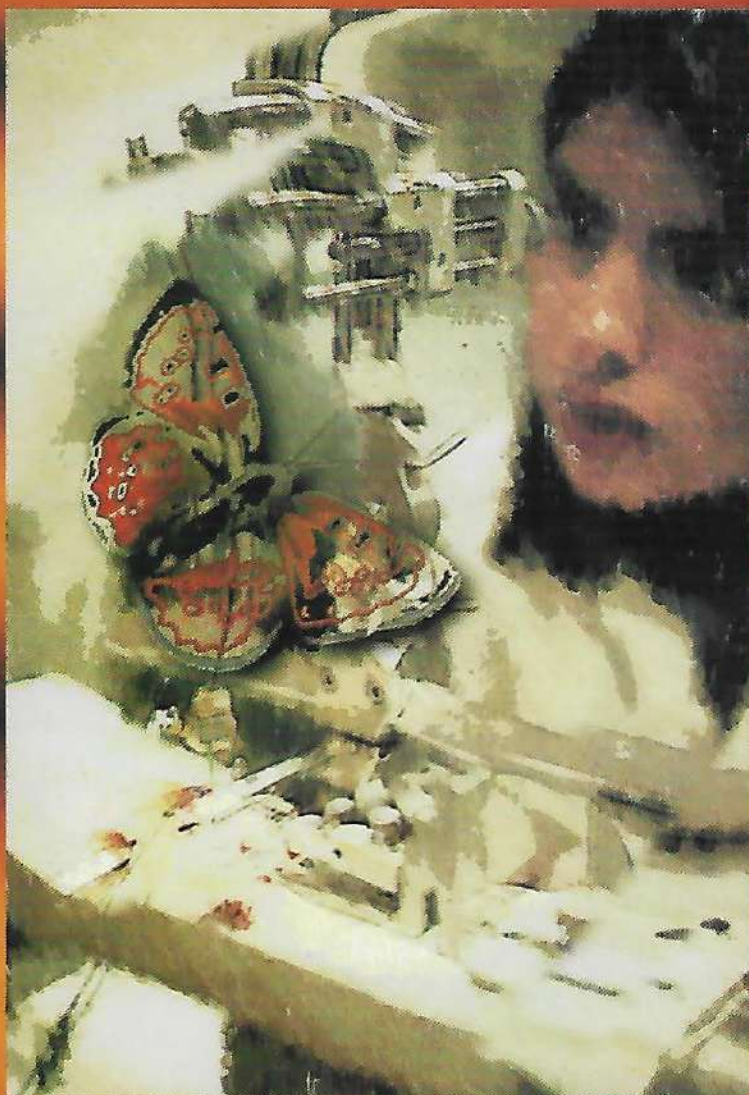




Diálogos

del Consejo de Ciencia del Estado de Tabasco Agosto 2000 Gaceta número 3



Í N D I C E

Edición:

Consejo de Ciencia y Tecnología
del Estado de Tabasco

Diseño

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. Rullán Ferrer, Col. Mayito,
C.P. 86090
Villahermosa, Tabasco, México.
Teléfonos: (93) 12-8116, 14-5409
Fax: (93) 14-2076
e-mail: ccytet@ccytet.gob.mx

Agosto del 2000

Directorio

Roberto Madrazo Pintado
Gobernador del Estado

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

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



3 ¿Cuál es el papel de ciencia en los países en desarrollo?

José Goldemberg

7 Ciencia para el desarrollo

Shem O. Wandiga

16 Algo más que ciencia

Asbel López

21 Divulgación, discurso y enseñanza de las ciencias

Alejandra González Dávila

Con el firme propósito de constituir un foro de expresión, análisis y reflexión, en torno al quehacer científico y su impacto sobre la sociedad tabasqueña, "Diálogos" ofrece en cada edición un conjunto de artículos, orientados hacia temas que revisten un particular interés por su relación con las aspiraciones de progreso y bienestar de la Entidad.

El tercer número de "Diálogos" que hoy ponemos en sus manos recoge cuatro textos, cuyo tema central gira en torno a la ciencia como elemento director del desarrollo, y a la estratégica necesidad de socializar el conocimiento científico.

Abre la publicación un texto de José Goldemberg, titulado "¿Cuál es el Papel de la Ciencia en los Países en Desarrollo?", en el que advierte acerca del error común de los países en vías de desarrollo, de seguir los modelos de investigación de países líderes, como Estados Unidos, en vez de adaptar y desarrollar tecnologías apropiadas a las circunstancias locales.

Shem O. Wandiga, por su parte, aborda la importancia de la ciencia como factor dinamizante del desarrollo y la necesidad de lograr un acercamiento transdisciplinario para la resolución de problemas, además de sugerir estrategias para reducir la brecha del conocimiento científico entre el Norte y el Sur, en su discurso "Ciencia para el Desarrollo".

Presentación

El aseguramiento de una alfabetización científica básica, como requisito para formar ciudadanos capaces de participar activamente en debates cruciales, es argumentado en "Algo más que Ciencia" por Asbel López, quien también estima indispensable que la enseñanza de la ciencia se reoriente hacia la aplicación de ejemplos más cercanos a la vida cotidiana.

Cierra la edición Alejandra González Dávila, quien enfoca su interés en la socialización y enseñanza de la ciencia, como herramientas útiles para combatir la ignorancia y el rezago cultural de la población en la materia, en su artículo "Divulgación, Discurso y Enseñanza de las Ciencias".

Sirva, pues, este tercer número de "Diálogos", para reiterar nuestro compromiso de contribuir a la sensibilización con respecto a la importancia de la ciencia y la tecnología, en favor de un Tabasco mejor, así como la invitación para que se sumen y participen en este esfuerzo editorial, sea mediante sus comentarios y observaciones, o sometiendo a consideración sus propias colaboraciones, con la intención única de enriquecer este espacio destinado al libre tránsito de ideas e inquietudes en torno a la ciencia y la tecnología.

Miguel O. Chávez Lomelí

Después de la II Guerra Mundial, una pequeña élite técnica surgió en países en desarrollo tales como la India, Pakistán, Brasil e Irak, que habían sido educados como científicos en el mundo industrializado. Ellos creyeron que promoviendo empresas del tipo proyecto Manhattan en energía nuclear, electrónica, farmacéutica o investigación espacial, podían hacer saltar el tristemente bajo nivel de desarrollo de sus países. La India, por ejemplo, inició un programa de energía nuclear que movilizó a miles de técnicos y costó millones de dólares, pero fracasó a la hora de encontrar demandas de energía.

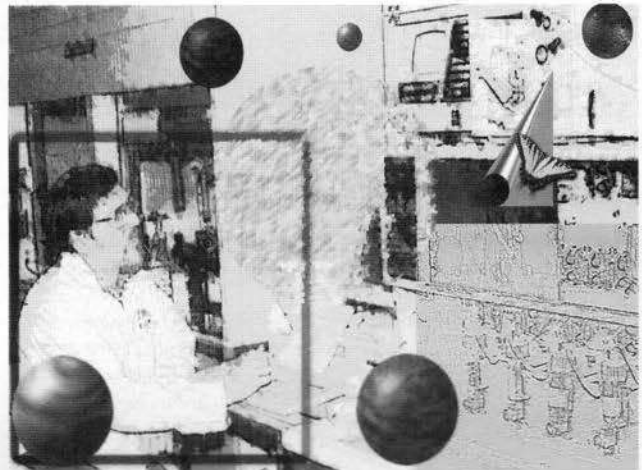
En lo que mis colegas científicos y líderes nacionales parecen haber fallado fue en entender que el desarrollo no necesariamente coincide con la posesión de armas nucleares o la capacidad para lanzar satélites. Más bien, requiere de una moderna agricultura, sistemas industriales y educación. La élite técnica creía ingenuamente que el impulso de sus programas espaciales o de energía nuclear convertiría, de algún modo, a sus países en estados industrializados del Siglo XX. En vez de eso, se tuvieron pesados costos económicos y políticos. En la India, por ejemplo, tales programas condujeron al desarrollo de armas nucleares — que sólo animaron a Pakistán a hacer lo mismo— mientras que a muchas necesidades humanas básicas, tales como la salud y la educación, no se les dio el apoyo requerido.

