Palo Blanco y Venta Salada, y se identificaron por medio de los residuos encontrados en esta cueva: maguey, frijol, maíz, calabaza, guaje, zapote blanco y zapote negro, aguacate, chupandilla, cosahuico, ciruela, coyol, algodón, palma, sotolin, izote, tetecho, nopales, cardon, pochote, chile, pimiento, amaranto, *Setaria macrostachya*, *Thevetia peruviana* y *Cissus sp.*

Cuevas San Marcos y Tecorral

Estos dos sitios se encuentran en las paredes al suroeste del cañon Tecorral, que se encuentra aproximadamente 8 km al sureste de la cueva El Riego y a más de 7.5 km de la plaza de Tehuacán, en una de las zonas más áridas del valle. La vegetación aledaña ha sido perturbada notablemente por los rebaños de cabras, pero hay zonas donde se distribuye la escobilla y la lechuguilla. La cara montañosa se encuentra cubierta por *cactus* columnares con el predominio de *Cephalocereus hoppenstedtii*, aunque también aparecen izotes, nopales y biznagas, y en poca cantidad *Beaucarnea gracilis*. Los residuos de la cueva Tecorral son pocos y aparecen tarde en la secuencia de desarrollo cultural. Sólo la Fase Venta Salada presenta fragmentos de algodón, máiz y calabaza. En la cueva de San Marcos fueron escasos los residuos encontrados, pero presenta gran cantidad de restos de maíz y maguey. El maíz encontrado en esta cueva muestra una evolución de formas silvestres a formas domesticadas, que corresponden a la fase Coxcatlán y Palo Blanco.

Muchos de los residuos son representativos de la vegetación adyacente a la cueva, como algunas leguminosas (*Acacia*, *Leucaena*, *Mimosa* y *Phiteceilobium*) de la fase Coxcatlán. Correspondiente a la fase Ajalpan se encontraron residuos de *Jatropha neo-pauciflora*, *Hechtia sp.*, *Tillandsia spp.* (incluyendo T. *dasilyriifolio*), *Cissus sp*, palmas, magueyes, sotolin e izotes. Así también se presentan residuos de pochote y algunos fragmentos de tetecho, mezquite y nopales, pero de la Fase Abejas.

Entre las plantas cultivadas que se encontraron en esta cueva se pueden mencionar el algodón, el amaranto y un número escaso de residuos de frutos, como: chupandilla, cosahuico, zapote blanco, tomate y tempixquixtle.

Cuevas Abejas y Purron

Estas dos cuevas se localizan sobre el lado oeste del Río Salado donde los suelos rojizos son derivados principalmente de rocas ácidas y soportan una vegetación uniforme de matorral espinoso y *cactus*. La Cueva Coxcatlán también se encuentra en esta área. La Cueva de Abejas está al suroeste del cañon y la Cueva Purron está a poca distancia de la primera.

Las excavaciones de la Cueva Abejas aportaron pocos residuos de plantas, sólo aparecen pequeñas cantidades de maíz y de maguey correspondientes a la Fase Palo Blanco. En la Cueva Purron se encontraron algunos fragmentos que se ubican más allá de la Fase El Riego y residuos de los frutos chupandilla, cosahuico y maguey. De las fases Coxcatlán y Abejas los residuos encontrados fueron el maguey, pochote, coyol, nopales, zapote negro y blanco. Entre las plantas utilizadas como fuente de fibras se encontraron el algodón, sotolin, izote y calabaza. También se encontraron restos de *Jatropha neopauciflora*, *Mammillaria sp.*, pochote, tetecho, garambullo, mezquite, aguacate y ciruela.

De los fragmentos obtenidos en estas cuevas se llegó a la conclusión de que el aguacate, la ciruela, el coyol y chupandilla fueron frutos cultivados, ya que se encontró un incremento en el número de semillas de dichas plantas.

Cueva de Coxcatlán

Esta cueva se encuentra en un área de valles y montañas que son adaptables al cultivo. El área fue cultivada extensivamente, lo que se demuestra por los diversos asentamientos en los pies de monte que ahora están poblados por matorrales espinosos. Muchas de las plantas que se encontraron se pueden ver aún en la actualidad en la vegetación cercana.

Aquí se encontraron residuos de mezquite, palma, pasto, amaranto, nopal, aguacate y chupandilla, que pertenecen a la Fase Ajuereado y que se calcula datan del año 7000 a. de C. También otra serie de residuos correspondientes a la Fase El Riego, entre los cuales

En esta fotografía se muestra la reproducción vegetativa del nopal (*Opuntia sp*). La agresividad de esta planta permite su desarrollo en los lugares más inhospitos.

se encuentran: guaje, mezquite, pochote, chile pimiento, nopales, tetechos, cardón, magueyes, calabazas, güiros, cosahuico, chupandilla, aguacate y *Jatropha neopauciflora*.

La fase Coxcatlán se distingue por la marcada dependencia alimenticia de sus pobladores hacia un grupo de plantas silvestres entre las que se encuentran el zapote negro y el zapote blanco. Además se hace discernible la dieta basada en maíz, frijol y calabaza.

Los residuos vegetales correspondientes a la Fase Abejas incluye muchas de las plantas silvestres mencionadas, como: *Canavalia sp.* y el complejo de siete frutales integrados por: aguacate, ciruela, chupandilla, cosahuico, zapote negro, zapote blanco y coyol. Aumenta igualmente la cantidad de *cactus* como el cardón, el xoconostle y las plantas de complejo alimenticio formado por maíz, frijol, calabaza y chile.

Las fases Santa María, Palo Blanco y Venta Salada estuvieron representadas por residuos de plantas muy similares a la fase Coxcatlán. En esta cueva se encontraron datos que demuestran claramente la utilización que nuestros ancestros daban a los vegetales del valle; y que los experimentos realizados en este sitio se pueden reconocer entre los primeros ecperimentos en agricultura.

De todos los residuos encontrados en las cuevas fue posible la identificación de 56 especies. Sin embargo, en 15 casos hubo impedimentos para llegar a un nivel específico debido al estado de los residuos vegetales, a los cuales generalmente les faltaban estructuras para lograr su identificación.

Las 71 especies vegetales encontradas pertenecen a 28 familias vegetales, de las cuales solamente 6 incluyen 41 especies (lo que representa más del 57% del total). Las familias más ampliamente representadas son: *Leguminosae* con 13 especies, *Cactaceae* con 9, *Gramineae* con 5 y *Bromeliaceae* con 5. Las especies de estas 4 familias son plantas que se encontraban de manera silvestre y las dos familias restantes, *Cucubirtaceae* y *Agavaceae*, respectivamente con 5 y 4 especies, incluyen plantas que podían crecer de manera silvestre o cultivada. De cualquier manera, estas 6 familias incluyen a los elementos dominantes de los diferentes tipos de vegetación que se encuentran en el valle.

De las especies encontradas, 58 se encontraban de manera silvestre y aún hoy en día se observan en el valle, formando parte de su vegetación, aunque en algunos casos haya disminuido notablemente su abundancia, como el sotolin, o en otros casi esté extinta la especie, como en el caso de la palmilla.

El hecho de que 58 de las plantas encontradas en las diferentes cuevas sean silvestres y todas tengan un uso, nos habla del aprovechamiento máximo que los antiguos pobladores del valle hicieron de su flora local. Algunas evidencias del uso de otras especies seguramente desaparecieron o no se pudieron recuperar.

Los usos que se pudieron asignar a los residuos vegetales encontrados fueron 11, y se enlistan en la tabla 2. En esta figura se puede observar claramente cómo el uso alimenticio resalta ante cualquiera de los otros diez usos, ya que el 70% (50) de las plantas encontradas estaba destinado a cubrir esta necesidad, independientemente de que se les diera otro uso.

Magnífico ejemplar de *Neobuxbaumia macrocephala* alternando con algunos izotes (*Yucca periculosa*).

De las plantas silvestres encontradas, 26 eran utilizadas como alimento y entre los productos más importantes obtenidos de ellas se pueden mencionar: los guajes, la raíz del pochote y las tunas obtenidas de diferentes especies de cactáceas.

Dentro de las plantas silvestres destacan 16 especies debido a la importancia que tuvieron en la vida de los antiguos pobladores, motivo por el cual fueron favorecidas primeramente en su hábitat natural y posteriormente, con el tiempo y la observación cuidadosa de su comportamiento, pudieron ser cultivadas, logrando de esta manera tenerlas disponibles durante diferentes épocas del año. Entre estas plantas se encuentran los magueyes, nopales y amarantos, el maíz, el pasto *Setaria*, el algodón, el mezquite, el aguacate, el chile pimiento, el tomate, el cosahuico y la chupandilla. Estas, con excepción del algodón, vinieron a satisfacer y complementar la dieta alimenticia de la época.

Los conocidos nopales y magueyes tal vez fueron de las primeras plantas que se cultivaron, no existen sin embargo muchas evidencias de ello, quizás, porque se descubrió rápidamente que podían reproducirse fácilmente de manera vegetativa; esta manera de cultivo no permite observar diferencias entre las especies silvestre y las cultivadas. Se piensa que estas plantas constituyeron inicialmente una fuente de azúcar y material vegetal muy apreciada, ya que eran obtenibles fácilmente durante la estación seca del año, cuando aumentaba la escasez de los productos alimenticios que se recolectaban.

Entre los hallazgos más importantes de los viejos habitantes del valle se encuentra el maíz, especie silvestre que inicialmente era recolectada en los cañones y barrancas. A través de los años el maíz se cultivó y seleccionó, sufriendo sobre todo modificaciones en los granos de la mazorca; una

vez que estuvo bien establecido se convirtió en el artículo principal de la alimentación.

Otra de las aportaciones importantes a la dieta del pasado la constituyó el pasto *Setaria macrostachya*, que era la fuente de almidón anterior al maíz; sin embargo, a pesar de que se llegó a cultivar no hay evidencias de selección.

De los frutos silvestres que se cultivaron solo dos adquirieron una importancia relevante por su sabor: el aguacate y la chupandilla, a los cuales el cultivo dio la selección.

Una vez que los pobladores del valle llegaron a satisfacer sus necesidades básicas y cuando se llegó a contar con un suministro constante de agua, los agricultores se pudieron dedicar a la introducción de plantas codiciadas por su sabor placentero, diversificando de esta manera su dieta.

Naturalmente, existen dudas acerca de los lugares de origen de las especies cultivadas; a pesar de las evidencias encontradas no se puede llegar aún a esclarecerlos con exactitud; existe la posibilidad, sin embargo, que ésta tuvieran diferentes lugares de origen, así como distintas rutas y velocidades de distribución.

Las plantas cultivadas comprenden un número de 13 abarcando 3 especies de calabazas y 4 de frijol, a las que se añaden la ciruela, el zapote negro y el zapote blanco –especies– que probablemente fueron introducidas al valle desde otros lugares de México. La guayabam el cacahuate y el tempixquixtle, se cree provinieron de las costas de Perú, y su crecimiento fue posible gracias a los sitemas de riego que les permitía manejar el medio ambiente.

Otro de los usos importantes que tuvieron las plantas en esta época fue el de servir como material vegetal para la obtención de fibras, entre las cuales destaca el empleo de las diferentes especies de magueyes, el izote, la palma, el sotolin, el pochote, algunas bromeliaceas y desde luego el algodón.

En la preparación de bebidas destaca el empleo de los magueyes, y en el uso como acojinamiento se incluyen especies que se utilizaban en la construcción de camas, techos y empaques, entre las cuales se incluyen 3 tipos diferentes de pastos, el izote y la biznaga. El uso religioso está representado por el amaranto, la flor de mayo y el paxtle.

La chupandilla y el cholulo eran fuentes de jabón, y la flor de mayo y el solúchil eran usadas como plantas ornamentales; como veneno se utilizaban la palmilla y el venenillo, y en lo que respecta a las plantas medicinales se reporta el uso de la *Jatropha sp.* y la palmilla. Por último, las especies de encino se utilizaban como fuente de combustible y madera, que se cree utilizaban en la fabricación de instrumentos de trabajo, cocina y en sus casas.

Hay que aclarar que los usos mencionados como consecuencia de las excavaciones probablemente no agotan la totalidad de los posibles usos que tenían las especies encontradas; sin embargo, no fue posible detectar otro más. No obstante que muchas de las utilizaciones dadas a estas plantas datan de miles de años, en la actualidad están vigentes en su mayoría, o han sufrido pocas variaciones. Igualmente muchas de las plantas mencionadas continúan siendo hasta la fecha muy importantes desde el punto de vista económico, en la industria o en la alimentación, como el algodón, el maíz y el aguacate entre otros.

De lo mencionado anteriormente destacan indudablemente dos hechos: el buen manejo de un ecosistema, que permitió el inicio y desarrollo de la agricultura, y la capacidad de observación de los primeros pobladores del valle, que les permitió acumular una gran cantidad de conocimiento empírico que pudo ser transmitido a sus descendientes y mejorar sus condiciones de vida. Hay que valorar también el hecho de que desde la llegada de los primeros pobladores hasta antes de la conquista española, el equilibrio del valle fue conservado. A partir de la llegada de los españoles se rompe radicalmente dicho equilibrio, de manera que en un período aproximado de 300 años el valle de Tehuacán sufrió graves modificaciones en su cubierta vegetal y, en consecuencia, en los suelos que la soportan; modificaciones que a lo único que condujeron a una degradación del mismo.

En la actualidad, gran extensión de terrenos alrededor de Tehuacán se han fraccionado o se dedican a la obtención de piedra. De esta manera se ha arrasado de forma indiscriminada gran cantidad de bromeliaceas, cactáceas, amarilidáceas, leguminosas y gramíneas, entre las que se encuentran algunas especies que están en serio peligro de extinción.

Como se puede ver, el papel que nuestros ecosistemas han jugado para el desarrollo de la civilización es fundamental. El reto actual, es luchar por conservarlos de la mejor manera posible, pues esta es la tierra que vamos a legar a nuestros descendientes y lo que de ella puedan obtener en el futuro.

Bibliografía

Jaramillo L. V. y Medrano F. G., Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán, *Bol. Soc. Bot. México*, 1983, pp. 49-63.

MacNeish R. S.m *El origen de la civilización mesoamericana visto desde Tehuacán*, INAH, México, 1964.

Rzedowski J., *Vegetación de México*, Editorial Limusa, S. A., México, 1978.

Smith C. E., Jr. "*Archeological evidence for selection in avocado*", Econ. Bont 20: pp. 169-175, 1966.

Smith C. E., Jr., "*Plants remains*", In D. S. Byers, (Ed.). *The prehistory of the Tehuacán Valley*, vol. 1. University of Texas Press, Austin 1968, pp. 220-225.

Smith C. E. Jr., "*The New World centers of origin of cultivated plants and the archeological evidence*", Econ. Bot., número 22, 1968, pp. 253-266.

Th. Uphof J. C., *Dictionary of Economic Plants*, 2a. ed. Verlag von J. Cramer, Alemania, 1968

Th W. Whitaker, y H. C. Cutler, "*Food plants in a Mexican market*", Econ. Bot., número 20, 1966, pp. 6-16.

Instrumentación sísmica del estado de Puebla

Raúl Serrano Lizaola*

Introducción

El sur del estado de Puebla se localiza en la proximidad de una de las zonas de mayor actividad sísmica del territorio nacional, mientras que la ciudad capital de esta entidad es, por su ubicación, vulnerable ante la zona sismogénica de la costa del Pacífico.

Ante la exigua existencia de instrumentación sísmica en este estado y con el fin de conocer verazmente su sismicidad, el Area de Ingeniería Sísmica y Sismología, perteneciente al Centro de Investigación en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Puebla, instaló la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP), así como la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP).

Actualmente, RESEP cuenta con siete estaciones sismológicas, situadas en la zona sísmica y penisísmica de la entidad. Con ellas se obtiene el registro instrumental de sismos de pequeña y mediana magnitud (2 a 5.5 grados en la escala de Richter), así como también su localización epicentral y su cálculo de magnitud.

Por otra parte, RACP está integrada por tres estaciones acelerográficas, localizadas en aquellos sitios de la ciudad de Puebla, donde la estratigrafía del suelo es representativa de las zonas que acusan la mayor concentración de población dentro del área urbana. Los instru-

* Responsable del Area de Ingeniería Sísmica y Sismología del Centro de Investigación en Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Puebla.

elementos núm. 14, año 4, vol. 2. Impreso en México

mentos de esta red permiten detectar la presencia de macrosísmos (sismos de magnitud mayor a los 4.5 grados en la escala de Richter).

El objetivo de este trabajo consiste en describir someramente dichas redes de instrumentación sísmica, en lo referente a su equipo integrante, formas de operación, mantenimiento y procesamiento de datos. Además, se reporta la actividad sísmica registrada por RESEP durante el período de diciembre de 1985 a junio de 1987, y, finalmente, se exponen los objetivos que se persiguen con la operación de éstas.

Red Sísmica del Estado de Puebla

El estado de Puebla es una región de la República Mexicana cuya fisonomía es altamente compleja, pues presenta grandes elevaciones y plegamientos, en contraste con la existencia de depresiones, fracturas y dislocaciones. Dicha fisonomía es producto del efecto de movimientos de la corteza terrestre que aún continúan desarrollándose, con la consecuente inestabilidad manifestada por una importante sismicidad cuyos orígenes son tectónico, volcánico y debido a acomodamientos superficiales.

Por su relativa cercanía a la zona sismogénica del sureste del país (figura 1), este estado resulta muy vulnerable a los macrosismos profundos y de consecuencias devastadoras, generados durante el mecanismos de subducción, debido al fenómeno de la tectónica de placas, consistente en la penetración de la llamada Placa de Cocos por debajo de la Placa Continental Americana, a lo largo de la costa del Pacífico, en el litoral comprendido de Jalisco a Chiapas. Además de esta sismicidad de origen tectónico, se presenta otra de origen volcánico debido a la presencia del Eje Volcánico (figura 2), del que sobresalen las elevaciones del Popocatépetl e Iztaccíhuatl, pertenecientes a la Sierra Nevada, así como también de la Malintzi y del Citlaltépetl ó Pico de Orizaba.

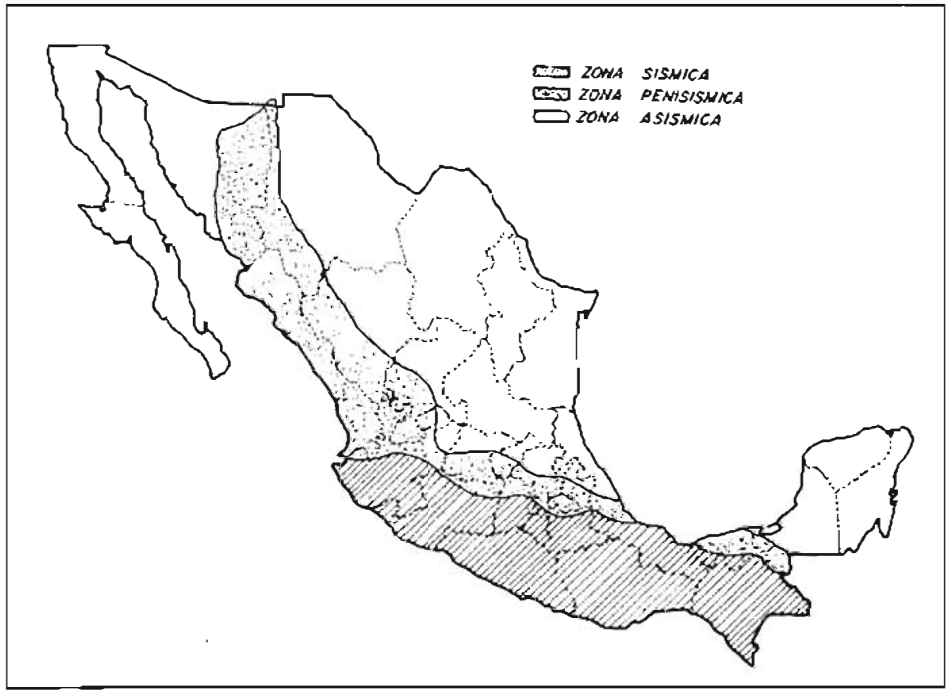


Fig. 1: Carta sísmica de la República Mexicana.

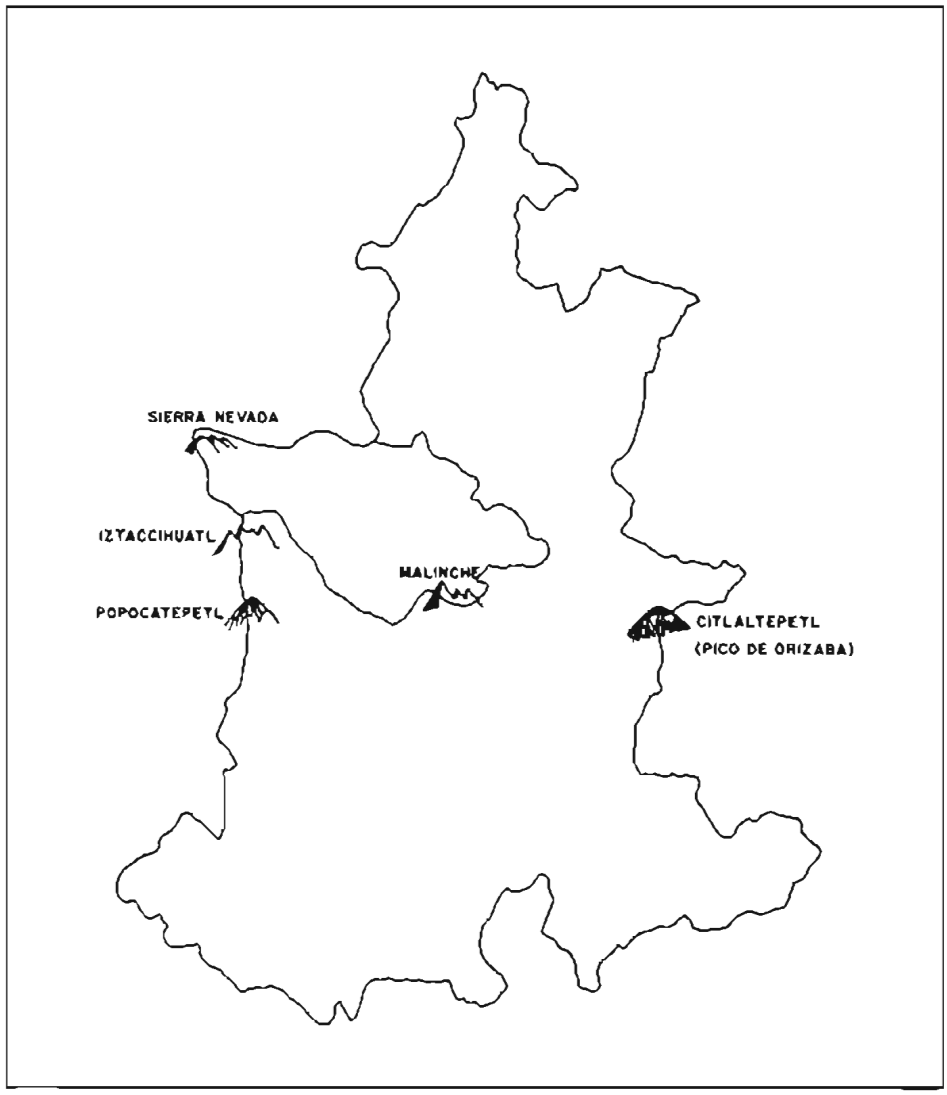


Fig. 2: Eje volcánico.

La historia sísmica del estado revela grandes desastres ocasionados por macrosismos. Durante los últimos cincuenta años se registraron en esta entidad varios sismos de magnitud mayor a los 6.5 grados en la escala de Richter y de una intensidad superior a los VIII de Mercallí, como los ocurridos el 10 de febrero de 1928, el 26 de julio de 1937, el 11 de octubre de 1945, el 24 de mayo de 1950 y el 28 de agosto de 1973[5]. Este último ha sido el más destructivo del siglo presente, habiendo ocasionado más de 500 muertes, 1600 heridos y cuantiosos daños materiales en las poblaciones de Ciudad Serdán, Tehuacán y otros muchos lugares, incluyendo la propia capital del estado[4]. Además, recientemente se han registrado, en el suroeste de esta entidad, un número considerable de movimientos telúricos, algunos de los cuales causaron grandes estragos a la población, como el ocurrido el 24 de octubre de 1980.

La zonificación sísmica del estado de Puebla, actualmente vigente, señala una considerable extensión del mismo, ubicada en su parte sur, como de gran actividad sísmica, mientras que las porciones central y norte están contempladas como zonas penisísmica y asísmica, respectivamente (figura 3).

Ante la evidente carencia de instrumentos sismológicos que permitieran realizar estudios sobre la sismicidad regional en y de esta entidad, se instaló la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP)[14], habiéndose iniciado su operación el 29 de noviembre de 1985 con sólo tres estaciones, de las cuales dos de ellas (Chiautla de Tapia y Molcaxac) quedaron situadas dentro de la zona sísmica, mientras que la tercera (Cuyoaco) se ubicó en la penisísmica (figura 4).

La situación geográfica de las tres primeras estaciones se determinó de tal manera que con ellas se cubriera gran parte del área de la zona altamente sísmica asi como una porción de la penisísmica, y que, lo más importante, su posición triangulada permitiera la localización epicentral de los sismos cuyo origen se localizara dentro de los límites de la entidad o en sus inmediaciones.

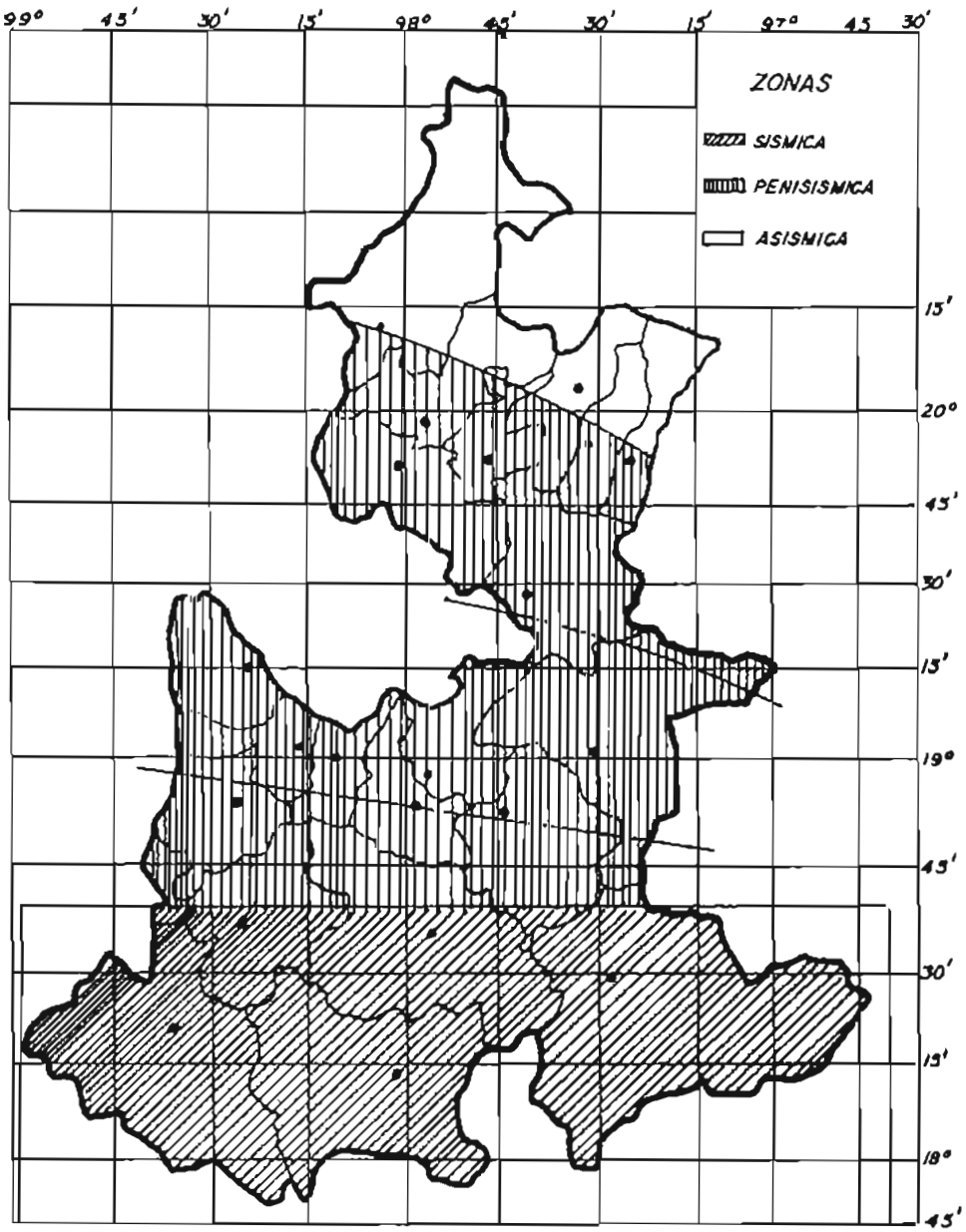


Fig. 3: Zonificación sísmica del Estado de Puebla.

A partir de la fecha indicada y hasta septiembre de 1989, cuando por razones de carácter financiero se detuvo su actividad, RESEP vino operando de manera ininterrumpida, con una eficiencia del 95%, habiendo incrementado el número de sus observatorios en cuatro más (figura 4), de los cuales dos se incorporaron a la zona sísmica (Chila de la Flores y Coxcatlán) y los dos restantes a la penisísmica (Xilitzintla y Puebla).

