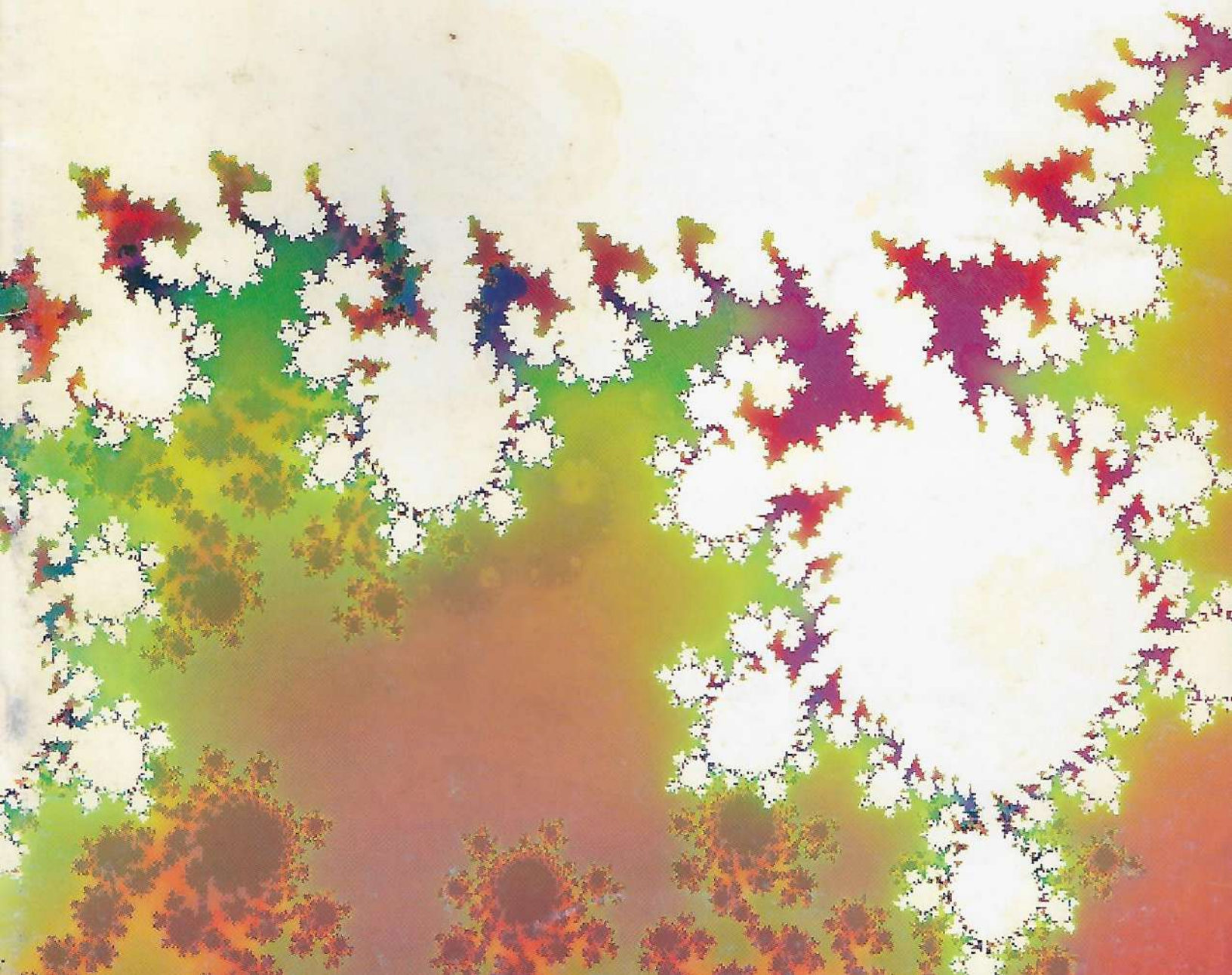




Diálogos

del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco Abril 2000 Gaceta número 2



Edición:
Consejo de Ciencia y Tecnología
del Estado de Tabasco

Diseño • Ilustraciones
Ricardo Torres Baños

Las opiniones contenidas en los discursos
y artículos de la presente edición, no
reflejan necesariamente
las del Consejo de Ciencia y
Tecnología del Estado de Tabasco
y del Gobierno del Estado.

Toda correspondencia deberá
dirigirse al **Consejo de Ciencia y
Tecnología del Estado
de Tabasco**

•
Av. Carlos Pellicer Cámara 502
Esq. Rullan Ferrer, Col. Mayito,
C.P. 86050
Villahermosa, Tabasco, México.
Teléfono: 12-8116, 14-5409
Fax: 14-2076

Abril del 2000

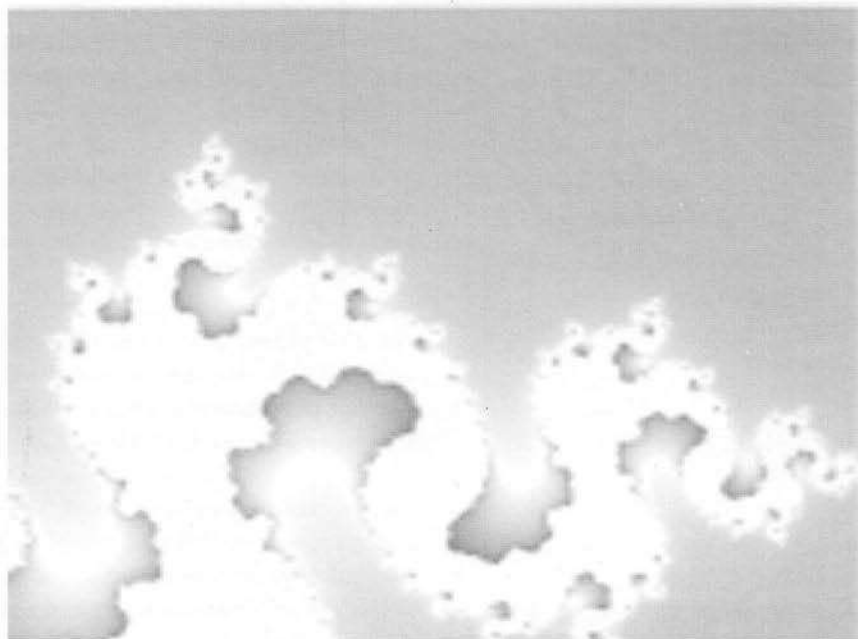
Directorio

Roberto Madrazo Pintado
Gobernador del Estado

Graciela T. de Cobo
Presidenta de la Junta Directiva
del CCYTET

Miguel O. Chávez Lomelí
Director General del Consejo de
Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco

I N D I C E



3 Educación generadora de investigadores Armando Rugarcía Torres

9 El saber científico en la sociedad del Siglo XXI Ricardo Tapia

14 Conocimientos científicos básicos Francisco J. Ayala

20 Cultura y ciencia en la escuela Alejandra González Dávila

Cada vez con mayor claridad se torna evidente que no es posible referirse a la ciencia como un ente aislado de la realidad social en la que se inserta. En el impulso de una reflexión sistemática sobre la actividad científica y tecnológica, misión fundamental de Diálogos, cobra entonces particular importancia, el abordar los contactos, las yuxtaposiciones y en general su relación con otros campos de la actividad humana como la educación y la cultura.

Así, ponemos a su consideración en este segundo número de Diálogos, cuatro trabajos que abordan otras tantas perspectivas de la vinculación entre el quehacer científico, con aspectos relacionados prioritariamente con la educación, en su sentido más general.

Sin tratar de simplificar la argumentación propia de cada una de las reflexiones aquí reproducidas, es posible señalar que en todos los casos la percepción pública del papel de la ciencia en la vida cotidiana constituye el punto de partida de los textos que incluimos.

Así, en el primero de los casos, Armando Rugarcía aborda su relación con la concepción de la educación como acumulación de conocimiento, así como con la elección de la opción profesional que se habrá de seguir, particularmente cuando en ella se involucra la investigación como forma de vida.

Con un punto de arranque similar, el segundo de los trabajos incorporados en el presente número de Diálogos, a cargo de Ricardo Tapia, asume el análisis de la aparente complejidad del conocimiento científico frente a la necesidad de una «alfabetización científica» y en consecuencia el papel educativo de la divulgación de la ciencia.

Presentación

La comprensión «de lo que se podría llamar el enfoque científico o la forma científica de conocer» y su necesidad en términos tanto de la exigencia cada vez mayor de una fuerza de trabajo capacitada técnicamente y de una sociedad capaz de decidir frente al cúmulo de información a la que está constantemente sometida, es el centro de la argumentación que, extraída de la edición 1996 del «Informe Mundial de la Ciencia» de UNESCO, formula Francisco Ayala.

Cierra esta edición de Diálogos el aporte de Alejandra González Dávila sobre la estrecha relación entre los conceptos de ciencia y cultura, con los procesos educativos y en particular con su transmisión por medio de la organización escolar.

Esperamos que con esta segunda edición de Diálogos nos acerquemos al cumplimiento de su cometido básico de propiciar una toma de conciencia sobre el papel que la ciencia y la tecnología juegan y jugarán en la construcción del Tabasco de mañana.

Invitamos a nuestros amables lectores a participar en este proyecto editorial ya sea aportando sus comentarios y críticas sobre Diálogos, o igualmente sometiendo sus propias colaboraciones, de forma que este espacio vaya enriqueciéndose con la perspectiva de los académicos, los tomadores de decisiones y de todo aquel que encuentre en ésta el foro para transmitir sus inquietudes en torno al papel de la ciencia y la tecnología en los diversos ámbitos de la actividad humana.

Miguel O. Chávez Lomelí

Introducción

El tema de este escrito versa sobre la simbiosis educación-investigadores. Quisiera abordar esta relación en dos partes: la primera responsable de contestar a dos preguntas: ¿por qué no hay suficientes investigadores? y ¿por qué a los jóvenes no les gusta la ciencia? La segunda, destinada a contestar otras dos: ¿cómo hacer para combatir el índice tan alto de reprobación que hay en ciencias y matemáticas? y ¿cómo formar investigadores?