Desde mi punto de vista, este escenario significa que nosotros, en los países en desarrollo, no debemos esperar seguir el modelo de investigación que condujo a la empresa científica de los Estados Unidos y de alguna otra parte. Más bien, necesitamos adaptar y desarrollar tecnologías apropiadas a nuestras circunstancias locales, ayudar a fortalecer la educación, y expandir nuestro papel como consejeros, tanto en el gobierno como en la industria. De esta manera, podemos prevenir la fuga de cerebros que ocurre cuando los científicos no están en contacto con los problemas de sus países de origen o cuando enfrentan la indiferencia —y escaso apoyo financiero— de sus gobiernos.

En Brasil, el uso de etanol como combustible es un ejemplo de cómo puede funcionar este acercamiento.¹ Impulsando el amplio uso del etanol producido de la caña de azúcar — un cultivo tradicional en el país— como combustible para reemplazar a la gasolina, el gobierno de Brasil fue capaz de sustituir la mitad de la gasolina utilizada por los automóviles

¿Cuál es el papel de ciencia en los países en desarrollo?

José Goldemberg*



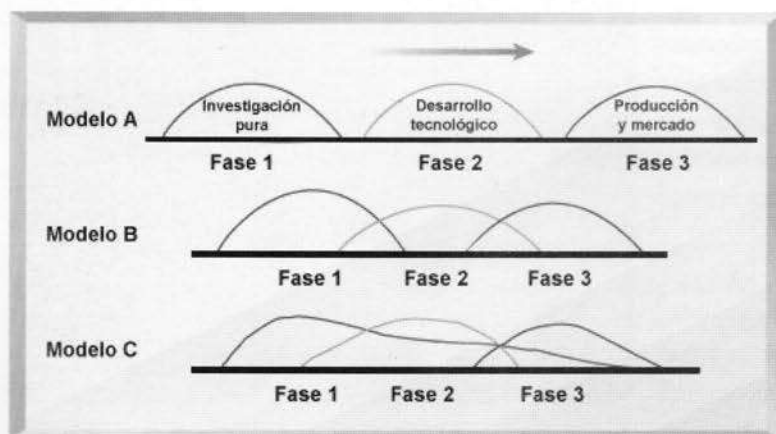
* José Goldemberg es profesor de ciencias físicas en la Universidad de Sao Paulo, Brasil, realizando investigaciones en el Instituto de Electrónica y Energía, de la misma institución. Ha ocupado los máximos puestos gubernamentales en ciencia y educación, ambiente, y educación estatal, y ha escrito muchos reportes técnicos y libros sobre física nuclear, energía y ambiente.

Traducido y reproducido de *SCIENCE MAGAZINE* online, en *Essays on Science and Society*, Volumen 279, No. 5354, febrero 20 de 1998, pp. 1140-1141, con autorización de la American Association for the Advancement of Science.

en el país (cerca de 200 mil barriles de etanol al día) con una fuente de energía renovable. Al hacerlo, Brasil se convirtió en pionero en un área que había sido descuidada por los países industrializados. Toda la tecnología, desde la fase agrícola hasta la industrial, fue desarrollada o mejorada por científicos y tecnólogos locales. Otros científicos y yo tuvimos que convencer primero al gobierno de que este acercamiento era técnicamente factible, aun cuando había sido ignorado en los países industrializados. Para hacer esto, tuvimos que hacer cuestionamientos con respecto a la tecnología de motores, asuntos ambientales y la decisión entre incrementar las cosechas para alimento o para combustible.

En general, las malas interpretaciones sostenidas por la élite técnica se derivan de la idea acariciada por muchos en el mundo en desarrollo de que la investigación pura conduce al desarrollo tecnológico y, luego, a productos que abren nuevos mercados o conquistan los existentes (ver figura, modelo A). Esta ingenua "teoría lineal" o "de la cuna a la tumba" sirvió como modelo para el establecimiento de la Fundación Nacional de la Ciencia en los Estados Unidos, y fue ampliamente copiada en todo el mundo.² Pero ese modelo falla al someter a esfuerzo la interacción que debería ocurrir entre las fases. A medida que uno se mueve de la investigación pura al desarrollo tecnológico y luego a la producción y mercadeo,

surgen problemas no anticipados que requieren un nuevo examen y la adaptación en la etapas tempranas.



Más realistas son los modelos B y C.³ El modelo B corresponde, generalmente hablando, a las prácticas actuales en los Estados Unidos, donde existe alguna superposición entre las etapas sucesivas. El modelo C ilustra la práctica japonesa de tener las tres fases completamente superpuestas. Éstos son los modelos más realistas que los países en

desarrollo deberían seguir. En los modelos B y C, las necesidades prácticas —es decir, la demanda— influyen en el suministro, o sea, el tipo de investigación pura que se hace. Por ejemplo, después que los dispositivos de estado sólido, tales como los transistores, hicieron posible la expansión de los tableros de distribución en los servicios telefónicos, laboratorios industriales, tales como Laboratorios Bell, financiaron profusamente la física del estado sólido.

En los países en desarrollo, las metas gubernamentales y el tirón del "lado de la demanda" faltan a menudo. Como resultado, las universidades y centros de investigación han quedado aislados del resto del país en una torre de marfil, más conectados a los centros de investigación de Europa o Estados Unidos, que a las necesidades obvias de la industria, la agricultura y la educación de sus propios países. Los presupuestos de la ciencia y la tecnología reciben poco apoyo del sector privado y, en vez de ello, dependen del tesoro de la nación.⁴ Las pesadas burocracias gubernamentales terminan por cultivar cualquier cosa sobre ciencia y

tecnología que sea puesta de moda en los países en desarrollo, esperando indefinidamente por el tiempo en que tal competencia dispare el desarrollo, en una manera que recuerda la espera por Godot en la obra de Beckett.

¿Cuál es, entonces, una visión realista del papel de la ciencia básica en los países en desarrollo? Después de todo, muchos científicos destacados que nacieron y se educaron en países en desarrollo han contribuido significativamente al avance de la ciencia. El talento existe en todas partes. ¿Qué pueden hacer ellos para ayudar a sus compatriotas a resolver los problemas del desarrollo? Las respuestas, desde mi punto de vista, son las siguientes:

1. Ayudar a adaptar la tecnología a las circunstancias locales. Aun cuando la tecnología sea importada del extranjero, se necesita investigación para hacer que funcione. Más que insistir en desarrollar tecnologías nativas, cuando existen abundantes y bien probadas tecnologías, los científicos pueden ayudar a escoger las correctas, dados el ambiente local y las materias primas disponibles, y aprender a usarlas. Un ejemplo lo constituye la "revolución verde". A pesar de sus defectos, esta tecnología "importada", cuando se aplicó apropiadamente en el mundo en desarrollo, ayudó a erradicar el hambre. Los problemas con el uso de pesticidas y fertilizantes surgieron a causa de abusos por intereses comerciales y porque, poseedores de una falta de conocimiento, los usuarios y científicos locales fracasaron a la

hora de proporcionar la experiencia o de hacer las adaptaciones necesarias para hacer el mejor uso de la tecnología importada.

2. Incorporar la nueva ciencia a la educación. El desarrollo requiere de una fuerza de trabajo bien entrenada; de ahí que la educación de alta calidad debe ser colocada por anticipado en el desarrollo. La enseñanza de la moderna ciencia en las escuelas de ingeniería o medicina no puede ser restringida por los mismos viejos libros de texto clásicos, sino que tiene que ser realizada por científicos activos que lean la literatura actual y sean capaces de transmitir los últimos avances a sus estudiantes. Este acercamiento funcionó bien en el Siglo XIX durante la restauración Meiji, que trajo a Japón al mundo moderno.