De esta manera, la Universidad Autónoma de Puebla se convierte en una de las pocas instituciones de educación superior del país, en especial de provincia, dedicadas a realizar estudios de sismicidad regional.

Descripción de la red sísmica del estado de Puebla

Cada uno de los observatorios sismológicos en operación está equipado con los siguientes aparatos:

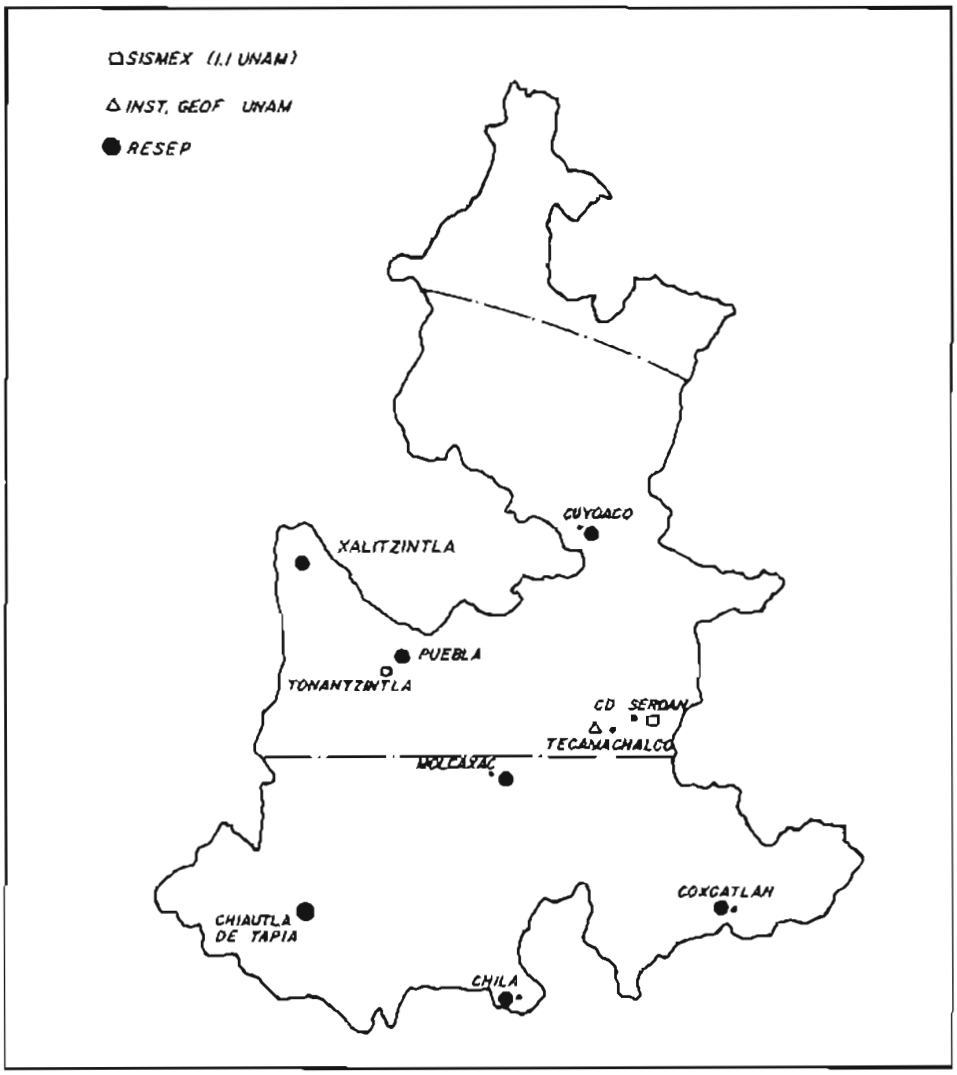


Fig. 4: Estaciones sismológicas en el Estado de Puebla.

consecuencia del movimiento sísmico.

Los sismógrafos son de tipo analógico y graban, como ya se dijo, el movimiento sísmico sobre papel ahumado. Estos aparatos poseen un reloj digital integrado, cuya función consiste en introducir una señal grabada que permite conocer la hora exacta con la que arriban los sismos en el lugar de observación. La energía requerida para el funcionamiento de este equipo se suministra con baterías externas. En la figura 6 se muestra un sismógrafo, mientras que en la tabla 1 se resumen las características de operación del mismo.

El radio receptor (figura 7) resulta imprescindible para el control en el tiempo de los registros sismológicos.

Finalmente, en la figura 8 se muestra el plano constructivo correspondiente a las casetas que albergan el equipo sismológico.

Operación y mantenimiento de la red sísmica

Los sismogramas, esto es, los registros obtenidos por el sismógrafo so-

- Un sismómetro de período corto tipo Ranger SS-1, marca Kinemetrics.
- Un sismógrafo MEQ-800-B, marca Sprengnether.
- Un radio receptor de la señal de tiempo universal WWV, marca Radio Shack.

Los sismómetros son sensores que registran directamente el movimiento del terreno (figura 5), cuya señal es transmitida mediante un cable conector al sismógrafo, el que la reproduce inmediatamente por medio de un estilete que actúa sobre una hoja de papel ahumado colocada sobre su cilindro giratorio (figura 6). Estos aparatos son de una sola componente y están instalados de tal manera que solo registran el movimiento vertical del terreno, permitiendo, además, el registro de la tensión liberada como

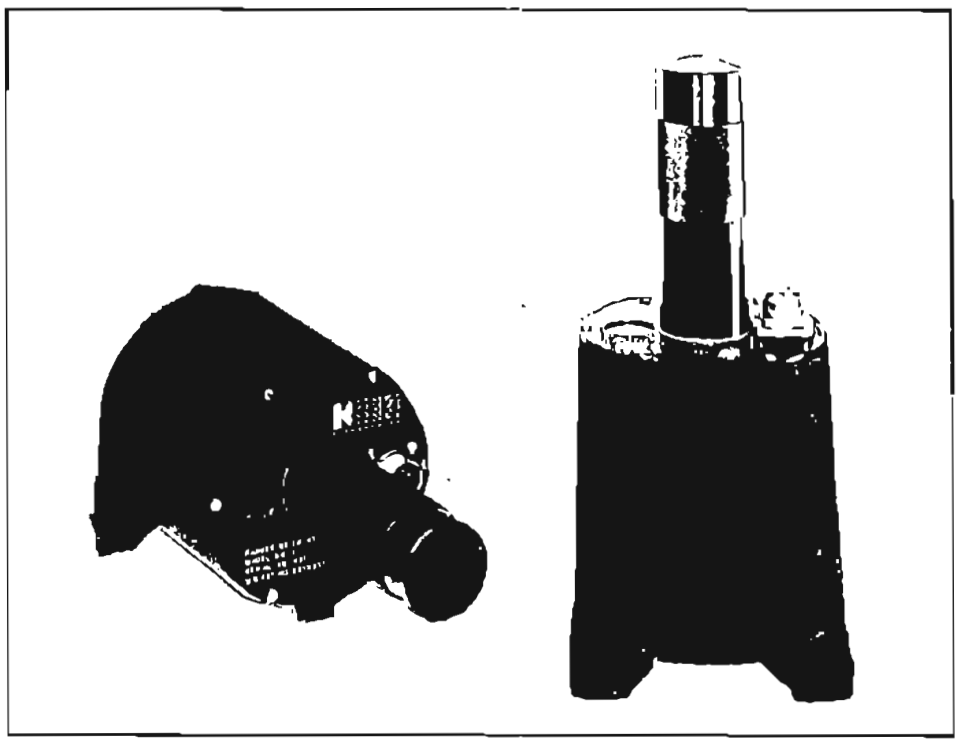


Fig. 5: Sismómetro Ranger SS-1.

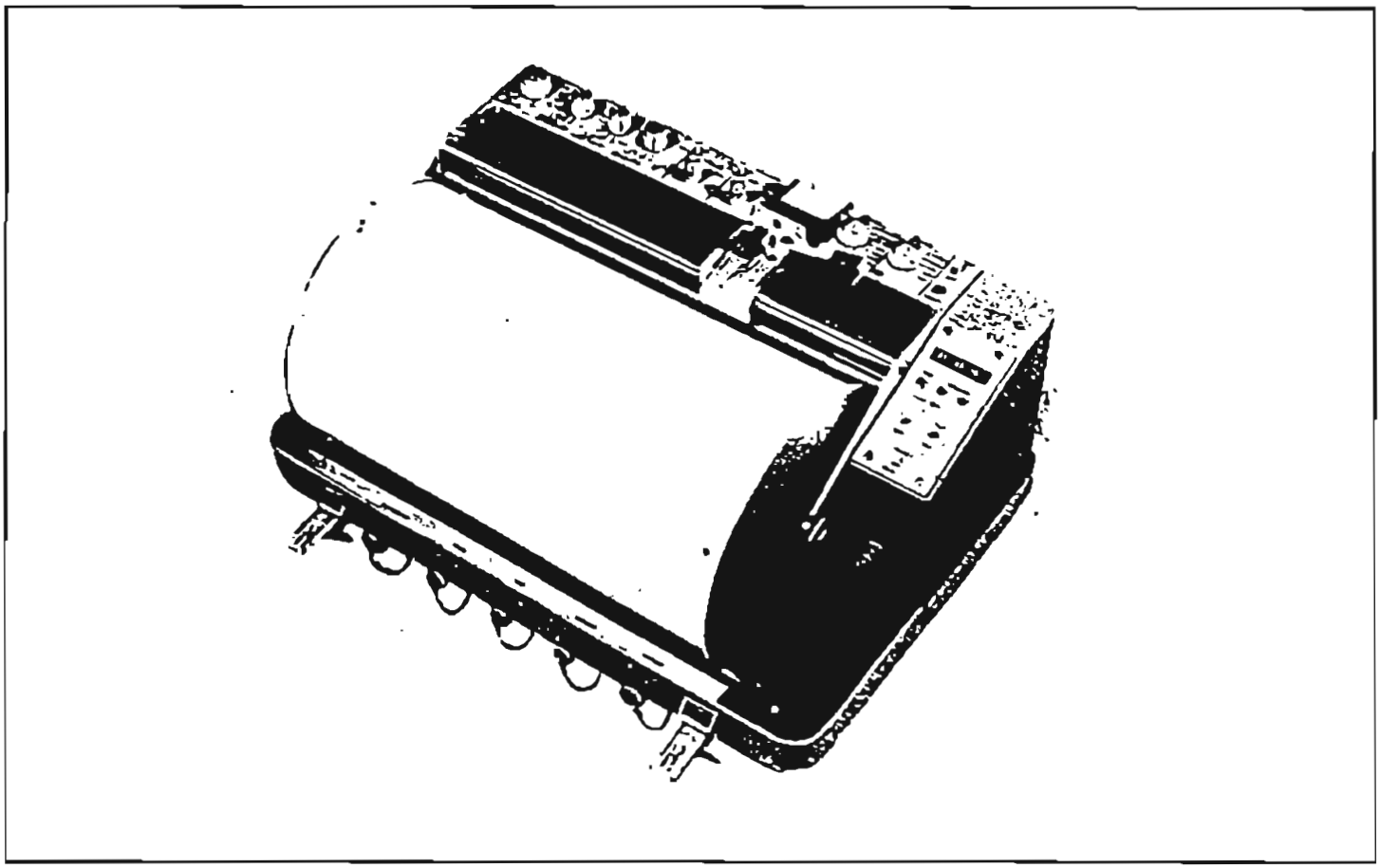


Fig. 6: Sismógrafo portátil MEQ-800-B.

bre papel ahumado (figura 9 a 11), son removidos del cilindro giratorio cada veinticuatro horas y fijados con laca, permaneciendo almacenados diariamente y por espacio de siete días en su estación correspondiente. Esta labor la realizan operarios capacitados específicamente para ella, quienes radican en la población donde se ubica el observatorio sismológico.

La calibración del tiempo (GMT) en el reloj digital integrado al sismógrafo se efectúa semanalmente, operación que es aprovechada para verificar que el nivel de carga de las baterías de alimentación energética sea el requerido para el adecuado funcionamiento del equipo sismológico.

Las actividades de control, mantenimiento y operación de las estaciones sismológicas las realizan brigadas de estudiantes en cumplimiento de su servicio social, quienes son organizados y adiestrados por los integrantes de RESEP. Toda eventualidad presentada en el equipo o funcionamiento de una estación se reporta inmediatamente, contándose con el apoyo del laboratorio de la Escuela de Electrónica de la UAP para la reparación y el permanente mantenimiento técnico del equipo.

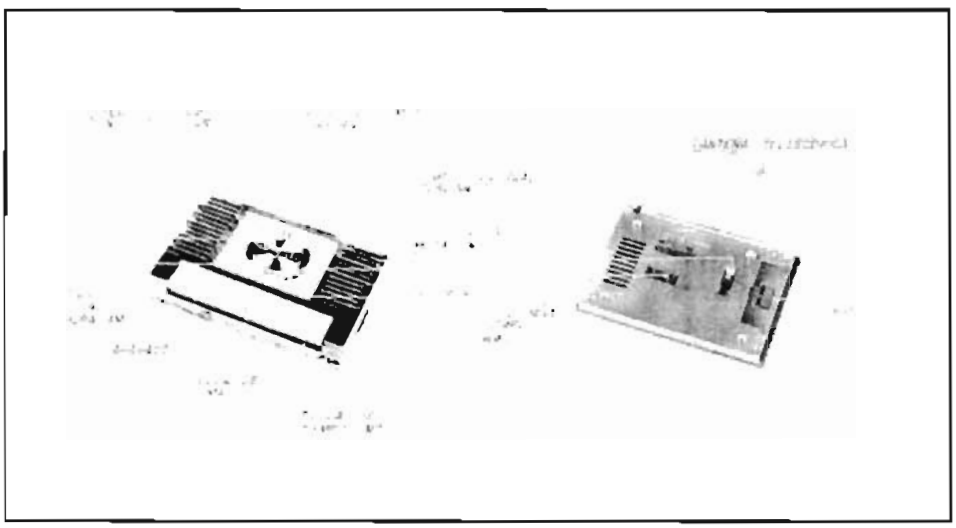


Fig. 7: Radio receptor de tiempo WWV.

Procesamiento de datos

Los sismogramas almacenados en cada estación son trasladados semanalmente al centro de operaciones de RESEP, localizado en la Escuela de Ingeniería Civil de la UAP, donde son interpretados por los analistas de datos.

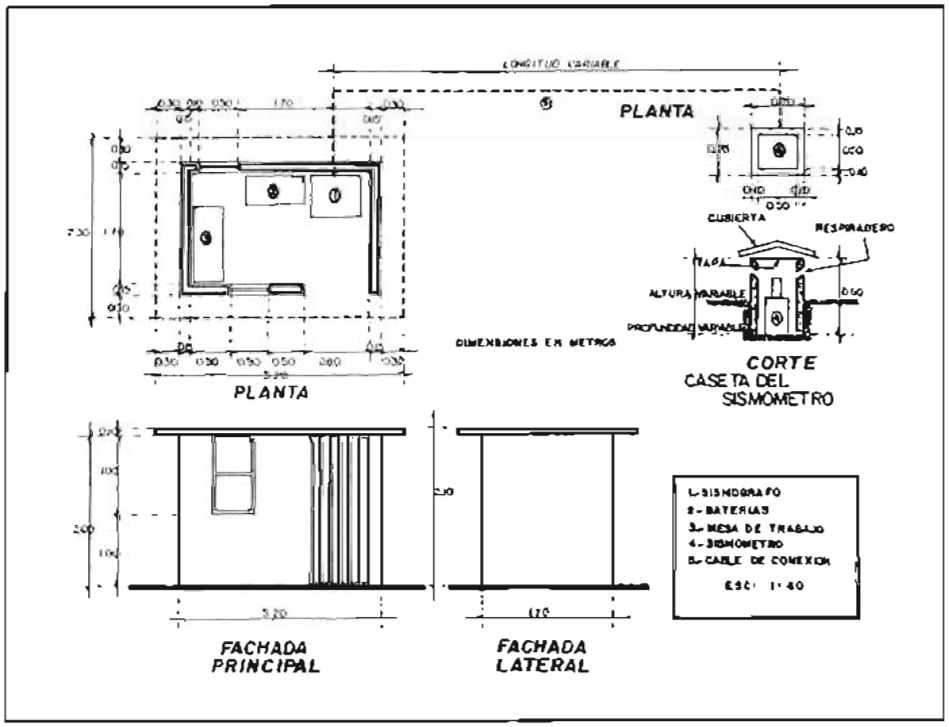


Fig. 8: Plano de una caseta sismológica.

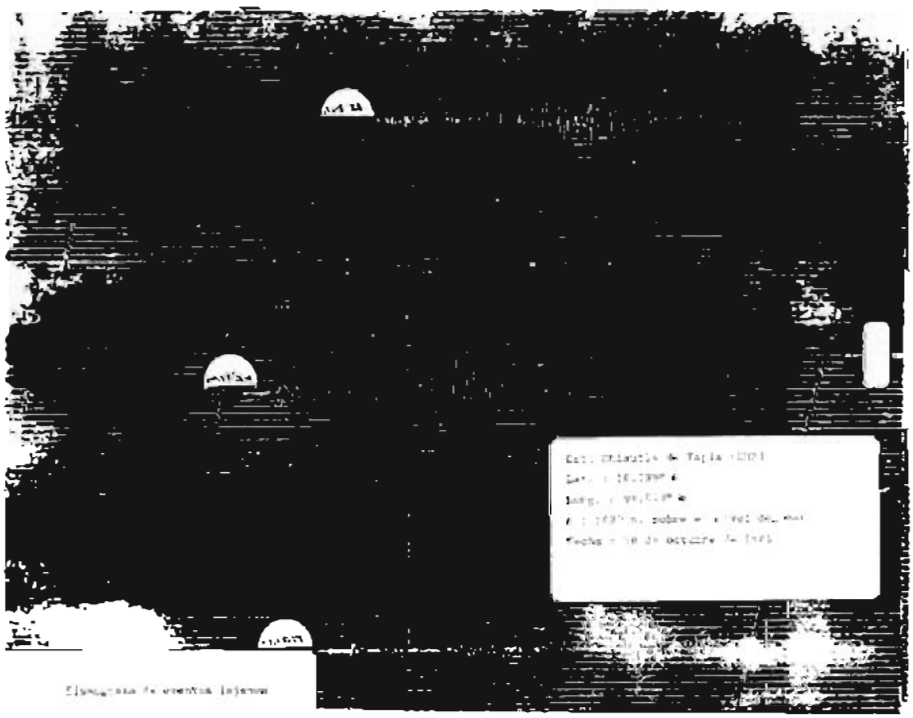


Fig. 9: Sismograma de eventos lejanos.

El procesamiento de la información registrada por las estaciones integrantes de RESEP consiste en las actividades siguientes: lectura de sismogramas, localización epicentral y cálculo de magnitud.

La lectura directa de los sismogramas permite determinar la diferencia entre los tiempos de arribo de las ondas sísmica secundaria (onda S) y primaria (onda P), esto es, S-P, para todos y cada uno de los eventos registrados (figura 9 a 11). Si el valor de esta diferencia no es mayor de 20 segundos, se considera que el orígen de este evento se localiza dentro del área geográfica del estado de Puebla, procesándose esta información en una microcomputadora a fin de localizar el epicentro del sismo. Si esa diferencia es superior a los 20 segundos, se considera que el evento tiene su origen fuera de los límites de la entidad, enviándose los sismogramas pertenecientes a este caso al Servicio Sismológico Nacional, donde, con la ayuda de los datos provenientes de otras redes del país, pueda ser localizada su posición epicentral.

La localización epicentral "exacta" se obtiene con el programa de cómputo HYPO-BASIC[13] para lo que deben suministrarse los datos siguientes: fecha, hora-origen, latitud y longitud aproximadas, y tiempos de arribo de las ondas P y S. Los resultados que proporciona el programa son: fecha, hora-origen, latitud, longitud y profundidad del epicentro, así como también la magnitud sísmica y la región dentro de la que se localiza el sismo.

La información registrada y procesada por RESEP se difunde trimestralmente mediante su Boletín Sismológico Preliminar, el que se distribuye dentro de la comunidad científica incorporada a instituciones de educación superior y gubernamentales.

De esta manera, RESEP contribuye al estudio de la sismicidad tanto regional como nacional, pudiéndosele contemplar como una extensión de las redes sísmicas existentes en el país.

Actividad sísmica registrado por RESEP en el estado de Puebla

El primer estudio realizado sobre la sismicidad del estado de Puebla y sus inmediaciones[4], abarca el periodo comprendido del año de 1523 a octubre de 1973 y consta de dos partes: la primera, para el lapso de 1523 a 1911, basada en datos históricos, reporta únicamente macrosismos, un total de 108, mientras que la segunda, para el período de 1911 a octubre de 1973, sustentada

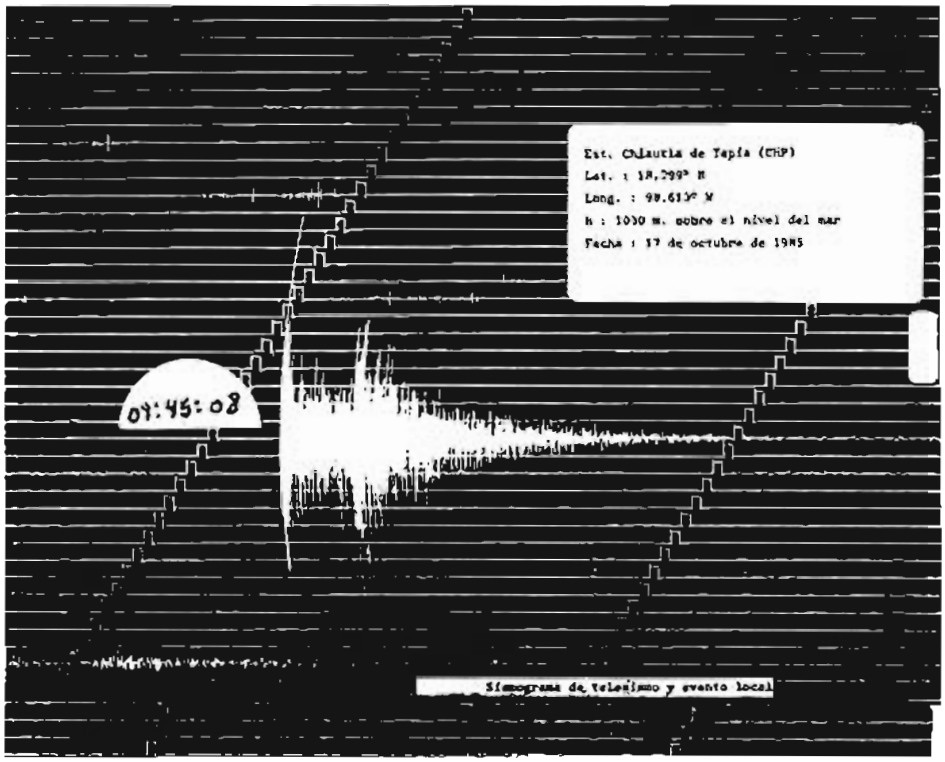


Fig. 10: Sismograma de telesismo y evento local.

en información instrumental, registra la ocurrencia de 123 sismos de magnitud mayor a los 3.0 grados en la escala de Richter.

Posteriormente y con base en los boletines preliminares del Sistema de Información Sismotelemétrica de México (SISMEX) y de la Red Sísmica de Apertura Continental (RESMAC), se detectaron 104 eventos sísmicos para el período de 1976 a febrero de 1983[8]. Esto evidencia, sin embargo, la escasa información instrumental para el estado de Puebla.

El monitoreo de la actividad sísmica realizado por RESEP durante el lapso de diciembre de 1985 a junio de 1987, registró un total de 122 sismos dentro del área geográfica comprendida entre los paralelos 17°40' y 21°00' de latitud norte y los meridianos 96°20' y 99°40' de longitud oeste[7].

El catálogo de eventos registrados durante el período arriba señalado indica la presencia de una significativa actividad sísmica manifestada en el estado de Puebla (122 eventos en cerca de 20 meses), siendo los resultados más significativos los que a continuación se resumen:

- El rango de magnitudes osciló entre los 2.1 y los 5.2 grados en la escala de Richter (77 eventos con una magnitud intermedia de 3.6 a 4.5 grados), resultando la de mayor frecuencia la de 3.6 grados (20 veces).
- La mayoría de los sismos fueron superficiales (66 a una profundidad menor de 30 km), mientras que solo algunos de ellos fueron intermedios (50 con profundidad entre 30 y 60 km) y muy pocos resultaron ser profundos (6 a una profundidad mayor de 60 km). El sismo de mayor profundidad alcanzó los 77 km.
- En lo referente a su distribución espacial, sólo 32 sismos tuvieron su origen dentro del área geográfica del estado de Puebla. Conforme a las diferentes regiones en que se ha dividido el área de monitoreo, se localizaron 15 sismos en la región de Chiautla, 9 en la de Atlixco, 6 en la de Teziutlán, 5 en la de Ciudad Serdán, 5 en la de Tehuacán, 5 en la de Acatlán de Osorio y 4 en la de Puebla. Los restantes movimientos telúricos se ubicaron en las regiones comprendidas entre los límites de la entidad con los estados de México (26), Guerrero (12) y Oaxaca (6)[7].
- Durante el mes de mayo de 1986 se registró el mayor número de eventos (16), los que se localizaron en los límites del estado de

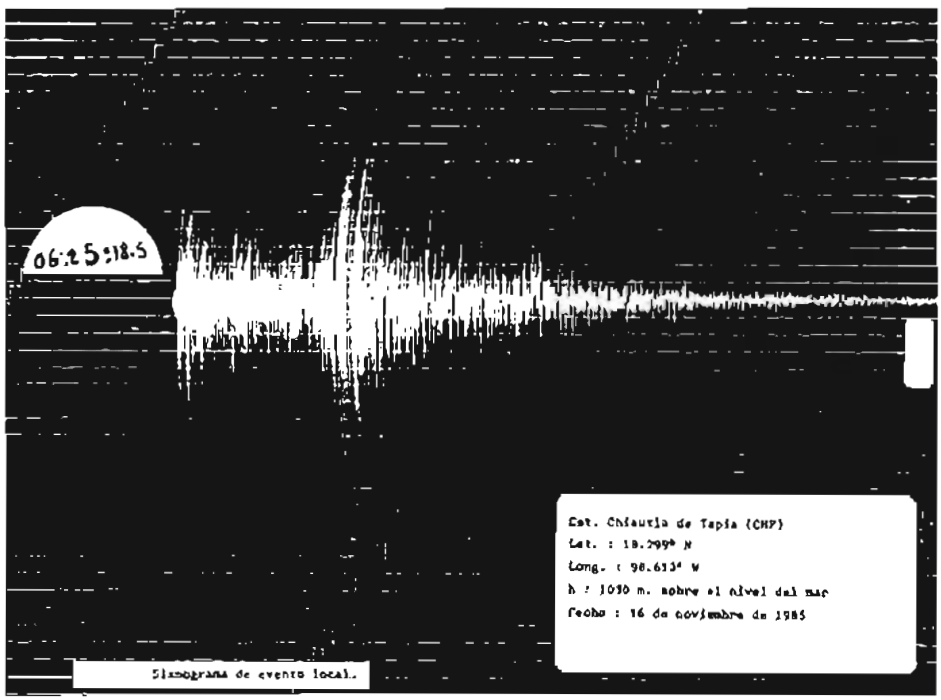


Fig. 11: Sismograma de un evento local.

Puebla con los de México y Tlaxcala y cuya magnitud osciló entre los 3.6 y los 4.2 grados en la escala de Richter. Este enjambre de temblores puede asociarse a la actividad volcánica propia de la región definida, la que en lo futuro deberá estudiarse cuidadosa y atentamente.

Además, dada la importancia que encierra la actividad sísmica observada en los límites de Puebla y Tlaxcala, se pretende extender RESEP a este último estado, con lo que se crearía así la Red Sísmica Interestatal Puebla-Tlaxcala[12].

Objetivos de RESEP

Además de conocer la actividad sísmica manifestada dentro del contorno del estado de Puebla, se persiguen, con el funcionamiento de RESEP, los objetivos siguientes:

- Obtener los sismogramas de todos los eventos que arriben a las estaciones sismológicas.
- Localizar los epicentros de los sismos cuyo origen esté dentro de los límites del estado de Puebla, o en su vecindad, y calcular su magnitud.
- Difundir los resultados de la medición sísmica mediante el Boletín Sismológico Preliminar de RESEP.
- Conformar un catálogo de eventos sísmicos para el estado de Puebla.
- Proporcionar los sismogramas de aquellos eventos, cuyo epicentro se encuentre fuera de la entidad, al Servicio Sismológico Nacional, apoyando así la localización epicentral de los mismos y complementando la información proporcionada por otras redes nacionales.
- Zonificar sísmicamente el estado de Puebla en base a las características de su actividad sísmica.
- Realizar estudios de sismicidad tanto local como regional.
- Detectar probables fuentes sísmicas y fallas activas.
- Realizar estudios de microrregionalización.
- Estudiar la actividad volcánica del estado de Puebla.

La Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla

La ciudad de Puebla, con una población cercana a los dos y medio millones de habitantes y cubriendo un área urbana de aproximadamente 45 km^2, ocupa el cuarto lugar de importancia a nivel nacional, caracterizándose por un acelerado crecimiento y por consiguiente inversiones elevadas en infraestructura del orden tanto civil como industrial.

Encontrándose localizada en el Valle del Atoyac, a una altura de 2,162 m.s.n.m. y estando rodeada por las elevaciones del Popocatépetl e Iztaccíhuatl al oeste y la Malintzi al noroeste (figura 12), esta urbe, conforme a su posición geográfica, se ubica en la zona penisísmica del estado de Puebla (figura 3), lo que la hace susceptible de sufrir grandes estragos producidos por macrosísmos debido a su relativa cercanía de la costa del Pacífico, principalmente por el tramo que abarcan los estados de Guerrero y Oaxaca.

Siendo los sismos fenómenos naturales, inevitables y aún impredecibles, el recurso principal para contrarrestar sus efectos destructivos consiste en diseñar y construir estructuras que resistan sin peligro los embates de las aceleraciones del terreno generadas por ellos.

Los aparatos diseñados precisamente para captar movimientos severos del terreno y proporcionar una descripción cuantitativa y completa de la historia de la aceleración alcanzada por el terreno, desde que se inicia su movimiento hasta que cesa por completo, lo son

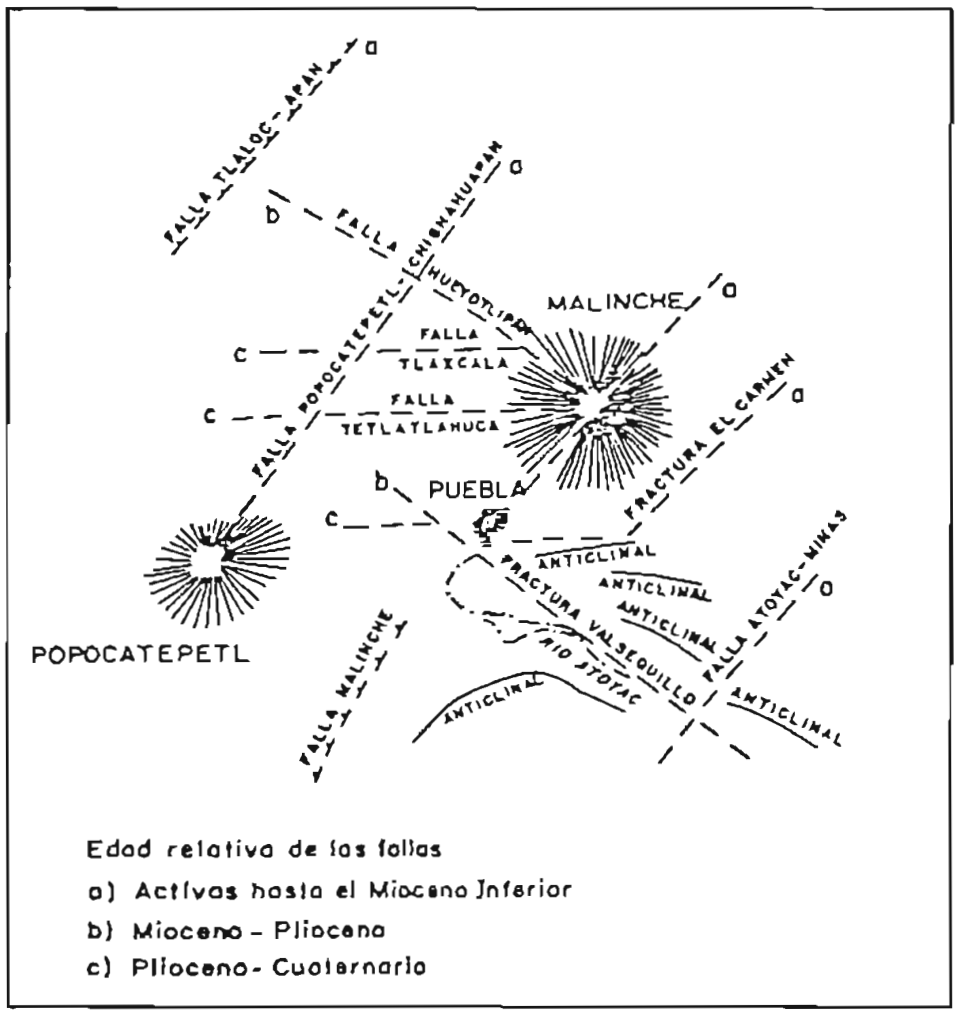


Fig. 12: Tectónica del valle de Puebla.

los acelerógrafos. La información recabada por ellos es indispensable para evaluar las fuerzas para las que deben diseñarse las construcciones civiles a fin de que resistan óptimamente los efectos sísmicos.

Una de las principales enseñanzas para la ciudad de México, derivadas de los sismos de septiembre de 1985[6,9,10], fue la evidencia de incrementar considerablemente el número de acelerógrafos instalados en dicha urbe, habiéndose pasado de escasos 10 aparatos a más de 80[3]. La necesidad de lograr una densa instalación de acelerógrafos en las principales ciudades en o cercanas a zonas sísmicas, ha sido reconocida por otros países como Japón y los Estados Unidos, donde sus ciudades con mayor riesgos sísmico cuentan con cientos de estos aparatos.

La casi inexistente instalación de instrumentos de medición sísmica en esta ciudad, que permitieran conocer la respuesta del terreno ante la manifestación de macrosismos, ha impedido establecer criterios adecuados con fines de diseño sismorresistente para la erección de todo tipo de construcciones dentro de su área urbana. Las consecuencias catastróficas sufridas en la ciudad de México y en otras ciudades importantes del país por los macrosismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, dejaron de manifiesto la imperiosa necesidad de cubrir con el mayor número de acelerógrafos, por lo menos aquellas ciudades del territorio nacional situadas en o cerca de zonas sísmicas[11]. Solo así podrán determinarse criterios adecuados y racionales para el diseño sísmico de obras civiles.

Por lo anteriormente expuesto y como medida de respaldo a la labor de monitoreo de la actividad sísmica en el estado de Puebla, realizada por RESEP, se decidió instalar la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP), cuya operación data del 5 de noviembre de 1987[2].

Las estaciones integrantes de esta red acelerográfica se ubican en los sitios donde la estratigrafía del suelo es representativa de las zonas que acusan la mayor concentración de asentamientos humanos en el área urbana. Partiendo de una zonificación preliminar de suelos realizado para esta ciudad[1], se determinó estratégicamente la ubicación de los observatorios de RACP.

Actualmente, esta red consta de tres estaciones (figura 13). Una de ellas está ubicada en la zona norte de esta ciudad, dentro del área de la Central de Abastos, donde el terreno puede considerarse compresible. Otra se encuentra en la zona centro, dentro del Paseo Nicolás Bravo, siendo el suelo de muy baja compresibilidad (travertino). La última se aloja dentro del campus universitario, atrás de la Escuela de Ingeniería Civil, en donde el terreno es de transición de uno compresible a otro de baja compresibilidad. Por razones de estética urbana, las dos últimas estaciones se construyeron en forma subterránea. En lo futuro, RACP poseerá tres observatorios más, cuya ubicación tentativa será dentro del Parque Ecológico de esta urbe (zona oriente), del Parque Benito Juárez (zona centro-sur) y en la Colonia Emiliano Zapata (zona sur)[2].

Cabe resaltar aquí, que la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla es la única, a nivel de provincia, existente en el país.

Descripción de la red de acelerógrafos

El equipo que alberga cada observatorio consiste de:

- un acelerógrafo con respuesta de 0.5 ó 1.0 g. modelo DCA-333
- Una unidad reproductora y graficadora, modelo SMR-104
- Un calcular de espectros.

Todos estos aparatos son de marca Terra-Technology.

El acelerógrafo (figura 14 y 15) registra en cinta magnética la aceleración del terreno en tres direc-

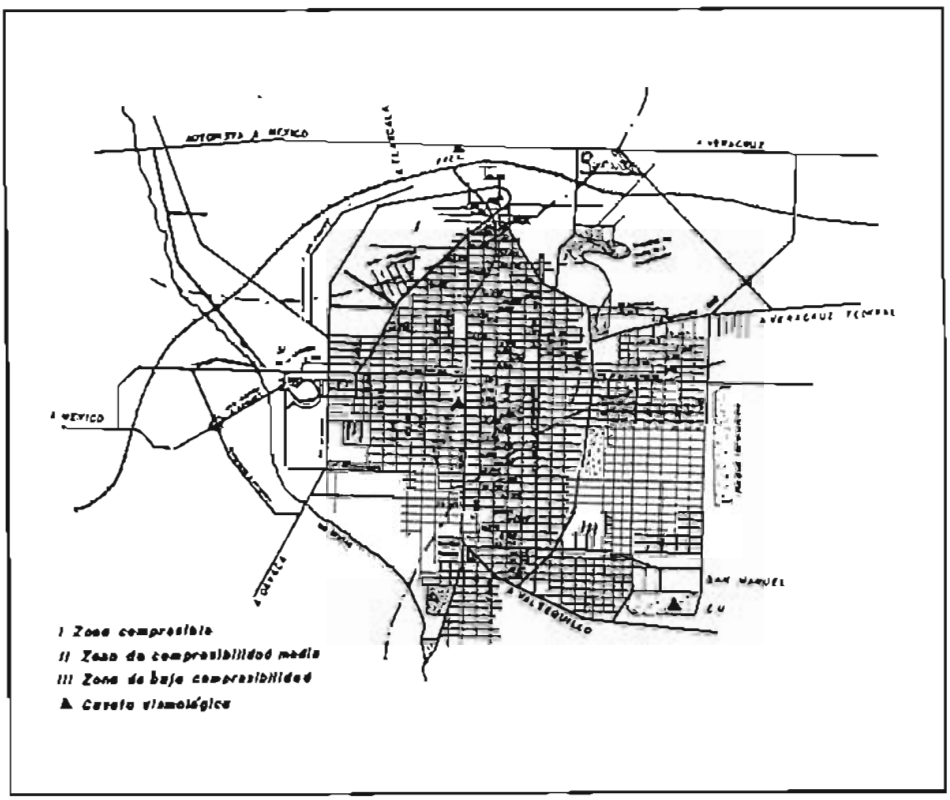


Fig. 13: Zonificación de suelos de la Ciudad de Puebla y localización de las estaciones acelerográficas.

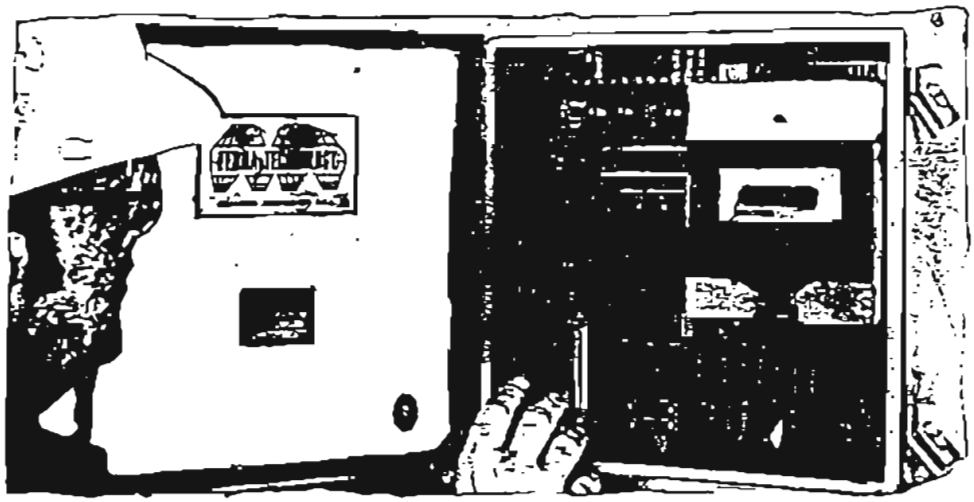
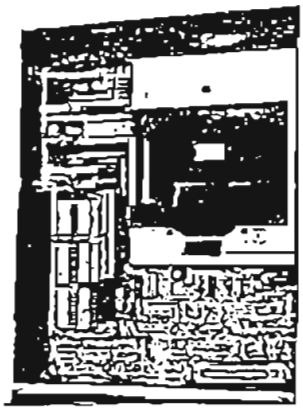


Fig. 14: Acelerógrafo DCA-333.

ciones (N-S, E-W y vertical), provocada por movimientos sísmicos fuertes (magnitud mayor a los 4.5 grados en la escala de Richter). El procesamiento de datos, consistente en la graficación y reproducción del registro, así como en la calibración y prueba para el acelerógrafo, la realiza el graficador analógico (figura 16).

El equipo descrito se caracteriza por su alta precisión, elevada velocidad de muestreo y por contar con memoria para el registro de preeventos más amplia que la de sus homólogos disponibles en el mercado.



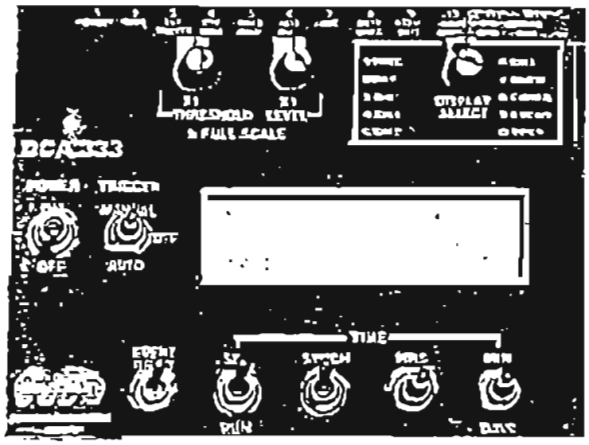


Fig. 15: Tablero del acelerógrafo DCA-333.

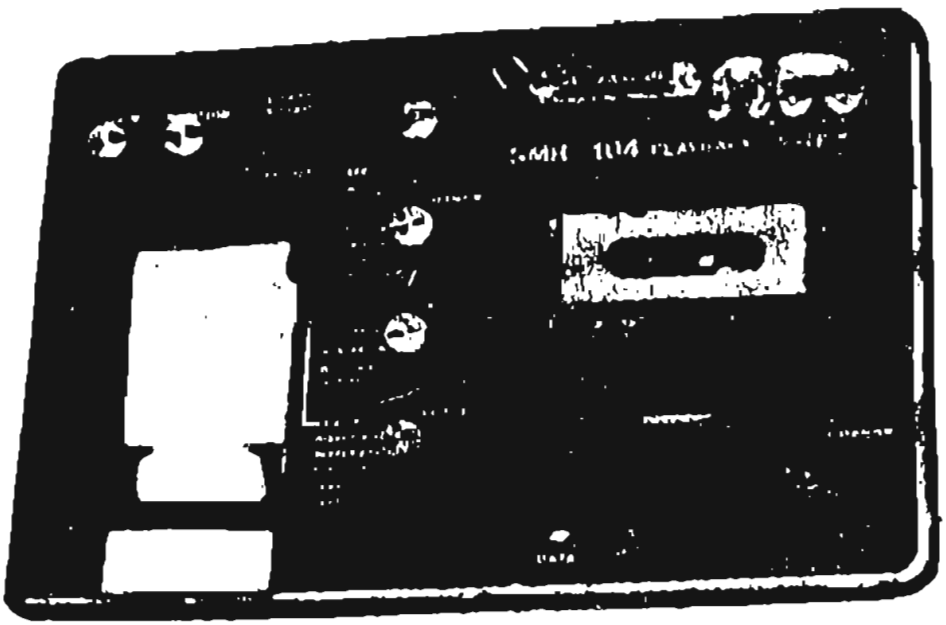


Fig. 16: Tablero del graficador analógico SMR-104.

Objetivos de RACP

La información recabada mediante los acelerogramas (figura 17), los que contienen el registro de macrosismos, constituye la base para alcanzar los siguientes objetivos vinculados con el funcionamiento de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla:

- Analizar las características de los movimientos registrados en cada sitio de operación con el fin de relacionar las condiciones locales del suelo con los registros obtenidos.
- Zonificar la ciudad de Puebla con base en estudios geofísicos y en los registros recabados.
- Realizar estudios de riesgo sísmico.
- Calcular espectros de respuesta.
- Elaborar un conjunto de normas técnicas conducentes, a la reglamentación sísmica de la ciudad de Puebla.
- Diseñar una cartilla de autoconstrucción.

Conclusiones

El estado de Puebla se sitúa en una región de mediana actividad sísmica de nuestro país y está re-

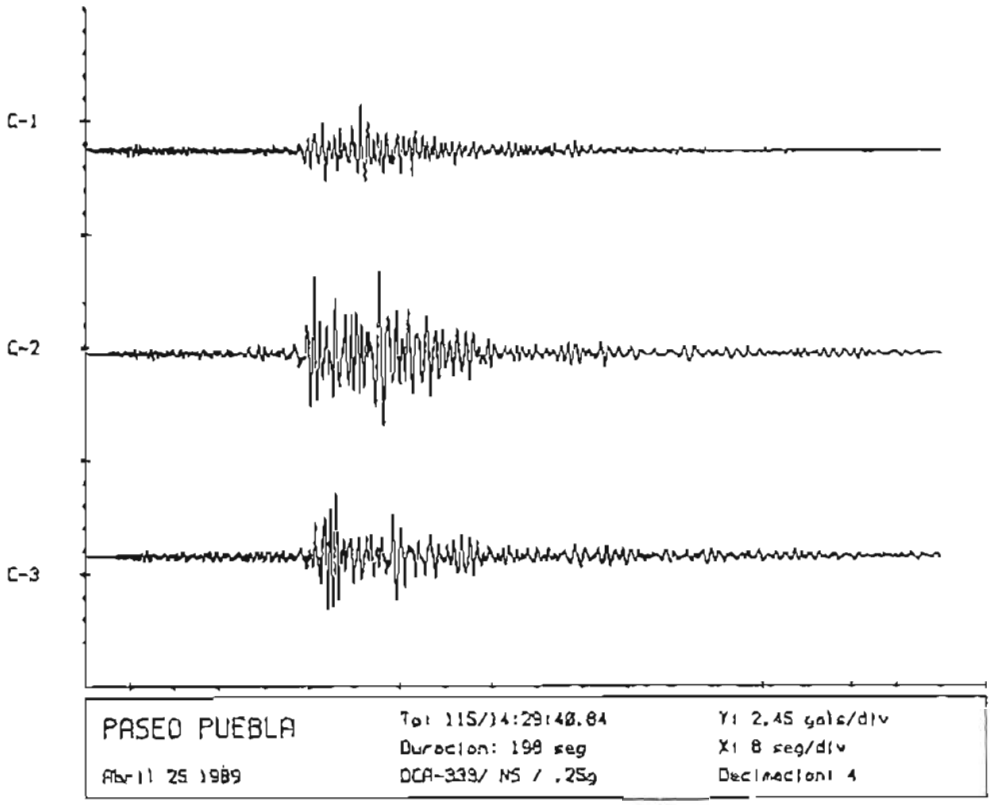


Fig. 17: Acelerograma registrado el 25 de abril de 1989 en la estación ubicada en el Paseo Nicolás Bravo.

lativamente cercano a otra de gran actividad. Actualmente, cuenta con cuatro centros urbanos importantes, incluída su capital, y sus crecimientos poblacional, económico e industrial son marcadamente acelerados. La sismicidad en su parte central refleja sismos superficiales, mientras que en la sur son intermedios y algunos profundos. En lo referente a la magnitud de sus eventos sísmicos, éstos son intermedios y su distribución espacial se concentra en los límites de la entidad con los de los estados de Oaxaca, Guerrero, México y Tlaxcala.

La necesidad del estudio de la actividad sísmica que se genera dentro de su área geográfica resulta evidente, así como también el fortalecimiento de su instrumentación sísmica. Cabe resaltar la eminente prioridad de recabar más información instrumental de temblores en el terreno, a profundidad y en estructuras, por lo que la inversión económica más redituable, para el país en general, será la que se destine a la ampliación y al mantenimiento de las redes instrumentales existentes.

Referencias

[1]Auvinet, G.: **Zonificación de suelos de la Ciudad de Puebla**, Memorias, VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, tomo II, pp. 183-210, Guanajuato, Gto., México, 1976.

[2]Avilés L., J.; Gante G., J. de; González P., C.; Serrano L., R.: **Instalación de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP)**, Rep. Téc. 89-1, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1989 (reproducido aquí mismo).

[3]Espinosa A., J. M.; Contreras G., O. R.; Ibarrola A., G.: **Nueva Red de Acelerógrafos para el D.F.**, Memorias, VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, pp. B-185 - B-199, Querétaro, Qro., México, 1987.

[4]Figueroa A., J.: **Sismicidad en Puebla, Macrosísmo del 28 de Agosto de 1973**, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1974.

[5]Figueroa A., J.: **Sismicidad en Puebla**, VI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, pp. 17-23, Puebla, Pue., México, 1983.

[6,9,10]Fossas R., R.: **Los sismos de México de los días 19 y 20 de septiembre de 1985. Pasado, presente y futuro**, Revista IMCYC, No. 179, pp. 27-37, México, 1986. Nieto R., J. A.: **¿Qué enseñanzas nos dejaron los sismos del 19 a 20 de septiembre de 1985?**, Revista IMCYC, No. 174, pp. 19-23, México, 1986. Prince A., J.: **Más instrumentos sísmicos: una necesidad imperiosa**, Revista IMCYC, No. 176, pp. 19-23, México, 1986.

[7]González P.; Gante G., J. de; **Sismicidad en el Estado de Puebla de diciembre de 1985 a junio de 1987**, VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, pp. B-68 - B-78, Querétaro, Qro., México, 1987.

[8]González R., Z.: **Historia Sísmica del Estado de Puebla**, Tesis Profesional, UNAM, México, 1981

[11]Rosenblueth D., E.; Meli P., R.: **El sismo del 19 de septiembre de 1985. Sus efectos en la Ciudad de México**, Revista IMCYC, No. 180, pp. 15-31, México, 1986.

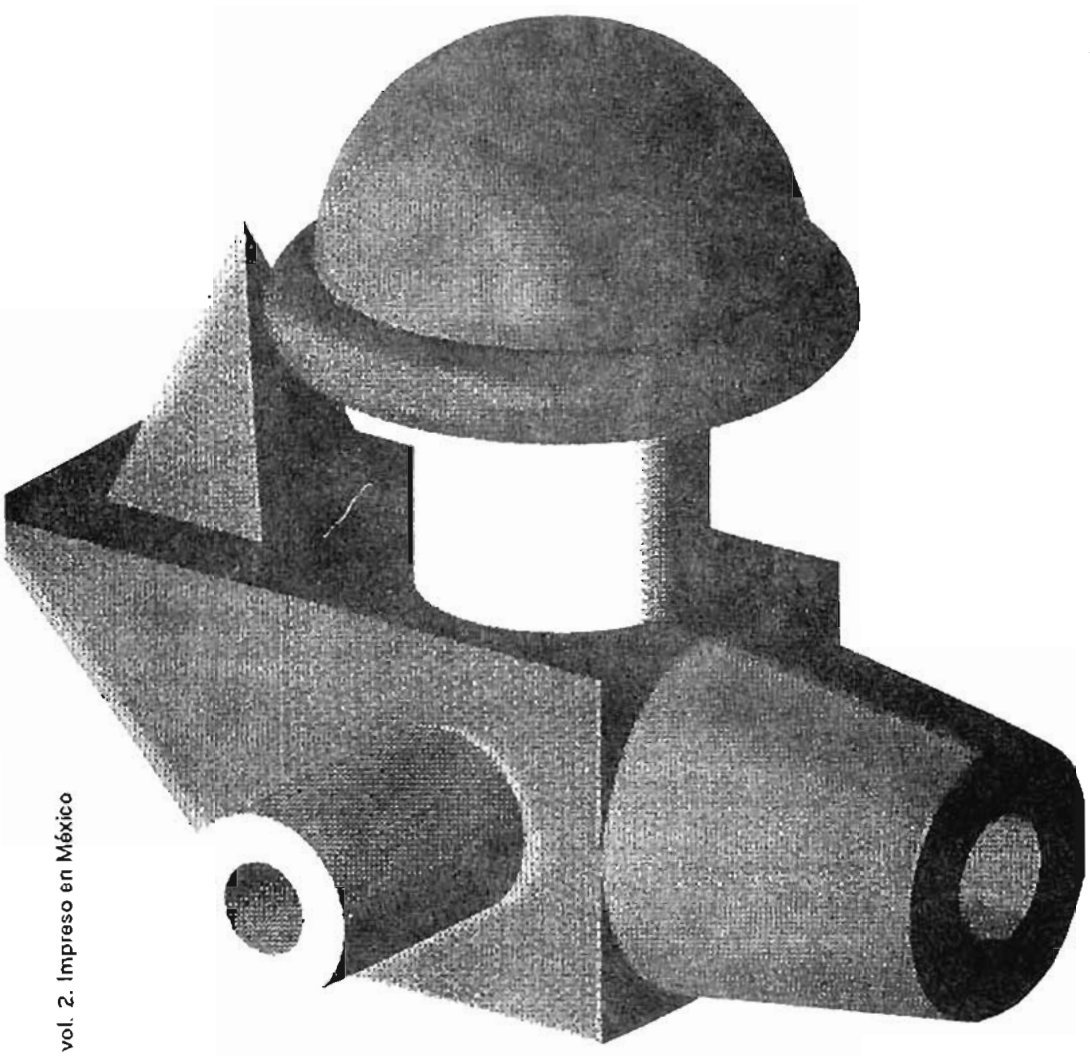
[12]Serrano L., R.: **Proyecto sobre la creación de la Red Sísmica Interestatal Puebla-Tlaxcala**, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1987.

[13]Serrano L., R.; González P., G.: **Instalación de la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP)**, Rep. Téc. 85-2, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1985 (reproducido aquí mismo).

[14]Serrano L., R.; González P., G.: **Instalación de la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP)**, Rep. Téc. 85-2, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1985 (reproducido aquí mismo).

Modelado de sólidos por computadora

José Cristobal Sánchez-Mayendia*



Introducción

Este trabajo forma parte de mis investigaciones sobre lo que se llama con cierta frecuencia en las revistas especializadas en informática *arte por computadora*, expresión que por otra parte no está definida con demasiada claridad excepto en el caso de las aplicaciones de computadora a la *animación*, al *video* y en general a las Técnicas Cinematográficas. Muy pocas veces hacen referencia las publicaciones especializadas en Arte a expresiones artísticas salidas de un *hard-copy* o un *plotter* y que son en realidad dibujos que se pueden colgar en una galería como si de un cuadro se tratase.

Las imágenes que mostraremos son el resultado de intentar establecer una relación futura entre el arte y la ciencia. No puedo negar que el ser Profesor de Dibujo Geométrico y Perspectiva ha ejercido una importante influencia en mis Dibujos pero también creo que el conocimiento del Dibujo en 3D (3 dimensiones) por computadora sera el cimiento sobre el que estarán asentados los futuros logros de los artistas y cientificios que trabajan con este medio.

Nuestro propósito es establecer la filosofía general del Dibujo de Sólidos por computadora y sus posibilidades de futuro.

El núcleo central de este trabajo estará basado en algunas de mis experiencias en Dibujo por computadora en 3D, concretamente en *modelado de solidos*, con el paquete in-

* Facultad de Bellas Artes Universidad del País Vasco Leioa (Vizcaya) España

elementos núm. 14, año 4, vol. 2. Impreso en México

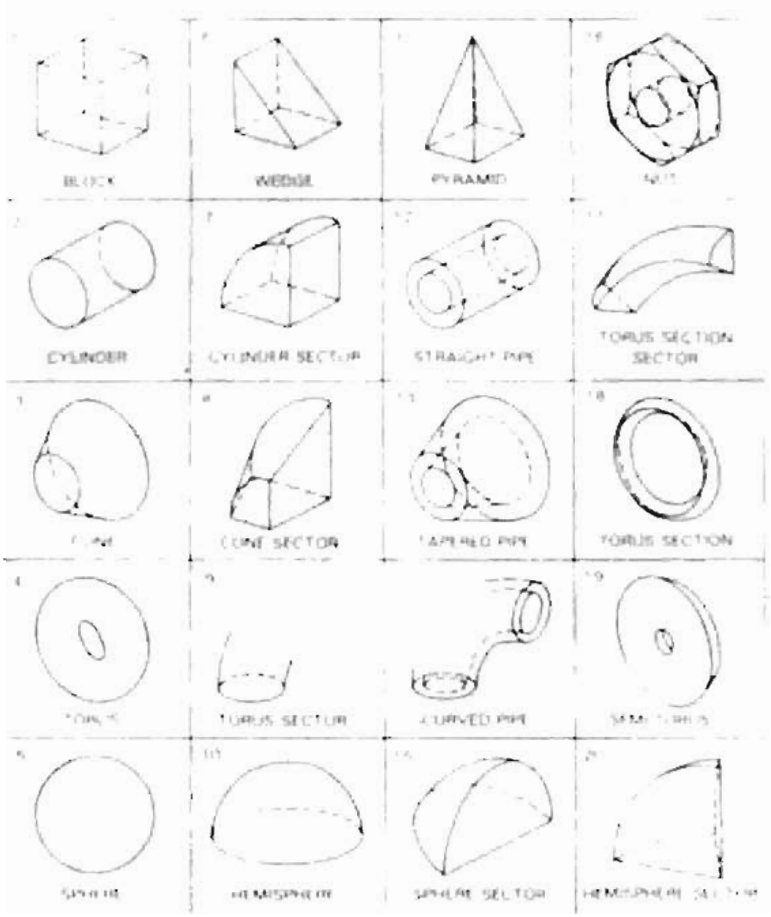


Fig. 1 Primitivas Standar del Paquete 3D. BOXER

formatico *BOXER* y computadora VAX-750.