La crisis del conocimiento en la educación

Por los poros de este mundo se respira un aroma de ciencia. La ciencia se ha apoderado de la conciencia del hombre contemporáneo y de ahí la frustración de muchos, del declive de las vocaciones para el posgrado, que ocurre abrazado con la investigación. Con frecuencia los estudiantes de posgrado «engañan» a la sociedad, pues estudian una maestría o un doctorado para no graduarse o bien, si lo hacen, para dedicarse a algo diferente a investigar.

Podría seguir citando ejemplos que muestran la incongruencia entre las ideas científicas de esta época y la realidad educativa, desconcertante sobre todo en países desarrollados, pero por problemas de espacio prefiero remitir al lector a Bok (1990) o Rugarcía (1995). Parece que la gente se está dando cuenta de que no vale la pena dedicar su vida a la ciencia o a la búsqueda del conocimiento a pesar de su vestimenta impresionante, ¿por qué?

Aunque parezca irreverente o absurdo, el principal culpable de esta crisis es el propio conocimiento, que hemos convertido en culto. El conocimiento es algo que paradójicamente embelesa al hombre, pero también lo aplasta o frustra. El hombre ha creído, desde hace más de un siglo, que la ciencia lo iba a sacar de sus miserias, pero ya se cansó de esperar. Nada ni nadie pue-

de tomar el lugar de Dios y el hombre se ha atrevido a poner a la ciencia en su lugar. El problema no es la ciencia sino el hombre, quien inventa ídolos cuando está desconcertado, y este culto al conocimiento ha tenido su afecto allá donde se gestan los investigadores: la familia, la escuela y la universidad. Digamos al respecto:

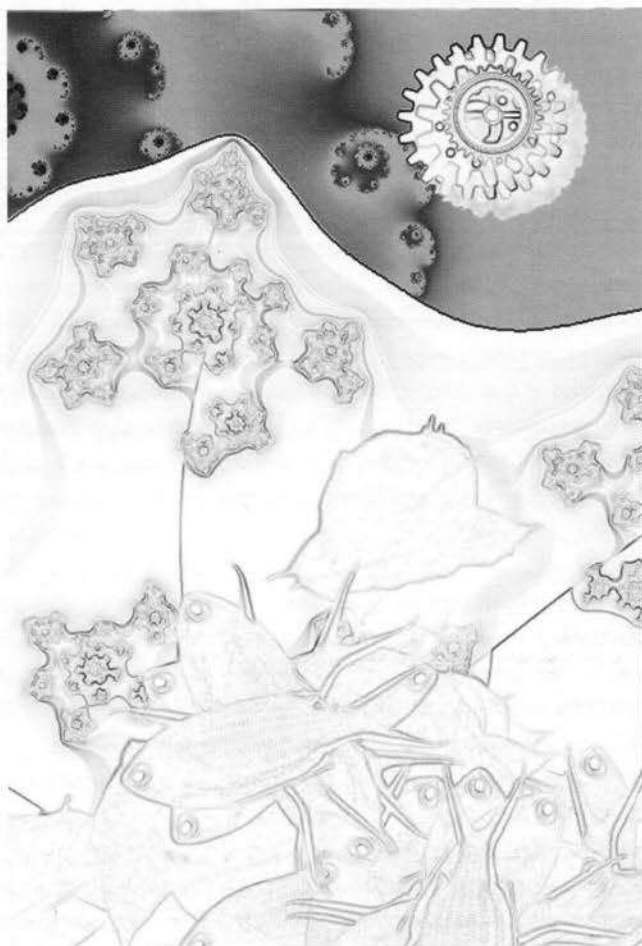
a) A la familia contemporánea le interesa que sus miembros sepan muchas cosas. Del hijo que sabe mucho se dice que «es inteligente, culto y buen hijo». Los padres vigilan sigilosamente que su prole saque buenas notas, pues ellas, las calificaciones, reflejan que están aprendiendo muchos conocimientos que esperan los capaciten para enfrentar los años por venir en la escuela, la universidad y la vida. Se cree que el conocimiento es, en síntesis, lo que capa-

cita para vivir.

Ni los mismos padres se dan cuenta de que su paso por la escuela o la universidad les dejó una huella que se olvida al día siguiente, y para acabar con el cuadro, la televisión, como un pretencioso maestro particular, refuerza la dinámica social al transmitir información de manera acrítica y divertida, rindiendo de esta manera también culto al conocimiento.

Educación generadora de investigadores

Armando Rugarcía Torres



Tomado de:
Revista CIENCIA Y DESARROLLO 133-134
Marzo/Junio 1997 Págs. 80-85
Reproducido con autorización.

b) En la escuela, los programas abultados, las tareas eternas y los profesores dictadores dan cuenta fiel del culto al conocimiento. La escuela no quiere ver que las universidades se quejan cada vez más de la impreparación de sus egresados; las calificaciones desoladoras en exámenes de admisión que pulsan la comprensión de conceptos o el razonamiento y la dificultad para decidir su vocación son indicios de esta deficiencia.

c) En la universidad es aún más exagerado el efecto del culto al conocimiento en programas, bibliografías, tareas y otros asuntos parecidos. La universidad no reconoce que a los empleadores no les satisfacen sus egresados y que estos últimos se quejan de su preparación. En el caso de los estudios de posgrado, la calidad deja mucho que desear, en parte por la misma razón (cfr. Rugarcía, 1994).

Los hijos y egresados de la escuela y la universidad no entienden lo que estudian, no son capaces de aplicar lo que saben y no pueden tomar una decisión de vida con pertinencia. Así, de manera quizás abrupta podemos concluir que a los estudiantes no les gusta la ciencia y por tanto no hay suficientes investigadores, porque no entienden las normas que la rigen. Los conceptos que manejan en la escuela y en la universidad no son comprendidos por los alumnos, a quienes no les interesa una actividad profesional que tiene que ver con ellos. Estos se sienten mal de no entender el conocimiento científico que se dice es importante para sus vidas, pero al mismo tiempo tienen la necesidad de ir pasando materias para sentirse reconocidos socialmente, lo que ocasiona que aprendan de memoria y acrediten del mismo modo.

El culto al conocimiento ha dado de sí y debe emadricarse del quehacer educativo contemporáneo. Hemos perdido de vista que la educación debe mirar a otras di-

mensiones del desarrollo humano: no sólo de pan (conocimientos) vive el hombre.

Una pista de solución

De las entrañas del apartado anterior surge la necesidad de cambiar tanto el concepto de lo que es educar como las prácticas y los procesos educativos, sobre todo en la escuela y en la universidad. Educar tiene que ver más con el hombre que con la ciencia y el conocimiento. La tarea de maestros, padres, sacerdotes y otros agentes educativos no sólo puede consistir en transmitir conocimientos. La mística educativa debe buscar afanosamente la ganancia del estudiante en tres aspectos: conceptos comprendidos e integrados, habilidades para resolver problemas de manera crítica y creativa, y actividades reforzadas por medio de la aprehensión de ciertos valores.

Si esto sucediera, la deserción y la reprobación en ciencias y matemáticas empezarían a fatigarse y morir, y renacería el gusto por la escuela, por la ciencia, por la tecnología, por la investigación. Con esto en mente, pasemos a referirnos al investigador y su preparación.

En la academia, como en otros ámbitos de la cultura o de la sociedad, hay quienes destacan por sus cualidades. Desde que Platón creó la Academia en honor al héroe de nombre parecido, algunos de sus miembros han venido «flotando» en la superficie. Un análisis histórico de los rasgos de los líderes académicos de todos los tiempos rebasa la humilde pretensión de este escrito, mismo que se concreta a establecer en qué aspectos del quehacer académico pone sus ojos la sociedad, para después hacer una propuesta sobre el perfil del investigador.

Es a todas luces evidente que el académico que se distingue en estos tiempos es quien hace investigación científica y publica sus avances en revistas reconocidas.

Muchos de los cuatro mil miembros del Sistema Nacional de Investigadores en México portan con orgullo la marca de esta distinción. Por supuesto que hay pasiones encontradas ante este hecho, pero así se cuecen las habas en la universidad actual.

Docenas de referencias testifican que la investigación que se aprecia en este tiempo cumple con una o varias de las características siguientes: científica, especializada, publicable, patrocinada y de frontera. Por otro lado, la investigación que demanda la sociedad parece ser interdisciplinaria o al menos, multidisciplinaria, aplicada o social, honesta, selectiva, crítico-propositiva y vinculada fuertemente con la formación de investigadores (cfr. Rugarcía, 1993). Quisiera reforzar el rasgo de investigación «aplicada» que se requiere en la actualidad; ésta parte de la sociedad y va hacia ella y no del conocimiento como la científica. Para realizar investigación aplicada se requiere, en una primera fase, de estudiar y entender la situación que se presenta y luego hacer una propuesta fundamentada.

Baste esta plataforma para intentar establecer los rasgos que deberían lacrarse en la formación de un investigador para el mundo de hoy, en forma tal que puedan observarse en el contexto universitario. El investigador se prepara en un posgrado y se desarrolla en la práctica inquisitiva.

Como ya se dijo, hay tres tipos de rasgos humanos observables, a los que la educación presta atención: conceptos, habilidades intelectuales y actitudes. Estos tres rasgos se desprenden o están contenidos en cualquier perfil significativo de egresado (cfr. Rugarcía, 1993). Así, para el investigador serían:

Conceptos o conocimientos

Los conceptos son lo que uno conoce y comprende. Es por demás evidente que

Cuadro 1

PRINCIPIOS METODOLÓGICOS PARA LA EDUCACION.

CONCEPTOS

- Un concepto se capta mejor en la medida en que al estarlo aprendiendo se ponen en juego varios sentidos.
- Un concepto se entiende mejor en la medida en que se conecta y distingue de otros conceptos relacionados.
- Un concepto se entiende mejor si se entienden sus partes constituyentes y la relación que existe entre ellas.
- Un concepto se capta mejor en la medida en que se maneja junto con otros en la solución de problemas.

HABILIDADES INTELECTUALES

- Una habilidad se desarrolla si se le ejercita.
- Una habilidad se refuerza en la medida en que se maneja con otras habilidades en la solución de problemas.
- Las habilidades que se pongan en juego se desarrollan al investigar, aprender o realizar cualquier otra actividad académica.