3. Involucrarse en el gobierno. La ciencia y los científicos son un importante elemento en las elecciones y decisiones tomadas por los gobiernos y pueden hacer la diferencia. Por ejemplo, en una ocasión, el gobierno brasileño tenía que establecer los límites de la reservación de los Yanomamis, un grupo primitivo de unos 10 mil indígenas que vivía en la Amazonia rica en minerales. La cuestión era determinar una reservación grande o varias pequeñas. Los militares y los grupos mineros se inclinaban por las pequeñas reservaciones, porque las reservaciones indias están "fuera de los límites" para ellos, de acuerdo con las leyes de Brasil, y podían restringir sus

movimientos en esa región. Pero los antropólogos advirtieron que esta solución destruiría a la civilización Yanomami, porque estos indios estaban acostumbrados a largas migraciones. Como Secretario Federal de Ciencia y Tecnología, abagué por una reservación grande, solución que fue adoptada.

También ayudé a mediar un conflicto en Brasil entre empresas que tenían tecnología de computadoras y querían un acceso libre a los mercados locales,

y empresarios locales que querían preservar los mercados para ellos mismos. En los 80, los empresarios locales convencieron al gobierno para que éste estableciera altas barreras a la importación, aislando virtualmente a la región y condenándola a usar tecnología obsoleta. Ayudé a resolver este asunto convenciendo a las compañías extranjeras y las empresas locales a establecer riesgos compartidos en los que la tecnología llegara del exterior, pero la mano de obra fuera local.

La investigación científica está motivada no sólo por la curiosidad o el amor a la ciencia, sino también por las modas y la percepción de que algunas áreas de investigación son más recompensantes que otras. El actual énfasis dado a las costosas terapias para el tratamiento del SIDA es contraproducente en los países en desarrollo, donde una vacuna contra la enfermedad es la única esperanza real. Es importante que los países en desarrollo eviten la atracción de costosos pero inefectivos programas, y establezcan un sistema que recompense la solución de problemas prácticos. Aunque ese énfasis puede ser visto como un desvío de la tradición de la investigación académica, la verdad es que muchos problemas aparentemente mundanos requieren herramientas y tecnologías muy sofisticadas. Y la ciencia puede acelerar el progreso. Esto ha ocurrido en la investigación agrícola, que está altamente avanzada en países en desarrollo como México (maíz), Brasil (soya y caña de azúcar) y Filipinas (arroz).

En conclusión, mi experiencia ha mostrado que la transición de un país en desarrollo a uno desarrollado es un proceso complejo que requiere encarar los intereses establecidos en la sociedad. El ímpetu para esto ha de venir no sólo de los científicos, sino también de otros sectores de la sociedad. En un mundo donde la globalización y la competitividad son la regla, el progreso requiere que los países en desarrollo encuentren áreas en las que sean significativamente mejores que sus competidores, en razón de una fuerza de trabajo mejor entrenada, recursos naturales favorables, o capacidades científicas y tecnológicas. La ciencia y los científicos pueden desempeñar un importante papel al determinar estas opciones e implementar las estrategias de desarrollo.

Notas

¹ Goldemberg, J., Mónico, L. C., Macedo, I. C., en *Renewable Energy—Sources for Fuels and Electricity*. Johansson, T. B., Kelly, H., Reddy, A. K. N., William, R. H., Eds. Island, Washington, DC. 1993. Pp. 841-863.

² Bush, V. *Science, the Endless Frontier*. U.S. Government Printing Office, Washington, DC. 1945.

³ Brooks, H. *What We Know and Do Not Know About Technology Transfer: Linking Knowledge to Action in Marshalling Technology for Development*, del simposio llevado a cabo en Irvine, California, 28-30 de noviembre de 1994.

⁴ Salomón, J.-J., en *Strategies for the National Support of Basic Research: An International Comparison*, proveniente de una conferencia patrocinada por la Academia de Ciencias y Humanidades de Israel, en Jerusalén, 23-26 de octubre de 1994. Academia de Ciencias y Humanidades de Israel. Jerusalén, 1995. Pp. 23-41.

La ciencia es el estudio de la naturaleza y el ambiente que nos rodea. La ciencia nos permite conocer, entender los secretos de la naturaleza. Nos deja predecir con un grado de probabilidad de certeza que algunos eventos tendrán lugar cuando ciertas reacciones sean puestas en acción. La ciencia nos permite entender nuestro sistema natural y predecir por qué nos comportamos de la manera en que lo hacemos. La ciencia es, por lo tanto, una acumulación de conocimiento que, cuando se junta, posibilita la transformación de materias primas en artículos utilizables. En consecuencia, nosotros estudiamos la ciencia para reunir el conocimiento. Utilizamos el conocimiento para producir artículos y servicios. La ciencia y el conocimiento van juntos pero no son idénticos. Ya que el conocimiento crea poder y una falta de él se traduce, en la mayoría de los casos en el mundo moderno, en retraso y pobreza, es importante investigar cómo se generan la ciencia y el conocimiento.

El proceso tradicional de aprendizaje requiere que exponamos los estudiantes a la ciencia a una edad temprana. El pronto despertar de la mente del niño para ser sensible al ambiente que lo rodea es hoy muy bien aceptado como el apropiado acercamiento para aprender la ciencia. Al hacerlo, un niño es enseñado a reconocer ideas y conceptos. A través del juego con dispositivos educativos, el niño desarrolla habilidades de manipulación. Por lo tanto, el aprendizaje de la ciencia empieza cuando el niño está aún con sus padres. Las diferencias entre las posturas sociales y la habilidad de los padres para explicar la ciencia pueden, por tanto, crear una diferencia en el aprendizaje de la ciencia.

Sin embargo, esta incapacidad puede no ser seria porque es posible superarla con la instrucción elemental. Los primeros años de la educación elemental son esenciales para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, porque corrigen los errores cometidos por los padres. La disposición de maestros de ciencia bien entrenados es esencial para el aprendizaje de la ciencia. Además, los maestros deben estar provistos de herramientas y equipo para enseñar la ciencia. Desafortunadamente, la mayoría de las escuelas en los países en desarrollo no tienen ni los maestros de ciencia bien entrenados ni las herramientas o el equipo para enseñar la ciencia. Como resultado, muchos alumnos son rechazados por la ciencia.

Ciencia para el desarrollo

Shem O. Wandiga*



*Presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Kenia, Nairobi, Kenia

Discurso de apertura del II Foro de la Conferencia Mundial sobre Ciencia: Ciencia para el Siglo XXI, un Nuevo Compromiso, celebrada en Budapest, Hungría, del 26 de junio al 1o. de julio de 1999. UNESCO, 2000. Pp. 260-263.

El aprendizaje de la ciencia se desarrolla desde los conceptos básicos enseñados en los niveles más bajos hasta los abstractos. A medida que uno progresa en el aprendizaje, se aprenden nuevos y más difíciles principios abstractos. Un sólido fundamento básico es esencial para el estudiante promedio. Excepcionalmente, los estudiantes brillantes no son una preocupación mayor, ya que ellos aprenderán la ciencia de cualquier manera. Sin embargo, la doble tragedia de la falta de un equipo académico calificado y dedicado y la carencia de facilidades de la ciencia, persiste en los niveles de secundaria y universidad en la mayoría de los países en desarrollo. La enseñanza y aprendizaje de la ciencia en el mundo en desarrollo es, por lo tanto, una tarea dejada a los estudiantes excepcionalmente brillantes o aquéllos dotados con una gran capacidad de memoria. Es esta enseñanza teórica de la ciencia la que está quitándole la diversión al aprendizaje de la ciencia en muchos países del mundo.

En el mundo desarrollado, la gente joven ya no está eligiendo la ciencia como tema de estudio. Esto tiene que ver con la imagen que la ciencia se ha forjado como resultado de incidencias ampliamente publicitadas acerca de contaminación, accidentes de reactores nucleares, decrecientes incentivos a la carrera de los científicos y percepción pública general de la ciencia. Las carreras en computación, administración de empresas y economía son ahora más atractivas para la juventud que antes. También es cierto que es un problema enseñar ciencia, tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo. En general, más y más jóvenes de todo el mundo se están apartando del aprendizaje de la ciencia. Esto es un cambio importante en las actitudes de los estudiantes y tenemos que trabajar mucho para recuperar el interés de los futuros científicos.