El programa *BOXER* fué realizado por la Universidad de LIPTS (U.K.) y comercializado posteriormente por la compañía *Control Data*. Es un programa potente y junto con el paquete DOGS (2D) permite el paso de 2D a 3D y viceversa mediante el interface correspondiente.

La computadora VAX - 750 es un computadora multiusuario con posibilidad de trabajar hasta con 6 pantallas de alta resolución.

El problema que hemos tenido con dibujos complejos a sido su lentitud ya que 6 usuarios a la vez no permite a la C.P.U. gran velocidad.

Definición de solido representable

Es importante destacar que no todos los sólidos son representables. Un sistema modelador de sólidos debe ser capaz de distinguir los sólidos geométricamente correctos de aquellos que no lo son, y sólo debe permitir almacenar los primeros.

Se define como sólido representable el que cumple las siguientes condiciones:

1 Debe ser rígido; su forma ha de ser independiente de la posición espacial y orientación.

2 Debe ser finito, ocupando una porción finita del espacio.

3 Su superficie externa debe ser cerrada y orientable, ha de determinar sin ambigüedad qué parte es interior al sólido y qué parte es exterior.

4 Debe cumplir la ecuación de Euler:

$C + V - A = 2 + R = 2H$

C = número de caras
V = número de vértices
A = número de aristas
R = número de anillos interiores
h = número de agujeros que atraviesan el cuerpo

5 Toda operación geométrica (translaciones y rotaciones) o booleana (unión, intersección o diferencia con otro sólido) entre sólidos representables debe producir como resultado otros sólidos representables.

Reseña historica de los modeladores de solidos

Los modeladores de sólidos tuvieron hasta la década de los 80 una aplicación singular y aislada dentro del núcleo de CAD. Los costos del *softweare* eran muy elevados, con deficiencias en los programas y por lo que respecta al *hardweare* se necesitaban computadoras de gran potencia para soportarlos. Faltaba interactividad y con pobre interface para el usuario, así como ausencia de conexiones con otras aplicaciones. No trataban objetos delimitados para caras cilíndricas, cónicas y en algunos casos esféricas. En resumen podemos decir que las limitaciones eran grandes.

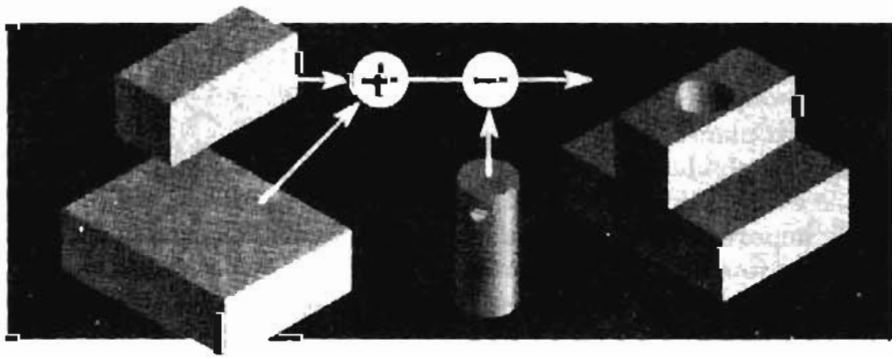
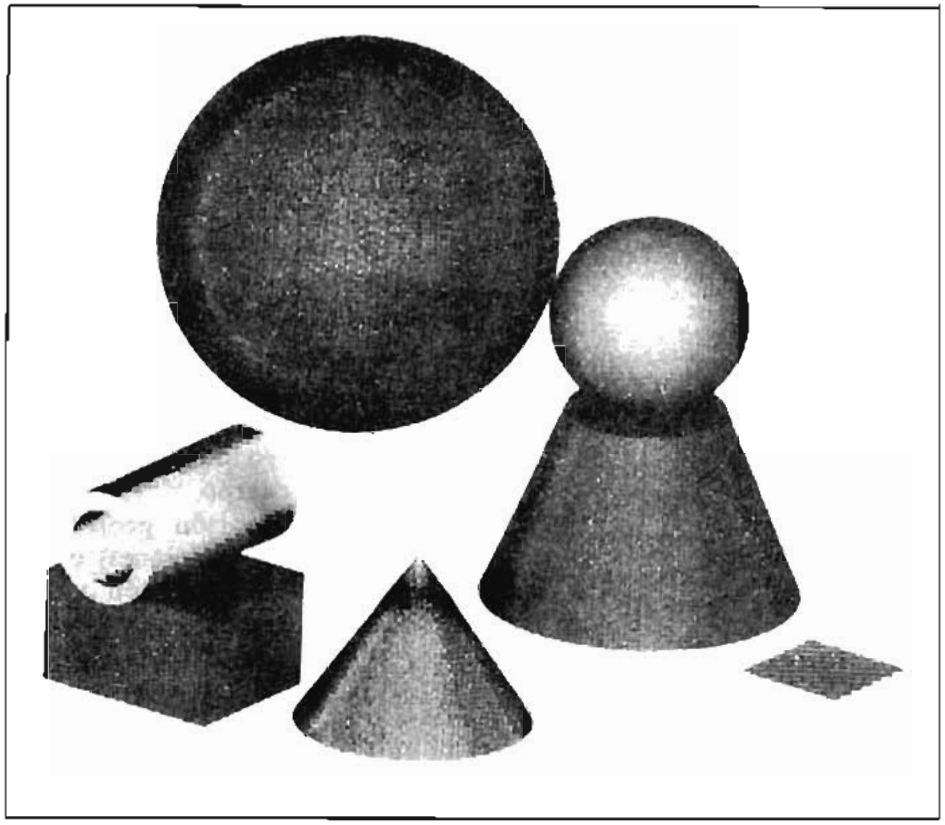


Fig. 2



Conjunto de Primitivas gráficas en 3D.

Si entendemos por presente lo que llevamos de la década de los 80 los modeladores de sólidos existentes no son perfectos pero se está en la línea de obtener mejores resultados para el DISEÑO en 3D, trabajándose en solucionar los problemas debidos a la poca compenetración existente entre el *software* y el *hardware*.

Para solucionar la ausencia de conexiones con otros programas se deben usar modelos sólidos con modelos existentes en forma alámbrica y de superficie. Los modeladores sólidos modernos utilizan una única base de datos e integran las diferentes aproximaciones al modelo (alámbrica, superficie y sólidos) en el mismo sistema.

En la actualidad los sistemas permiten tratar objetos delimitados a la vez por caras planas o cilíndricas y superficies esculpidas.

Se prevee unas inversiones cada vez más importantes en *Software* comparadas con el *Hardware* y en consecuencia un auge del modelado sólido en los años futuros. En esto se nota la influencia de las nuevas generaciones de programas de modelado sólido y la posibilidad de obtener estaciones de trabajo gráficas muy potentes a buen precio.

Características de los modeladores sólidos

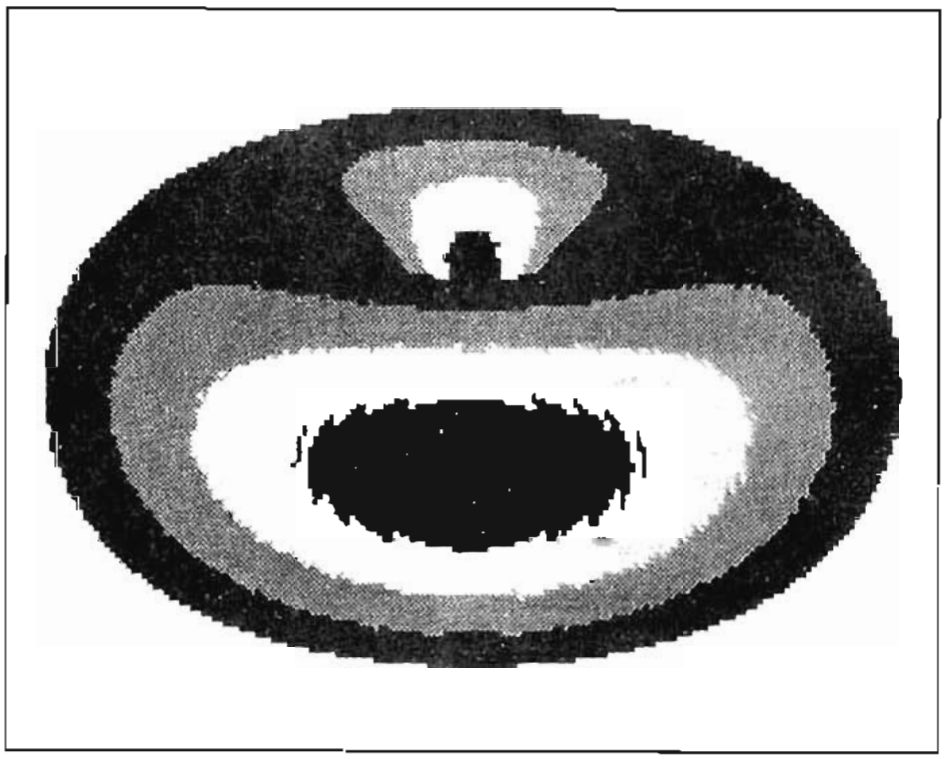
Al disponer del modelo sólido del objeto quedan reducidos otros errores de la etapa inicial del CAD ya que lo dibujos en 2D se obtienen casi automáticamente del modelo.

La presentación de planos e ilustraciones son producidas por sistemas de dibujo en 2D enlazadas con el modelador.

Casi toda la información que se necesita para definir un objeto está incluida en el modelo sólido. Además para su definición puede utilizarse información que luego se puede necesitar en otras etapas.

Las tareas de programación de control numérico (NC) pueden, al menos en teoría, ser realizadas automáticamente si se usan modelos sólidos.

Los verdaderos modeladores sólidos pueden determinar automáticamente propiedades del objeto tales como peso, centro de gravedad, volumen, radios de giro y momento de inercia.



Toro geométrico. En este dibujo hemos dado a las variables valores con objeto de obtener semejanza con una manzana.

Las secciones transversales se obtienen cortando el modelo, permitiendo así exponer detalles internos de una parte compleja.

Un conjunto de partes puede ser construido con computadora para asegurarse de que todas encajan como se había planeado.

El movimiento de conjuntos mecánicos puede ser realizado para chequear el funcionamiento correcto.

El estudio cinemático de partes móviles puede ser realizado con detección de interferencias en tres dimensiones.

La creación del modelo por elementos finitos (FEM) desde un sólido ha sido anunciado como el camino automático hacia el análisis por elementos finitos.

Idealmente, un programa de generación automática de mallas tomaría el modelo sólido como entrada, crearía un modelo por elementos finitos que pasaría posteriormente a analizarse para presentar los resultados en el sólidos.

Construcción geométrica de sólidos (CSG)

Con programas de CSG los modelos se construyen combinando bloques simples en 3D llamados primitivas. Las más comunmente usadas son: cubos, cilindros, conos, esferas y toros, etc. Fig 1.

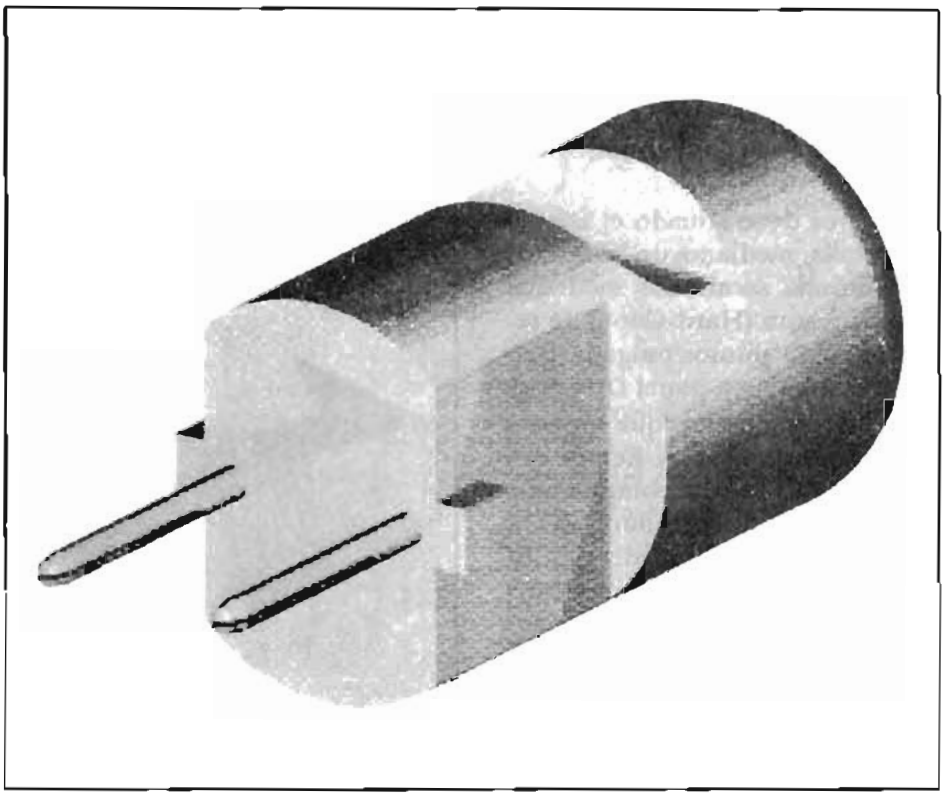
Dichas primitivas son combinadas utilizando operaciones boolenas. Fig 2.

En la práctica, el usuario define el tamaño y posición de las primitivas y luego aplica los operadores que necesite para obtener el objeto deseado.

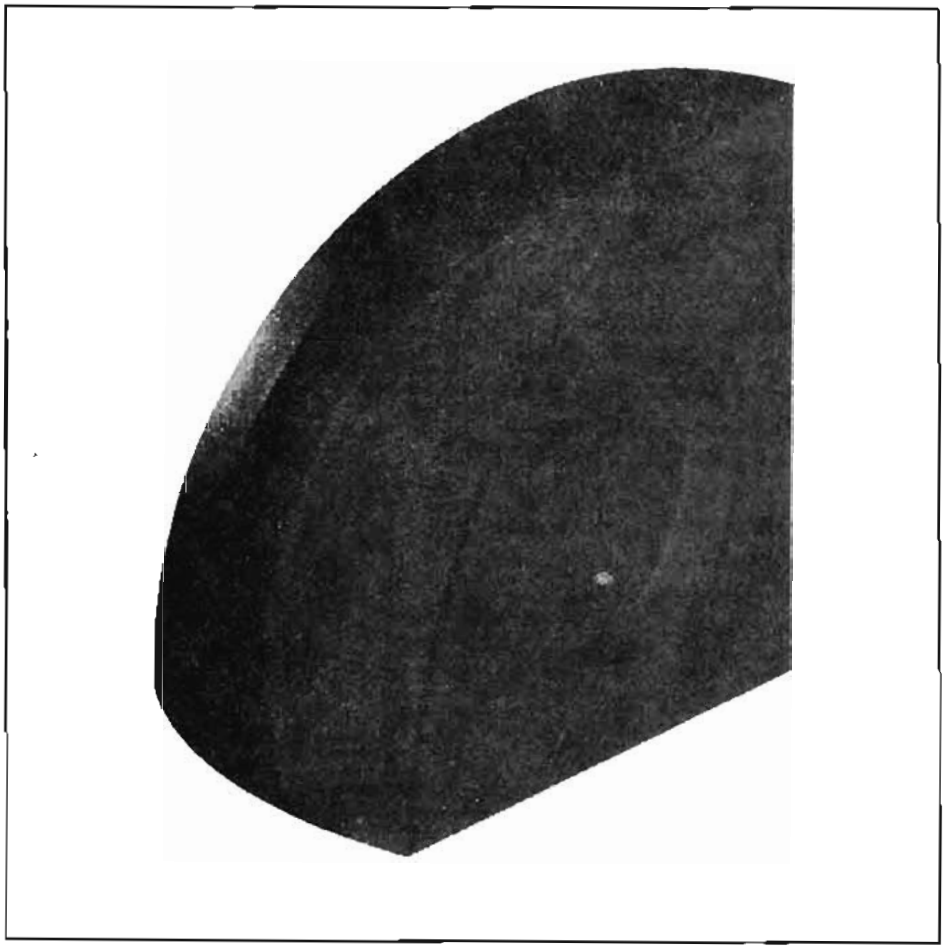
El modelo final irá cambiando mientras se vayan editando operaciones geométricas, permitiendo por lo tanto conocer cada uno de los pasos de creación del mismo.

Vamos a continuación a incluir en este apartado algunos dibujos modelados mediante operaciones boleanas.

El proceso seguido en el siguiente:



Enchufe

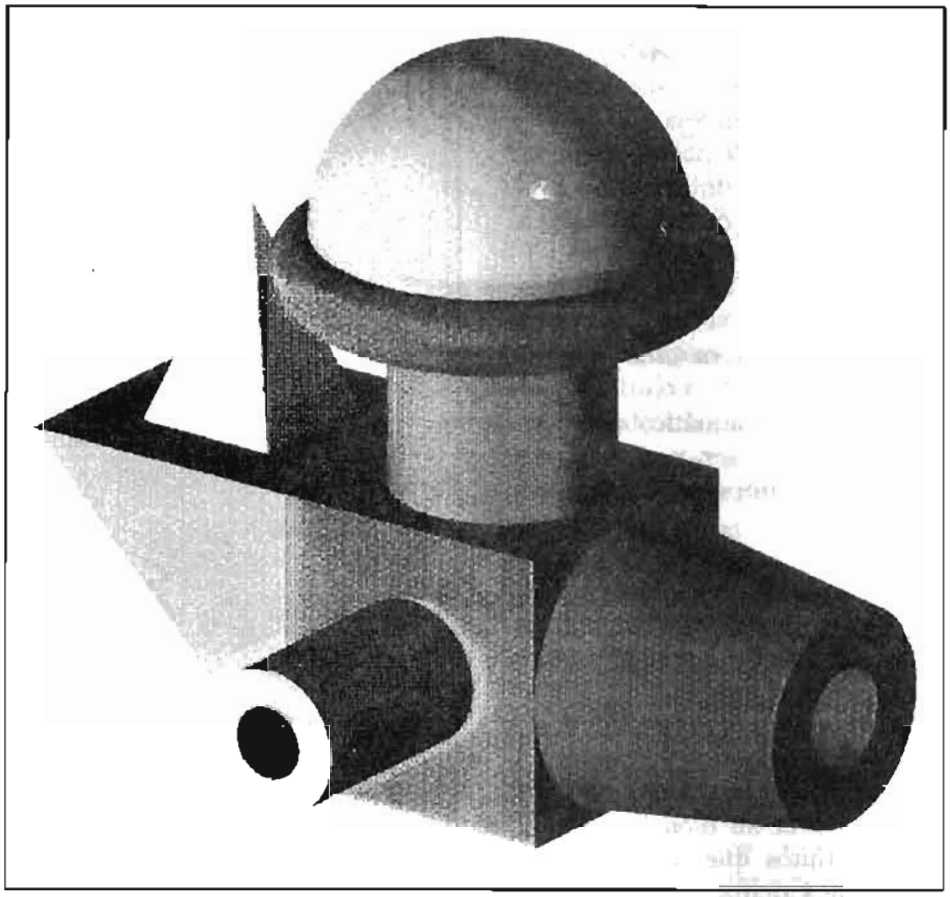


Intersección de un cuarto de esfera con tres cilindros

– Dibujo de las primitivas
– Unión e intersección de las mismas de acuerdo con un criterio preestablecido.
– Determinación de colores.

Una vez determinado el Dibujo en Pantalla, mediante un "volcado" de la misma sacaremos mediante una impresora (Hard-Copy) de resolución 200 puntos/pulgada cuadrada el dibujo en papel DIN A 4.

Es de hacer notar, que en cada una de estas imágenes hemos elejido el color de cada componente, su punto de vista y su iluminación pero no así el sombreado producido que viene directamente determinado por computadora. También es importante reseñar que los sombreados que producen la sensación volumen son exclusivamente sombras propias debidas a dos focos luminosos. El paquete informático no contempla la posibilidad de calcular sombras arrojadas.



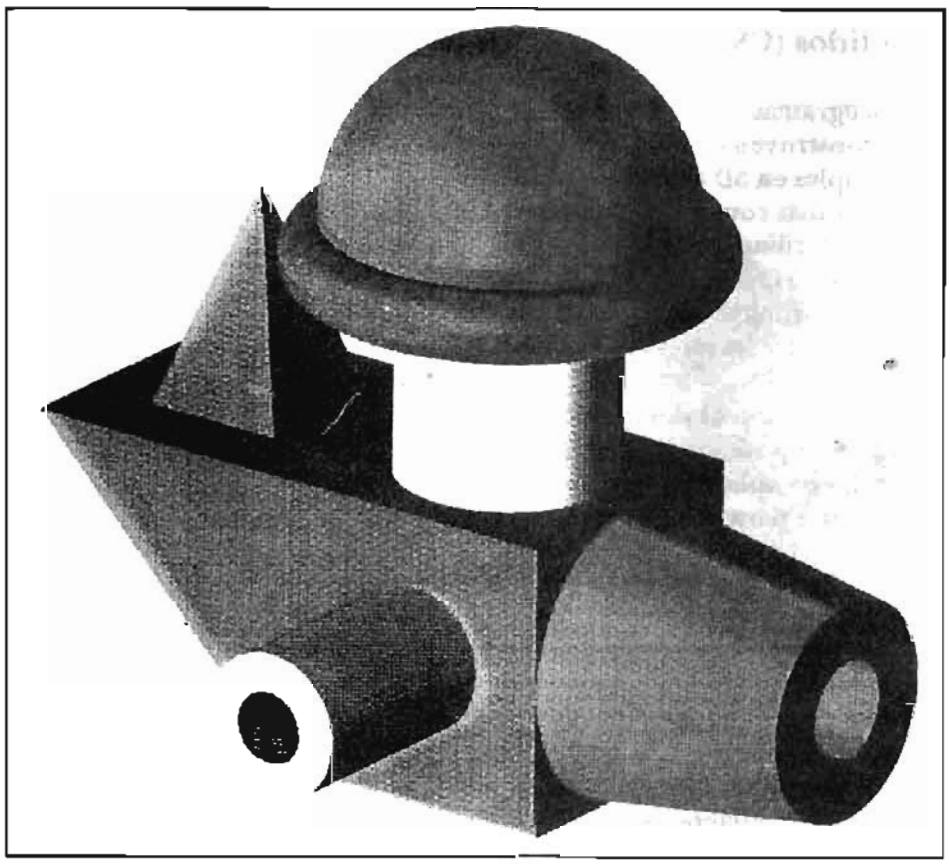
Proyecto escultórico

Conclusiones

En este trabajo hemos expresado la filosofía del Modelado Sólido ya que entendemos que el Dibujo y Diseño por computadora en 3D irán en esta dirección tanto para temas técnicos y científicos como artísticos.

Hemos puesto de manifiesto el método más frecuente para modelar sólidos (a través de primitivas gráficas del paquete informático que se use). Sin embargo, este método no es el único. Citamos a continuación otros metodos también experimentados y que constituirán el objeto de otros trabajos.

– Representación de los límites. Sistemas BREP.
– Giro de un contorno alrededor de un eje.
– Barrido de una superficie según una dirección.
– Representación mediante octrees.
– Primitive instancing.



En este dibujo hemos cambiado los colores y los focos de iluminación.

La transferencia tecnológica y sus problemas

R. Avakov

El progreso científico-técnico es uno de los principales factores duraderos del crecimiento económico tanto para las economías nacionales desarrolladas, como –quizá en una medida aún mayor– para las atrasadas. Sin embargo, el segundo grupo de países actúa como importador y consumidor de tecnologías que elaboran y exportan los estados industrializados. Es un problema importante que encierra dificultades que atraviesan hoy los países en desarrollo. Una cosa es cuando un país se desarrolla sobre la base científico-técnica propia, siendo creador de la tecnología nueva, y otra cuando un futuro científico-técnico depende de la afluencia de conocimientos e innovaciones del extranjero. La capacidad de producir conocimientos y tecnologías nuevos da ventajas al país en sus relaciones exteriores y científico-técnicas. Estas ventajas se vuelven factores del dominio y explotación, a menos que los principios de justicia e igualdad de derechos rijan las relaciones entre los socios.

Para los países en desarrollo el progreso científico-técnico se reduce, en esencia, a la importación, a la llamada entrega de tecnologías. Señalemos, a propósito, que el término "entrega de tegnologías" dudosamente se podrá considerar aceptable, ya que no refleja el carácter y la esencia de las relaciones entre los que "entregan" tegnologías y los que las "reciben". Estas relaciones no son igualables con una simple operación de compra-venta que se realiza voluntariamente y cuyo resultado no es sino el paso de la

propiedad tegnológica de unas manos a otras. En efecto, es una categoría que se caracteriza más –y ante todo– por las relaciones sociopolíticas y económicas, que por las relaciones de cambio.

En el mercado tecnológico de la economía capitalista mundial la posición dominante la ocupan las transnacionales, a las que corresponde más de las 4/5 partes de todos los suministros de las tecnologías extranjeras a los países en desarrollo. Por consiguiente, la cuestión del progreso científico - técnico de estos países está indisolublemente vinculada al carácter de sus relaciones con las transnacionales de los estados de Occidente. ¿Sobre qué base y principios se asientan estas relaciones? es una cuestión que tiene significado fundamental para comprender las peculiaridades del progreso científico-técnico en los países en desarrollo y dar características a las profundas contradicciones propias del proceso de entrega de tecnologías a estos países.

Contra la dependencia

La práctica mundial conoce diferentes modelos de progreso científico - técnico. Más, en cada uno de ellos siempre existen dos elementos entrelazados: la base científico-técnica propia y fuentes de conocimientos extranjeras. Los países en desarrollo precisamente viven un periodo en que se ven obligados a hacer hincapié, ante todo, en la atracción de adelantos científico-técnicos foráneos.

Por un lado, la orientación a la solución de los problemas del progreso científico-técnico mediante importaciones obedece a las posibilidades de los países en desarrollo en extremo limitadas y a un nivel bajo de su desarrollo. Muchos de ellos no poseen recursos científicos-técnicos necesarios ni siquiera para asegurar la aplicación de esta política forzosa, cuya realización debida es de por sí un problema complejo. Por otro lado,

no se puede arrancar de que los países en desarrollo están condenados a importar siempre tecnologías. En una perspectiva muy alejada tal política está preñada de ahondamiento aún mayor de su situación dependiente. No significaría otra cosa que adaptar el desarrollo del país a las condiciones que se crean en el mercado externo de los conocimientos científicos-técnicos, mercado en el cual, como se ha subrayado ya, predominan las transnacionales. En este sentido es muy elocuente el ejemplo de los países de América Latina que durante siglos orientaron su desarrollo a la importación de tecnologías extranjeras, no han logrado superar su atraso científico-técnico.

La estrategia adecuada

No es menos importante otro aspecto del problema: elegir acertadamente las tecnologías a importar. Es verdad, ¿qué tecnologías deben importar los países en desarrollo? Pues no toda innovación tecnológica puede considerarse avanzada desde el punto de vista económico. Sólo el índice de la eficacia económica determina lo progresivo que es. Veamos algunos aspectos de este problema que parecen ser importantes para los países en desarrollo.

El primer aspecto es el conceptual; se refiere a la estrategia de elección de la tecnología a importar, y en un plano más amplio, a la estrategia del proceso científico-técnico. ¿Qué línea maestra hay que elegir: la orientación obligatoria hacia tecnologías modernas o hacia las llamadas intermedias?

Por atractivas que fuesen las "tecnologías intermedias" que a primera vista corresponden más a las condiciones de los países en desarrollo, es dudoso que este tipo de tecnologías pueda servir de base estratégica, que pueda ser el principio fundamental de su progreso científico-técnico. Tal orientación condenaría a estos países a que mantengan y profundicen el atraso, al echarlos definitivamente al "patio trasero" del progreso científico técnico.

Desde el punto de vista conceptual, político y estratégico, teniendo en cuenta la perspectiva de asegurar la autonomía científico-técnica y la participación igual en la división internacional del trabajo, sólo la tecnología avanzada –no la intermedia– puede servir de orientación fundamental. Sin embargo, tal orientación no significa en modo alguno que otros tipos de tecnologías deban ser despreciadas y rotos. Se trata de otra cosa: sin olvidar la orientación principal –la política orientada hacia tecnologías modernas– hay que utilizar todos los medios tecnológicos existentes capaces de ayudar a resolver problemas socioeconómicos y científico-técnicos que afrontan los países en desarrollo.

El segundo aspecto se refiere a la necesidad de elegir las tecnologías teniendo en cuenta los intereses de los sectores de la economía nacional diferentes en lo social y lo económico, sectores no sólo modernos sino también los tradicionales. Es bien sabido que ninguna sociedad pueda desarrollarse normalmente si la desligación entre los sectores de la economía continuara aumentando. El atraso excesivo actual –que continúa agravándose–

de los regímenes tradicionales puedem en definitiva, frenar todo el desarrollo del país. Pero, ¿cómo hacerlos más susceptibles a lo nuevo y lo moderno, considerando que ellos tienden al conservadurismo? ¿Qué tecnología es capaz de "reavivar" estas estructuras, llevarlas en pos suyo e imprimirles el impulso al desarrollo? ¿Qué papel se reserva al Estado para asegurar el proceso de su renovación? Estos y otros muchos problemas requieren una gran atención y un estudio detallado.