ACTITUDES Y VALORES

- El ejemplo de personas dignas de respeto es promotor de actitudes.
- El diálogo crítico ha mostrado ser el fermento comunitario más eficaz para el cuestionamiento de valores aparentes, la aprehensión de valores más firmes y el consecuente desarrollo de actitudes.
- Los valores tienden a captarse mejor si se desprenden de una situación cotidiana o se relacionan con ella.

en esta época explosiva en difusión de información, una persona debe saber ciertas cosas que le permitan realizar con decoro su vocación.

Un líder académico debe estar equipado con conceptos sociales y científicos que le permitan seguir aprendiendo o construyendo sobre ellos, a medida que transcurre su acción investigadora. Los conceptos científicos dependen por supuesto del ámbito en el cual se vaya a desenvolver el investigador. La investigación interdisciplinaria necesaria en este tiempo requiere de conceptos comprendidos, al menos de las ciencias o las disciplinas relacionadas con el posgrado correspondiente. La integración de conceptos es altamente recomendable.

Habilidades

Las habilidades se encargan de poner en acción los conocimientos o conceptos y sirven para aplicar lo que uno conoce. Las habilidades no son conocimientos. No es lo mismo saber de creatividad que ser creativo.

Dos habilidades de orden superior o grupos de habilidades básicas parecen pertinentes en el investigador de hoy: la creatividad y la crítica (cfr. Portilla, 1993). Estos son los dos pilares de la intelectualidad y de la interacción social. El presente demanda enfrentar situaciones en forma crítica y creativa, por tanto, el investigador de hoy necesita pensar de esta manera (cfr. Meneses, 1989). Bennis (1991) afirma que los dirigentes son los que hacen bien las cosas y los líderes son los que piensan bien.

Pensar críticamente significa dar razones a los juicios, encontrar evidencias subyacentes a ciertos datos, establecer o encontrar el hilo lógico de un argumento o escrito. El crítico es un escéptico de la información, un abanderado de la duda, un hidalgo de la pregunta donde «duele». El In-

vestigador crítico no se va con la finta ni se traga las cosas a la primera, aunque vengan en inglés o estén impresas en papel de computadora.

Pensar creativamente implica hacer propuestas novedosas, generar opciones de solución a un problema, salir de un aprieto de manera original. La persona creativa es fanática de lo nuevo, del cambio, de la innovación, es decir, de todo aquello que conduce a ser diferente.

La crítica cuestiona lo establecido, la creatividad lo transforma. Sin la crítica y la creatividad la ciencia se queda estática, la institución se oxida y la cultura se llena de telarañas.

Un investigador que no cuente con esos dos rasgos intelectuales, difícilmente podrá realizar con decoro su vital tarea ni podrá expresar con claridad los resultados de sus investigaciones.

Actitudes

Una actitud es la tendencia a pensar y actuar de determinada manera bajo ciertas circunstancias en busca de un valor. Las actitudes se van conformando por la experiencia y por el horizonte de valores que consciente o inconscientemente norman la vida.

Al analizar la situación social contemporánea descrita por Meneses (1989) o Labaqué (1986), paso a describir las actitudes que considero más relevantes en el investigador de la actualidad:

a) Preocupación por los demás. Esta parece ser la actitud más necesaria del hombre y por tanto del investigador de hoy para enfrentar la lacerante situación social. Se trata de tener un genuino interés por la gente y su crecimiento. Son los problemas sociales de cualquier tinte los que deben dar origen y sentido a la investigación, y por tanto, al empeño crí-

Cuadro 2

MEDIOS Y ACTIVIDADES PARA EDUCAR

	MEDIOS	ACTIVIDADES MÉTODOS
CONCEPTOS	Libros Pizarrón Manuales Revistas	Clase expositiva Contestar dudas Aprendizaje en equipo
HABILIDADES	Problemas Casos Prácticas Proyectos	Talleres* Seminarios Experimentación Aprendizaje en equipo
ACTITUDES	Diálogo crítico Cuestionamiento	Discusión Clarificación de valores Aprendizaje en equipo

*Para la descripción del taller como estrategia docente, véase Rugarcía, A. Y F. Alvarado, Boletín Didac, otoño 1987, pp.33-37

co-propositivo del investigador. La situación social sobre todo de los más necesitados debe ser la chispa que arranque el motor de la investigación y que encienda la pasión del investigador: Es necesario poner la ciencia y la investigación al servicio del hombre y no al revés.

b) Honestidad. No es necesario recalcar lo que cada vez más se pregona en los medios masivos: la corrupción. Hemos llegado a una situación tal que no importa cómo se hace dinero, simplemente hay que hacerlo, caiga quien caiga. La adoración del Vello de Oro ha hecho presa de la conciencia y de la intencionalidad humanas. Está bien hacer dinero como empresa, institución, o persona, pero nunca por medios ilícitos. Es el trabajo crítico y creativo el que debe llevar a utilidades o poder. Los actos corruptos no son otra cosa que una muestra de la falta de educación moral acompañada con frecuencia de una buena dosis de incapacidad personal. No necesito repetir lo que por desgracia a veces se sabe: un investigador que afirma o propone aquello que le insinúa el mejor postor.

c) Preservar el ambiente. Uno de los rasgos sociales de esta época se deriva del aprovechamiento irracional de los recursos naturales o del deterioro del hábitat animal y humano (crf. Brown, 1990). El investigador de hoy debe tener en mente la calidad de vida en aquellos proyectos o programas que emprenda.

d) Responsabilidad. La imagen del investigador se refuerza en la medida en que tiende a cumplir sus compromisos. Cada vez es más claro que en el mundo de hoy no hay cabida para la irresponsabilidad empresarial, industrial, institucional o personal. Este es un rasgo derivado del genuino interés para los demás.

e) Productividad. En todos los medios y todos los días se comenta algo relacionado con la necesidad de producir más con menos o con una noción más estricta de productividad. Algunas situaciones histórico-sociales nos han llevado a dilapidar recursos en la producción de bienes o servicios. Es necesario revertir esta tendencia si queremos tener cierta presencia en este mundo expandido en sus mercados. Si la investigación se va a orientar a «Lo social» no será fácil conseguir recursos. La productividad en la investigación y en las propuestas derivadas de ella debe ser tomada en cuenta.

f) Calidad. Hacer las cosas bien a la primera es una actitud que parece haber sido erradicada de la forma de ser del mexicano. Preferimos buscar una excusa por si las cosas salen mal que poner nuestros recursos en hacer las cosas bien desde el principio. La búsqueda de calidad o, en otros términos, de excelencia debe ser, sin duda, una actitud del investigador contemporáneo.

g) Adaptabilidad. La dinámica social exige que el investigador tenga la tendencia a buscar y adecuarse al cambio. En especial debe tener interés en enfrentar los cambios derivado del acelerado dinamismo

mo tecnológico, de la abundante difusión de conocimientos y de la heterogeneidad de los grupos sociales a quienes, dado el caso, dirigirá sus esfuerzos investigadores.

Estas actitudes implican o conducen a otras más frecuentemente mencionadas en los rasgos de un líder, como por ejemplo, ser dinámico íntegro, tenaz u otras (cfr. Rugarcía, 1992).

Para terminar, pasemos ahora a establecer algunas estrategias educativas orientadas a formar al investigador, que parecen demandar los signos de estos tiempos.

Es frecuente escuchar en el discurso educativo que la escuela y la universidad deben formar líderes para el siglo XXI. Pero no falta un «aguafiestas» que pregunta cómo. El propósito de este apartado es dar algunas pautas metodológicas para la formación de investigadores, o de otra manera, para promover la capacitación de los conceptos, el desarrollo de las habilidades y el reforzamiento de las actitudes descritas en el apartado anterior.

Como no creo que exista un método particular para enseñar, capacitar o educar, pues las situaciones escolares, universitarias y humanas cambian radicalmente, me concretaré a dar algunas pautas metodológicas. Una de ellas es la que ayuda o soporta a diversos métodos. De otra manera, los principios metodológicos son los que están detrás y delante de lo que se hace o deja de hacerse en un curso por parte de alumnos y maestros.

Así pues, en el cuadro 1 se establecen algunos principios metodológicos que ayudan en la promoción de la captación de conceptos, en el desarrollo de habilidades para pensar crítica y creativamente y en el reforzamiento de actitudes, y en cuadro 2 se mencionan algunos ejemplos de medios y actividades congruentes con los postula-

dos asentados en el cuadro 1.

Como puede intuirse o derivarse del análisis de los cuadros 1 y 2, el aprendizaje de conceptos y el desarrollo de habilidades y actitudes son interactuantes. Por tal motivo, los rasgos asentados seis párrafos arriba se deben manejar como postulados que destacan una acción u otra.

Conclusión

La vocación investigadora está atada irremediablemente a la comprensión de conceptos, al desarrollo de habilidades crítico-creativas y a la capacidad de elegir valores, es decir, no hay investigadores porque no hay educación.

Quizá la mejor manera como la universidad puede contribuir a fomentar la vocación de los investigadores por intermedio de sus académicos es enseñando a los preuniversitarios y escribiendo textos con una mística educativa, es decir, centrada en el alumno y en su desarrollo integral. Una salida recomendable para promover verdaderos investigadores (profesionales o técnicos) es educando con eficacia, princi-

palmente en la familia y en la escuela.

Estoy seguro de que en la medida en que nuestros investigadores mexicanos aporten resultados socialmente pertinentes, la vocación por la investigación y el reconocimiento al investigador renacerá como lo hizo el Ave Fénix. Necesitamos investigar para servir y no sólo para presumir. La vocación investigadora sucede en la escuela y la formación de investigadores en la universidad, en el marco de un posgrado.

La formación de investigadores depende radicalmente de que el profesor del posgrado desarrolle su actividad con una mística educativa, pues si bien es aceptable decir que un investigador se hace investigando, importa más el estudiante que el proyecto de investigación.

Termino expresando que así como en la educación nada cambia si no cambia la mente y el corazón de los profesores, en la investigación sucederá lo mismo si no cambia la mente y el corazón de los investigadores.