La ciencia útil que puede ser convertida en conocimiento productivo se enseña en el nivel universitario. Casi todas las universidades del mundo en desarrollo están modeladas a partir de las universidades de Oxford, Cambridge y la Sorbona. A menudo siguen mucho más estrictamente los sistemas de la universidad madre, aun cuando la última haya cambiado estos mismos sistemas.

La educación universitaria está universalmente orientada hacia el entrenamiento en temas unidisciplinarios. Por ejemplo, somos entrenados para ser químicos, botánicos, geólogos, físicos, historiadores o filósofos. El aprendizaje orientado

hacia una disciplina es el acercamiento preferido en la vida y nunca lo será la mezcla de disciplinas. Es cierto que, a través de las disciplinas, tenemos un conocimiento considerablemente avanzado. Sin embargo, los problemas de hoy requieren un acercamiento transdisciplinario. El conocimiento de hoy está compuesto como un rompecabezas. Implica poner juntas diferentes ciencias desarrolladas en distintas disciplinas. Requiere formar grupos a medida que se necesiten y dispersarlos para formar otros nuevos a medida que los escenarios cambian. Un buen ejemplo de los temas que requieren tal acercamiento pueden encontrarse en el área del ambiente, el entendimiento de fenómenos naturales tales como El Niño y la Oscilación del Sur, la síntesis de la droga antiSIDA, la comunicación y la computación, por nombrar sólo unas cuantos.

¿Qué tal le va a las universidades en cuanto a responder a los retos que los gobiernos y la sociedad han depositado en ellas? No muy bien en la mayoría de los casos. Es irónico que instituciones que fueron establecidas para proteger la libertad académica tengan que ser animados por los gobiernos para permitir más libertad. Sin ese empuje, están renuentes a integrar la educación, a promover el aprendizaje transdisciplinario y la computación dentro de las disciplinas, en una comprensiva política de innovación que es sensible al hecho de que la generación del conocimiento está socialmente distribuida. En Europa, en particular, las políticas nacionales que acrecentarán el potencial de las instituciones nacionales necesita desarrollarse de acuerdo con las de la Unión Europea. Para muchas de las universidades de los países en desarrollo, el acceso y el cambio

continuarán siendo un problema, no sólo porque está faltando capacidad, sino también porque los gobiernos y las instituciones mismas todavía modelan sus universidades científicas y tecnológicas sobre supuestos que no se aplican más a la clase de actividades científicas y tecnológicas de las cuales dependen sus aspiraciones.

Seguridad a través de la Ciencia y la Tecnología

Hoy, la seguridad nacional incrementada depende mucho de la información: qué información tiene una nación, cómo se utiliza esa información para reducir la desestabilizante degradación ambiental y la distribución de recursos y su agotamiento. Históricamente, la distribución de los recursos naturales ha sido una base para los conflictos entre las naciones. Esto ya no sucede en el mundo desarrollado. Paradójicamente, el compartimiento de recursos naturales encontrado en los países en desarrollo permanece como factor desestabilizante. El rápido desarrollo de los recursos naturales de los países en vías de desarrollo contribuiría significativamente a la estabilidad y el crecimiento económico. La seguridad nacional está cimentada en un estado más sano, más seguro, una economía más fuerte y una educación y entrenamiento perfeccionados para la gente. La seguridad nacional viene con la habilidad de una nación para alimentar a su pueblo, un sistema fuerte de seguridad social que reduce el sufrimiento de los grupos vulnerables: niños, ancianos, enfermos y rechazados. La seguridad nacional revoca su propia gloria y engrandecimiento, y fomenta un sistema de gobierno centrado en la gente.

Es a través de la ciencia y la tecnología (C+T) que los principales ingredientes de un estado más sano y seguro son encontrados. La degradación del ambiente a través del agotamiento del ozono estratosférico, el cambio climático, los riesgos naturales, los desechos tóxicos y el envenenamiento de los alimentos amenazan la salud y la seguridad. Es sólo a través de la investigación científica que pueden establecerse las articulaciones y encontrarse los remedios.

Una economía más fuerte significa la producción en masa de artículos y servicios. Requiere del establecimiento de prioridades administrativas y regulatorias. Fuerza la selección de estrategias de precio efectivo para la acción y, sobre todo, necesita la identificación de los problemas antes que se vuelvan intratables, como medio de evitar la costosa remediación. El conocimiento científico proporciona las bases para una responsable toma de decisiones por parte de los gobiernos y el sector privado. Las mejoras ambientales se traducen en el ahorro de costos directos en cuidado de la salud, a través de un aire y un agua más limpios. Reducir los desechos da sentido a la economía, ahorrando costos de administración y evitando los costos ambientales indirectos. Para lograr todo lo antes mencionado se necesitan la ciencia y la tecnología.

Los ejemplos anteriores ilustran cómo la seguridad nacional se incrementa a través de la C+T. Las naciones que no tienen una base fuerte de C+T tienen una falsa seguridad y son vulnerables a la desestabilización.

Desarrollo socioeconómico y reducción de la pobreza

La creación de riqueza está hoy más ligada a la ciencia, al conocimiento y el información que nunca antes en la historia de la humanidad. Unos cuantos ejemplos ilustran la articulación.

- Desde el fin de la II Guerra Mundial, la tecnología ha sido el motor detrás del crecimiento económico de los países desarrollados. Se estima que, tan sólo en los Estados Unidos, la tecnología ha sido responsable de las dos terceras partes del incremento de su crecimiento económico.
- Cerca del 70% de los artículos comercializados en el mundo han sido producidos mediante procesos químicos o están basados químicamente. Ejemplos de tales artículos

son los productos farmacéuticos, textiles, alimentos, acero, plásticos y otros productos basados químicamente. Los avances en química e ingeniería química se traducen en creación de riqueza para la nación.

- En 1995, los ingresos generados por las industrias ambientales globales representaron 295 mil millones de dólares. La industria estadounidense ganó 134 mil millones de dólares, mientras el resto del mundo compartía la diferencia. La mayor parte de los 161 mil millones de dólares compartidos por el resto del mundo fueron para Japón y Europa. El comercio en industrias ambientales tuvo un crecimiento estimado a 425 mil millones de dólares en 1997. África y el resto del mundo en vías de desarrollo fueron los consumidores de este comercio.
- El crecimiento de la industria de la tecnología de la información y la comunicación (ITIC) se estima en 10-20% anual. Las consecuencias de esta nueva revolución industrial, nebulosamente llamada globalización, tiene efectos de adiestramiento y desadestramiento. Ha creado una nueva división de trabajo entre los países de alta tecnología y el resto del mundo. La vertiente industrial está cambiando a un nivel tecnológico más elevado.

No es paradójico que hoy en día, los países que han invertido en ciencia tengan economías fuertes. Sin embargo, a medida que la complejidad de la C+T contemporánea se despliega, las soluciones propuestas para los actuales defectos del desarrollo aparecen como las más cándidas. Lo que es claro es la historia de las sociedades que tuvieron éxito en la construcción de una competencia científica y tecnológica. Lo hicieron dentro de un sentido más amplio de elevar los estándares educativos y cambiar los valores que incluían una actitud positiva hacia la C+T. El éxito está también vinculado con enfocar beneficios de largo plazo para todos, más que en esperar que la ciencia ofrezca remedios tecnológicos de corto plazo a complejos problemas económicos y sociales o, meramente, que incremente el prestigio de los líderes políticos y sus grandes proyectos.

Combatiendo el crecimiento de la brecha Norte-Sur en la ciencia

Las estrategias de planeación se han convertido en herramientas importantes para la toma de decisiones y el progreso. Entender las prioridades nacionales y, por consiguiente, proyectar los planes estratégicos para lograrlas, empieza con un plan de evaluación del conocimiento nacional. Es a través de la evaluación del conocimiento nacional que las fortalezas y debilidades de ese conocimiento nacional son reveladas. El plan propondría, luego, políticas para reducir las debilidades.