Libertad de elección

Una condición indispensable para la elección acertada y racional de tecnologías a importar es la libertad de tal elección. Este es un ámbito en el que los países en desarrollo tropiezan con limitaciones y dificultades muy variadas.

En la entrega de tecnologías no se da primacía a las compañías nacionales de los países en desarrollo, sino a las sucursales de las transnacionales o a las compañías que éstas controlan. Así pues, las compañías nacionales reciben sólo una cuarta parte del valor de las tecnologías que importan estos países, mientras que el grueso de las importaciones corresponde a los suministros que se realizan dentro de las corporaciones. Otro elemento negativo son los numerosos abusos que se cometen en el marco de la notoria práctica limitadora de los negocios y que conducen a que estos países pierdan decenas de miles de millones de dólares, hecho que encarece el presupuesto, que ya es de por sí excesivo, destinado a importar tecnologías extranjeras. Este presupuesto tiende evidentemente a engrosar. Según algunas estimaciones, durante el periodo comprendido entre 1968 y 1981 éste aumentó en 90 veces, al alcanzar aproximadamente 140 mil millones de dólares. Los cálculos de especialistas soviéticos testimonian que el total de los gastos de los países del tercer mundo relacionados con la adquisición de los conocimientos científico-técnicos, incluidas todas las formas de experiencia en este ámbito, equivale a parte considerable de su PIB: hasta el 18%. Son demostrativos los pronósticos de la UNCTAD que a comienzos de la década del 70 supuso que las inversiones de los países en desarrollo para los objetivos señalados aumentarían, hacia finales del mismo decenio, hasta un 15% de finales del 60.

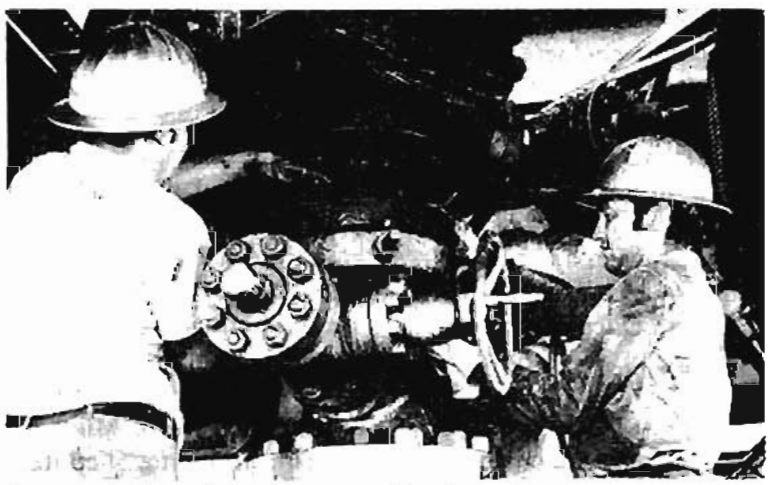
La deuda externa y su negociación han tenido consecuencias en los presupuestos destinados a la investigación tecnológica y científica.

El encarecimiento de los gastos de importación de tecnologías extranjeras –sobre todo los que se deben a pagos excesivos infundados– que las trasnacionales imponen a los países en desarrollo ha aumentado su endeudamiento; cosa que se volvió el problema más importante de la década del 80. El aumento de la deuda, en cambio, reduce cada vez más las posibilidades de la renovación científico-técnica de estos países. Se sabe que muchos de ellos se ven obligados a gastar más de una tercera parte de las ganancias provenientes de sus exportaciones en amortización de esta deuda, y algunos de estos países, hasta la mitad. Sin embargo, la situación ya se hace crítica cuando del 15% al 20% de las ganancias obtenidas de las exportaciones se destina a amortizar la deuda. En este contexto corren peligro directo los programas de la industrialización y del progreso científico-técnico de los países en desarrollo. En medio de la actual crisis que implica la deuda, el problema para los países más desarrolladas, de estimular tecnologías nuevas y exportarlas de manera más amplia se vincula muy estrechamente a la solución del problema de la deuda.

Autonomía científica-técnica

Las tecnologías se adquieren tan sólo cuando se han creado las condiciones sin las cuales éstas no pueden implantarse en la producción. El propio potencial científico - técnico de los países referidos es el que debe asegurar tales condiciones.

Pero, sólo pueden abrirse horizontes más amplios a la tecnología nueva, cuando se logra el nivel de autonomía científico-técnica.



La industria de los países del Tercer Mundo se ha caracterizado por exportar únicamente materias primas o recursos naturales sin un valor agregado

Esa autonomía significa que el país es capaz de cumplir dos funciones importantes, que además están entrelazadas:

• *aplicar la política de utilizar las importaciones de tecnologías extranjeras con fines de desarrollo*; aunque el país se limite sólo a una tarea restringida –la de resolver sus problemas mediante importaciones–, incluso entonces necesita una base científico-técnica propia;

• cumplir con la tarea más grande y compleja de *crear con los propios esfuerzos nacionales tecnologías nuevas*, así como realizar otros proyectos científico-técnicos independientes, incluidos los que no puedan hacerse realidad mediante importación de conocimientos extranjeros.

Las peculiaridades de la política que aplican los países en desarrollo en materia de importación de tecnologías se deben a toda una serie de circunstancias:

Primero, las diferencias en el clima y en las condiciones naturales y socioeconómicas plantean ante los países del tercer mundo problemas específicos, que no surgen y se desarrollan necesariamente en los países industrializados. Ninguna nación puede contar con que otros países y no ellas serán los que se dedicarán a la solución de sus problemas. Naturalmente, su elaboración no excluye varias formas de cooperación, incluidas las de nivel internacional. Sin embargo, el rumbo hacia la satisfacción de las necesidades específicas de los países en desarrollo mediante las importaciones no puede porporcionar en este caso concreto efecto deseable.

No puede prescindirse en este ámbito del propio potencial científico - técnico.

Segundo, la tecnología nueva creada en el extranjero no puede ser trasplantada automáticamente a los países en desarrollo; incluso cuando se han franqueado todas las barreras políticas, económicas y financieras. Hay que adaptarla a las condiciones nacionales. Con este fin, el país importador de tecnologías debe poseer recursos humanos capacitados, así como especialistas, científicos, y una infraestructura determinada de investigación científica.

Tercero, el progreso científico-técnico de cualquier país depende directamente de la cultura tecnológica y de producción, cultura inherente a sus recursos laborales.

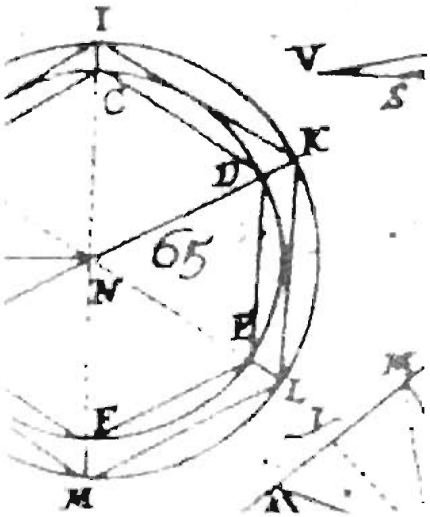
La transferencia de tecnología requiere necesariamente de una infraestructura científica para su correcta evaluación y aplicación.

Pero esta cultura no puede ser importada desde fuera; se crea en el propio país. Las importaciones de adelantos extranjeros contribuyen a ampliar y fortalecer el potencial científico-técnico nacional a condición de que el país importador tenga un nivel determinado de cultura tecnológica.

Cuarto, en los países en desarrollo el Estado desempeña un papel sumamente importante en el aseguramiento del progreso científico-técnico. Se dedica a estas actividades tanto de manera directa, creando el sector de Estado, como indirecta, cumpliendo toda una serie de funciones de organización, control, regulación y otras. Ese papel se debe a muchas circunstancias: la gran importancia que tiene el progreso científico-técnico para los destinos de una sociedad en desarrollo, la necesidad de movilizar para estos fines grandes recursos, la complejidad y el carácter multifacético de los problemas que surgen, etcétera.

La cuestión de la transferencia de tecnologías para los países en desarrollo no puede ser analizada y, menos aún, resuelta, en un marco puramente técnico. Miles de hilos atan este problema al contexto general de la superación del atraso económico y científico-técnico.

A Plena Luz



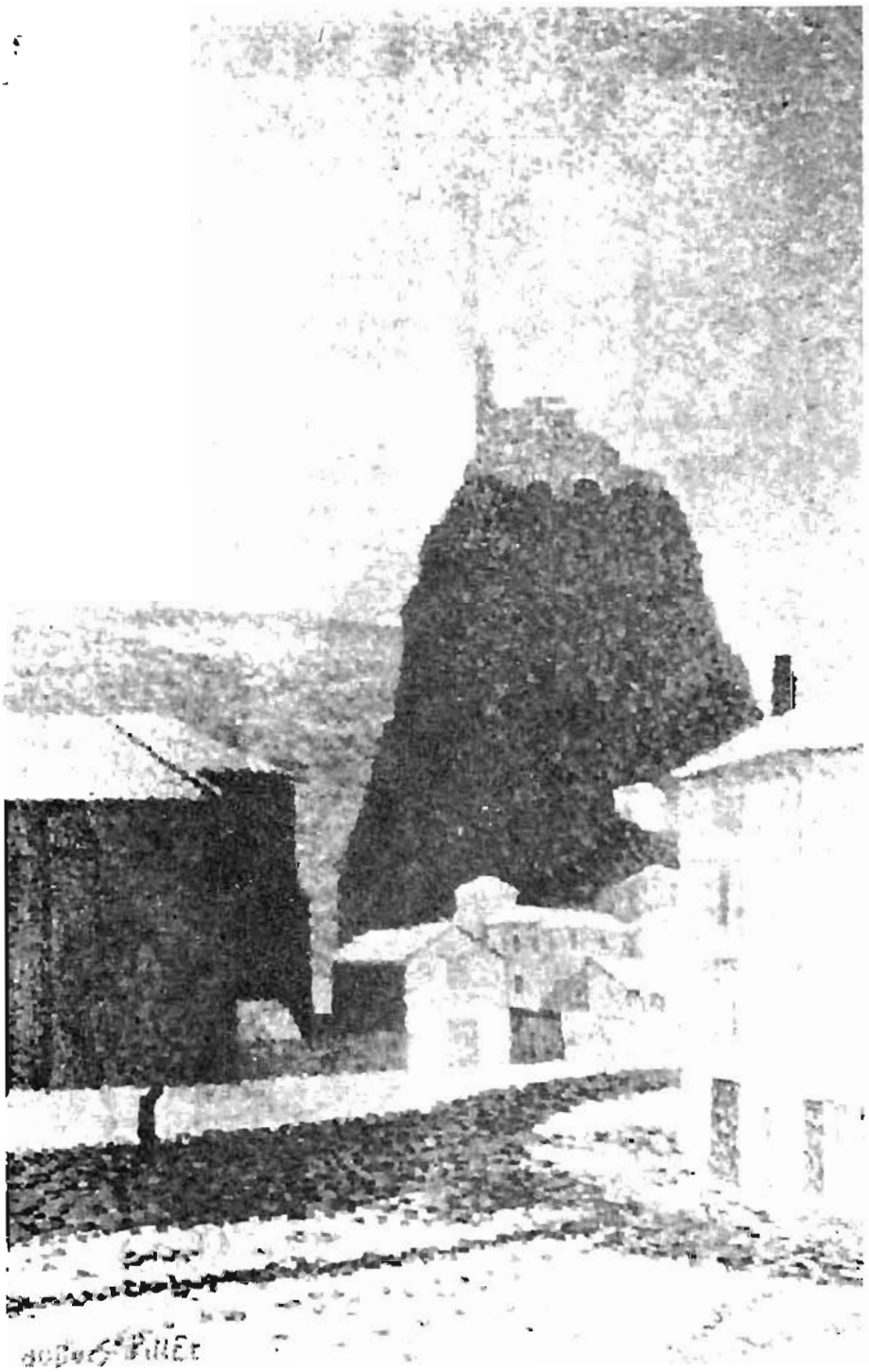
Con Isaac Newton el dominio del pensamiento teológico para explicar la naturaleza toca a su fin. De ese momento en adelante la observación, la matematización y la legislación del universo capacitan al hombre para conocer y dominar la naturaleza.

La historia de la ciencia y en particular la historia de la física nos pueden dar cuenta de que es precisamente el "intelecto comunitario", la mente colectiva, lo que ha permitido al hombre evolucionar a una velocidad impresionante comparado con otros animales.

La Revolución científica del siglo XVII debe entenderse en realidad como parte de la revolución intelectual que arrancó en el Renacimiento y la Reforma y que constituyó la base a partir de la cual se configura la nueva sociedad. Para un resurgimiento de una nueva revolución científica los regímenes totalitarios de izquierda o derecha sólo pueden constituirse en factores activos de su aborto.

Newton todavía esta ahí*

José Luis Olivárez Vázquez



55. Dubois-Pillet: *Saint-Michel d'Aiguilhe bajo la nieve*. Le Puy, 1889-1890. 60 × 36,5 cm. Le Puy, Musée Crozatier.

I

Los historiadores contemporáneos han transformado radicalmente nuestra interpretación de los sucesos del pasado. Su énfasis en escribir la historia de las sociedades como la relación inseparable de procesos económicos, políticos, geográficos e intelectuales ha descubierto para nosotros acontecimientos que, al paso de los siglos, permanecen hasta nuestros días. Inscritos en la historia, somos protagonistas de procesos de larga duración; recreamos en nuestras obras actos, tendencias, que han sobrevivido a violentas transformaciones del pasado. Estos saltos agitados –guerras, polémicas, catástrofes naturales– procesos de corta duración, nos ocultan aquello que, en medio de las irregularidades, continúa. Las ideas, en esta nueva historia, son parte de las sociedades y estas dos escalas de tiempo también están presentes en su historia.

El siglo XVII es protagonista de dos revoluciones; una industrial y otra científica. Sabemos ahora que estos acontecimientos no están desligados. La nueva ciencia es la ciencia del artesano, del ingeniero emprendedor y del comerciante calculador, tanto como la de las sociedades científicas y las universidades. Las ciudades, estas grandes concentraciones económicas, son también concentraciones de los medios técnicos y de los intelectos. En el principio, en la Inglaterra del siglo XVII, es difícil establecer la unidad, la relación inseparable que es-

* Artículo premiado con el segundo lugar en el concurso nacional "Newton '87", convocado por la SMF, revistas: *Ciencia y Desarrollo* y *Elementos*.

tas concentraciones tienen entre sí: es un proceso histórico de larga duración éste que nos permite ahora, en pleno siglo XX, entender la sociedad actual como una ligazón profunda entre las ciencias, las técnicas y las grandes concentraciones económicas que nacieron tres siglos atrás.

El momento culminante de esta revolución científica está marcado por la publicación de los *Principios matemáticos de la filosofía natural*, escritos por Isaac Newton hace exactamente tres siglos. Hablar de su influencia en el mundo actual significa destacar los elementos que, en un tiempo largo, han madurado y permanecido hasta nuestros días.

Conocer el mundo era, en el siglo XVII, un problema filosófico. Y, por eso, lo era también para las ciencias. En aquella época la filosofía, la ciencia y la tecnología eran una sola disciplina, fundida bajo un objetivo común: descubrir a Dios en la naturaleza. La pregunta por el conocimiento, por sus posibilidades, era la pregunta por el método: ¿Existe un método seguro, infalible, general, para descubrir los secretos de la naturaleza? Para Descartes, uno de los pensadores más importantes de la época de Newton, encontrar ese método infalible significaba construir una cadena de *causas* y *efectos* que nos llevase hasta la *causa primera*; es decir, Dios. Por eso, conocer era un problema: La naturaleza es Dios, *¿podemos los hombres, sus humildes criaturas, decir algo del Creador?*

Cuando Newton escribió los *Principios* tenía en mente este problema. Fue por ello que escogió como título para su libro éste que ahora conocemos (*Philosophiae naturalis principia mathematica*, escrito en latín) en vez de, simplemente, *Sobre el movimiento de los cuerpos*, como originalmente había pensado llamarlo. En su prólogo, el problema del método quedaba resuelto:

> **Presento este trabajo como los principios matemáticos de la filosofía, porque toda ella parece consistir en esto: a partir de los fenómenos del movimiento, investigar las fuerzas de la naturaleza, y después, a partir de esas fuerzas, demostrar los demás fenómenos (*Principia*. Prefacio).**

Es decir, el método de Newton consiste en extraer de los fenómenos del movimiento los principios matemáticos que lo explican, para después, razonando matemáticamente, demostrar que los fenómenos que observamos pueden entenderse correctamente.

Las polémicas que esta nueva filosofía desató durante el resto del siglo XVII y todo el siglo siguiente fueron numerosas y de contenidos muy diversos. Para pensadores como Leibniz, el descubrimiento newtoniano de la ley de la gravitación universal, incuestionable en relación a los propios fenómenos naturales que explicaba, era inaceptable por argumentos filosóficos: En la teoría de Newton, ¿cuál es la causa primera, Dios o la atracción? Newton nunca respondió directamente a las críticas filosóficas a su teoría. Sin embargo, sus comentarios marginales son muy reveladores:

Conocer es extraer de la naturaleza mediante la observación leyes generales y escribirlas matemáticamente.

> **El orden del Mundo debe ser efecto de un agente que actúa en todo momento de acuerdo a ciertas leyes; si este agente es material o inmaterial, lo dejo a consideración de mis lectores (Newton. *Correspondencia*).**

Lo que Newton entendía por *causas de movimiento* era completamente distinto de lo que se pensaba, generalmente, en su siglo. En su sistema, la causa primera es una ley que nos permite explicar ordenadamente los diversos fenómenos, es decir, el mundo y la naturaleza. Dios, tal y como lo pensaban sus contemporáneos, no está allí: en relación con la naturaleza, conocer significa extraer de ella –mediante la observación– sus leyes generales y escribirlas matemáticamente, éste es el límite y objetivo de su obra. De este modo conocemos el mundo. Pero Dios, que es la naturaleza, no es solamente la naturaleza: ¿Por qué las leyes son de este modo y no de cualquier otro? No lo sabemos y no podemos saberlo; la respuesta a esta pregunta queda, como dijo Newton, *a la consideración de los lectores*.

El alud de críticas filosóficas contra sus investigaciones hizo que Newton se viese obligado a incluir en la segunda edición de los *Principia* (en 1713, 26 años después) un *Escolio General*, en el cual intentó dejar en claro el lugar de Dios en su sistema, así como su fe en un creador supremo.

> **Hasta ahora –nos dice allí– hemos explicado los fenómenos de los cielos y de los mares mediante la fuerza de atracción de la gravedad, pero no hemos aún asignado causa alguna a esta fuerza.**

Y algunas líneas más adelante,

> **este hermoso sistema del Sol, los planetas y los cometas puede solamente proceder del consejo y el dominio de un ser inteligente y poderoso.**

Sin embargo, las cinco páginas al final de los *Principia* que constituyen este escolio, no fueron ni remotamente la respuesta final al problema que esta obra planteó para los filósofos. En este aspecto, Leibniz (crítico incansable de toda la obra newtoniana; creador, junto con el mismo Newton del cálculo diferencial; filósofo de una formación mucho más completa que la del primero) tenía razón: pese al *Escolio General*, el sistema newtoniano excluye la idea de Dios o, por lo menos, la idea que en el siglo XVII se tenía de él como la causa

primera de todos los fenómenos de la naturaleza.

Esta idea general de la ciencia, de su método y de sus posibilidades es absolutamente actual. De Newton heredamos, a través de tres siglos, tres certezas ahora incuestionables: los secretos de la naturaleza pueden descubrirse; el método newtoniano de conocimientos (la determinación de las leyes generales y la matematización de la explicación de esos secretos de la naturaleza) es el método de la ciencia; y el conocimiento científico no es el conocimiento de Dios y su relación con la metafísica es bastante lejana.

II

La obra newtoniana tardó más de cincuenta años de influir a la Europa continental. Este es el periodo en que la nueva interpretación de los antiguos problemas filosóficos que hemos resumido se asimiló a la cultura general europea. Durante este tiempo no hubo discípulos o seguidores que contribuyesen al desarrollo de sus ideas. Pese a esto, los principios de la mecánica habían quedado establecidos y sobrevivirían en lo esencial hasta nuestros días. En su formulación, Newton sintetizó los trabajos de –entre otros– dos grandes pensadores de su siglo: Kepler (el movimiento de los cuerpos celestes) y Galileo (el movimiento de los cuerpos en la tierra). La obra newtoniana, la teoría general del movimiento, es la primera gran unificación de conocimientos; la unidad de la física del universo y de la Tierra. Esta unidad establecida en los *Principia* es sinónimo de generalidad. El movimiento de un cuerpo, sea éste un planeta o una piedra que cae sobre la superficie de la Tierra, se representa por puntos y líneas en un espacio geométrico. Los puntos representan un cuerpo en general y el movimiento es el cambio de posición de ellos en el espacio y en el tiempo. Las propiedades de este espacio y este tiempo, también geométricos, son generalizaciones de nuestra intuición de lugar y de lo que llamamos antes y después. Esta construcción mental, sin embargo, no es suficiente para representar bien el movimiento de los cuerpos naturales. Necesitamos extraer de los fenómenos mismos relaciones y propiedades que les sean comunes e incluirlos en aquella. Estas son las leyes de Newton, lo que él llamó principios matemáticos de la filosofía natural. De Kepler y Galileo es la idea de formular matemáticamente estos principios. También es su herencia el haber escrito los *Principios* "en caracteres geométricos". Pese a que Newton había inventado el cálculo –su *método de fluxiones*– la presentación de todas las demostraciones matemáticas en su libro está hecha con geometría: el primer libro de la nueva ciencia es, en este aspecto, el último libro de la tradición geométrica fundada por los griegos.

La organización y el desarrollo de la teoría newtoniana en el lenguaje del cálculo diferencial fue obra de sus seguidores en el continente y se elaboró utilizando la formulación leibniziana del mismo. Esto, como ya mencionamos, sucedió setenta años después de publicados los *Principia*, ya en pleno siglo XVIII. Es la época de los Bernoulli, Leonhard Euler, D'Alembert, Lagrange y Laplace. La extensión de las ideas newtonianas a campos afines de la física es también su obra: fueron los creadores de nuevas formulaciones de la mecánica del cuerpo rígido, de los fluidos y de la estática. La aparición de la *Mecánica analítica* de Lagrange, casi exactamente cien años después que los *Principia*, marca un triunfo irreversible para el newtonianismo como filosofía y método

La obra newtoniana es la primera gran unificación de conocimientos: la unidad de la física del universo y de la Tierra.

de la ciencia. Esta obra contiene una exposición de la mecánica basada en principios matemáticos distintos de los newtonianos: los principios variacionales. Hacia 1788, casi nadie duda ya que la búsqueda de principios sea el buen camino hacia el conocimiento.

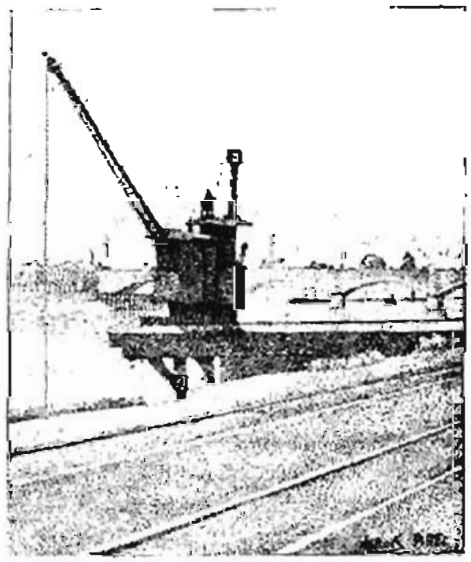
Este es también un siglo de renovación filosófica. Las críticas agresivas al newtonianismo por parte de los últimos exponentes de la filosofía teológica abrieron paso a un respeto extendido expresado por todos los pensadores de la Ilustración francesa; D'Alembert, Voltaire, Rousseau, Diderot y Montesquieu fueron, todos ellos, defensores y discípulos incansables de la obra de Newton. El rumbo de la filosofía cambió fuertemente. Los nuevos temas tenían su origen en la necesidad de explicar la *teoría del conocimiento* implícita en la nueva ciencia: ¿qué relación guarda este nuevo conocimiento de la naturaleza con su objeto, es decir, con la naturaleza misma?, ¿qué relación existe entre los conceptos de espacio y tiempo absolutos de Newton y el espacio y tiempo de la realidad? ¿A esta determinación de los principios le corresponde una determinación de la naturaleza? El siglo XVIII respondió con precisión a todos estos problemas. Su exponente principal no fue, paradójicamente, francés sino alemán: Immanuel Kant. Su *Crítica de la razón pura* es la exposición rigurosa de la fi-

losofía de Newton y los newtonianos, exposición que el primero no dejó sino en bosquejo. En palabras de Gaston Bachelard, *Kant dio a la ciencia newtoniana la filosofía que merecía, abriendo las puertas al desarrollo de los grandes sistemas filosóficos del siglo XIX. Después de él, la ciencia y la filosofía nunca más volvieron a estar tan íntimamente relacionadas.*

En el siglo XIX la permanencia del pensamiento newtoniano es mucho más difícil de destacar. Para la historia de las ideas, el crecimiento del conocimiento es tan colosal que toda síntesis está condenada a la parcialidad. El saber enciclopédico del XVIII se amplifica y regionaliza. Las matemáticas se desarrollan ya independientemente de la mecánica; lo mismo sucede con la filosofía y la historia. La física en su conjunto sufre transformaciones radicales: se establece ahora un vínculo mucho más poderoso con las técnicas y los procesos de producción. Aparece la mecánica de Hamilton y Jacobi, la teoría de las transformaciones canónicas de Poisson, las ecuaciones hidrodinámicas de Navier y la nueva polémica sobre los principios de la mecánica en la que intervinieron, entre otros, Kirchkoff, Hertz, Poincaré, Helmholtz y, muy particularmente, Ernst Mach. La ciencia inglesa, ajena por completo a la evolución y consolidación de la mecánica del siglo XVIII, ocupa una vez más un lugar fundamental en el XIX. Aparte de Hamilton, en lo que a mecánica se refiere, Maxwell publica su *Tratado de electricidad y magnetismo*, en muchos aspectos el equivalente en electrodinámica a los *Principia* para la mecánica. Este libro bien podría titularse, dentro de la más pura tradición newtoniana, *Los principios matemáticos de los fenómenos electromagnéticos*. De entre todos estos aspectos que relacionan la obra de Maxwell con la de Newton, nos importa destacar uno en especial: la unificación del conocimiento de los fenómenos eléctricos y magnéticos, como antes ocurrió en la unificación del

El primer libro de la nueva ciencia es el último libro de la tradición geométrica fundada por los griegos.

conocimiento de los fenómenos terrestres y celestes del movimiento. Pero en Maxwell la unificación es mucho más extensa, pues su teoría da cuenta, al mismo tiempo, de la óptica. También aquí, como en Newton, son principios matemáticos que explican una cantidad enorme de fenómenos. Con la fundamentación matemática del electromagnetismo, el horizonte de conocimiento de la física se expande enormemente, incorporando a su acervo una teoría cuyos principios



31. Dubois-Pillet. *Muelles del Sena en París*, 1888. Dibujo a pluma. Realizado para el catálogo de los XX. Se desconoce su paradero.

y objetos de estudio son distintos de los de la mecánica, si bien pronto comparte con ésta el papel de teoría básica. El siglo XIX es también responsable, debido sobre todo a los trabajos de Boltzmann, de la creación de la mecánica estadística, es decir, el estudio del movimiento de sistemas compuestos por un número muy grande de partículas. En ella encontraremos la primera incorporación de las teorías probabilísticas como principios matemáticos de descripción de los fenómenos.

Esta expansión vertiginosa, dijimos, regionaliza el conocimiento. La *Enciclopedia* francesa se convierte en enciclopedias de saberes muy diversos. La sociedad del siglo XVII, aquella de las ciudades, el comerciante, el sabio y el artesano, se ha convertido en el siglo XIX en la sociedad de las naciones, la infinita riqueza material y la industria a gran escala. El conocimiento de la naturaleza no requiere ahora de argumentar sobre sus posibilidades; es un conocimiento activo que ahora puede dominarla. Este dominio de los procesos naturales que descansa en su conocimiento era en la época de Newton una posibilidad; ha sido la obra de dos siglos convertirlo en una realidad a escalas extensas.

Esta es, quizás, la herencia mayor que el siglo XIX ha dejado al siguiente. Cuando el newtonianismo dio respuesta a la pregunta por el método de la que hablamos al principio, tenía en sus manos, como un argumento más, el hecho de que realmente había explicado algunos fenómenos, lo cual abría la posibilidad de agrandar ese horizonte. Hacia el siglo XIX esta posibilidad se había hecho realidad: la expansión del conocimiento no era más una promesa, era un hecho. Algo similar sucedió con las preguntas filosóficas del XVIII respondidas por Kant. En el siglo XIX la relación entre conocimiento y naturaleza era ya evidente, pues el conocimiento de la naturaleza desarrollado hasta entonces podía ya controlarla: la pregunta por su relación estaba ya respondida en los hechos.