Referencias

- Bennis, W. «*Algunas verdades sobre el liderazgo*», facetas, 1991.
- Bok, D. *Universities and the Future of America*, London, Duke University Press, 1990.
- Cornejo, Miguel A. «*Perfil ejecutivo*», Alto nivel, enero, 1991, pp. 36-47.
- Labaké, Julio, *El problema actual de la educación*, Argentina, Editorial Bonum, 1986.
- Meneses, E. «*El sistema Universidad iberoamericana en el umbral del Siglo XXI*», Umbral XXI, No. 1, primavera 1989.
- Portilla, C. y A. Rugarcía. *El pensamiento crítico y creativo en la universidad*, *Magistralis*, primavera 1993, pp.15-23.
- Rugarcía, A. «*La formación de líderes en la universidad contemporánea*», *contaduría pública*, diciembre 1992, pp.20-29.
- . «*La investigación en el ámbito de la universidad actual*», Umbral XXI, verano 1993, pp.72-73.
- . «*El diseño de planes de estudio a la luz de las tendencias socioeducativas*», *Boletín Didac*, UIA-Santa Fe, verano 1993^a.
- . «*Calidad de los estudios de posgrado en México*», *Diorama educativo*, año 6, núm. 5, 1994, pp.13-71.
- . «*El culto al conocimiento y la crisis en la educación*», por publicarse en la revista *Extensiones de la Universidad Intercontinental*, 1995.

La ciencia no busca el poder, sino el saber

No exagerando calificar al moribundo siglo XX como el de la iluminación científica. La enorme mayoría de nuestros conocimientos sobre la estructura de la materia y sobre los fenómenos naturales, incluidos los procesos biológicos, se ha adquirido en esta centuria, gracias a la profesionalización de la investigación científica y a la retroalimentación que ésta ha recibido de los adelantos tecnológicos que, en un aspiral de constante progreso, se han desarrollado a consecuencia de los propios conocimientos que la ciencia proporciona. Es así como las herramientas de la ciencia, desde los equipos analíticos y los instrumentos de observación hasta los métodos para almacenar y emplear la información obtenida, han permitido avances que pocos años antes parecían pertenecer al mundo de la más atrevida ciencia-ficción.

Todos los logros del conocimiento científico se hacen presentes en nuestra vida diaria de manera no sólo continua sino también abrumadora. No hay prácticamente ninguna actividad de la vida citadina-y aun de la rural — que no esté vinculada de una u otra manera con los adelantos tecnológicos contruidos sobre el cimientto que representa el mejor entendimiento de la naturaleza. Estamos tan inmersos en la ciencia y la tecnología, tan “naturalizados” con sus beneficios, que nos parece que las cosas siempre han sido como ahora, que desde siempre la esperanza de vida es de más de setenta años, que nunca ha habido viruela ni poliomielitis, que la comunicación inalámbrica instantánea a grandes distancias, los teléfonos celulares y la televisión a colores nacieron con el hombre, que el transplante de órganos es un asunto trivial. Vivimos permanentemente inconscientes de que todo esto y mucho más se debe al progreso de la ciencia, al trabajo creativo de la investigación científica; tan inconscientes como lo estamos del trabajo incesante de nuestro sistema nervioso autónomo, que al regular la función



de nuestras vísceras nos permite respirar, digerir y asimilar los alimentos, controlar la contracción muscular y llevar la sangre hasta la última célula del organismo, sin que tengamos que concentrarnos en ello.

Es quizá esta inconciencia, aundada a un rechazo generalizado a intentar entender todo lo que suene a ciencia y a la complejidad inherente a ella, lo que hace muy difícil que el método y el conocimiento científicos penetren en la sociedad y sean verdaderamente reconocidos como elementos determinantes del progreso. Mientras que las creencias religiosas y las pseudocientíficas, basadas en dogmas o en explicaciones sin sustento alguno, gozan de gran éxito en todas las capas sociales, el sólido conocimiento que, paradójicamente, permita a esos creyentes vivir usado de deshumanizante o de producir calamidades.

Por el contrario, estoy convencido de que una de las grandes calamidades de nuestro tiempo es precisamente la ignorancia de los

El saber científico en la sociedad del Siglo XXI

Ricardo Tapia

temas científicos, ya que una enseñanza carente de información científica genera una cultura coja e incompleta que impide una visión global de nuestro tiempo y de nuestro entorno. Sin pretender que todo el mundo comprenda la estructura de los átomos, el principio de incertidumbre de Heisenberg, los fundamentos de la evolución de las especies, la doble hélice del DNA (ácido desoxirribonucleico, por sus siglas en inglés) o las bases fisicoquímicas del potencial eléctrico que conducen los nervios, no me parece descabellado intentar que la sociedad, y en particular la población privilegiada con estudios superiores, tengan un mínimo abecedario científico. Este conocimiento sin duda le permitirá atender más cabalmente su propia existencia y su relación con su medio, y por consiguiente la capacitará para tomar decisiones con una visión mucho más clara y amplia de la realidad.

Lo anterior nos trae al nunca concluido tema de la divulgación de la ciencia y de la responsabilidad del científico para disseminar los conocimientos. Es curioso que, mientras que en la Edad Media y aun en el Renacimiento los sabios pertenecían a una especie de secta secreta a las que pocos tenían acceso, y se trataba de evitar que los no iniciados participaran de los conocimientos e inventos de la época, en los años postreros del Siglo XX haya un gran deseo de que el mayor número de personas conozca los adelantos científicos. Sin embargo, si hace quinientos años ya era difícil que los descubrimientos fueran entendidos exactamente por la sociedad, actualmente resulta mucho más complicado, debido a la superespecialización que el enorme progreso de la ciencia ha generado. Por ello, la comunicación de la ciencia se ha vuelto en extremo ardua, aun en el interior de la propia comunidad científica. Estamos atrapados así en un triple círculo que obstaculiza la difusión del conocimiento científico: el poco interés de la gente por la ciencia, la gran atracción que siente por las explicaciones pseudocientíficas y por las charlatanerías, y la dificultad de traducir a un lenguaje accesible los conceptos científicos, cada vez más detallados y por lo tanto menos fáciles de ser integrados a un gran marco general de conocimiento. Han sido tantos estos logros que, recientemente, se ha afirmado que lo más importante del conocimiento sobre la naturaleza ya se ha obtenido y que los miles de científicos activos en este momento en todo el mundo no hacen más que trabajar en los detalles (J. Horgan, *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of The Scientific Age*, Broadway Books, Nueva York, 1997). Sin embargo, esto parece ser más bien parte de la idea, puesta de moda por el fin de siglo, de que hemos llegado al "fin de ... todo". Por ejemplo, además del libro señalado, en años recientes han aparecido *El fin de la historia*, *El fin de la física*, *El fin del trabajo* y *El fin de la naturaleza*.

Quizá la solución a esta problemática de la divulgación de la ciencia consista en identificar los más grandes adelantos del

conocimiento científico e idear un modo de darlos a conocer en los libros de texto desde la escuela primaria e incrementar sus detalles en los de secundaria y preparatoria, antes de que en la enseñanza superior empiece la inevitable especialización. Así, no habría estudiante que al terminar el primer año de la preparatoria no se hallara familiarizado con las galaxias, los hoyos negros, los protones y los neutrones, la participación de los electrones en las uniones interatómicas, el mecanismo molecular de la herencia y de la evolución biológica, la ultraestructura de las células vivas, los circuitos neuronales y los neurotransmisores involucrados en la depresión y en la epilepsia, etcétera. Sin embargo, para que tal enseñanza fuera útil, el conocimiento debería asimilarse verdaderamente como ocurre, por poner un ejemplo, con la multiplicación y la división. El objetivo sería lograr que, así como nadie se asombra de que $8 \times 6 = 48$ —conocimiento que millones de personas emplean a diario—, tampoco nadie se quede perplejo cuando se hable de que la secuencia de A, C, G, y T en la estructura del DNA es la responsable de la información brindada a las células para fabricar las proteínas que la caracterizan y para que esa información se transmita a las células hijas durante el proceso reproductivo.

Creo que solamente si desde pequeños se enseña a los niños el conocimiento científico y el valor que representa para la humanidad, se logrará cerrar ese abismo de la cultura que representa la ignorancia en cuanto a la ciencia. La experiencia prueba una y otra vez que si una persona no descubrió, comprendió y aplicó los conceptos científicos desde joven, con dificultades logrará aprehenderlos en la edad adulta, sobre todo porque la enorme mayoría de la población recibe desde temprana edad muchas influencias que la inducen a desdeñar la ciencia o incluso se oponen radicalmente a ella. Por ejemplo, trátase de explicar a un creyente en el alma humana

o en el hombre como producto de creación divina, que la información genética del chimpancé es idéntica en 99.3% a la del hombre, lo cual prueba de manera irrefutable que tuvimos un ancestro común en la historia de la evolución de los primates. A continuación, plántesele la posibilidad de que, gracias a los avances de la ingeniería genética, en el futuro será posible tomar un óvulo fecundado de chimpancé sustituir el 0.7% de su genoma que es diferente al del hombre por el equivalente del genoma humano, implantar ese óvulo en el útero de una mujer y permitir que se desarrollen hasta producirse un nacimiento. ¿El producto de esto será un chimpancé o un hombre? Sin duda se generará un hombre, pero sin duda también el creyente se horrorizará y preferirá seguir pensando que no es cierto que los genomas del chimpancé y del hombre sean tan parecidos, o rechazará violentamente el experimento como uno de los daños que la ciencia puede

producir, razón por la cual es preferible no seguir con la investigación científica y conservar los valores de sus creencias no científicas.

El ejemplo anterior es desde luego un ejercicio especulativo. Sin embargo, hace poco más de dos años ya se expresó una condena generalizada a la aplicación de los adelantos del conocimiento genético, con motivo de la primera clonación de un mamífero a partir de una célula adulta, la famosa oveja Dolly, por lo que no me parece que mi ejercicio carezca de bases (véase R. Tapia, "De genes, mentes y clones", en *Universidad de México*, núm. 557, 1997, p. 4, y R. Lisker y R. Tapia, "Clonación en humanos", en *Ciencia*, vol. 48, núm. 3, 1997, p. 5). El punto que quiero recalcar es que, si la ciencia se integrara a la educación y a la cultura con el mismo esmero con que ello se hace en cuanto a otros aspectos del saber y la actividad humanos, la sociedad sería más sana y tolerante y menos supersticiosa e ignorante. Ésta sería una verdadera revolución científico-social.