Los planes estratégicos nacionales solos, sin políticas económicas flexibles y positivas, no crearán un ambiente conductivo para la creación de riqueza. Deben realizarse esfuerzos concertados para crear políticas económicas que proporcionen incentivos al trabajo difícil, que recompensen el trabajo difícil, que permitan la toma de riesgos. Tal política debe reforzar el modo liberal de gobierno que permita la libertad de las personas en todos los elementos esenciales. En otras palabras, los principios democráticos deben sostenerse si los recursos humanos van a ser utilizados al máximo.

Los países en vías de desarrollo deberían tomar una hoja del libro de fusiones de meganegocios, que ocurren casi todos los días. ¿Por qué estamos buscando megafusiones? La razón básica es reducir costos. La competencia tiene un costo; los costos de la investigación y el desarrollo (I+D) son astronómicos. Al adquirir un competidor que tiene conocimiento o tecnología, una ventaja tecnológica, una compañía reduce los costos.

Una segunda razón se relaciona con la generación del conocimiento usado al hacer negocios. Ya no es suficiente tener un equipo de investigación en casa. Lo que hace la diferencia en los negocios de alta tecnología es la habilidad para adquirir el conocimiento requerido y juntarlo en una nueva tecnología. Existen varios métodos para adquirir nuevo conocimiento. Éstos incluyen grupos de I+D, universidades, bancos de ideas, institutos de investigación y compañías incorporadas de investigación. Además de tener I+D en casa, muchas industrias tienen vínculos de cooperación con incubadores tradicionales del conocimiento, las universidades. Paradójicamente, más y más, las compañías exitosas están

cooperando hoy en la investigación con sus competidores. Las publicaciones solidarias con los competidores se han vuelto más generalizadas que antes. La inversión en conocimiento está, por lo tanto, cambiando más y más hacia la innovación: la habilidad para ensamblar el nuevo conocimiento en una nueva tecnología.

En consecuencia, el acceso al conocimiento y la experiencia, configurándolos de manera novedosa y ofreciéndolos en venta se ha vuelto, desde mi punto de vista, la alternativa de desarrollo menos costosa para los países en vías de desarrollo. Estos países deben realizar más esfuerzos para mantener el tradicional intercambio de información científica abierta y libre. Los países desarrollados, por su parte, tienen el deber ético y moral de apoyar a los países en vías de desarrollo no cerrando el libre intercambio de información científica.

Sigue, naturalmente, que el énfasis en la educación también debería cambiar. Necesitamos entrenar gente que sea capaz de entender las fronteras del conocimiento, el filo de la tecnología. La nueva raza de científicos debe ser también innovadora. El uso apropiado del nuevo conocimiento a través de la innovación ofrece la mejor alternativa para cerrar la zanja entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo. Habiendo establecido las prioridades y metas, los países en vías de desarrollo no deberían apartarse de la investigación en las ITICs. La demanda de conocimiento especializado requiere medios de comunicación y procesamiento de datos cada vez más sofisticados. Esto, a su vez, estimula los sectores de microelectrónica, telecomunicaciones y computación. Una economía globalizada requiere un sector de ITIC fuerte. La alternativa para esto es el tradicional comercio de comodidad, con sus abundantes problemas.

Los recursos para tan valiente estrategia de desarrollo pueden ser encontrados en el interior del país, poniendo fin al desperdicio en la economía. Puede requerir dar pasos audaces para reducir el gasto en algunos proyectos de "vacas sagradas" del gobierno. Por encima de todo, es justificado en el sentido de que tal inversión mejorará los estándares educativos, creará nuevas habilidades y tecnologías, y mejorará la comunicación, así como el mejoramiento de los negocios. En suma, la planeación y definición de prioridades, el gobierno democrático, la cooperación con los competidores, la adquisición de conocimiento e innovaciones

difundidos, tanto como las inversiones en ITICs, son algunos mecanismos recomendados para reducir la brecha del conocimiento.

¿Por qué no se ha llevado a cabo tal cooperación entre los países en vías de desarrollo? Uno está totalmente justificado para hacer esa pregunta. La respuesta descansa en la percepción del Sur sobre sí mismo y sus necesidades de desarrollo. Los países en vías de desarrollo han dependido en exceso del apoyo en materia de desarrollo por parte de los países desarrollados. El mundo en desarrollo busca el liderazgo de los países desarrollados, paradigmas de crecimiento económico y créditos para emprender proyectos. En muchos casos, algunas inversiones ya implementadas no han estado basadas en la gente, sino en individuos o en promotores. La mayoría de estas pasadas inversiones drenan hoy los recursos del Sur. La reciente acción del Grupo de los Siete (G7), de cancelar las deudas de los países menos desarrollados, para salvar a niños en los países en vías de desarrollo es un inicio correctivo en la dirección correcta.

Un segundo factor de influencia en favor de la futura cooperación Sur-Sur son las circunstancias cambiadas en que la ciencia es conducida tanto en los países desarrollados como en los que están en vías de desarrollo. Los científicos de los países desarrollados están bajo una creciente presión para asegurar grandes subsidios. La promoción del personal en los países desarrollados ya no depende sólo de las publicaciones. Uno debe mostrar una habilidad para atraer grandes contratos de investigación. Los científicos de los países desarrollados están, por lo tanto, más y más renuentes a cooperar con los científicos del mundo en vías de desarrollo. Más aún, tal cooperación puede no traer grandes subsidios para investigación. Por su parte, los científicos del Sur, en razón de su aislamiento, no conocen científicos en los países desarrollados con los que ellos puedan colaborar, aun si hubiera recursos disponibles para la investigación. El conocimiento de los científicos en el Sur es un área que necesita un fortalecimiento adicional por parte de donantes.

Un tercer contribuyente a la falta de cooperación entre los países en vías de desarrollo puede encontrarse en las políticas del Sur. La falta de voluntad política entre países vecinos crea barreras contra la cooperación científica, cultural y económica. Miramos hacia el Norte en busca de ofertas comerciales, no tenemos fe en nuestras actualidades, y en el

pasado hemos desanimado el intercambio del personal y de estudiantes. En el área de la comunicación, tenemos un acceso más fácil a las telecomunicaciones con el Norte, que con nuestros vecinos.

Hoy, vemos que los cambios están ocurriendo en la mayoría de estas áreas en el sur. Más y más países están descubriendo que están comerciando más entre ellos que con sus socios tradicionales. Los mercados de los países desarrollados se están volviendo más y más difíciles de penetrar a través de las regulaciones de comodidad, cuotas y otras barreras comerciales.

La caída de los precios de consumo fijados por los mercados de los países desarrollados ha empeorado la calidad de vida de los granjeros de los países en vías de desarrollo. En el campo de la educación, las instituciones de los países desarrollados se han cotizado a sí mismas fuera del mercado de los presupuestos promedio de los países en vías de desarrollo. Una pesada deuda, el cambio en las condiciones de aprendizaje y la presión pública, han contribuido en conjunto a esa sequía de fuentes de dinero barato. Estos factores reunidos me hacen pensar que, les guste a los líderes del sur o no, tiene que cooperar con otro. Es cuestión de tiempo para que tal cooperación comience a enraizar profundamente.

Percepción de la ciencia: un valle entre el Norte y el Sur

Habiendo nacido en África rural, fui instruido por mis padres para ver las cosas a través de una referencia con los poderes sobrenaturales. Fui enseñado a mostrar reverencia a todas las formas de vida, para defender la santidad de los seres humanos, para conservar y vivir con la naturaleza y para ayudar a otros. Los pobres fueron hechos fuertes en la sociedad por aquéllos a quienes se les había concedido elevar su estatus. Estos valores se están desvaneciendo en la actualidad, pero, en general, se mantiene como cierta en la mayoría de las sociedades rurales.