III

En el siglo XX comienza, para la física, en 1905. Albert Einstein publica sus trabajos sobre el concepto del fotón y la teoría especial de la relatividad. En el primero de ellos, el descubrimiento de Planck (relacionado con la teoría de la radiación del cuerpo negro) de que la energía radiada es emitida y absorbida en cantidades discretas,[1] se

17. Van Gogh: Vista de Montmartre. París, 1887. 95,9 × 120 cm. Amsterdam: Stedelijk Museum

propone como un descubrimiento general.

Muy pronto, la física del XIX encuentra problemas al tratar de describir los nuevos fenómenos del mundo microscópico con los principios de las teorías básicas que ha descubierto. En el estudio de Planck se conjugan argumentos estadísticos, electromagnéticos y mecánicos; el resultado que de esto se obtiene es paradójico. En palabras de Einstein, la descripción ondulatoria propia del electromagnetismo es radicalmente distinta de la corpuscular, propia de la mecánica en general y de la, recientemente descubierta, mecánica estadística en particular. El problema no es nuevo: el estudio de la luz, que se remonta una vez más a Newton (su segundo gran libro es la *Optica* o *Tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*, publicado en 1701), había participado también de esta paradoja. En Newton la suposición básica es que la luz está compuesta de pequeñas partículas. La óptica que se desarrollará después y que quedará incorporada a la electrodinámica de Maxwell, descubre que la luz es una onda que se propaga en el espacio. Ésta es entonces la paradoja: ¿Es la luz un haz de corpúsculos discretos o una propagación continua de energía (en forma de ondas) en el espacio? La interpretación ondulatoria tenía, hasta Einstein, muchas ventajas sobre la corpuscular, pues todos los fenómenos descritos por la segunda podían ser descritos también por la primera, pero no a la inversa. El descubrimiento de Plank, y después de él de muchos otros, ofrecía ahora a la segunda interpretación experimentos, fenómenos que la primera no podía explicar. La respuesta de Einstein al problema es: la luz se propaga como una onda de acuerdo a la teoría electromagnética pero su emisión y absorción, es decir, su interacción con la materia, se describe por medio de partículas portadoras de cantidades discretas de energía: los fotones. Esta dualidad onda-corpúsculo, elevada a principio general del conocimiento, al ser desarrollada hasta sus últimas consecuencias dará origen veinte años después a la mecánica cuántica, sobre la que volveremos más adelante. Por lo pronto dejemos claro que la respuesta de Einstein tiene también como motivación profunda la búsqueda de la unidad en los conceptos. Ha incorporado a la teoría de Maxwell conceptos mecánicos: los fotones "chocan" con la materia como partículas y en su interacción satisfacen leyes mecánicas.

La Crítica de la razón pura *de Kant es la exposición rigurosa de la filosofía de Newton.*

El segundo de los trabajos de Einstein, la *Teoría especial de la relatividad*, comparte la misma motivación profunda con el primero. Ahora la paradoja se refiere a otro aspecto donde las teorías de la mecánica y el electromagnetismo son diferentes: las transformaciones entre sistemas de referencia inerciales diversos; el modo en que distintos observadores de un mismo fenómeno, ubicados en distintos lugares del espacio y que se mueven a velocidad constante entre sí, pueden hacer corresponder sus observaciones. En la mecánica de Newton estas transformaciones son sencillas, porque se ha supuesto un espacio y un tiempo absolutos, es decir, únicos, inmóviles y eternos. Sin embargo, cuando aplicamos estas transformaciones en la teoría electromagnética los resultados que obtenemos no son correctos: las leyes para comparar observaciones de fenómenos electromagnéticos realizadas en distintos lugares del espacio no son las transformaciones galileanas, sino las llamadas transformaciones de Lorentz. Einstein propone entonces: los conceptos mecánicos de espacio y tiempo absolutos deben reemplazarse por el de una velocidad absoluta, la velocidad de la luz. Si aceptamos este hecho, que los experimentos de la época casi hacían ya evidente, y lo elevamos a principio general de nuestra teoría, entonces las transformaciones correctas son las de Lorentz y la mecánica, como la electrodinámica, debe obedecerlas. Esta es la teoría especial de la relatividad, cuyo fruto principal es la reformulación relativista de la mecánica. Esta reformulación toca las bases mismas de la construcción newtoniana al concebir el espacio y el tiempo, en que los objetos se mueven, de un modo muy distinto.

Hacia 1716 Einstein aborda un tercer aspecto relacionado con la obra de Newton, al presentar su

Teoría general de la relatividad, la reformulación moderna de la teoría newtoniana de la gravitación: la causa de la ley de la gravitación está en la geometría del espacio en que vivimos. Aquí el vínculo con la obra de Newton es muy grande, pues esta nueva teoría responde al problema que Newton quiso resolver en el *Escolio* final de sus *Principia* en términos de Dios, como hemos mencionado.

La mecánica cuántica, que nació con Plack y Einstein y se formuló en 1725, complementa y generaliza el trabajo del segundo sobre el fotón. Einstein incorporó conceptos mecánicos a la teoría ondulatoria maxwelliana; la mecánica cuántica procede a la inversa: incorpora conceptos ondulatorios a la mecánica. Los principios matemáticos de esta nueva teoría son, como en la mecánica estadística, probabilísticos.

Con la relatividad de Einstein la luz pasa de ser un fenómeno de partículas a ser una dualidad de onda-corpúsculo. El espacio y tiempo absolutos de Newton se reemplazan por una velocidad absoluta y queda establecido que la causa de la ley de gravitación radica en la geometría del espacio.

Las discusiones sobre su contenido nacen con la teoría misma: ¿Es causal la interpretación probabilística de las funciones que describen el movimiento de las partículas en el nivel microscópico?, ¿sobrevive aún este aspecto tan ligado al newtonianismo? Nuestro siglo ha respondido sólo parcialmente a estas preguntas.

Vista en conjunto, la física contemporánea se presenta como el desarrollo del newtonianismo llevado a sus consecuencias más radicales: todos los aspectos básicos de su obra han sido reinterpretados y criticados. Sin embargo, *Newton todavía está allí*. La mecánica relativista rodea a la mecánica clásica; basta considerar en sus ecuaciones la velocidad de la luz como infinita para reencontrar las formulaciones de esta última. Lo mismo sucede con la mecánica cuántica: haciendo cero la constante de Plack, restituimos la continuidad, recuperamos el universo clásico. Ha sido frente a los nuevos fenómenos del mundo microscópico que la física ha requerido expandir los conceptos newtonianos; pero la explicación de todos aquellos problemas que ya conocíamos forma parte de estas teorías. Éste es el sentido último de la unidad que hemos destacado aquí: la coherencia interna de la física, la relación dinámica entre sus conceptos, descansa sobre el saber acumulado a lo largo de su historia y como en la obra de Newton, esta unidad es sinónimo de generalidad.

También en nuestro siglo, como en el XIX, el conocimiento y la técnica están íntimamente relacionados. El circuito que va sin cesar, en el pensamiento científico de la teoría a la técnica y de los resultados técnicos nuevos a las refundiciones teóricas, se sucede ahora vertiginosamente: los conocimientos se transforman con celeridad en instrumentos, y a través de ellos abrimos nuevas trayectorias para el pensamiento. Nuestras sociedades se mueven poniendo en acción las tres certezas newtonianas maduradas por tres siglos: **El impulso del pensamiento científico en sus formas contemporáneas se revela como una solidaridad del genio y de la técnica. La naturaleza es entonces dos veces vencida; vencida en su misterio y vencida en sus fuerzas. El hombre ordena la naturaleza poniendo a la vez orden en sus pensamientos y orden en su trabajo.**

75. Gauguin, *Vida de Pont Aven*. Fechado en 1888. 66 × 100 cm. Universidad de Birmingham, Barber Institute of Fine Arts.

BIBLIOGRAFÍA

Bachelard, G. *La actividad racionalista de la física contemporánea*, Ed. Siglo XX, Buenos Aires, 1975.

Morris, D., *The Reenchantment of the world*, Cornell Univ. Press, Ithaca y Londres, 1981.

Cassirer, E., "El problema del conocimiento en la filosofía y la ciencia contemporánea", *Filosofía de la ilustración*, FCE, México, 1975.

Descartes, R., *Meditaciones metafísicas con objeciones y respuestas*, Alfaguara, Madrid, 1977. *Histoire de la Mecanique*, Editions du Griffon, Neuchatel, 1950.

Forman, P., *Cultura en Weimar, casualidad y teoría cuántica: 1918-1927*, Alianza, Madrid, 1981.

Leibniz, G., *Monadología*, Aguilar, Madrid, 1980.

Mach, E., *The science of mechanics: a critical and historical account of its development*, Open Court, LaCalle, EU, 1960.

Newton, I., *Mathematical principles of natural philosophy*, Univ. of California Press, Berkeley, 1962. *Optica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*, Ed. Alfaguara, Madrid, 1977.

Hall, A. R., *From Galileo to Newton*, Nover, New York, 1981.

Los hacedores de la física

Jorge A. Ludlow Wiechers*
M. Angeles Paz-Sandoval**

179. Toulouse-Lautrec: *Mujer al piano* (Mlle. Dihau). Fechado en 1890. Oleo sobre cartón, 68 × 48,6 cm. Expuesto con los Independientes en marzo de 1890. Albi, Musée Toulouse-Lautrec.

El deseo de aprender

Dos factores determinan la creación de la ciencia: la capacidad de aprender y la curiosidad.

El deseo de conocer y de aprender ha sido siempre una característica del ser humano, siendo la comprensión de distintos fenómenos de la naturaleza un haz de luz que contribuye a clarificar y entender cada vez más el mundo que nos rodea.

Esta información aprendida tiende a conservarse y aún más, a ser sistematizada para que se disemine en la colectividad, siendo esta la función de la cultura, la cual conlleva a un cambio irreversible mientras la sociedad no pierda su memoria.

Uno de los atributos básicos del sistema nervioso es su capacidad de aprender. La comunicación de ideas, conceptos y experiencias entre seres sociales ha contribuido a generar un cambio fundamental en el proceso evolutivo de las especies animales, ya que ha permitido que la experiencia individual pueda afectar el comportamiento de otros miembros del grupo.

Al compartir ideas, el hombre puede sumar las habilidades de su grupo, lo que permite que los logros de la inteligencia individual sean utilizados por toda la sociedad. En la cultura humana, esto ha llevado a la creación de lo que podríamos considerar el "intelecto comunitario". Y es precisamente

* Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, México, 02200 DF.

** Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN, Apartado Postal 14-740, México, 0700 DF.

elementos núm. 14, año 4, vol. 2. Impreso en México

esta mente colectiva la que ha permitido al hombre evolucionar a una velocidad impresionante comparada con otros animales.

En la actualidad la humanidad vive una verdadera explosión del conocimiento. El avance de la ciencia está cambiando al mundo en forma irreversible. Se requiere investigación científica de calidad, lo cual exige la utilización máxima de las capacidades mentales para entender la información existente, separar la información relevante de la irrelevante, integrar esta información en un marco conceptual llamado usualmente el *modelo* más amplio y así poder predecir comportamientos específicos de algún sistema de análisis. *Con el modelo se mira al mundo*. El desarrollo del pensamiento sistemático y del hábito de estudio es algo que sólo puede aprenderse con la práctica y por quien lo hace por sistema. La investigación científica *obliga*, al investigador, en forma activa, al hábito de pensar y razonar.

En cuanto a la curiosidad podemos decir que es el imperativo deseo de conocer y es característica de algunos seres vivos.

Una planta por muy desarrollada que parezca no siente curiosidad por su medio ambiente, al menos no en forma que podamos reconocer. Toma lo que buenamente puede del viento, la lluvia y el sol para sobrevivir.

En contraste, existen organismos que han desarrollado ciertos movimientos independientes, significando un gran avance en el control de su medio ambiente y el inicio de ellos en el mundo de la aventura y de la curiosidad. Por ejemplo, un roedor curioso descubre más fácilmente en dónde está su alimento, con esto tiene una ventaja relativa frente a otros animales que no curiosean y "sufren más" para obtener su alimento.

Es bien sabido que la capacidad de recibir, almacenar e interpretar los mensajes del mundo externo puede rebasar la pura necesidad; de hecho los organismos superiores, una vez satisfechas sus necesidades primarias, siguen mostrando un claro deseo de explorar el medio ambiente. Cuando más evolucionado es el cerebro (por ejemplo los changos), mayor es el impulso a explorar. El cerebro humano es la más estupenda masa de materia organizada y su capacidad de recibir, organizar y almacenar datos supera ampliamente los requerimientos ordinarios de la vida. Se ha dicho que un ser humano durante su vida puede llegar a recibir más de cien millones de datos de información.

Este deseo de conocer encuentra su primera expresión en respuestas a las necesidades prácticas de la vida humana: cómo tener las mejores cosechas, cómo diseñar de manera óptima una vasija, cómo mejorar la vestimenta de acuerdo a las necesidades climatológicas, etc.; todo ello relacionado con las artes aplicadas. ¿Pero una vez dominadas estas tareas qué ocurre? Inevitablemente, el deseo de conocer impulsa a realizar actividades menos limitadas, más complejas.

Surgen preguntas sin una necesidad práctica, como ¿por qué cae una piedra?, ¿a qué distancia se encuentra la ionosfera y la extratosfera?, etc. Afortunadamente, siempre ha habido personas que se han interesado por preguntas aparentemente inútiles (*ya que tienen más curiosidad*) y han tratado de aprender, por el puro deseo de conocer.

Los inicios

Remontándonos un poco en la historia, podemos encontrar gente interesada en el ejercicio intelectual. De manera breve, trataremos de dar un panorama del desarrollo de la ciencia haciendo énfasis en el por qué de la ciencia y el por qué ésta no es obra de individuos aislados, sino producto de una comunidad científica. Asimismo mencionaremos las diferentes formas en que podemos llegar a conocer, sus ventajas y desventajas.

Podemos conocer algo a través de una idea universal, este método es conocido como deductivo (*de lo general a lo específico*); y podemos conocer a través de un experimento, a este último se le conoce como método inductivo (*de casos específicos se abstrae el modelo general*).

Los griegos se caracterizaron por el uso del método deductivo como forma de estudiar el universo. Tuvieron grandes éxitos en el desarrollo de la Geometría, debido a su buena y habitual capacidad de abstracción y generalización. Sin embargo en parte por medio de Aristóteles, llegaron a cometer dos serios errores: primero, llegar a considerar a la deducción como el único medio respetable de alcanzar el conocimiento, y segundo, extrapolar el método a otras ramas del conocimiento, suponiendo que éstas podrían desarrollarse a partir de "principios o verdades absolutas" como en el caso de las matemáticas.

Por lo anterior se tomaron en astronomía como "principios absolutos" las nociones de que:

1) La Tierra era inmóvil y al mismo tiempo el centro del Universo.

2) En tanto que la Tierra era corrupta e imperfecta, los cielos eran inmutables y perfectos. Dado que los griegos consideraban al círculo como la curva perfecta y teniendo en cuenta que los cielos eran también perfectos, dedujeron que todos los cuerpos celestes debían moverse formando círculos alrededor de la Tierra.

Con el tiempo, sus observaciones (procedentes de la navegación y del calendario) mostraron que los planetas no se movían en círculos perfectos y, por tanto, se vieron obligados a considerar que realizaban tales movimientos en combinaciones cada vez más complicadas de círculos (denominados epicíclos), lo cual fue propuesto por Ptolomeo. Igualmente, Aristóteles elaboró caprichosamente teorías acerca del movimiento a partir de principios "evidentes por sí mismos", tales como la

afirmación de que la velocidad de caída de un objeto era proporcional a su peso (cualquiera veía que una pluma cae más lentamente que una piedra, lo cual "hacía al principio evidente", en realidad es una ausencia de un método crítico de conocimiento).

Por los años 1250 los hombres decidieron aplicar el pensamiento griego a campos diversos. Los pensadores del Renacimiento aportaron una nueva perspectiva a la filosofía natural de los griegos, perspectiva no demasiado satisfactoria para los viejos puntos de vista.

En 1543 el clérigo polaco y astrónomo por afición, Nicolás Copérnico (1473-1543) publicó un libro en el que fue tan lejos que llegó incluso a rechazar un principio básico de la astronomía de su época: afirmó que el Sol, y no la Tierra, era el centro del Universo (sin embargo, mantenían aún la noción de las órbitas circulares para la Tierra y los demás planetas).

El nuevo principio, conocido como teoría heliocéntrica del sistema solar, permitió una explicación mucho más simple de los movimientos observados en los cuerpos celestes. El "atentar" contra la teoría griega de una tierra inmóvil, condujo a un retraso en lograr la aceptación de esta nueva teoría copernicana casi un siglo después. El sistema copernicano *representaba un cambio crucial*, ya que modificaba una piedra angular de la cultura de su época; aunque para nosotros, simplemente se cambió un principio por otro. Pero el hecho de cambiarlo influyó profundamente el pensamiento. La revolución iniciada por Copérnico suponía no sólo el cambio de principios, sino que representaba también un enfoque nuevo de la naturaleza.

Un gran paso hacia adelante lo dio Kepler (1571-1630) quien estudiando (curioseando y aprendiendo) los movimientos ya observados por Copérnico, descubrió que las órbitas circulares, como modelo para explicar el movimiento, no aclaraba los periodos de primavera, verano, otoño e invierno. Así, el modelo no justificaba la experiencia objetiva adecuadamente y Kepler llegó a la conclusión de que las órbitas eran elípticas, ocupando el Sol uno de los focos.

Además estableció que el área descrita en un tiempo dado por un radio que une al Sol con un planeta es constante para ese planeta. Finalmente, determinó que la razón del cuadrado del tiempo de revolución al cubo de la distancia media al Sol es la misma para todos los planetas.

Las nuevas leyes de Kepler constituían una ruptura radical con el pitagorismo un tanto liberal que había guiado las investigaciones de Copérnico. Kepler rompe con las complejidades epicíclicas de Ptolomeo y con la necesidad de pensar en movimientos uniformes en las diferentes órbitas de los planetas (cuando los planetas se hallan más cerca del Sol, se mueven con mayor rapidez que en las partes más lejanas).

Ya que la evidencia empírica mostraba gran afinidad con los modelos propuestos, quedó obligada una crítica al método de conocimiento, con la cual Copérnico y Kepler destronaron a la escuela de los antiguos sabios. Esto obligó a los hombres a reconocer que era arriesgado razonar sin tener en cuenta los hechos: se hizo un primer cambio del método deductivo (decidir el mundo desde el escritorio) a favor del método inductivo (haciendo específicas y repetidas observaciones y luego armando el rompecabezas para ver qué nos dice la realidad).

El proceso de incrementar el conocimiento contiene dos partes: el formular ideas claras y sujetarlas a un juicio de validación: el experimento. Así, por un lado es peligroso ignorar las experiencias, por otro, una ciega aceptación de las mismas puede resultar tan nociva para la ciencia como las más absurdas especulaciones.

La fundación

Uno de los grandes fundadores de la ciencia moderna es Galileo Galilei (1564-1642), cuya revolución consistió en situar a la inducción por encima de la deducción, como el método lógico de la ciencia. En lugar de deducir conclusiones a partir de una supuesta serie de generalizaciones, el método inductivo toma como punto de partida las observaciones, de las que derivan las generalizaciones. Actualmente el científico moderno considera este método inductivo y su experimento que lo valida, como el proceso esencial en la adquisición del conocimiento y como la única forma de justificar las generalizaciones.

Además concluye que no puede sostenerse ninguna generalización, a menos que sea comprobada una y otra vez por nuevos y cada vez más precisos experimentos. Sin que importen las veces que una teoría haya resistido las pruebas de forma satisfactoria no puede existir ninguna certeza de que no será destruida por la siguiente observación. No hay verdad última.

Ya que al observar la realidad, ella nos dice, nos relata, cómo está configurada, el modelo sólo describe esta configuración. El método inductivo no puede hacer generalizaciones de lo que no puede obser-

var. Este es un principio de conocimiento.

Cuando nos tiramos en una avalancha por una calle empinada, estamos en realidad confirmando las leyes universales de la naturaleza; los que no tienen curiosidad científica sólo ven que las bajadas más fuertes son más divertidas, mientras que los otros relacionan la pendiente con la velocidad de bajada.

Galileo tiene el mérito de ser el primero en realizar experimentos cronometrados y en utilizar la medición de manera sistemática.

Dentro de la astronomía Galileo contribuyó enormemente perfeccionando el telescopio y utilizándolo para mirar hacia el firmamento acabando para siempre con la errónea visión de Aristóteles, ya que resultaba que la Vía Láctea se componía de un sinnúmero de estrellas. Describió en detalle las fases de la Luna, así como las fases del planeta Venus pronosticados por Copérnico. Descubrió los satélites de Júpiter y confirmó que las órbitas de éstos seguían las leyes de Kepler.

Tales descubrimientos trastornaron los prejuicios arraigados e hicieron que los escolásticos ortodoxos condenasen al telescopio y se encargaran de aplastar la investigación científica de Galileo durante sus últimos años de vida.

Galileo incursionó también en la dinámica encontrando que los principios propuestos por Aristóteles estaban una vez más equivocados. Su nueva concepción de la dinámica constituyó una ruptura radical con el aristotelismo en dos aspectos. En primer lugar, postuló que el reposo no era condición privilegiada de los cuerpos, y que el movimiento era tan natural como aquél. En segundo lugar, probó que lo "natural" no era el movimiento circular, según se había creído, sino el movimiento rectilíneo. Si un cuerpo no sufre ninguna clase de interferencia, continúa moviéndose con velocidad uniforme en línea recta.

La misma forma insuficientemente crítica de efectuar las observaciones había impedido hasta entonces una sólida comprensión de las leyes que rigen la caída de los cuerpos. Es un hecho comprobado que, en el seno de la atmósfera, un cuerpo denso cae con más rapidez que otro ligero de igual masa. Y lo que hay que tomar en cuenta aquí es la obstrucción del medio en el que caen los cuerpos. En ausencia de este medio, esto es, en el vacío, todos los cuerpos caen a la misma velocidad.

Las observaciones efectuadas con respecto a la caída de los cuerpos demostraron que los cuerpos caían con velocidad no uniforme, sino acelerada, por lo que tenía que haber algo que interviniese en el movimiento natural de los cuerpos. Ese algo es la fuerza de gravedad ejercida por la Tierra.

Es interesante hacer notar que Galileo a falta de reloj o cronómetro, cronometraba sus experimentos con su corazón.

El concepto de gravedad ya se observa en Kepler, al decir: "en tiepos iguales se barren áreas iguales", con lo cual la Tierra y los demás planetas se aceleran o frenan dependiendo de su distancia al Sol. Por su parte Galileo al hablar de la caída de los cuerpos involucraba la noción de gravedad; en ambos casos *ninguno hizo explícito el concepto de gravedad*, y se requirió de muchos años más para que alguien lo generalizara y explicara en detalle.

El paso definitivo para adelantar una teoría general de la dinámica lo dio Isaac Newton (1642-1727). La mayoría de las nociones que contribuyeron a su formación ya habían sido apuntadas o utilizadas anteriormente de manera aislada. Pero Newton fue el primero en comprender todo el significado de los tanteos de sus predecesores. En 1687, publica su obra *Principia mathematica philosophiae naturalis*, en donde expone las tres leyes del movimiento.

La primera ley es una enunciación generalizada del principio de Galileo. Todos los cuerpos, si no son obstaculizados, se mueven con velocidad constante en línea recta, o, dicho en términos técnicos, con velocidad uniforme.

La segunda ley define la fuerza como la causa del movimiento no uniforme, estableciendo que la fuerza es directamente proporcional al producto de la masa por la aceleración.

La tercera ley es el principio de que toda acción provoca una reacción igual y contraria.

Con Newton tenemos la explicación completa y definitiva de lo expuesto por Copérnico y Kepler en astronomía. La ley de la gravitación universal establece que: entre dos partículas cualesquiera de materia, existe una fuerza de atracción directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias. De este modo el movimiento de los planetas, de sus satélites y de los cometas puede ser explicado hasta en sus detalles más insignificantes. Puesto que toda partícula afecta a las demás, esta teoría permitió calcular exactamente las perturbaciones de las órbitas originadas por otros cuerpos. Esto no lo había logrado ninguna otra teoría.

En cuanto a las leyes de Kepler, ahora no eran más que meros antecedentes de la teoría newtoniana; por fin, parecía haberse descubierto la clave matemática del universo, gracias a que la ciencia es a fin de cuentas una labor de todos.

La consolidación

Un nuevo salto en el progreso y entendimiento de la física lo da siglos más tarde Albert Einstein (1879-1955), quien con su teoría de la relatividad no hace otra cosa que generalizar aún más la teoría newtoniana.

Einstein motivado por el deseo de comprender, mostró que la mente humana es capaz de reconocer un orden y una forma fundamental en el Universo.

Su primera teoría de la relatividad lo empujaba a perfeccionar las leyes físicas; así encontró un pero a las leyes del movimiento de Newton, sustentadas por un sistema particular de referencia: el del espacio estacionario o absoluto para juzgar el movimiento de un cuerpo. Esta condición no tenía razón de ser. Era artificial, no vinculada a mediciones; era un defecto de la teoría, algo impuesto que causaba innecesaria complejidad.

Einstein pensó que era posible suprimir el defecto. Era cosa de encontrar leyes que permitieran juzgar el movimiento desde cualquier punto de vista observacional, desde cualquier marco de referencia; esto es, leyes universales. Logró demostrar que en el caso del movimiento uniforme no era necesario el marco de referencia proporcionado por el espacio absoluto. Sus nuevas leyes del movimiento no estaban sustentadas por éste ni por ningún otro sistema de referencia preferido.

Diez años después, establece la segunda teoría de la relatividad, con la idea de simplificar, generalizar y con ello perfeccionar las leyes físicas. En ella se ocupa del movimiento no uniforme, aún sin existir experimentos que demostrasen o revelasen algún inconveniente de la teoría existente.

El sentir de Einstein lo guió de nuevo y le hizo poner en tela de juicio cierta coincidencia de la ley newtoniana. Se trataba de la perfecta correspondencia entre la masa de un cuerpo considerada como fuente de gravedad en la ley de gravitación de Newton y la masa de un cuerpo como medida de la inercia en las leyes de movimiento de Newton. De acuerdo con estas últimas, la cantidad de fuerza necesaria para modificar el movimiento de un cuerpo depende de la masa de éste.

188. Meyer de Haan. *Alquería de La Poudrie*. Fechado en 1889. 73.7 × 93 cm. Otterlo, Rijksmuseum Kröller-Müller.

Einstein explica los efectos de la gravedad y la inercia a partir de una sola idea, la del campo gravitatorio. Explica los efectos de la inercia y de la gravedad como debidos a cambios en el espacio que rodea a los cuerpos afectados. La gravedad no es una fuerza (superando a Newton) es una propiedad del espacio, creada por las masas distribuidas en el universo. Dondequiera que haya un planeta o una estrella se creará un campo gravitatorio modificándose las propiedades del espacio.

El camino que sigue un cuerpo es determinado por el ámbito espacial que atraviesa. En lugar de espacio, en realidad, debe decirse espacio-tiempo, puesto que para describir un movimiento se requieren de tres dimensiones espaciales (en dónde) y una dimensión temporal (cuándo). En la primera teoría se ve que manejar la dimensión temporal separada de las dimensiones espaciales no interfiere en lo absoluto y se apega bien a los fenómenos ocurridos en nuestro planeta; sin embargo, cuerpos que se mueven fuera de la Tierra, en intensos campos gravitatorios ya no siguen las leyes newtonianas. (Un ejemplo es el planeta Mercurio y su órbita.)

Así, podemos resumir que las teoría de Einstein responden y son válidas para cualquier sistema de referencia, cualquier lugar de observación. Son leyes universales, gracias al trabajo de un buen número de personas que fueron aportando modestos resultados los cuales se aglutinaron dentro de la concepción einsteiniana.

Ahora resulta que tenemos que ir a otra galaxia para poder realizar experimentos einstenianos y apreciar que en base a la experiencia acumulada por medio del trabajo de generaciones podrán abrirse, una vez más, nuevas teorías más generales, basadas en la curiosidad y el deseo de aprender. Como resulta que por el momento está difícil ir más allá de la Luna, nos vamos entonces al mundo del microcosmos y allí investigamos: ¡la realidad está por todos lados! En espera de un englobamiento y entendimiento aún mayor de las teorías presentadas, el hombre sigue estudiando el universo que nos rodea con la intención de cada vez conocerlo mejor y llegar a establecer nuevas teorías, con premisas lógicamente sencillas, no forzadas; esto es, la teoría debe lucir una perfección interna.

Los orígenes de la revolución científica

Angel Ruíz Zuñiga*

226. Gauguin: *Tahitiano bebiendo de una cascada*. Hacia 1893. Acuarela, 31.7 × 21.6 cm. Chicago, The Art Institute (donación de Mrs. Emily Crane Chadbourne). Estudio para la pintura *Pape moe - Agua misteriosa*, inspirada por la fotografía.

Se suele señalar al siglo XVII como aquel que transformó el pensamiento científico, o más aún, que creó el modelo moderno de la ciencia occidental. En efecto, el siglo XVII fue testigo de grandes figuras intelectuales como Galileo, Harvey, Descartes, Fermat, Newton. La física newtoniana engendró un paradigma que hace menos de cien años todavía regía sobre el conocimiento de las leyes de la naturaleza; incluso hoy todavía, en muchas de sus partes, se enseña en colegios y universidades. La llamada Revolución Científica representó una ruptura cualitativa con el pensamiento anterior (griego y medieval), y la apertura de una nueva época. Para algunos, como Butterfield "...se debería colocar -junto con el éxodo de los antiguos o la conquista de los grandes imperios de Alejandro Magno y de la Antigua Roma- entre las aventuras épicas que han hecho de la raza humana lo que es hoy".[1] Se trató de un episodio único que sólo pudo desarrollarse en la conjunción de condiciones especiales que vivió Europa entonces.