Como he venido diciendo, lograr una real incorporación de la ciencia y su producto

— el conocimiento sobre la naturaleza — a la sociedad es una empresa extraordinariamente difícil. Sin embargo, no por eso debemos abandonarlas. Muy por el contrario, hemos de empeñarnos en diseñar, con imaginación y creatividad, nuevos enfoques y métodos para llevarla a cabo, como se hace en la investigación científica. Uno de esos nuevos enfoques podría ser la insistencia en que las explicaciones científicas de los fenómenos naturales son mucho más elegantes y bellas que las fantasías de la astrología y otras supercherías. En efecto, los conocimientos obtenidos por la ciencia describen a la naturaleza como un hermoso mundo real, no inventado sino descubierto, que ciertamente supera con mucho en originalidad e ingenio a las explicaciones sobrenaturales o seudocientíficas tan en boga en nuestra sociedad actual. Consideramos, por ejemplo, lo que para muchos es el descubrimiento científico más importante del siglo XX: la estructura y el funcionamiento del DNA, la molécula que constituye los genes. Este conocimiento puso de manifiesto el mecanismo que permite a las células de absolutamente todas las especies existentes, desde las bacterias hasta las plantas y animales, realizar dos funciones fundamentales:

1. Conservar y expresar la información bioquímica determina precisamente las propiedades particulares de cada especie: el hombre es hombre por que tiene genes de hombre, la hormiga es hormiga porque tiene genes de hormiga, y así para cada una de las especies vivientes.
2. Transmitir durante la reproducción de los individuos esa información a los descendientes, de manera que éstos heredan las mismas características que sus progenitores.

Lo más interesante para nuestro tema es que ya se sabe precisamente cómo estas dos funciones se llevan a cabo en términos

bioquímicos, es decir en cuanto a la forma en que la molécula del DNA guarda la información, regula la expresión de la misma y la transmite a las células hijas durante la reproducción. Es por esto que, teóricamente hablando, ya sabemos cómo realizar el experimento, relatado arriba, de sustituir parte de los genes del chimpancé por genes humanos. Además, este hermoso mecanismo químico de guardar y transmitir la información genética puede explicar otros importantísimos fenómenos de la biología celular, como la diferenciación de las células para formar tejidos y órganos durante el desarrollo de los individuos, o los defectos responsables de las enfermedades hereditarias, en las que uno o varios genes están alterados. Todo esto constituye la base de la ingeniería genética, que es el conjunto de procedimientos para sustituir o introducir genes en las células vivas, lo cual será en un futuro no muy lejano el tratamiento de enfermedades cuya causa reside en defectos genéticos, ya que éstos desaparecerán con la introducción de un gene no defectuoso. Por otro lado, debido precisamente al hecho de que la información genética es determinante de las características de las especies, el entender cómo esa información se expresa y regula ha proporcionado una explicación definitiva, coherente y bella, respecto a cómo han evolucionado las especies en el curso de la historia de la vida.

Sabemos aún muy poco sobre el funcionamiento de nuestro cerebro. Sin embargo, ese poco es suficiente para asombrarnos también de la finura y la ordenada complejidad del sistema nervioso: una red de miles de millones de neuronas que se comunican entre sí de manera extraordinariamente precisa mediante pequeñas moléculas que funcionan como mensajeros químicos, los cuales son reconocidos por grandes moléculas colocadas de manera estratégica en la membrana de las neuronas receptoras del mensaje. Empezamos así a entender cómo las drogas, al actuar sobre estos mecanismos

de transmisión y comunicación en las neuronas, pueden sacar a un individuo de una profunda depresión, disminuir su ansiedad, curarlo de una epilepsia o producirle alucinaciones y un estado paranoico parecido a la esquizofrenia. Este conocimiento está abriendo el camino para diseñar nuevos fármacos que sin duda permitirán tratar con eficacia muchas enfermedades neurológicas y mentales para las cuales no hay en la actualidad ninguna terapia. ¿No es esto mucho más interesante y emocionante que creer en la posesión demoniaca, la brujería o la telepatía?

Creo que nadie podría dudar que, como se dicen en términos literarios, la realidad de la biología molecular y de la química de las neuronas supera con mucho a la más imaginativa ficción que se pudiera inventar para explicar la evolución de los seres vivos, el funcionamiento de los genes o la estructura de nuestro cerebro. Lo mismo se podría afirmar de las fuerzas que mantienen la estructura de los átomos, de los enlaces interatómicos que resultan en la formación de las moléculas, del origen del universo o de la vida y muerte de las estrellas. Si muy pocas personas son insensibles a la belleza de las flores, la luna llena, una puesta de sol, una cascada, los paisajes nevados o el mar chocando con los acantilados, y otras muchas se emocionan también con la música, la pintura o la poesía, ¿no será posible apelar a su sensibilidad intelectual para que puedan percibir y apreciar también la hermosura y elegancia de la naturaleza a través del lente de la ciencia, y así se interesen en ella?

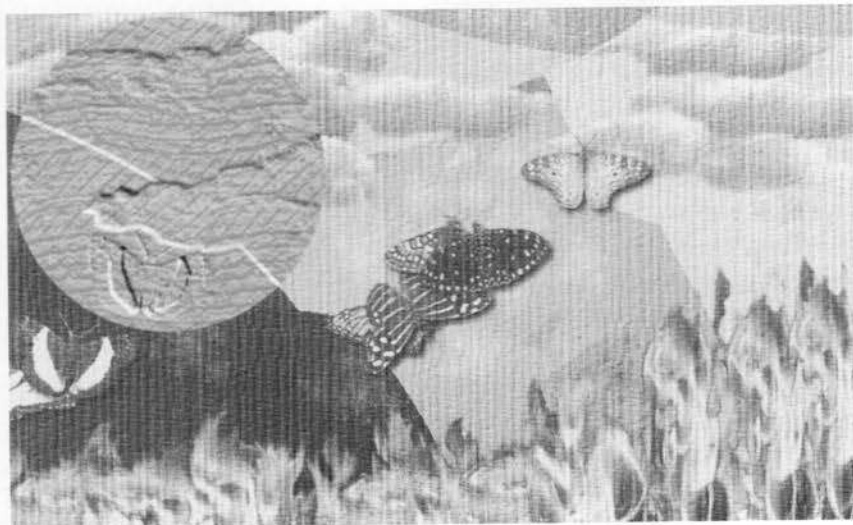
Conocimientos científicos básicos

Francisco J. Ayala

Se le atribuye a la revolución copernicana el mérito de haber cambiado el concepto que tenía el hombre de sí mismo y de su lugar en el universo. La tierra dejó de considerarse el centro del mundo, como creían los antiguos, para pasar a ser un pequeño planeta que gira alrededor de una estrella corriente.

Los descubrimientos de Copérnico, Kepler, Galileo y Newton demostraron ciertamente que el universo es inmenso en el espacio y el tiempo, que los movimientos de los planetas alrededor del Sol se pueden explicar mediante leyes sencillas, las mismas que explican los movimientos de los objetos físicos en la Tierra, y que la gravitación lunar origina las mareas. Éstos y otros descubrimientos expandieron mucho el conocimiento humano, y sin embargo la sustancia de la revolución copernicana estaba integrada en algo más fundamental que la acumulación de descubrimientos particulares, por mucho que fueran maravillosos. El gran logro de la revolución copernicana fue abrir el camino hacia un concepto

del universo como materia en movimiento gobernada por leyes naturales, el reconocimiento de que el universo obedece a las leyes inmanentes que pueden explicar los fenómenos naturales. Por tanto, los fenómenos físicos pueden predecirse y manejarse de forma fiable cuando las causas se conocen suficientemente. La ciencia se convirtió así en explicación mediante las leyes naturales. El extenso conocimiento que poseemos del mundo natural es uno de los resultados de la revolución copernicana, y la revolución industrial es otro.



La ciencia es una forma idónea de investigación, pero también de solución de problemas. La ciencia ha aportado así la maravillosa tecnología que invade el mundo moderno: los rascacielos, las autopistas y los puentes larguísimos, los satélites que llevan gente a la luna, los teléfonos que comunican instantáneamente un continente con otro, los ordenadores que efectúan cálculos complejos en millonésimas de segundos, los cultivos agrícolas que poseen las características deseadas, las vacunas y medicamentos que mantienen a raya a los parásitos y bacterias, y las terapéuticas genéticas que reemplazan el ADN de células defectuosas. Los logros de la tecnología pueden no ser todos únicamente benéficos, pero la ciencia y la tecnología han cambiado el mundo en que vivimos y seguramente van a seguir haciéndolo en el futuro.

Estas consideraciones sientan la base para el argumento que deseo demostrar, concretamente, que los conocimientos

científicos básicos, entendidos como conocimientos funcionales habituales de la ciencia, son tan necesarios como la alfabetización (la lectura y la escritura) para una forma de vida satisfactoria en el mundo moderno. Deseo demostrar que los conocimientos científicos básicos son necesarios para que haya una fuerza de trabajo capacitada, para el bienestar económico y sanitario de la sociedad y de todos sus componentes y para el beneficio de la democracia participativa.

Conocimientos científicos básicos

Deseo aclarar desde el comienzo que con la expresión "conocimientos científicos básicos" no me refiero a conocimientos detallados de conceptos científicos como los que vienen en los libros de textos de física, química, fisiología o genética, sino más bien a la comprensión de lo que se podría llamar el enfoque científico o la forma científica de conocer, o inclusive el método científico. Esta comprensión exige que se tengan conocimientos científicos específicos, pero no tienen que ser amplios o detallados, extensivos a muchas disciplinas o profundos. En este sentido, la persona que tiene conocimientos científicos básicos debe saber que la astrología no es una ciencia y que los niños no nacerán con músculos más fuertes simplemente porque los padres hagan gimnasia, pero no hay que esperar que una persona que tenga conocimientos científicos básicos sepa la definición de momento angular o que la expresión del ADN se efectúa por medio de moléculas del ARN de transducción. Tener conocimientos científicos básicos significa que, independientemente de que esté o no de acuerdo con un programa gubernamental de fluorización del agua o de construcción de una planta nuclear, la decisión que se tome no esté basada en el prejuicio de que todo tipo de aprovechamiento de los recursos naturales es nocivo (o, al revés, claramente beneficioso), ni en la ignorancia de que toda decisión requiere comparar

las ventajas e inconvenientes, por ejemplo, entre una planta nuclear y una central térmica.