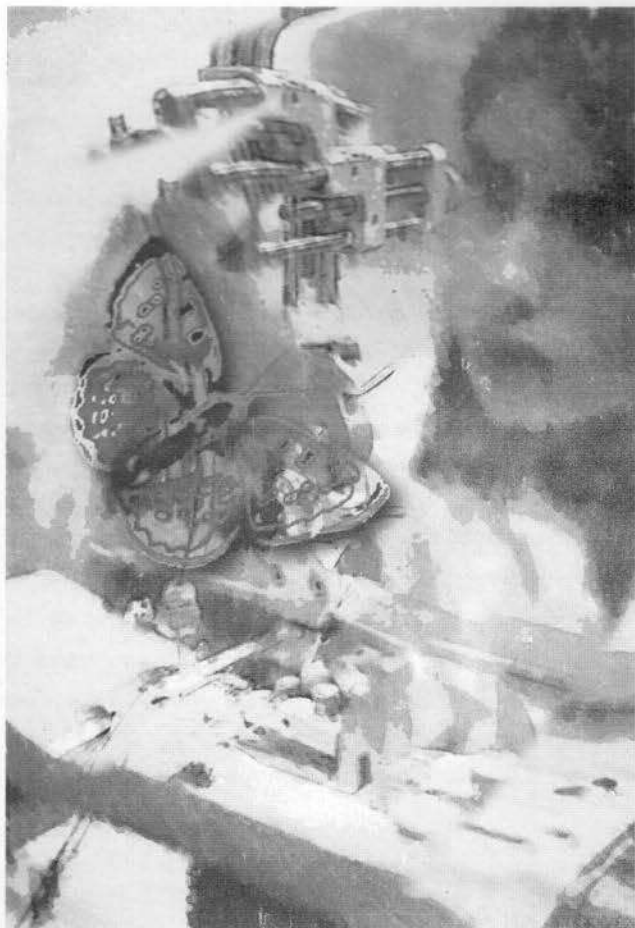
A partir de este antecedente, la ciencia nos da el poder de entender la naturaleza. Nos permite ayudar a otros y ayudar a la naturaleza. Como un mago, una persona que tiene ciencia tiene una responsabilidad con la sociedad. Un mago que mal utiliza el poder que Dios le dio, es muerto por ese mismo poder, según se me enseñó.

La comercialización de la ciencia, por lo tanto, es extraña a la mayoría de la gente en África. Sobre todo, las leyes de patentes son una creación del Occidente y no están establecidas o son efectivas en la mayoría de los países en vías de desarrollo. De ahí que nos veamos lentos para aprovechar los descubrimientos. Nuestra generosidad para con los demás inhibe nuestra propia agresividad cuando llega para comercializar descubrimientos o inventos. Sobra decir que la mayoría de la gente de los países en vías de desarrollo se enorgullece de la ciencia cuando dicen "yo descubrí eso", más que cuando dicen "yo patenté tal proceso".

La realidad económica de hoy obliga al sur a moderar su percepción de la ciencia. Del sur debe provenir más y más comercio en conocimiento científico si quiere sobrevivir. En este momento me es difícil predecir la forma y figura de tal comercio, pero imaginemos por un momento cómo se vería. Veo un sur más confiado en sí mismo, que comercia en alta calidad, mercancías de bajo volumen, que educa a sus ciudadanos y proporciona empleo para aquéllos que son capaces de trabajar. Imagino un Sur que permite el libre movimiento de gentes y artículos a través de sus fronteras, que no tienen más refugiados, que tiene gobiernos democráticos y un crecimiento económico anual de 7-10%. Sí, tal sur es posible sólo si estamos de acuerdo en cambiar, para usar más completamente los beneficios derivados de la educación y para fomentar la ciencia como uno de los vehículos del desarrollo. Ese futuro es para que todos lo disfrutemos si los dos mundos cooperan para hacer el cambio realidad. Esta conferencia busca el cambio. A través de la ciencia, el cambio es posible, como se ha visto en el Siglo XX.

Algo más que ciencia

Asbel López



Guardar la velocidad y la energía potencial en un armario, como si fueran dos máquinas, era un hecho perfectamente plausible para el mexicano José Antonio López Tercero cuando era estudiante. En esa época hubiera podido creer cualquier otro fenómeno absurdo. Esta candidez no tenía nada que ver con el realismo mágico de las novelas de Gabriel García Márquez, sino con las soporíferas y abstractas clases de Física. "Eran terribles", recuerda este profesor de Química del Instituto Escuela del Sur, en la Ciudad de México.

José Antonio trata hoy de enseñar ciencias como a él le hubiera gustado que se las enseñaran. Recurre lo más posible a objetos de la vida corriente para facilitar la comprensión de nociones abstractas: la lavadora le sirve para ilustrar la separación por fuerza centrífuga, la ropa para diferenciar las fibras naturales de las sintéticas; el plástico para estudiar los derivados del petróleo; el jugo de limón y la col lombarda para poner en evidencia los ácidos; y la televisión para explicar el funcionamiento de las ondas electromagnéticas.

Este método de enseñanza representa un cambio cualitativo considerable, al menos con respecto a lo que le tocó vivir a José Antonio. "Nunca durante la secundaria", dice, "logré entender bien a qué se referían los profesores cuando me hablaban de la velocidad o de la aceleración. El profesor llegaba, dictaba un concepto, escribía una fórmula, me enseñaba a resolver problemas con ella, y yo me limitaba a despejar las fórmulas, reemplazando las letras por números".

Esta enseñanza tradicional, basada en la transmisión de contenidos y en el estudio de problemas con poco significado para los alumnos, sigue vigente hoy día. Y no sólo en México. Según Jacob Bergman, especialista en educación y ciencias del Banco Mundial, la enseñanza científica en los países en desarrollo "privilegia a menudo la memorización de hechos, en lugar de enseñar a comprender el contexto y la relevancia del conocimiento y la manera en que este conocimiento puede ser aplicado a nivel local". En los países industrializados, en cambio, se hace mayor énfasis en habilidades como recopilar y utilizar la información para resolver problemas y tomar decisiones, así como desarrollar la capacidad de análisis y el trabajo en equipo.

Las carencias de los sistemas educativos de los países del Tercer Mundo, que siguen arrastrando el lastre de la época colonial, son particularmente dramáticas si se tiene en cuenta que el desarrollo económico está cada vez más ligado al conocimiento científico y tecnológico. Pero existe una voluntad generalizada de cambio que se refleja en la ola de reformas de la educación científica que tienen lugar desde hace varios años en todo el mundo.¹ Aunque difieren de un país a otro, existen algunas características comunes.

Tomado de *El Correo de la UNESCO* No. 5, mayo 2000. Pp. 13-15.

Una de ellas consiste en establecer conexiones con la vida diaria, como en el ejemplo mexicano. Además de facilitar el aprendizaje, ello genera mayor entusiasmo y participación por parte de los estudiantes, despertando vocaciones científicas. Así, en los últimos años, la mitad de los egresados del Instituto Escuela del sur escogen carreras científicas, un 30% más que el promedio del resto de las escuelas mexicanas.

Anclar el conocimiento en el contexto local

Otro enfoque común al conjunto de las reformas es la voluntad de situar el aprendizaje de las ciencias en el contexto local. Se parte de problemas que afectan a la comunidad, a fin de mostrar el valor práctico del conocimiento científico para determinar las causas de ciertos fenómenos, pero también para proponer soluciones y evitar eventuales catástrofes naturales.