La Revolución Científica no debe considerarse como un proceso separado de otras revoluciones de la época, sino precisamente como uno de los aspectos, al igual que el Renacimiento y la Reforma protestante, las revoluciones políticas del XVII y XVIII y la Revolución Industrial del XVIII, que integrados en un movimiento general engendraron la sociedad moderna. Más aún, se

*Escuela de Matemáticas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

trató de procesos, aunque autónomos, interdependientes, en los que las influencias y relaciones recíprocas fueron en sí partes constitutivas de su devenir.

La Revolución Científica del siglo XVII debe entenderse en realidad como parte de la revolución intelectual que arrancó en el Renacimiento y la Reforma y que constituyó la base a partir de la cual se configura la nueva sociedad. Es decir, las actitudes e ideas cognitivas, políticas y morales que se fueron generando desde el siglo XV, al mismo tiempo que expresaban la realidad de ciertas condiciones (intereses y voluntades) políticas y económicas (en ciertas partes de Europa), fueron factor activo (y en gran medida determinante) de la edificación de un nuevo orden social.

Para entender mejor su decurso conviene recordar la evolución europea previa.

Un poco de historia europea

Después de la caída definitiva de Roma en el siglo V d.c. se engendró una extraordinaria dispersión social y política en Europa Occidental.[2] la estructura económico-política pasó a se agraria, con la intervención multifacética de bandas armadas, y con la Iglesia Católica como albacea y guardián religioso de las ideas, la educación y la moral; todo dentro de un contexto de decadencia con relación a la sociedad mediterránea que había florecido siglos atrás bajo el influjo cultural y político griego. Hasta el siglo XII la sociedad europea había logrado construir una colección de jerarquías y reglas sociales diversas, asociadas a veces bajo el término "feudalismo", o simplemente en otras ocasiones de "Edad Media" (hasta el siglo XV). De hecho, se trataba más bien de una colección de realidades sociales no idénticas. Las ciudades y regiones pegadas al Mediterráneo, con altas y bajas, lograron mantener ciertos contactos comerciales y culturales en medio de un mar controlado política, económica, militar y culturalmente por el Imperio Islámico, que desde los siglos VII y VIII había iniciado su expansión. No sucedía así con el resto de Europa. Incluso, las reglas sociales en los pocos centros urbanos no correspondían desde un principio a las predominantes en el campo. Culturalmente, en toda la época no existió relación con el pensamiento clásico griego, distanciamiento que de hecho se había desarrollado desde el mismo Imperio Romano. La diversidad social, económica, técnica y política de la Europa medieval era un factor que sin duda jugaría su papel en la evolución histórica siguiente.

El influjo árabe empezó a tener influencia especial a partir del siglo XII, lo que representó en primer lugar un contacto con la antigüedad griega. Los islámicos habían traducido al arábigo buena parte de los textos clásicos griegos, así como también habían obtenido importantes resultados en matemáticas, medicina, química y otros conocimientos y técnicas. España y Portugal (por su ubicación geográfica) fueron el mejor puente para esta transmisión; también Italia.

Los dirigentes espirituales cristianos europeos tomaron de las fuentes clásicas especialmente algunas secciones del pensamiento de Aristóteles; su lógica, metafísica y partes de su física, y buscaron una asimilación del cristianismo con las mismas (o viceversa). En un proceso de tres siglos XII-XV se construyó y asentó una visión del mundo, la sociedad del hombre y la cultura, partiendo de la filosofía aristotélica y recreando la doctrina cristiana en una nueva dimensión. La configuración de los nuevos contenidos teóricos así como la forma de su explicación y defensa se llamó Escolástica. Tomás de Aquino fue la figura más relevante en la constitución teórica de esta fundición del dogma revelado con la filosofía pagana.

La base ideológico-religiosa de la época Medieval

La doctrina cristiana se convirtió en el cemento ideológico de las instituciones políticas y culturales de la época. El cuestionamiento de sus "verdades" no era inocuo, representaba o podía representar grietas en el edificio socio-político y afectar la estabilidad política o social. La Inquisición, encargada de velar por la defensa del dogma, velaba de hecho por la preservación del ordenamiento político. Se trataba entonces de una red social caracterizada por el autoritarismo, la represión del pensamiento libre; una jerarquización y rigidez en el devenir social, político e ideológico.

Sin embargo, no todo era homogéneo. Se sucedieron voces discordantes, grupos y luego órdenes religiosas que criticaban la administración de la Iglesia (aunque hasta el siglo XV si no fueron "integradas" fueron reprimidas). Las pestes del siglo XIV y las guerras provocaron un debilitamiento de la red europea controlada por la Iglesia, abriendo las posibilidades para importantes transformaciones políticas, ideológicas y sociales.

Desde el punto de vista de la evolución técnica es necesario señalar que hubo un mejoramiento de las técnicas durante la última parte del medievo; se construyeron algunas "máquinas"; técnicas agrícolas mejoraron y el uso de otras se extendió. Sin embargo, en esta época, Europa estaba francamente retrasada en sus técnicas con respecto, por ejemplo, a las civilizaciones orientales como China (con un régimen estable dirigido por una casta no hereditaria, una filosofía de "acomodación práctica" y en donde también la innovación técnica era controlada, y suprimida si amenazaba la estabilidad política y social). Algunos de los inventos chinos serían transmitidos a Europa: la imprenta, la pólvora y la brújula magnética. Sin embargo, su introducción se haría en condicio-

nes socio-políticas diferentes a las chinas o a las predominantes en la Europa medieval, jugando un papel muy diferente.

Se suele señalar una diferenciación entre los tipos de resultados técnicos medievales: mientras en la región italiana estaban más vinculadas al comercio, en el norte y el noreste lo estaban a la agricultura. En ese sentido las condiciones económicas más dinámicas jugarían un papel más activo en la evolución técnica.

El Renacimiento y la Reform

El Renacimiento arrancó, primero, en la misma Italia, donde las ciudades más grandes como Venecia, Génova, Florencia y Milán se hicieron independientes política y económicamente, y se llegó a un "equilibrio" político y militar con Roma. Cuando el Renacimiento se extendió por Europa las cosas no fueron tan apacibles. En Alemania y otros países se buscó la independencia religiosa y nacional, sustrato de la Reforma luterana; además se sucedieron importantes luchas sociales: la Guerra de los Campesinos de 1525 a 1526 y la rebelión de los anabaptistas de Münster, en 1533 a 1535. La Reforma se propagó a Gran Bretaña, los Países Bajos y Francia, donde adoptó la forma del calvinismo. En todos los casos el control y autoridad de la Iglesia se debilitó estableciendo cambios en la estructura de los bloques sociales de poder y generando una dinámica política especialmente fructífera para la innovación cultural.

El Renacimiento y la Reforma fueron aspectos de un mismo movimiento, y sin duda en ellos jugaron un papel importante la extensión del comercio y ciertos excedentes económicos obtenidos de mejoras técnicas; pero no es posible afirmar que ambos aspectos estaban determinados por o tenían como única finalidad el estableimiento de la economía mercantil. En ocasiones cierto determinismo economicista simplifica artificialmente la realidad de los procesos históricos, enajenados de una comprensión más totalizante de los mismos. Aunque existían voluntades e intereses económicos de por medio, que terminaron siendo afectados, el Renacimiento y la Reforma fueron movimientos esencialmente políticos, ideológicos y culturales.

El Renacimiento significa un reencuentro con la Antigüedad Clásica, pero no con la lógica formal y la especulación abstracta que encontraron los escolásticos en Aristóteles, sino en la vinculación y preocupación por la naturaleza, en su vitalismo, en su humanismo. Todo lo anterior fue cuestionado abriendo un periodo extraordinario en la producción intelectual:

a) Las artes técnicas se colocaron en una posición especial (debilitándose, en cierta medida, la separación, abismal en el medievo, de la tradición erudita y la artesanal).

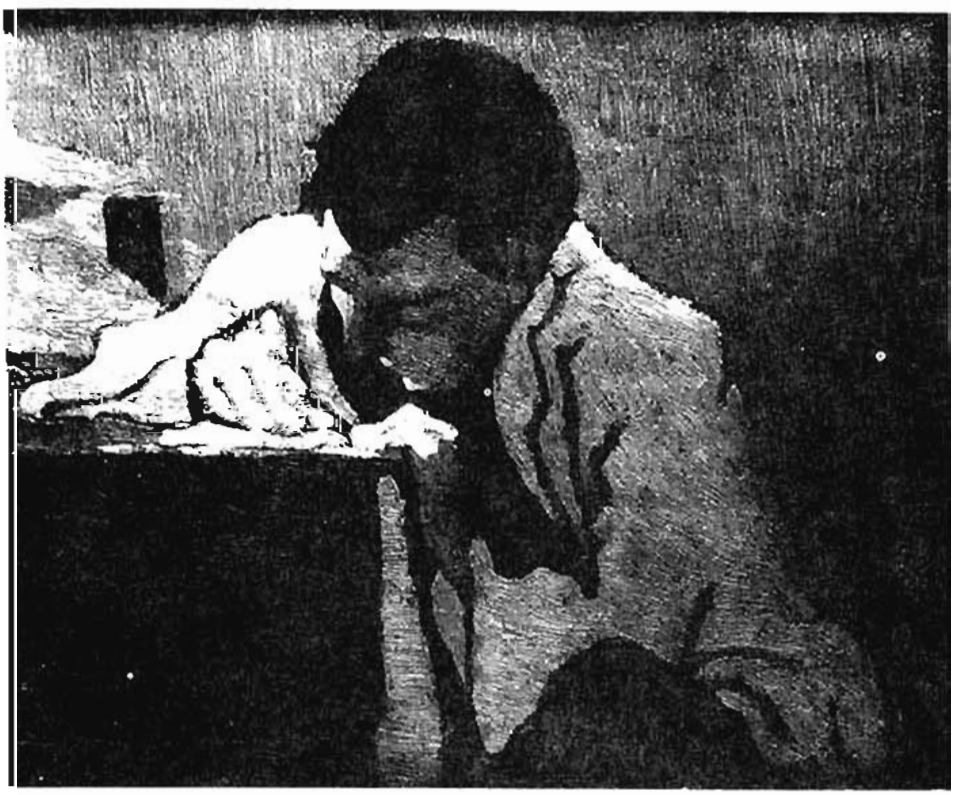
b) Las artes plásticas adquirieron una relevancia importante que contribuiría a una indagación y a importantes conocimientos sobre la naturaleza y el hombre (los estudios de perspectiva, los anatómicos, la descripción realista de la naturaleza, etc.). En esta época los artistas son patrocinados y respetados.

c) Las matemáticas son desarrolladas sutilmente, producto del "input" ofrecido por la transmisión árabe y los requerimientos de las técnicas, las artes plásticas, y de las guerras.

d) En la filosofía se generó un extraordinario cambio de actitud frente a la Escolástica y el pensamiento "organicista" aristotélico. Por ejemplo, la teleología de las "causas finales" va a ser sustituida por un énfasis en la búsqueda de las causas "eficiente" y "material", es decir, por los agentes del "cómo" y no del "para qué" (Telesio 1509-1588).

Con el Renacimiento italiano (y su proyección posterior a otras regiones) se inició una auténtica revolución cultural y una nueva actitud ante la sociedad, el hombre y la naturaleza; se inició la revolución científica y la revolución intelectual moderna.[3]

205. Vuillard: *Retrato de Lugné-Poe*. 1891. 21,6 × 25,4 cm. Rochester, Nueva York. Memorial Art Gallery of the University of Rochester



Una rebelión cultural

La teoría heliocéntrica de Copérnico (que aunque era polaco había estudiado en el principal centro intelectual italiano, la Universidad de Padua) se rebeló contra la cosmología aristotélica y ptolomáica, debidamente cristianizada por los escolásticos. Retomó la idea antigua (pitagóricos VI ac, Aristarco III ac) de que los planetas giran alrededor del Sol,[4] y escribió su *De revolutionivus orbium coelestium* que salió a la luz el año de su misma muerte, 1543. Aunque desde joven se inclinaba por el heliocentrismo, no se atrevió a hacer una defensa fuerte de sus ideas. El libro salió a la luz, incluso, gracias a los oficios de Ossiander, con un prólogo que decía que las ideas vertidas eran meras hipótesis matemáticas y no verdaderas posiciones de Copérnico. En el mismo año, Vesalio publicaba su *De humani corpus fabrica*, la primera descripción anatómica completa del cuerpo humano. En 1537 Vesalio fundó la Escuela de Medicina de la Universidad de Padua, cuya tradición empataría directamente años después con el mismo William Harvey.

Muchas importantes obras más fueron publicadas: la *Pyrotechnica* de Biriguccio (1480-1539), *De re metallica* de Agrícola (1490-1555), o más tarde libros como los de Gesner (1516-1565), Rondelet (1507-1566) y Belón (1517-1564). La proyección de las ideas y actitudes nuevas fue multiplicada por el uso de la imprenta.

Con relación a la técnica renacentista: muchos avances se dieron en el terreno de la minería, la química, y la metalurgia, pero conviene señalar la extraordinaria importancia de aquellas técnicas relacionadas con la navegación. Con el descubrimiento de América y nuevas rutas comerciales al Asia (lo que benefició inicialmente a España y Portugal) la navegación pasa a ocupar un lugar decisivo en toda esta época. No es totalmente extraño que fuese en la astronomía donde se abrieran los primeros fuegos por la nueva ciencia. Es precisamente en torno a la navegación que se puede decir se dio la primera aplicación de la ciencia.[5]

Es tal vez conveniente en este punto reflexionar sobre el por qué del Renacimiento y el proceso que este inició. Si bien es posible recurrir al expediente de la conjunción de muchos factores o al determinismo mecánico de unos sobre los otros, en la explicación es necesario llamar la atención sobre un aspecto esencial: la libertad del pensamiento en la Italia renacentista. Se podría intentar explicar este Renacimiento a partir del florecimiento económico de las ciudades italianas, y este a su vez por el avance de una nueva organización productiva, e incluso a partir de mejores técnicas. Este "motor" económico empujaría hacia condiciones políticas para su mejor desarrollo, y las nuevas ideas de la época serían "reflejo" de los procesos de esa base económica, en busca de su evolución progresiva. Sin embargo, el asunto parece más complejo. Sin duda intervino la existencia de factores económicos, pero también los contactos culturales con otras civilizaciones y recursos, el debilitamiento de la autoridad y el poder de la Iglesia después del XIV, la voluntad política y la actitud de los bloques sociales de poder (vervigracia, el patrocinio de las artes plásticas no era reflejo de las necesidades económicas). Por encima de las interrelaciones de todos estos elementos, sin ciertas condiciones de libertad para la crítica y para la innovación en las ideas y en las técnicas, no se puede entender bien el Renacimiento. Es cierto que no se pasó del régimen jerarquizado, autoritario y doctrinario medieval a la democracia (más bien se pasó en el XVI y XVII a las monarquías absolutas), pero, con altibajos y con asedio permanente por las fuerzas del viejo orden, nuevas condiciones políticas se crearon que permitieron la empresa y la libertad individuales. El caso de ciudades como Padua es muy significativo: se suele considerar un modelo de la ciudad renacentista en su independencia y libertades, en el espíritu humanístico y promotor de la cultura.

Las ciudades italianas tuvieron un importante desarrollo técnico comercial y político, desde antes del siglo XV. De hecho, se podría pensar en una evolución histórica distinta que va a "intervenir" en las evoluciones de las otras regiones europeas (con resultados diferentes en cada sitio). La historia europea moderna entonces se podría ver como la combinación y fusión de estas evoluciones diferentes, en la cual algunas (en diferentes momentos) juegan un papel activo y dominante sobre las otras: proceso dependiente de condiciones políticas, técnicas, económicas, militares y culturales.

El Renacimiento italiano tal vez puede ponerse en paralelo con la revolución del pensamiento que representaron los naturalistas jónicos en el siglo VII ac. Las condiciones sociales, económicas, pero sobre todo las políticas, de cierta participación democrática y libertad del pensamiento, en Jonia y en otras partes de las islas griegas, fueron una base para el "milagro griego". Sólo a partir de estas condiciones de libertad y democracia (con las limitaciones y las continuas reacciones de siempre) fue posible romper con la estabilidad de las civilizaciones del Bronce jerarquizadas y rígidas social y políticamente. Sus condiciones especiales les permitió utilizar y multiplicar insospechadamente los recursos técnicos y los resultados que ellas habían adquirido en sus incursiones y contactos comerciales con esas sociedades. La actitud intelectual de los jónicos representó una desacralización del pensamiento, punto de partida de la ciencia griega. La actitud intelectual renacentista también constituyó (aunque de forma diferente) una nueva desacralización y un nuevo punto de partida, esta vez para la ciencia moderna.

La lucha por un nuevo método en el conocimiento

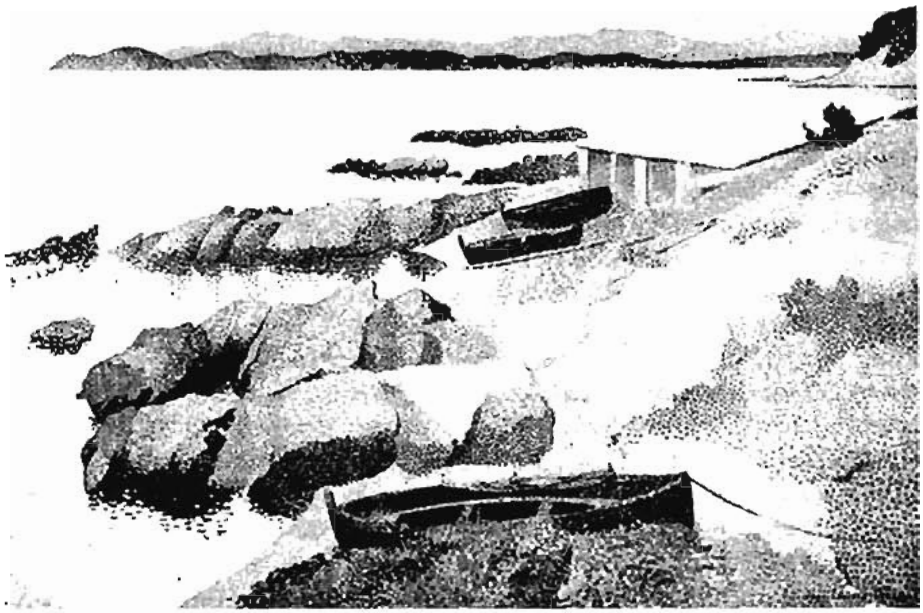
El principal "vicio" del sistema escolástico era intelectualmente el mismo que había tenido en los siglos anteriores el pensamiento cristiano. Las "verdades" eran obtenidas por la revelación divina y no por el ejercicio de la experiencia o de la razón (métodos que se habían planteado contrapuestamente en la Antigüedad Clásica). Con la integración escolástica de partes del pensamiento aristotélico a la "revelación" se le sumó la "razón", en una metodología abstracta que poco permitía la indagación empírica sobre el mundo. Antes del Renacimiento los pocos intentos de acudir a la experiencia como fuente de conocimientos (Roger Bacon, etc) no contaron con mucho éxito y proyección.

Galileo asumió la defensa de las ideas de Copérnico, integrando en sus trabajos los resultados fácticos obtenidos por Tycho Brahe y J. Kepler (quien había concluido que las órbitas de los planetas era elípticas y no circulares, figuras tradicionalmente aceptadas como perfectas y descriptivas de la realidad desde Pitágoras). Para sus resultados, Galileo (al igual que Kepler) usó como base los avances hechos por los matemáticos renacentistas (Cardana, Tartaglia, etc), pero su principal instrumento de batalla fue el telescopio (producto de la tradición artesanal). A través del telescopio pudo descubrir importantes hechos que desestimaban el geocentrismo y favorecían la interpretación copernicana: que la Luna tenía mares y montañas, que Venus muestra fases como la Luna, que Saturno parece estar dividido en tres partes, y que en torno a Júpiter giran tres estrellas o lunas. En 1610 publicó su *Mensajero de las estrellas* condensando sus observaciones revolucionarias. Es, sin embargo, 22 años después en su *Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo, el ptolomeico y el copernicano* (dedicado al Papa) que se dirigió frontalmente contra la cosmología aceptada y la filosofía aristotélica. El *Diálogo* fue escrito en italiano para buscar una mayor audiencia para sus ideas. Galileo fue procesado (por segunda vez: en 1618 ya había sido "amonestado" por sus ideas) y condenado a arresto domiciliario durante el resto de su vida (sin duda mejor suerte que la de Campanella y Giordano Bruno, que pasaron por la hoguera). El proceso inquisitorial contra Galileo hacía recordar que a pesar del Renacimiento, y del debilitamiento del poder terrenal de la Iglesia, todavía existía el oscurantismo medieval y la represión contra el pensamiento libre. El *Diálogo* era una auténtica "provocación" de Galileo. Tal vez consideró que ya viejo no importaba su audacia, o tal vez pensó que por su prestigio y por su amistad con el Papa, tenía asegurado el camino. Sea como sea su proceso significó de hecho una proyección mayor de las ideas copernicanas.

El trabajo fundamental de Galileo no fue sin embargo en la Astronomía. Fue el estudio de la mecánica y la descripción matemática del movimiento. La cuantificación matemática de las proposiciones sobre la naturaleza representaron una ruptura epistemológica con relación al modelo cualitativo, rígido y abstracto, medieval y aristotélico. Pero además lo esencial fue la metodología que empleó en el proceso: la realización de experimentos controlados para demostrar sus teorías o modificarlas. El método experimental integrado a la descripción matemática estableció el mecanismo motor de la ciencia moderna. De hecho en la Antigüedad (se afirma que desde Hipócrates, y con más seguridad en los discípulos del Liceo del periodo alejandrino) se habían realizado, pero no en las extraordinarias condiciones y en relación con la cuatificación matemática, del siglo XVII. El método experimental representaba, bien entendido, un peligro contra el orden intelectual aristotélico tomista tal vez más peligroso que el heliocentrismo. Galileo fue un auténtico profeta de la nueva ciencia.

Contemporáneo a Galileo fue Harvey (1578-1657) que intentó una explicación mecánica de la circulación de la sangre. En 1628 publicaba *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* que representaba (aunque en la tradición de Vesalio) nuevas anatomía y fisiología. El descubrimiento de la circulación de la sangre fue realizado en el marco de la metodología experimental y la visión mecanicista del mundo. Otros importantes profetas de la nueva ciencia fueron Francis Bacon (1561-1626) y René Descartes (1596-1650). Bacón fue un filósofo más que un científico. Fue lord canciller de Inglaterra bajo Jaime I. Fue de los primeros en tomar conciencia del significado de la nueva ciencia y se dedicó a la promoción del método experimental y a la búsqueda de instrumentos institucionales que fomentaran la ciencia. En 1605 publicó *El avance del saber* y en 1620 (parcialmente) *La gran instauración del poder* en la que se establece un análisis del método científico. Bacon no quizo constituir un sistema filosófico. Asumió las tradiciones de Roger Bacon y otros primeros empiristas. Y empujó cierto sentido utilitario en la nueva ciencia. De hecho se esforzó por unificar las tradiciones eruditas y artesanales. Por otra parte, su empirismo no incluía privilegiadamente a las matemáticas y a la lógica deductiva.

Descartes promovió más bien el método deductivo y el poder de la razón. Como matemático estableció la geometría analítica (simultáneamente con Fermat) que sería base del cálculo infinitesimal. Lo más importante de sus ideas fue la concepción mecanicista del mundo. De hecho, reduciendo el espacio a la extensión y al movimiento establece una cosmología regulada por las leyes de la mecánica; y luego geometriza esta última. Descartes ataca el modelo organi-



54. Cross: *La costa cerca de Antibes.* Hacia 1892. 65.4 × 92.7 cm. Nueva York, colección Mr. and Mrs. John Hay Whitney.

cista de la Escolástica. Lo que establece es entonces una descripción mecánico-matemática del universo que va a influir notablemente en el resto del siglo XVII y en el siguiente. Descartes, a diferencia de Bacon, sí construye un sistema filosófico. Busca crear un sistema alternativo al aristotélico-tomista de la Escolástica, que integre de alguna forma la nueva ciencia. El sistema metafísico cartesiano resulta entonces un híbrido que no rompe totalmente con el modelo anterior: lo cual revela probablemente cierto temor ante la autoridad de la Iglesia, que todavía era capaz de mandar a la hoguera.

El caso es que a partir de las ideas de Bacon y Descartes se generaron dos tradiciones en la filosofía (la metodología) de la ciencia moderna: el empirismo y el racionalismo, enfatizando en la primera la experiencia sensorial como fuente de verdad, y la razón en la segunda. En la práctica la tradición racionalista ha ido cediendo terreno a la empirista; sin embargo, las discusiones epistemológicas sobre este asunto todavía no han sido agotadas.

Con las ideas de Galileo, Bacon y Descartes se edificaron las bases metodológicas del camino por el que transitarían los esfuerzos científicos siguientes. La visión que ofrecían se puede resumir: método experimental, descripción matemática y comprensión mecanicista del universo.[6]

La síntesis científica de Newton

En el siglo XVII las ideas científicas se abrieron con gran intensidad. Gassendi (1592-1655) introdujo de nuevo una forma de la teoría atomista de Leucipo y Demócrito. Grimaldi (1618-1663) y después Newton habían obtenido resultados en la óptica y en el esclarecimiento de la naturaleza de la luz. Huygens hizo una descripción matemática de un funcionamiento ondulatorio de la luz. Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileo, inventó el barómetro descubriendo la presión atmosférica y también el "vacío" (con lo que asestaba un nuevo golpe a las ideas de Aristóteles). Es el siglo de Boyle con sus resultados sobre el vacío y la teoría de gases; también de Hooke, a quien se le atribuye haber sido el principal físico experimental antes de Faraday. Los resultados y las figuras científicas del XVII pueden seguir enumerándose, pero, sin duda, es la obra de Newton la que culmina esta llamada Revolución Científica.

Isaac Newton nació en 1642 (el año de la muerte de Galileo) en Lincolnshire. Con la creación del cálculo infinitesimal va a completar los trabajos matemáticos que desde Eudoxo y Arquímedes en la antigüedad hasta Kepler, Fermat y Descartes (entre muchos otros en la nueva época) se venían dando en busca de un método para abordar el "continuo". Sin duda el cálculo infinitesimal (cuya notación más apropiada fue creada por Leibniz) representó el resultado matemático más decisivo del siglo XVII, que generaría un extenso territorio intelectual para los siglos siguientes no sólo en las matemáticas sino en la ciencia en general. Esto hubiera sido suficiente para inmortalizar a Newton, pero realizó otra hazaña intelectual: la mecánica celeste. Es decir, la descripción del movimiento de los astros a partir de las leyes de la mecánica terrestre. Fue la fundición teórica de los resultados de Copérnico y Kepler con los de Galileo. No se trataba de un sistema filosófico, sino de una descripción matemática.

La teoría newtoniana de la gravitación universal completó la destrucción del modelo aristotélico-tomista de la cosmología. El espacio para la intervención divina quedaba muy reducido, lo que suscitó no pocos "lamentos" en una intelectualidad que en general todavía no había roto definitivamente con el pensamiento y el lenguaje medievales (la famosa disputa entre Clarke y Leibniz giró precisamente en torno al papel de la *Providencia* divina en el marco del mecanicismo). De hecho se terminó estableciendo una "transacción" práctica qur urgía deslindar ciencia y

religión: un acuerdo de no intromisión en las esferas de cada una.

Con Newton, efectivamente, puede considerarse que una fase intelectual fue completada. En las etapas históricas siguientes nuevos saltos cualitativos hacia adelante en la ciencia van a demandar más condiciones económicas, técnicas, políticas y sociales.

Los aspectos organizativos del desarrollo científico

La lucha por las ideas científicas fue acompañada de los mecanismos y recursos de otras luchas políticas. Galileo usó "militantemente" su telescopio, y buscó dotarse de un mayor respaldo social al escribir en italiano y no, como era común, en latín culto. Bacon extendió con lucidez la necesidad de la organización de los intelectuales y científicos, así como la institucionalización y patronicio de la ciencia. Es con este espíritu que se debe entender la fundación de la Royal Society de Londres (1662) y la Académie Royale de Sciencies de Francia (1666). La Royal Society fue producto de un largo proceso de organización de hacedores y amigos de la ciencia; de una manera práctica tuvo el sello personal de John Wilkins (1614-1672). Wilkins había creado un grupo desde 1644 que se llamó a sí mismo "Colegio Invisible"; y más tarde crea la "Sociedad filosófica" que permanece hasta 1690. También es importante señalar que desde 1579 ya se había fundado el Gresham College, el centro científico de Inglaterra, que también sería la sede de la Royal Society. La Royal Society y la Académie en realidad funcionaron activamente hasta más o menos 1690.

En Italia la primera sociedad notable fue la Academia Secretorum Naturae, de Nápoles (circa 1560); la siguiente fue la Academia dei Lincei en Roma, que fue activa entre 1601 y 1630 bajo el patrocinio del duque Federico Cesi (entre sus miembros estaba el mismo Galileo). La última de esas sociedades científicas italianas fue la Academia del Cimento de Florencia, entre 1657 y 1667.