La UNESCO definió la alfabetización como la capacidad de la persona para leer y escribir una declaración simple sobre su vida diaria¹, los conocimientos científicos básicos no significan a mi entender que la persona deba contentarse con un mínimo sino más bien algo que equivalga a lo que recientemente se ha llamado "alfabetización funcional", definida como la capacidad de entender lo leído o lo escrito hasta donde sea suficiente para actuar adecuadamente en la vida social, ya se trate de comunicar con las personas, de mejorar los propios intereses económicos u otros, o de participar en la vida democrática². Los conocimientos científicos básicos implican esta funcionalidad de poder reaccionar de manera significativa frente a las cuestiones técnicas que invaden nuestra vida diaria y el mundo de la acción política.

Justificación de los conocimientos científicos básicos

La necesidad de poseer conocimientos científicos básicos es universal. Apoyaré esta aseveración con argumentos basados en dos exigencias crecientes de las naciones modernas. En primer lugar, la necesidad de contar con una fuerza de trabajo capacitada técnicamente. En segundo lugar, la necesidad de que los ciudadanos en general juzguen las promesas y acciones de sus gobiernos y los argumentos de los anunciantes de bienes de consumo.

1 Citado por Stephen R. Graubard, en *"Nothing to Fear, Much to Do"* (*"Nada qué temer, mucho qué hacer"*), pag. 232, *Deadalus. Journal of the American Academy of Arts and Sciences* (primavera de 1983), vol. 112 (2), págs. 231 a 248.

2 S.R. Graubard define la alfabetización como "la capacidad de leer y escribir que permite actuar de forma eficaz en el grupo o comunidad a que pertenece el individuo". (Véase la nota anterior.)

El presidente de los Estados Unidos, Bill Clinton, escribió recientemente: "La tecnología —el motor del crecimiento económico— crea empleos, construye nuevas industrias y mejora nuestro nivel de vida. La ciencia es el combustible del motor de la tecnología"³. No es éste el lugar adecuado para argumentar que la concatenación casual propuesta por Clinton es correcta: ciencia—tecnología—crecimiento económico. Sin embargo, me permito señalar en apoyo de esta relación la fuerte correlación existente entre la importancia de la inversión nacional en la investigación en ciencia y tecnología (generalmente evaluada como porcentaje del PIB invertido en I + D) y el nivel de vida de otras medidas de bienestar económico de dicha nación.

Lo que quiero hacer presente es que el sector productivo de la economía de cualquier nación industrial demanda una mano de obra con conocimientos científicos básicos⁴. Así, el bienestar económico de un país depende de que haya altos niveles de conocimientos científicos y técnicos básicos. Los progresos de la ciencia y de la ingeniería son la base de la productividad industrial, pero el desarrollo económico e industrial se debe de forma más inmediata a la adaptación de las ideas científicas: nuevos materiales y procesos de fabricación, aumentos de la productividad y el rendimiento de los trabajadores, control de la calidad de los productos e interés para los consumidores y comercialización. El desarrollo económico depende ciertamente de los científicos e ingenieros que descubren e inventan y de los que desarrollan estas innovaciones, pero el éxito de la aplicación de la innovaciones depende de que haya trabajadores instruidos, capacitados en el funcionamiento de maquinarias, ordenadores, centros de control, información cuantitativa y materiales.

Los trabajadores necesarios para la industrias modernas tienen que entender instrucciones tecnológicamente complejas para manejar equipos y comunicarse y cooperar entre sí en tareas que distan de ser puramente repetitivas.

La necesidad y los beneficios de estos conocimientos se extiende más allá de la industria a otros sectores de actividad económica como la agricultura. La productividad agrícola, que ha aumentado tanto en décadas recientes en países como Estados Unidos, puede atribuirse en gran parte a la introducción y utilización de prácticas agrarias modernas y al uso de maquinaria eficiente que exige operadores calificados.

Los conocimientos científicos básicos también son necesarios para participar públicamente de manera informada en la vida política y pública de una nación. Se requiere información sobre tecnología y asuntos científicos para un número cada vez mayor de decisiones tomadas a los más altos niveles gubernamentales. Decidir si se construye o no un sistema de autopistas y dónde y

³ Presidente William J. Clinton y vicepresidente Albert Gore Jr., *Science in the National Interest* (agosto de 1994), Oficina Ejecutiva del Presidente, Washington, D.C., Prefacio.

⁴ En Estados Unidos, el porcentaje de población activa que trabaja en actividades relacionadas con el conocimiento, o sea la que produce, procesa y distribuye bienes y servicios de información, pasó de aproximadamente el 5% en 1860 a cerca del 50% en 1980. (Daniel Bell, "The Social Framework of the Information Society", en *The Micro-electronics Revolution*, dirigido por Tom Forester, Cambridge: MIT Press, 1981, pág. 521, citado por Herbert J. Walberg en "Scientific Literacy and Economic Productivity", *Daedalus* (1983, vol. 112 (2), págs. 1 a 28.

Gráfico 1
Pirámide de Ciencia
y Tecnología del Estado



y utilizar los consejos de los expertos con el fin de tomar decisiones y ejecutarlas mediante el proceso político. Los legisladores elegidos democráticamente y los funcionarios públicos son los representantes del pueblo y deben asumir la responsabilidad de sus decisiones en lugar de delegarlas simplemente a los expertos.

cuándo, como decidir el desarrollo de fuentes de energía térmica, hidráulica, o nuclear, o como proteger y mejorar el suministro de agua y la calidad del aire, la explotación de los recursos naturales o marinos y la preservación y el uso comercial de los bosques, los ríos y las costas figuran entre las numerosas decisiones políticas que no se pueden tomar idóneamente sin conocimientos científicos y tecnológicos. Las autoridades tienen que confiar en asesores capacitados científica y tecnológicamente para asesorar idóneamente sobre esta clase de temas a los funcionarios públicos y otros interesados. Además, las propias autoridades tienen que tener conocimientos científicos básicos para interpretar, evaluar

La participación del estado en el proceso de toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología se puede representar mediante una pirámide (Gráfico 1)⁵. En la cima están los funcionarios públicos (de los poderes ejecutivo, legislativo y judicial) encargados de tomar y ejecutar decisiones políticas; inmediatamente por debajo están los asesores de política: expertos que efectúan el análisis científico y tecnológico de los temas por encargo de las autoridades, incluidas las consecuencias económicas y de salud pública. El tercer nivel está representado por los científicos, los ingenieros y los técnicos que reúnen la experiencia tecnológica del Estado, que ponen en movimiento el motor industrial y tecnológico introduciendo nuevas invenciones, desarrollando tecnologías,

mejorando los procesos de fabricación, etc.

En la base de la pirámide está la fuerza de trabajo que en su gran mayoría participa en el sector productivo de la economía. Como ya he dicho, esa fuerza de trabajo tiene que tener conocimientos científicos básicos para poder satisfacer las necesidades de la industria y el comercio modernos. Desde la perspectiva de la práctica política y el ejercicio de las libertades y los poderes democráticos, es evidente que el público en general tiene también que incluirse en la amplia base de la pirámide científica porque todos los ciudadanos participan (o deberían participar) en la elección de los funcionarios públicos, cuya selección se hace sobre la base de su actuación o de las promesas de un programa político. La ciencia y tecnología tienen consecuencias comerciales, estratégicas, burocráticas y de salud pública que no son marginales sino que se encuentran en la esencia misma de estos componentes vitales del proceso político. Una democracia participativa exige que el electorado, la población en general, tenga conocimientos científicos básicos de forma que pueda apoyar o no las propuestas o las decisiones oficiales, avalando o no su elección porque comprende las consecuencias de esas propuestas o decisiones.

⁵ La pirámide aquí utilizada se deriva de una presentación propuesta por Gabriel Almond, *The American People and Foreign Policy* (Nueva York: Harcourt Brece, 1950).

Una democracia participativa no se consumará si sólo una pequeña parte de la población puede comprender la importancia de las premisas técnicas de las decisiones políticas que tienen grandes efectos económicos y que afectan el bienestar presente y el futuro de la nación. Los ciudadanos pueden y deben tener acceso a las afirmaciones y réplicas de los expertos contendientes, pero un público que no tenga la más mínima idea de los temas técnicos que están en juego expondrá el proceso democrático a su explotación por grupos de intereses, demagogos o incluso falsarios (de los que envuelven bajo la capa de la ciencia falsas ciencias como la astrología o la parapsicología). Al público no hay que inculcarle conocimientos científicos como los que se imparten en las clases y en los libros de ciencias, sino que hay que capacitarlo para, por lo menos, evaluar la racionalidad de los argumentos presentados por los expertos y entender las aplicaciones económicas, de conservación de la naturaleza o relacionadas con la salud.

La elaboración de políticas comienza con el planteamiento de hipótesis bien documentadas sobre lo que el futuro pueda reservar al país como consecuencia de las actuaciones del gobierno. Las personas que tengan conocimientos básicos estarán capacitadas para evaluar los planes presentes, las promesas o los programas políticos comparándolos con anteriores tendencias y resultados. Los conocimientos científicos básicos bastarán frecuentemente para desenmascarar promesas vacuas de programas que se pretende no van a tener costo social o de decisiones ambientales que no van a tener riesgo, y la propaganda engañosa de bienes de consumo. En el caso de temas complejos, el público debería por lo menos poder evaluar la coherencia de los análisis de los comentaristas políticos, los críticos sociales y los medios de información responsables.

El papel del Colegio

Para adquirir conocimientos científicos básicos es preciso que en los colegios se imparta enseñanza significativa. El problema de la enseñanza de la ciencia en los colegios es demasiado amplio, complejo y difícil para examinarlo aquí, pero quiero presentar brevemente tres puntos.

El primer punto es que la enseñanza de la ciencia debe ser para todos los alumnos. Si se acepta el argumento que esbocé anteriormente, esto es lógico. La enseñanza de la ciencias en las escuelas de primaria y los colegios de secundaria debe satisfacer varios objetivos. Debe preparar a los alumnos que van a seguir estudios de ciencia e ingeniería en escuelas técnicas, facultades y universidades para convertirse en los científicos y en los ingenieros que ocuparán posiciones clave en el desarrollo industrial y económico de los países modernos (es decir, las personas que forman el segundo segmento de la pirámide de ciencia y tecnología). Los colegios también deben preparar la fuerza de trabajo que requieren las industrias basadas en la ciencia y las empresas, cada vez más numerosas, que también requieren mano de obra técnicamente calificada. Por último, los colegios deben satisfacer el objetivo de preparar para la democracia participativa, lo que en mi opinión exige un entendimiento mínimo de la naturaleza del conocimiento científico a fin de que los individuos puedan tomar decisiones personales que les afectan a su vida diaria y en su participación en el conglomerado político. Estos amplios objetivos hacen imperativo que la enseñanza de la ciencia comience en los primeros cursos de la escolaridad y continúe durante todos los años de la educación obligatoria.