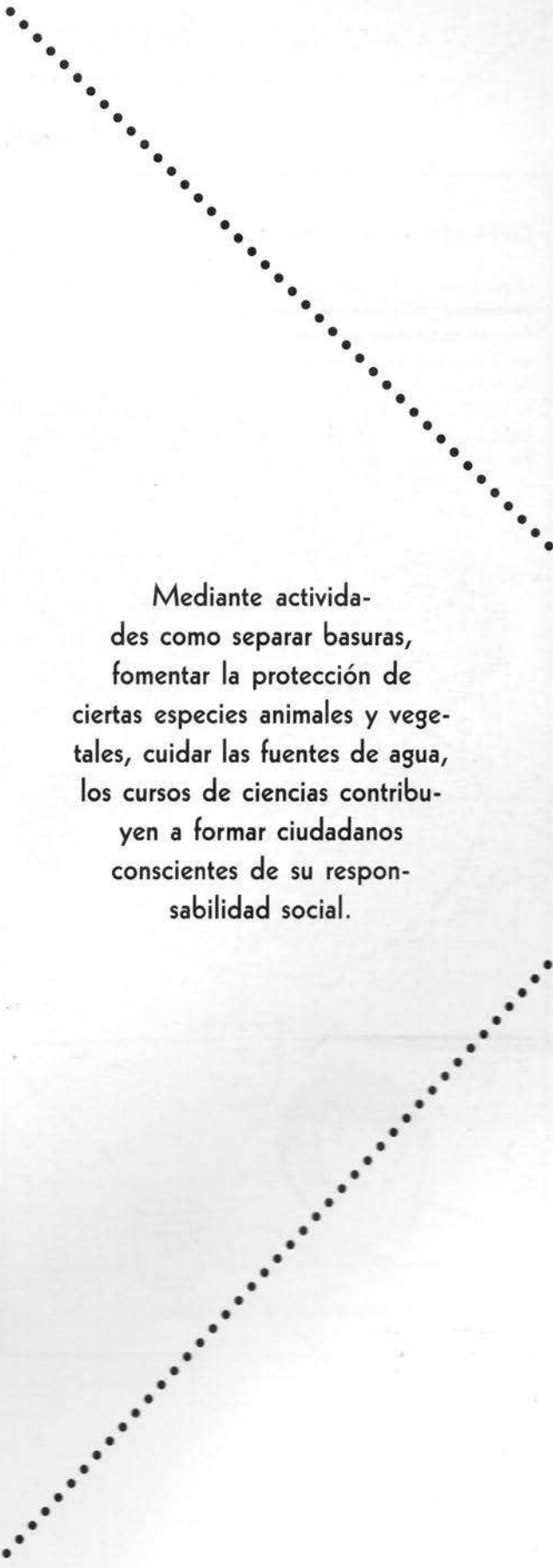
Los profesores están haciendo "grandes esfuerzos por tratar en las clases problemas que sean relevantes para los alumnos, en vez de utilizar los ejemplos abstractos de los libros de texto", afirma Bettina Walter, coordinadora del proyecto sobre educación científica en las escuelas secundarias (SESS) de Tanzania. Los profesores de Matemáticas de las 278 escuelas que participan en este proyecto, lanzado en 1997, recurren a proyectos de desarrollo que se estén llevando a cabo en los pueblos donde enseñan, por ejemplo, la instalación de líneas eléctricas y telefónicas en los cursos de Geometría, y el uso de fertilizantes y pesticidas en los de Matemáticas Comerciales.

Incluso cuando hablan del cielo, los profesores parten de las creencias más difundidas entre la población. Peter Lesala, asesor de los programas de ciencias en las escuelas secundarias de Lesotho, está escribiendo un curso sobre astronomía que se incluirá en el currículo de ese país. "Lo primero que hice², explica, "fue averiguar qué pensaban mis compatriotas con respecto a las estrellas. Mi curso comenzará con una discusión sobre estas creencias".

En el caso de proyectos de educación científica basados en textos escolares concebidos para estudiantes de otra cultura, la clave está en adaptar los temas a las realidades locales, como han hecho de manera muy creativa algunos profesores y alumnos con "ChemCom: Química en comunidad", un programa de secundaria escrito por la American Chemical Society (ver el recuadro correspondiente).

Ciencia para todos

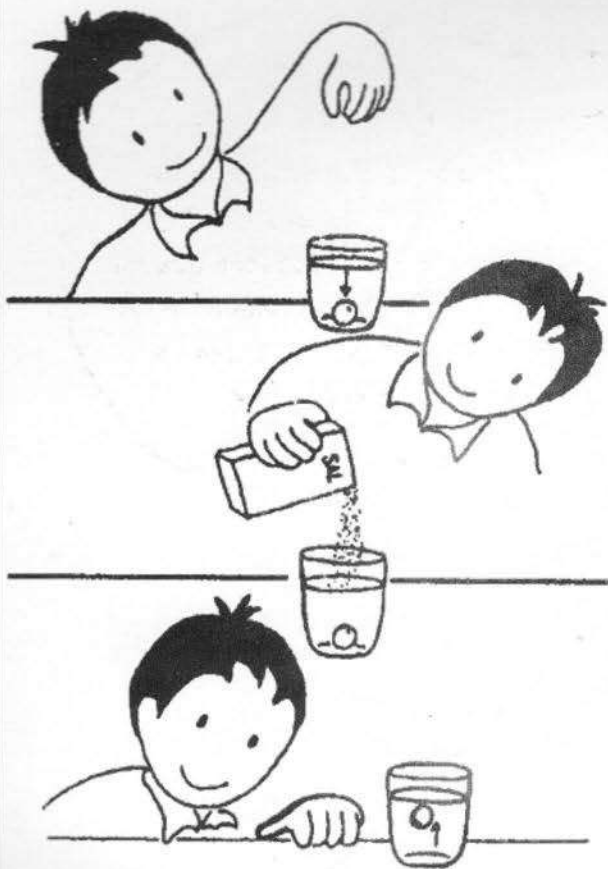
Este movimiento general de reformas en la educación científica está guiado por la convicción de que un mayor número de jóvenes deben tener acceso a ella. Ciencia para todos, no sólo



Mediante actividades como separar basuras, fomentar la protección de ciertas especies animales y vegetales, cuidar las fuentes de agua, los cursos de ciencias contribuyen a formar ciudadanos conscientes de su responsabilidad social.

EXPERIMENTO SOBRE DENSIDAD

Limón, agua, sal y un vaso es todo lo que necesitan los profesores mexicanos de secundaria para mostrar que los cuerpos menos densos flotan en los de mayor densidad. El limón tiene una mayor densidad que el agua, por lo que al ponerlo en el vaso se va al fondo. Al agregar sal, se forma una solución cada vez más densa, hasta que la densidad de la disolución es mayor que la del limón y éste sube a la superficie. (el Libro para el Maestro. Química. Educación secundaria, Secretaría de Educación Pública, México, pág. 64, 1994).



Tomado del Libro para el maestro, SEP, México

para los futuros científicos, es el lema que defiende Sylvia Ware, autora de varios informes sobre educación científica en los países en desarrollo para el Banco Mundial y Directora de Relaciones Internacionales de la American Chemical Society en Washington: "Aunque los científicos son los que hacen la ciencia, ésta es demasiado importante como para dejarla en sus manos. Los ciudadanos de los países en desarrollo deben tener un conocimiento más amplio y sutil de la ciencia, comprender los aspectos científicos y tecnológicos ligados a la resolución de problemas graves, como la salud y el desarrollo industrial, por ejemplo, pues son aspectos que les conciernen directamente".

En otras palabras, asegurar una alfabetización científica básica para formar ciudadanos capaces de participar activamente en debates cruciales que van de la preservación del medio ambiente y la utilización de organismos genéticamente modificados a las inéditas cuestiones éticas que están planteando los descubrimientos ligados a la Biología.²

Mediante actividades como separar basuras, fomentar la protección de ciertas especies animales y vegetales, cuidar las fuentes de agua, los cursos de ciencias contribuyen a formar ciudadanos conscientes de su responsabilidad social. Un ejemplo es el proyecto Globo en Costa Rica, cuyo objetivo es sensibilizar a los estudiantes sobre la preservación del medio ambiente, a partir del efecto del fenómeno climático de El Niño. Los jóvenes costarricenses realizan mediciones de temperatura y registran los niveles de precipitaciones en sus comunidades. Estos datos, recopilados con instrumentos relativamente complejos, son utilizados en el curso de Matemáticas para dibujar gráficas, en el de ciencias sociales para analizar el impacto de las inundaciones en las comunidades, y en el de Biología para explicar los ciclos de la vida.

La idea de la ciencia para todos plantea una interrogante que se discute, según Ware, "desde la Argentina hasta Zimbabwe": ¿cómo hacer que las ciencias sean accesibles a todos los estudiantes, sin disminuir el nivel para aquéllos que quieren convertirse en científicos? La respuesta es muy compleja, pues exige un sistema suficientemente flexible que ofrezca conocimientos más precisos y profundos a quienes van a seguir una carrera científica y, a la vez, brinde a todos los demás una formación científica general que les permita desenvolverse y trabajar en la sociedad.