En Francia antes de la fundación de la Académie varios grupos se reunían: en Aix, en la casa del padre Claude de Peiresc (1620); en París, en la celda de Marin Mersenne y luego también en la de Montmor. En Alemania se había establecido la Societas Ereunética, en Rostock en 1622, por obra del botánico Joachim Jung, y también el Collegium Curiosum sive Experimentale en 1672 en Altdorf, sin embargo en este caso no tuvieron mucha trascendencia.

Los nuevos círculos, organizaciones y sociedades que impulsaban las nuevas ideas eran una alternativa frente a las universidades, fuertemente controladas por el viejo orden intelectual y la organización eclesiástica.

Ciencia, técnica y sociedad

La Revolución científica se estableció, sobre los hombros del Renacimiento, en una Revolución intelectual que impulsó a su vez importantes transformaciones políticas y económicas. Las teorías de Newton fueron introducidas en Francia por Voltaire y usadas políticamente contra el orden establecido. La Ilustración del siglo XVIII fue heredera directa de la pareja Renacimiento - Revolución Científica. Por otra parte, es indiscutible el rol que jugaron las nuevas ideas científicas (y en particular trabajos realizados por las sociedades científicas) en la construcción de la máquina de vapor de Watt, que fue un elemento decisivo de la Revolución Industrial del siglo XVIII.

180. Van Gogh: *Mlle. Gachet al piano*. Auvers, junio de 1890. 101.9 x 50.2 cm. Perteneció al Dr. Gachet. Basilea, Kunstmuseum.

Ahora bien, la Revolución Industrial se benefició de la Revolución Científica, pero no es posible establecer una relación causa-efecto entre ambas. De hecho, la primera es sobre todo producto de la racionalización de la evolución técnica acelerada en los siglos XV y XVI, y amplificada durante el XVII y parte del XVIII. La ciencia y la técnica han tenido desarrollos y dinámicas respectivamente independientes: "universos de discurso" autónomos, a pesar del tramado de nutrientes relaciones mutuas que se amplificaron precisamente en la época moderna dando por resultado la realidad actual de la tecnología. A veces se considera equivocadamente a la tecnología como ciencia "aplicada", con lo que se deteriora no sólo la comprensión de la tecnología sino de la misma ciencia. La Revolución Científica recibió un importante "input" de los problemas teóricos planteados por las técnicas de la época.

La innovación técnica como respuesta ante necesidades concretas sociales y económicas ha sido un motor del desarrollo de la ciencia. La técnica establece un puente material de contacto entre las necesidades socio-económicas y la ciencia. Para que este "dispositivo" pueda realizarse es necesario, por un lado, que exista el interés económico-social de la innovación técnica (por ejemplo, que esta prometa beneficios a quien la patrocina), y, por el otro, condiciones políticas que aseguren cierta libertad para las innovaciones, y para el tejido in-

telectual que las pueda generar. La producción propiamente intelectual o científica relativa a la innovación técnica requiere un contexto y estímulos intelectuales reñidos con el autoritarismo y la represión del pensamiento.[7] Fue la conjunción de una voluntad e interés políticos con cierto contexto intelectual más libre y flexible lo decisivo en el decurso del proceso Renacimiento - Revolución Científica. Para que esa conjunción fuera posible fue necesario el debilitamiento político de la Iglesia, en una Europa de partida extraordinariamente heterogénea. Es necesario recordar que el siglo XIV contempló guerras, pestes, miseria, y, entre otras cosas, el Cisma de Occidente. Esto expresa que los límites de la ciencia y sus materializaciones prácticas no sólo están socialmente dados por las condiciones materiales económicas, sino también muy especialmente por las "materiales" políticas e ideológicas.

La ciencia no está en función directa linealmente de la organización económica o técnicas de la sociedad (aunque a la larga la ausencia de estímulos sociales, económicos o técnicos, evidentemente establecen importantes límites). A pesar de que las ciudades italianas fueron desplazadas económica y hasta políticamente del centro europeo como resultado de las nuevas rutas y orientaciones comerciales abiertas con América y Asia, Italia siguió manteniéndose a la vanguardia de las nuevas ideas científicas hasta el mismo siglo XVII. La autonomía de la ciencia depende del concurso especial de la matemática y de una dimensión de indagación empírica que no le hace depender de la economía o la técnica más que en sus límites y estímulos. La evolución de la ciencia depende entonces de las posibilidades económicas, las condiciones técnicas, las voluntades políticas y de ciertas condiciones culturales. Cómo actúan en cada momento los diferentes factores, es una comprensión que exige el análisis histórico; este no puede ser sustituido por grandes leyes transhistóricas. La conjunción de los constituyentes de una realidad histórica concreta no está determinada nunca de antemano. En el pensamiento occidental ha habido una fuerte tendencia a excluir el azar, ya sea por obra de la providencia divina o de los múltiples determinismos contenidos en los sistemas y doctrinas teóricos. En los procesos sociales e históricos el azar sigue siendo una componente muy difícil de evadir.

Para finales del siglo XVII Europa había superado en sus técnicas a la China, no sólo por los retrocesos que ésta sufrieta sino porque Europa había vivido una extraordinaria revolución, que proseguiría durante los siglos posteriores.

La tecnología moderna es producto del "matrimonio" de la ciencia y la técnica que empezó en esa época. Esto pudo no haberse dado, al igual que no se dio en otras partes, incluso teniendo buenas trayectorias técnicas o eruditas. Una vez establecida, la tecnología se ha convertido en otra importante componente del devenir histórico mundial. De hecho, la fusión de la ciencia y la tegnología ha sido de tal produndidad que hoy en dia sería más apropiado hablar de una sola realidad: la ciencia-tegnología (con aspectos y énfasis particulares propios). La estructuración y uso de esa realidad representa hoy la vida o la muerte de nuestra especie. En el combate histórico para que represente sólo la vida y el progreso, será necesario encontrar criterios y métodos teóricos y prácticos que permitan avanzar en esa dirección. Los esquemas abstractos y los determinismmos son por lo menos estériles para esos propósitos.

A esta altura de nuestra civilización, la ciencia y la tecnología muestran que no sólo no traen la solución a todos los problemas del hombre sino que bien pueden servir para hacerle desaparecer. El reinado indiscutible de la ciencia y la tecnología ha ido de la mano de la dominación del factor económico en la vida social. Ese reinado toca a su fin o el agotamiento ecológico o una guerra nuclear terminarían con la cultura humana.

Se abre entonces ya un nuevo capítulo en el que la recuperación humanista del universo social coloca en una perspectiva totalmente diferente a la ciencia, la técnica y la economía.

La recuperación del hombre sometido a un desarrollo científico y técnico que no controla y que amenaza su mundo y su supervivencia es el objetivo de un nuevo Renacimiento humanista. Este no vendrá de ningún resultado científico sino de un regreso vital –cultural– a las condiciones de existencia del hombre.

La Revolución Cultural que alumbró el nacimiento de nuestro universo científico moderno, vuelve a ser necesaria hoy una vez más.

En la perspectiva de edificarla y abrir una discusión humanista las máximas condiciones de libertad son necesarias. Esto es una lección práctica del pasado. Los regímenes totalitarios de derecha o izquierda sólo pueden constituir factores activos en el aborto de las condiciones históricas que podrían hoy asegurar nuestra supervivencia. El nuevo humanismo y la nueva Revolución Intelectual que reclama nuestra historia sólo puede construirse afirmando al mismo tiempo

en la teoría y la práctica los valores de libertad contra toda forma de opresión del pensamiento.

Bibliografía

1. Butterfield, *Los orígenes de la ciencia moderna*, traducción de L. Castro, Madrid, Taurus Ed., 1971.

2. John D. Bernal, *La ciencia en la historia*, traducción de Elí de Gortari, México, UNAM y Nueva Imagen, 1981.

3. Alistair C. Crombie, *Historia de la ciencia. de san Agustín a Galileo*, traducción de José Bernia, Madrid, Alianza, 1983.

4. Stephen Mason, *Historia de las ciencias*, traducción de Carlo Solís, Madrid, Alianza, 1985.

Notas

[1] Herbert Butterfield, *Los orígenes de la ciencia moderna* Traducción de L. Castro, Madrid, Taurus Ed., 1971, p.248.

[2] Para algunas interpretaciones de corte marxista el paso de la sociedad grecoromana al "feudalismo" fue parte de una transición progresiva. La historia (en general) es vista como una sucesión de modos de producción y una línea inevitable de "progreso". Se parte de la existencia de cierta "necesidad" histórica y, entonces, de leyes objetivas que determinan el curso de las sociedades. En esta visión, al igual que de las entrañas del feudalismo salió -progresivamente- el capitalismo -y de éste el socialismo-, del esclavismo salió el feudalismo. Se trata de un determinismo; más aún, de un análisis teleológico poco dinámico y profundo, que no permite en particular comprender el carácter histórico de la Edad Media (no del "feudalismo") ni los orígenes de la sociedad moderna.

En particular, la decadencia de la Europa Occidental con los romanos (que debe entenderse más como un largo proceso en el que se impuso la destrucción de la civilización del mundo greco-mediterráneo), pone en evidencia la realidad de los retrocesos históricos. No es posible afirmar una línea asegurada de progreso material y espiritual en la evolución histórica. Todo siempre depende de los hombres concretos, de sus voluntades e intereses individuales y colectivos. Ningún *apriori* económico, teológico, político o científico, puede pasar por encima de la vida real, de la historia concreta. En el vasto territorio de las decisiones humanas es donde siempre se ha jugado el destino y la historia. Las doctrinas y los dogmas siempre dados a los determinismos, no sólo introducen oscuridad y confusión en la interpretación histórica, sino también en relación con los imperativos morales que se plantean individual y colectivamente en la vida actual.

[3] El rencuentro con la Antigüedad Clásica significó el contacto con los resultados teóricos gigantescos de ese crisol del conocimiento que fue Grecia. Se tuvo acceso a los descubrimientos y observaciones apuntadas como a las teorías e hipótesis afirmadas: entonces, si bien no es posible exagerar el papel de estos resultados en la conformación intelectual de los desarrollos del XVII, es importante colocarlos en su verdadera y decisiva dimensión. Sin este influjo intelectual la historia europea moderna, habría sido de seguro muy diferente. La nueva cultura y civilización que se creó pudo perfectamente no haberse generado. Este influjo fue una condición necesaria para desencadenar la revolución intelectual moderna, pero no era (por otro lado) suficiente. De hecho, estamos haciendo referencia a un proceso en el que se combinaron factores como la cultura clásica antigua, como las influencias árabes y chinas, y una larga serie de condiciones históricas particulares de Europa. Estas últimas fueron decisivas. Los árabes, en posesión de la mayoría de los resultados griegos, no pudieron hacer el salto que sí daría Europa Occidental.

[4] En realidad, los pitagóricos afirmaban que los planetas (incluyendo el Sol) se movían alrededor de un gran fuego central. Afirmaban el movimiento circular de los cuerpos celestes y su forma esférica.

Aristarco de Samos (nace en Circa 319 ac) fue el principal astrónomo del periodo alejandrino. Creó métodos ingeniosos para calcular las distancias relativas entre el Sol, la Luna y la Tierra; y la relación entre el diámetro terrestre y lunar. Afirmó (según el testimonio de Arquímedes) que el Sol permanecía inmóvil en relación con las estrellas fijas y que la Tierra se movía alrededor de éste en forma circular una vez al año.

[5] Es interesante señalar que siempre existió una relación importante entre navegación, astronomía y matemáticas. En los resultados de los sumerios, babilonios y egipcios es posible detectar esa estrecha relación de influencias recíprocas. Sin duda, el desarrollo del comercio y la navegación que se abriría con los nuevos descubrimientos geográficos fueron muy importantes en el desarrollo de la astronomía y las matemáticas asociadas. En esta ocasión, además, gracias a los resultados de la cultura antigua, se contaba con una buena colección de teorías e hipótesis (bastante elaboradas) y especialmente un conjunto muy grande de observaciones y datos astronómicos. Esta relación (así como la captación vía islámica de matemáticas hindúes y chinas) fue esencial en la configuración de la revolución matemática y científica del siglo XVII.

En otro orden de cosas: los nuevos descubrimientos geográficos tuvieron otra consecuencia, afectaron el desarrollo y equilibrio europeos al trasladar los centros de importancia (económica, política, intelectual) a aquellas regiones o países colocados frente al Atlántico.

[6] Hay que comprender aquí que no se trató solamente de oponer la experimentación a la especulación. Dentro de la visión aristotélica (que cristianizada sustentaba el orden intelectual anterior) cabía lugar para la experiencia. El mismo Galileo en su *Diálogo* coloca el personaje defensor de sus ideas frente a la experiencia. Galileo no deja de afirmar la experimentación, pero introduce una condición precisa: la relación con las matemáticas. Lo que aparece como esencial, es, entonces, la descripción matemática de los procesos físicos. Es una visión intelectual de la física (y la ciencia) diferente a la aristotélica (Aristóteles no introdujo en su física y cosmología la intervención matemática); una visión cuantitativa. Es ésta visión lo que asumirán Newton y los principales científicos de los siglos siguientes.

Bacon hizo de la experiencia el punto medular de la nueva ciencia, pero descuidó en cierta medida el papel jugado por las matemáticas. Descartes afirmó una visión matemática y un carácter mecanicista de la realidad, pero eliminó prácticamente las referencias a la experiencia. Las visiones metodológicas de Bacon y descartes encontraban (desde un punto de vista técnico) convergencia.

[7] En los regímenes comunistas (así como en otros regímenes totalitarios) la represión de la creatividad y el pensamiento libres representaban un factor decisivo en la demarcación de las posibilidades históricas de su desarrollo intelectual, científico y tecnológico. Es decir, por ejemplo, al buscar comprender el carácter de la ciencia y la tecnología en éstos regímenes (en particular su atraso tecnológico con relación a los principales países occidentales), no se puede precindir del análisis de las condiciones de existencia de libertad para la producción intelectual.

La represión ideológica, y el dogmatismo intelectual, en la Unión Soviética produjeron situaciones vergonzosas para la ciencia moderna como las vinculadas al caso "Lisenko". Los mejores momentos de la ciencia soviética han estado conectados a importantes aperturas y posibilidades para el trabajo de científicos y técnicos. A pesar de ciertas distenciones obtenidas, las bases estructurales políticas e ideológicas de este régimen conducen a cercenar las posibilidades de la creatividad y el pensamiento libre. No es de extrañar, entonces, la gigantesca cantidad de disidentes que son científicos o intelectuales.

Pasando Revista

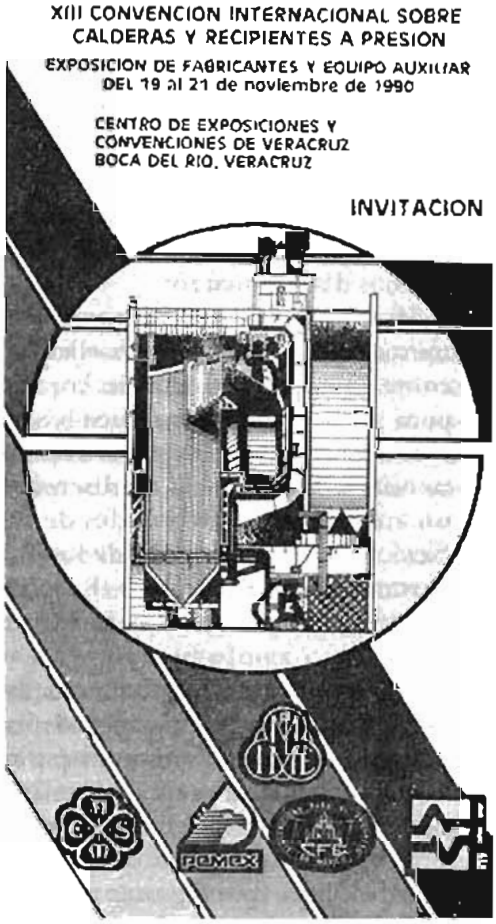
QUIPU. *Revista Latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología*, vol. 6 núm. 2. México, mayo-agosto de 1989. Publicación de la Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología. Director: Dr. Juan José Saldaña. Esta entrega incluye un artículo del doctor Eduardo Estrella, de la Universidad Central de Quito, sobre Juan de Velasco y su Historia del Reino de Quito en la América Meridional (1789) obra en la que quiere vindicar los valores del indígena americano frente a las posiciones de los "ilustrados" europeos que juzgaban al aborigen americano como un ser no humano a partir de argumentos del típico europeo arrogante que únicamente reflejan su ignorancia. Comenta el doctor Estrella: "el (Velasco) hace una obra apologética, en legítima defensa del americano, escribe la *Historia del Reino de Quito*, en nombre de una tradición que ha sido aplastada y destruida: la de los vencidos. Lo que quiso es reconstruir la historia de un pueblo, sobre la base de sus tradiciones, este fue su objetivo, tal y como lo declara abiertamente". En el mismo año en que se publicaba la obra mencionada de Juan de Velasco (hacia 1789) partía de España la expedición Malaspina que tenía por objeto investigaciones en ciencias naturales y antropológicas (Malaspina fue un marino italiano). Esta expedición recorrió América, Filipinas, Islas Tonga y Australia y hacia el año de 1791 desembarcó en el puerto de Acapulco; uno de los guías de la expedición en el interior de la Nueva España lo fue José Antonio de Alzate y Ramírez (hijo de un vazco y de una criolla descendiente de Sor Juana Inés de la Cruz) apasionado de la historia y la cultura de los indios mexicanos. Precisamente otro de los artículos de Quipu presenta un análisis de uno de sus documentos (en poder del Museo Naval de Madrid) en los que quiere impugnar a los autores "célebres" que describieron superficialmente al indio, basándose tan sólo en viajes rápidos por el país. Como dice la autora: "el título del manuscrito en cuestión consistente en varias preguntas ambiciosas –¿cuáles son los carácteres morales y físicos del indio? ¿se ha dado alguna descripción exacta de sus potencias intelectuales, de su organización?– sugiere que Alzate se propuso ofrecer, en la medida de lo posible, una visión global del indio".

CIENCIA HOY. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*. Vol. 1 No. 2 febrero/marzo 1989. Buenos Aires, Argentina. Editores: Jorge Balán, Olga Dragún, Patricio Garrahan. Versión Argentina de la afamada revista brasileña Ciencia Hoje; de hecho, hasta donde tenemos conocimiento este proyecto se realizó con la asesoría de la publicación brasileña, puede observarse que el diseño artístico y la política editorial son similares. El comentario editorial de esta entrega aborda de manera clara los hechos militares sucedidos en diciembre de 1988 e inicios del 89 y expresa la toma de posición de los científicos argentinos a través de sus asociaciones

respectivas; el espacio editorial expone que el fortalecimiento de las garantías políticas y el libre juego democrático son favorables al desarrollo de la ciencia y la cultura, asímismo los científicos australes exigen que los partidos políticos tomen posiciones claras y definidas de prioridades presupuestarias, es decir, que se establescan también garantías económicas. Entre otros temas Ciencia Hoy nos ofrece un Informe sobre Chagas, un estudio sobre este mal en América Latina. Quién mató al megaterio?, nuevas evidencias sobre la antigüedad del hombre americano en la región pampeana de la Argentina. Enegía: el azar y la necesidad un análisis sobre los diversos factores que inciden en las crísis energéticas, particularmente la sucedida en el verano del 89. Además la revista cuenta con un entretenido menú de secciones cortas, bien pensadas: Aquí ciencia, Opinión, Perfil, Reseña, Humor, Ciencia en el mundo, Ciencia y sociedad, El lector pregunta.

THEORIA. Editada por el Centro de Análisis, Lógica e Informática Jurídica del Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia. Faculta de Filosofía y CCEE, Universidad del País Vasco. Director Dr. Miguel Sánchez-Mazas. Número 11.

Theoria, revista de teoría, historia y fundamentos de la ciencia vive actualmente su segunda época. Sin lugar a dúdas este loable esfuerzo de un grupo de investigadores y profesores vascos constituye una de las iniciativas editoriales más ambiciosas, en el campo de la filosofía analítica y filosofía de la ciencia en general, del área de la península Ibérica y latinoamérica. Sus campos de interés incluyen a la lógica matemática, lógicas no clásica, filosofía del lenguaje, teoría general de sistemas y filosofía de la ciencia, entre otros temas. Theoria nos ofrece las siguientes secciones: *Estudios*, trabajos originales de las áreas señaladas; *Discusión; Libros y Revistas; Crónica*, de la participación de colaboradores en eventos nacionales e internacionales; *Próximas Reuniones*. La editorial de esta entrega, llamada "Internacional y transpeninsular", aborda la reivindicación de la diversidad linguística y cultural de la península así la revista se pronuncia por un ideal universalista que combine la armonía entre la identidad linguística y cultural, por un lado, y la creación en común de la ciencia y la cultura universal, por otro; asimismo manifiestan el peligro de aquellas posiciones que "no hacen sino acelerar el proceso de esterilización, esquizofrenia y suicidio cultural provocados por el aldeanismo y el pan-anglosajonismo. En consecuencia la revista aplica especial interés en publicar en euskera, catalán, gallego o portugués. Este número contiene dos excelentes artículos, entre otros, dedicados a Alfred Tarski y Ludwig Wittgenstein escritos por Josep Pla i Carreara y Ulisses Moulines, respectivamente.



Actualidades

Un investigador de bajo nivel, produce ciencia sin calidad: ELC

Cuando inició sus funciones el actual Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado, la presencia del Consejo de Investigación se había casi nulificado. En estas condiciones la revitalización de dicho órgano implicaba la convocatoria a los investigadores de la universidad para reformar el padrón que diera paso a la elección de un nuevo Consejo. Había la necesidad de subsanar serias deficiencias, como la inexistencia de representantes del área de la salud en ese órgano colegiado, por la ausencia de su personal en el padrón. Más serio, sin embargo, era el hecho de no contar con una definición precisa sobre a quién considerar investigador. Esto último dio pie a la revisión de múltiples aspectos de la actividad científica en la universidad y a la realización de unas "Jornadas de análisis, la investigación y el posgrado en la UAP", para obtener los puntos de vista de los investigadores en torno a dichos asuntos.

Estas son algunas opiniones del doctor Elías López Cruz, sobre el resultado de las Jornadas realizadas los últimos días de marzo:

"La invitación que se hizo a los miembros de la comunidad científica para participar en las Jornadas, se enmarca en los intentos de la presente administración para recuperar las funciones básicas de la universidad, entre éstas, desde luego, se encuentra la investigación científica. Este espacio de discusión nos permitió hacer un análisis de las actividades de investigación frente al crecimiento y desempeño de los diferentes Centros, Departamentos y Programas. En pocas palabras, conocer cuál es la situación de la investigación en la universidad."

"Pensamos que no podíamos llamar a los investigadores a integrar un nuevo padrón, si antes no se revisaban los requisitos mínimos para formar parte de él. El problema surge aquí, a partir de la definición del perfil del investigador que queremos, no del que tenemos. Porque, en las condiciones actuales, se da la aberración de que algunas personas ostentan "laboralmente" el carácter de investigador, pero en los hechos no lo son. De igual manera, algunas personas ostentan públicamente grados académicos de nivel superior con los que no cuentan para avalar trabajos de investigación."

"En no pocos casos se pasan por alto las mínimas exigencias de la investigación seria y rigurosa como, por ejemplo, publicar en revistas arbitradas ya sean nacionales o extranjeras; o presentar los resultados del trabajo en foros que permitan la discusión y crítica de alto nivel. Algunos investigadores piensan que publicar en un boletín doméstico justifica su tarea de investigación. Para argumentar esta autopublicación, se afirma que el tipo de investigación que se realiza no es compatible ideológicamente con los criterios de otros editores. Yo creo que esto no es cierto y que, además, demuestra la falta de revisión de la hemerografía existente en sus campos de trabajo. Revistas serias para publicar existen y de todo tipo de orientación ideológica."

"En otros casos se arguye que no vale la pena publicar los resultados de sus trabajos de investigación en revistas extranjeras o foros de mayor amplitud, porque se considera que las temáticas abordadas no son importantes para un sector alejado a la problemática. Pero lo único que provoca esta actitud es un aislamiento voluntario, por temor a la calificación externa, que los reduce a dar a conocer sus trabajos entre su grupo."

"La ausencia de reglamentos serios que definan la investigación, ha traído como consecuencia estos problemas. Existen Departamentos donde se encuentra bien especificado en su reglamento qué es un investigador titular o un asistente, pero en otros se reglamenta de manera diferente o simplemente no se hace. Por ejemplo, un aspecto importante es establecer equivalencias para los grados obtenidos en el extranjero, respecto al nivel que se obtiene en las instituciones nacionales o en la propia universidad. Tal es el caso de los llamados doctorados 'triciclos' que expiden algunas instituciones en Francia, y que son llamados así porque entregan títulos de doctorado 'del tercer ciclo', cuya equivalencia es de maestría en México."

"Más serio aún es el hecho de que algunos departamentos se presten a impartir estudios de posgrado sin contar con una planta docente con grado superior al

que se pretende otorgar. El colmo de la situación es que existen Departamentos coordinados por personas con licenciatura o incluso pasantía. Por supuesto, si la dirección de una área tiene bajo nivel, el producto de su trabajo tendrá la misma calidad."

"Todo esto nos habla de la problemática por la que atraviesa la investigación en la universidad. De aquí la necesidad de buscar un nuevo reglamento que especifique claramente la calidad de la investigación, los grados mínimos para cada categoría, la calidad de los programas de posgrado y el vínculo obligatorio de los investigadores con los estudiantes vía tesis. Pienso que es necesario, sin embargo, ampliar la discusión iniciada con las Jornadas para recoger nuevas propuestas que nos permitan diseñar una adecuada reglamentación sobre la investigación y la conformación que debe tener cada proyecto, grupo, programa, centro o instituto de investigación." (MGC)

Cuestionada la situación actual del posgrado

La creación de posgrados en las universidades de los estados del centro del país, ha respondido más a un deseo de incrementar su estatus académico con el fin de contar con mejores apoyos y financiamientos, que a una planificación correcta según las necesidades y recursos de cada institución; esta fue una de las conclusiones de la última reunión de la zona V de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Enseñanza Superior (ANUIES), convocada como Taller Regional de Posgrado.

Los posgrados surgidos bajo estas condiciones permitieron que la mayoría de las maestrías, doctorados o posdoctorados que se imparten no cuenten con plantas de profesores permanentes que garanticen el nivel académico. Dichos posgrados, conocidos como "de fin de semana" –porque su planta principal la cubren profesores que viajan una vez a la semana, generalmente de universidades de la ciudad de México– no imparten una enseñanza de tiempo completo pues carecen de trabajo intensivo a través de cursos, asesorías y seguimiento de tesis.

Un ejemplo claro de este problema se encuentra en la Universidad de Querétaro, donde se imparten treinta y ocho programas de posgrado que comprende veintidós maestrías y dieciséis especialidades en diversas disciplinas. El personal con el que cuenta esta universidad no podría atender esta oferta, así que se supera el problema con profesores que pasan de uno a dos días por semana en la institución.

El hecho de que los posgrados no hubieran nacido a consecuencia del trabajo de centros de investigación, puso la carreta delante de los bueyes, pues algunas universidades crearon programas para graduar a sus propios investigadores, con lo que condenó a maestrías y doctorados a desaparecer una vez titulados sus miembros.

Por esta razón, en la reunión de ANUIES, celebrada el 26 y 27 de abril, se recomendó no abrir nuevos programas de posgrado, si una institución no cuenta con una masa crítica de investigadores con el nivel de doctorado y grupos de investigación sólidos. La docencia de posgrado debe nacer estrechamente unida y de manera natural a la investigación una vez que sus trabajos van creando líneas de estudio.

Por lo demás, la garantía de una institución que cuenta con un personal docente mínimo con nivel de doctorado y posdoctorado, se traduce en equipos de trabajo capaces de desarrollar proyectos originales e independientes, y con recursos metodológicos para atacar adecuadamente los problemas a investigar. (MGC)

Editorial
UAP

Novedades

...¿cuál era el motivo que impulsaba a conjugarse, en aquella hora tempranera de una mañana fría, a un grupo de catedráticos procedentes de los más diversos puntos del país, la mayoría de los cuales no nos conocíamos?

Sólo a través del análisis de los mitos fundacionales y de los "juegos sucios" es posible llegar a la comprensión del drama esquizofrénico

El conocimiento de las propiedades de las lenguas naturales, en su estructura como en su uso en la interacción socioverbal, puede ser estratégico para arribar al conocimiento integral de fenómenos en torno a la comunicación, la filosofía, la antropología y la ciencia política.

EN PRENSA

Teorías latinoamericanas del teatro
Gerardo Luzuriaga

Introducción al estudio de la filosofía y sus problemas
Angelo Altieri Megale

De la imperfección
(coedición con el FCE)
A. J. Greimas

Los últimos años del PCM (1969-1981)
Enrique Condés Lara

La democracia en la UAP
Oscar Correas

Aprendiendo parasitología
José A. Cruz y Rodolfo Cortés Riveroll

Urbanismo y morfología de las ciudades novohispanas
(coedición con la UNAM)
Eloy Méndez

Adquiéralos en las principales librerías

✉ Puebla Reforma 913 ☎ 46-38-91
México ☎ 543-27-20 Guadalajara ☎ 13-66-54