Prácticamente en todos los países hay descontento con respecto a la enseñanza científica que se imparte en los colegios. Esta observación me lleva a un segundo punto. La ciencia se enseña en los colegios sobre todo en su vertiente teórica, como algo que se aprende en un texto y que más tarde se repite en los exámenes. Sin embargo, parece haber pruebas abundantes de que la ciencia se aprende mucho mejor (y los alumnos pueden sentirse más atraídos por su aprendizaje) cuando se enseña de forma práctica, ilustrando los principios con observaciones y experimentos, lo que en la enseñanza primaria y gran parte de la secundaria puede derivarse simplemente de la experiencia diaria de los alumnos⁶.

El último punto que deseo hacer presente se refiere a la enseñanza de la ciencia en países en que el índice de alfabetización general es bajo, en pueblos y zonas remotas, o donde la escolarización dura pocos años y el equipo disponible para la enseñanza es escaso o inexistente. Es muy fácil medir, contar y clasificar en un aula y su medio circundante (los propios alumnos y los objetos de la clase pueden servir para muchos fines). La relación entre forma y número se puede enseñar haciendo que los niños y las niñas participen en labores de costura, tejido, carpintería, teneduría de libros y cartografía. Del mismo modo, se pueden usar para enseñar física el calor y la luz, y el sonido y el movimiento. Para enseñar biología se pueden aprovechar las experiencias de crecimiento y nacimiento de las familias, el crecimiento de las plantas y los animales, las consecuencias fisiológicas de las estaciones y muchas otras experiencias inmediatas de los niños. Lo que quiero demostrar, en general, es que no sólo una enseñanza adecuada de la ciencia en la escuela elemental y gran parte del colegio de secundaria no requiere equipo técnico, sino también que dará muchos mejores resultados si aprovecha la experiencia diaria de los alumnos.

El éxito de los resultados de la enseñanza

de ciencias y matemáticas dependerá evidentemente en gran parte de la preparación y dedicación de los maestros de primaria y los profesores de secundaria, tema que aquí no entra dentro de mis objetivos.

Terminaré destacando que la enseñanza de la ciencia no tiene que finalizar al concluir la escolaridad, ni para los que van a ser científicos e ingenieros ni para la población en general. Los medios al servicio de la opinión pública pueden enseñar cuando informan y comentan las noticias de temas políticos, económicos y de salud que tienen importancia tecnológica, pero también cuando sólo se dedican a entretener. La televisión en particular es un poderoso medio para continuar la educación científica de la gente. Los intereses comerciales obstaculizan actualmente esta posibilidad, pero esto se debe a que los informadores de los noticiarios y los productores de programas temáticos no saben transmitir la emoción del conocimiento y el conocimiento tecnológico. Ya es hora de que la prensa, la radio y la televisión contribuyan a impartir los conocimientos científicos básicos al mismo tiempo que desempeñan sus demás funciones propias pero esenciales en la sociedad moderna.

Francisco J. Ayala es profesor de la cátedra Donald Bren de ciencias biológicas y profesor de filosofía de la Universidad de California en Irvine, y es miembro del Comité de Asesores de Ciencia y Tecnología del Presidente de los Estados Unidos. En febrero de 1993 fue elegido presidente de la Asociación Estadounidense para el Progreso de la Ciencia, la organización científica más grande del mundo. Actualmente es presidente de la junta de dicha Asociación. El profesor Ayala ha ocupado puestos importantes en muchas otras asociaciones profesionales y ha sido miembro de diversos organismos consultivos nacionales. Imparte clases y dicta conferencias en universidades e instituciones de Estados Unidos y otros países, y ha publicado más de 500 artículos y 10 libros.

⁶ Se ha publicado mucho sobre la enseñanza científica en escuelas y colegios. Un ejemplo notable que cabe mencionar es el "Proyecto 2061", de largo alcance, de las Asociaciones Estadounidenses para el Progreso de la Ciencia. Este plan, de tres fases, se inició en 1986 para mejorar la enseñanza escolar de ciencias, matemáticas y tecnología. La primera fase, terminada en 1988, se encontró en la sustancia de la enseñanza de conocimientos científicos básicos y dio como resultado varios documentos del que el más importante es *Science For All Americans* (1988, Washington, D.C.: Asociación Estadounidense para el progreso de la Ciencia). La segunda fase ha contado con grupos de educadores y científicos que han transformado la sustancia de *Science for All Americans* en diversos modelos de programa de estudios para su utilización en diferentes contextos económicos, culturales y sociales. Un resultado importante de la segunda fase es *Benchmarks for Science Literacy* (1993, Nueva York: Oxford University Press). La tercera fase está concebida como un amplio esfuerzo de colaboración durante diez o más años en el que participarán muchos grupos para utilizar los recursos de las fases 1 y 2 con el fin de alcanzar el objetivo de impartir conocimientos científicos básicos en toda la enseñanza escolar.

Cultura y ciencia en la escuela*

Alejandra González Dávila

El quehacer científico forma parte de la obra humana total que concebimos como cultura. Sin embargo, cabe preguntarse, ¿cuál es la relación que existe entre la ciencia y la cultura? Esta pregunta puede ser muy sencilla o muy compleja según lo que se entienda por ciencia o por cultura. La relación que puede encontrarse en este binomio depende precisamente del foco de atención que se privilegie al mirar desde una postura determinada.

Por nuestra parte adoptamos la idea de que la vinculación entre la ciencia y la cultura es un fenómeno histórico y social cuyas características son modificables porque se determinan y construyen en distintas épocas de la humanidad. Conocer los avances del conocimiento científico, sus procesos, sus implicaciones y sus preguntas sin resolver, crea expectativas que permiten ponerlo al alcance, no solamente de los maestros y los alumnos, sino también de aquellos miembros de la sociedad que no han podido acercarse a la escuela o de quienes recibieron una educación científica escasa.



La comunicación de conceptos surgidos dentro de las ciencias pero que han sido elaborados por hombres y mujeres de carne y hueso para describir y comprender el mundo en que vivimos, constituye una tarea que puede llegar a ser por demás gratificante si se acerca lo suficiente a nociones sencillas que permitan que la gente se sienta capaz de conocer ideas sobre la naturaleza sin descalificarse por su propia historia escolar.

En los últimos milenios hemos hecho los descubrimientos más asombrosos e inesperados sobre el cosmos y el lugar que ocupamos en él; seguir el hilo de estas exploraciones es realmente estimulante. Nos recuerdan que los hombres han evolucionado para admirarse de las cosas, que comprender es una alegría¹.

El legado de Carl Sagan es una invitación a la reflexión sobre lo que sabemos ahora, lo que sabíamos antes y lo que proyectamos saber para el futuro como una actividad no solamente necesaria para nuestra supervivencia, sino también como actividad placentera en sí misma que incluye a todos los miembros de la sociedad, no solamente a los filósofos, los químicos, los sociólogos, los biólogos o los antropólogos, por ejemplo.

De hecho, el acercamiento a los conceptos surgidos de las ciencias se torna como una alternativa frente a un contexto social en el que el deterioro económico cotidiano, la falta de la creatividad en las instituciones, las expectativas laborales y una serie de cosas más,

* Las ideas fundamentales de este artículo provienen de un ensayo realizado recientemente junto con mis compañeros Ivalú Larios y Víctor Gálvez, para el seminario de Lenguaje, Cultura y Educación, dirigido por Elsie Rockwell en el Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav. El ensayo se titula Reflexiones en torno a la Ciencia y la Cultura (Julio, 1999), y se trata de un trabajo más amplio que busca recopilar las aproximaciones antropológicas más recientes sobre el estudio de la ciencia, entre las cuales destaca la del yugoslavo Yehuda Elkana.

¹ Carl Sagan. *Cosmos*. Madrid. Planeta, 1982. p.4

forman un caldo de cultivo para el surgimiento de mitos y fundamentalismos en las postrimerías del siglo XX.

Sin embargo, debemos tener cuidado con esto ya que aun los mitos forman parte del engranaje social. El que consideremos una forma de conocimiento más valiosa que otra no implica que podamos concebir la existencia de un pensamiento científico y otro no científico fuera del ámbito cultural. Las actividades que conforman la obra humana total, es decir, las manifestaciones artísticas, políticas y religiosas, tienen saberes reconocidos que se legitiman o al menos se reconocen por distintos grupos para edificar sus propios paradigmas o formas de entender el mundo.

El yugoslavo Yehuda Elkana (1983), en su artículo *ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica*, plantea que la opinión según la cual hay una diferencia de fondo entre las culturas científicas y precientíficas, o entre el pensamiento de las sociedades occidentales y no occidentales, obedece a una concepción positiva y errada de la ciencia. Si se llevara a cabo un análisis socio-histórico profundo de palabras claves tales como ciencia, magia, religión, mito, etc., entraríamos por un camino apistemológico en el que podríamos observar cómo las perspectivas sobre la construcción y legitimidad del conocimiento están socialmente determinadas a través de lo que Elkana denomina "imágenes del conocimiento", las cuales pueden ser un vehículo de explicación del cambio científico y cultural.

Existen numerosos ejemplos en la historia que pueden dar cuenta de cómo ciertas imágenes produjeron un conocimiento y no otro. Intentaremos bosquejar un solo ejemplo muy sintético sobre la evolución de las ideas sobre el universo para ilustrar lo anterior.

La imagen de belleza y armonía del universo para los griegos estuvo centrada en la figura de la circunferencia. Aristóteles concibió tres tipos de movimiento local: circular en torno al mundo, de dentro del mundo hacia el cielo, y del cielo al centro del mundo. Casi cinco siglos después, Ptolomeo siguió utilizando el círculo para elaborar su modelo geocéntrico (la Tierra es el centro del universo). El catolicismo de la Edad Media legitimó la imagen sobre la belleza del círculo para explicar al hombre como centro de la creación. Siglos más tarde, Copérnico se dio cuenta que la Tierra no era el centro del universo porque fue testigo y elaboró registros sobre la aparición de una supernova en el firmamento, y también porque observó el aparente movimiento retrógrado de Marte. Copérnico cuestionó el modelo ptolomeico sobre la posición de la Tierra y los astros, pero nunca puso en tela de juicio la idea de la belleza del círculo. Elaboró así su modelo heliocéntrico con órbitas circulares pese a sus observaciones sobre Marte, aduciendo al argumento de los epiciclos (rodaje de una circunferencia sobre una circunferencia fija). Por su parte, el astrónomo Tycho Brahe se negó a aceptar el modelo de Copérnico por considerarlo hereje e irreverente, y sin embargo realizó observaciones y registros tan precisos que sirvieron a Kleper (quien hacía horóscopos para sobrevivir) como fuente de datos para demostrar que el modelo heliocéntrico de Copérnico era correcto, salvo por las trayectorias orbitales de los planetas.

la interrelación constante entre lo que para algunos es ciencia legítima con la pseudo-ciencia o pre-ciencia. La legitimidad del conocimiento cambia con el tiempo porque las sociedades son modificadas y modifican a su vez a los sistemas políticos, religiosos, económicos, etc., y, por esta misma razón, la idea positiva sobre la existencia de una ciencia verdadera y objetiva, es otro de tantos mitos con los que convivimos hoy en día.

Para realizar el análisis de la relación ciencia-cultura, Elkana afirma que puede privilegiarse un sistema cultural (como la ciencia, el arte, la política) sobre otro, siempre que no excluya su relación con otros sistemas. La cultura no es una suma aritmética de elementos sino un sistema abierto de relaciones en que se lleva a cabo un proceso constante de construcción y resignificación por parte de los individuos que se encuentran inmersos en él.

En el ejemplo anterior se pone de manifiesto

Elkana retoma el concepto semiótico de cultura desarrollado por Clifford Geertz, para afirmar que la ciencia es un sistema cultural porque está históricamente construido en un entramado de significaciones que el mismo ser humano elabora y, por lo tanto, es un sistema que puede ser cuestionado, modificado, enseñado y resignificado de una disciplina a otra y de una época a otra.

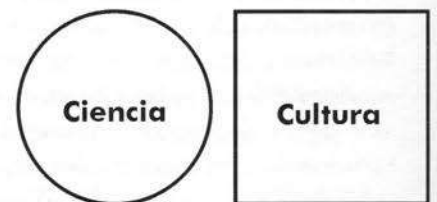
Los defensores (a ultranza) del cientificismo moderno pueden reaccionar ante esta afirmación diciendo que la ciencia no varía y que es de un solo tipo. Esta postura aún prevalece en muchas escuelas y universidades en donde se trabaja en pos de una "ciencia real", única.

Las ideologías, consideraciones políticas, presiones sociales y normas, no dependen directamente de las imágenes (o visiones) del conocimiento pero desde luego que interactúan con ellas. En términos de Bourdieu, esto significa que hay reproducción y producción simultáneamente de formas y conceptos dentro de los sistemas.

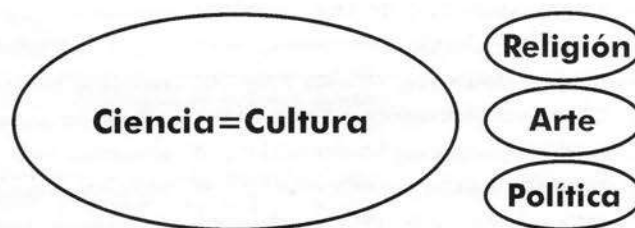
y constituye una aportación muy importante para el análisis de la relación entre ciencia y cultura. De hecho, el propio autor distingue cinco maneras de analizar esta relación:

1. La ciencia subvalorada con relación a la cultura.
2. La ciencia sobrevalorada con relación con la cultura.
3. La ciencia como un campo distinto, apartado de la cultura.
4. La ciencia considerada como la totalidad de la cultura humana, que se obtiene cuando se eliminan otras dimensiones de la cultura (religión, ideología, arte, etc.) por considerarlas obsoletas, inútiles o de un orden de importancia diferente.
5. La ciencia vista como un sistema cultural, rango que comparte con la religión, el arte, la ideología, etc.

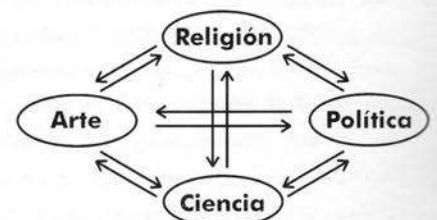
Ésta es una de las tesis centrales de Elkana



La ciencia como un campo distinto, apartado de la cultura



La ciencia considerada como la totalidad de la cultura humana, que se obtiene cuando se eliminan otras dimensiones de la cultura (religión, ideología, arte, etc.) por considerarlas obsoletas, inútiles o de orden de importancia diferente.



La ciencia vista como un sistema cultural, rango que comparte con la religión, el arte, la ideología, etc.

Esa separación conceptual que se ha hecho entre ciencia y cultura es fácil de observar en nuestro contexto nacional, en el que podemos encontrarnos con que un gran número de escuelas de educación básica y media celebran semanas o jornadas de ciencias separadas de semanas culturales.

En algunas fechas del curso escolar se programan eventos catalogados como de índole científica en los que los alumnos exponen sus trabajos de biología, química o física, mientras que en otros momentos del curso se organizan actividades en las que se presentan diversas manifestaciones artísticas o prácticas de la tradición mexicana consideradas como parte de la cultura.

En las instituciones de educación superior y en las dependencias gubernamentales, esta división se hace más evidente con la promoción de eventos culturales cuyos espacios están destinados a la presentación de actividades artísticas tales como teatro, danza, cine, música o artes plásticas.

Aunque en ocasiones los programas institucionales incluyen actividades provenientes de ciencias sociales o humanidades tales como presentaciones de libros o mesas redondas por ejemplo, es difícil encontrar talleres, exposiciones o conferencias con temas de ciencias naturales o exactas. Parecería como si el arte y las humanidades pertenecieran mucho más a la cultura que las llamadas ciencias básicas. En la UNAM, por ejemplo, existe una clara división en este sentido porque funcionan paralelamente un Departamento de Difusión Cultural y una Coordinación de Divulgación de la Ciencia. De hecho, el análisis de las palabras difusión y divulgación nos llevaría a un debate semántico muy interesante que bien podría ser tratado en otro artículo.

Con esta meditación podemos volver a la pregunta planteada al principio de este artículo: ¿cuáles son las relaciones y las

fronteras entre la ciencia y la cultura? Esta pregunta nos puede conducir por muchos caminos. Probablemente uno de ellos sea el análisis dentro de posturas enraizadas en el utilitarismo, el idealismo y el positivismo.

Por una parte se considera a la ciencia como una actividad humana al servicio de la utilidad práctica materializada en la producción de tecnología y también como una actividad de segunda clase frente a la pureza del pensamiento racional. Por el otro lado permanece un dogma que considera la existencia de una sola ciencia cuyo rigor metodológico cobra un valor que sobre pasa a las propias preguntas de investigación.

Por esta razón consideramos que vale la pena recordar que hace casi cien años Poincaré y el propio Einstein pusieron en tela de juicio la idea positiva sobre la objetividad científica. Para estos hombres la certeza y validez de un conocimiento no están en función del estudio de fenómenos aislados del dinamismo de su entorno (objetivados, diríamos) dentro de un laboratorio, con variables controladas y

con la cifra precisa de la incertidumbre absoluta y relativa, como dicta la tradición del llamado método científico, como si fuese la única opción legítima para producir un conocimiento. Einstein colocó al científico en una dimensión humana al descubrir que él mismo era una de las variables dentro de un fenómeno que tampoco podía estar aislado del entorno, en "condiciones ideales", como suele decirse en las teorías y leyes. Einstein consideraba indispensable la intervención del investigador, su institución, su experiencia y su constancia en el trabajo, mucho más que el método en la producción del conocimiento científico.

De este modo, pensar en una teoría que permita definir a la cultura, querría decir que en alguna parte del universo o de la mente humana hay un contexto de todos los contextos que es independiente de éstos, y que los engloba a todos. Por estas mismas razones, tampoco puede haber una teoría de la ciencia.

Ciencia y cultura en la práctica docente

Dado que el establecimiento de las fronteras y las relaciones entre la ciencia y la cultura es una labor sumamente compleja en un mundo en el que el conocimiento es cada vez más especializado pero a la vez interdisciplinario, la escuela puede sentar las bases para dirimir las diferencias creadas ideológicamente entre la ciencia y la cultura para ir en pos de una educación más integradora e incluyente.

La práctica docente se convierte en uno de los factores más esperanzadores para lograr este objetivo. Lo que se necesita es promover una actitud constante de búsqueda de relaciones entre el contenido específico de una asignatura con algunos temas de otra materia del curriculum.

Por ejemplo, en secundaria se puede tomar un tema como el de los relámpagos para hablar de cargas eléctricas, de composición química del aire, de combustión, incendios naturales y reforestación, de mitología griega, de efectos en la salud de quienes han sido tocados por un rayo, de su importancia en la formación de la atmósfera terrestre y del experimento pararrayos llevado a cabo por Benjamin Franklin en el contexto de la lucha de independencia de los Estados Unidos. Estas relaciones tocan temas de interés para la física, la química, la educación ambiental, la literatura, la biología, la geografía y la historia.

Éste es un ejemplo de cómo pueden multiplicarse las visiones sobre un mismo objeto de estudio y seguramente muchos doctores y maestros tendrán ideas maravillosas al respecto.

Referencias bibliográficas

- SAGAN, Carl. *Cosmos*. Madrid, Planeta, 1982.
- CANTÓN, Valentina. "Del sujeto por todos tan temido", en: Markarian y Gambini (eds), *Certidumbres, incertidumbres, caos*. México, Trilce/Correo del Maestro/La Vasija, 1999.
- ELKANA, Yehuda. "La ciencia como sistema cultural: una visión antropológica de la ciencia". Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología. vol. III No. 10-11, 1983.