Aunque los países en desarrollo están lejos de haber resuelto esta cuestión, algunos como Argentina, Brasil y Chile, han optado por la especialización. En Chile, los estudiantes reciben en los primeros años de la secundaria una formación general común, cuyo fin es proporcionar las competencias básicas para

el desarrollo personal y el ejercicio pleno de la ciudadanía. En los últimos dos años se pasa a una formación diferenciada que ofrece dos modalidades de especialización: la técnico-profesional, que busca formar recursos humanos capaces de competir en el mercado mundial; y la humanístico-científica, que estimula el pensamiento analítico, profundiza en los temas y trata de alcanzar niveles superiores de elaboración conceptual.

En este último caso se parte del supuesto de que los estudiantes seguirán una formación científica. De esta forma, el sistema chileno trata de garantizar la formación de una fuerza de trabajo altamente capacitada, capaz de seguir las rápidas transformaciones del mercado laboral, y, al mismo tiempo, la existencia de una comunidad científica que lleve a cabo las innovaciones tecnológicas necesarias para modernizar el sistema productivo.

Los olvidados

Ahora bien, si este tipo de innovaciones puede representar un avance significativo, para Ware "no cabe esperar que la mera modificación del currículo genere cambios en la clase; hay que contar primero con los maestros, condición *sine qua non* de cualquier reforma educativa". Lamentablemente, los profesores de los países en desarrollo se encuentran en una situación precaria y son, por lo tanto, incapaces de asumir el liderazgo natural que les corresponde en este proceso.

En Chile, los profesores trabajan entre 33 y 44 horas semanales, en dos y a veces hasta en tres colegios diferentes. En México, los estudiantes, que pueden llegar a ser hasta 60 por curso, están, por lo general, en manos de odontólogos o médicos reciclados en la enseñanza, o de docentes con más conocimientos sobre didáctica y pedagogía que sobre la disciplina que enseñan. Unos y otros se ciñen al contenido de los libros de texto. "El problema central de la educación científica en México ya no es un asunto de programas o de libros de texto; el punto débil radica en la formación del profesorado, que está prácticamente abandonado a su suerte", afirma Vicente Talanquer, profesor de Química de la Universidad Autónoma de México. Entre la propuesta educativa plasmada en los programas y los planes de estudio, y la realidad en las aulas todavía existe, según él, "una gran distancia".

Para Ware no hay sino una forma de colmar este vacío: "invertir lo más posible en el desarrollo profesional de los maestros". En el caso de la adaptación de ChemCom en Rusia, la American Chemical Society, apoyada por la UNESCO, ha ofrecido talleres de formación para los profesores, incluidos los de los



Los profesores deben formar no sólo a los futuros científicos, sino también a los ciudadanos que en el Siglo XXI afrontarán retos tecnológicos y éticos sin precedentes.

pueblos más apartados de Siberia. De este modo conocen los materiales y los métodos para su aplicación, así como nuevas formas de evaluación para saber si el estudiante simplemente aprendió conceptos de memoria, o si, por el contrario, los comprendió y es capaz de aplicarlos en distintas situaciones.

Garantizar esta formación supone una enorme inversión pública y una férrea voluntad política a largo plazo. Cuando se piensa que en México la reforma de la enseñanza de las ciencias, iniciada hace escasos siete años, concierne a 200,000 profesores en secundaria y 600,000 en primaria, lo menos que puede decirse es que los cambios que todos esperan no llegarán muy pronto.

QUÍMICA EN COMUNIDAD

ChemCom fue iniciado a comienzos de los años ochenta en Estados Unidos, un país que a pesar de ser líder mundial en ciencia y tecnología registra niveles globales de educación científica poco satisfactorios, que preocupan por igual al gobierno, a profesores y a padres. Desde finales de los noventa, este programa se ha utilizado en muchos otros lugares, desde escuelas de los suburbios de Buenos Aires hasta pueblos de Siberia. Ha sido traducido al japonés, al ruso, al italiano, al español y próximamente se realizará una versión en francés.

Un estudiante de 14 años de Krasnoyarskii Krai, en Siberia, describe así el método de ChemCom: "Primero, el profesor plantea el problema, por ejemplo la contaminación de un río, luego los estudiantes tratamos de buscar juntos qué tipo de conocimiento científico necesitamos para resolverlo. Pero lo más importante es que consideramos el problema desde varias perspectivas y las discutimos antes de tomar una decisión final".

El tema de una de las unidades de ChemCom, "¿Qué hacer con el petróleo: quemarlo o utilizarlo?", se basa en datos que corresponden al contexto cultural estadounidense. Ello no fue un obstáculo para que los estudiantes de una escuela rural siberiana, en Bolshoi Ului, se sirvieran del texto. Al fin y al cabo, ésta es una zona petrolera como Texas. Dos estudiantes con sus padres fueron a recopilar información sobre la producción petrolera local al Comité de Protección del pueblo más cercano, en Achinsk. No sólo consiguieron los datos, sino que los medios locales lanzaron una campaña para recoger y donar diarios y revistas que ayudaran a los estudiantes en su tarea, que se había transformado en: "Recursos naturales en Bolshoi Ului: ¿preservar o utilizar?"

Sitio Internet de ChemCom:
<http://lapeer.org/ChemCom/>

¹ Sylvia Ware (dir. publ.), *Science and environment education, Views from developing countries*, The World Bank, Washington, D.C., 1999. Paul Black y Myron Adkin (dir. publ.), *Changing the subject*. Londres. Routledge en colaboración con la OCDE, 1996.

² Véase *El Correo de la UNESCO* de septiembre de 1999 sobre Bioética.

La ciencia es mucho más que experimentación y formulación de conceptos teóricos para generar conocimiento. Para el trabajo científico se requiere también de procedimientos y recursos que pueden ser reproducidos y utilizados íntegramente por el investigador o, bien, pueden ser modificados sustancialmente para encontrar nuevas posibilidades de interpretación de la naturaleza.

Dos de estos procedimientos son: la *argumentación* o discusión generada entre la comunidad científica para exponer el significado, las implicaciones y la validez de una cierta interpretación de los descubrimientos realizados por la investigación. El otro procedimiento es sumamente importante para la socialización del conocimiento científico: la *comunicación* del conocimiento a la sociedad. Hasta hace relativamente poco tiempo, la idea de que la ciencia es tan importante como su propia comunicación está ganando terreno en la comunidad científica, en los medios masivos y en algunos sectores de la población.

En este artículo trataremos de hilvanar la relación que existe entre estos dos procedimientos entre sí, a la vez que intentaremos dar cuenta de su conexión con la enseñanza y la divulgación científica.

La divulgación y su discurso

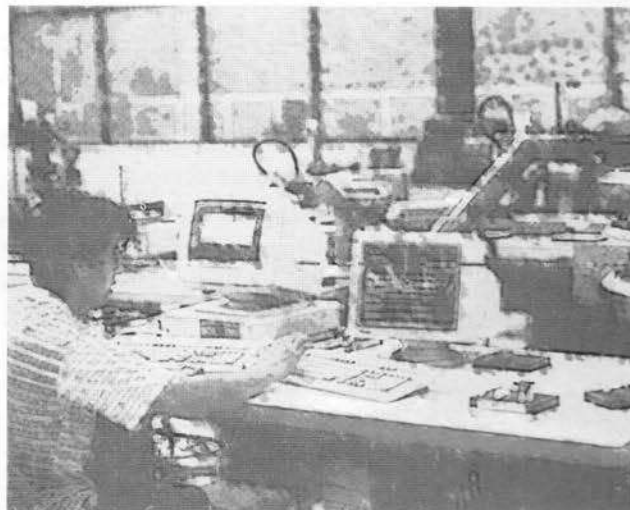
La labor más importante de un divulgador de la ciencia es, precisamente, socializar el conocimiento para combatir la ignorancia y el rezago de la cultura científica de la población, dado que el conocimiento producido por las universidades e institutos de investigación en el mundo tarda mucho en llegar a las escuelas.

Para hacer bien su trabajo, un divulgador trata de encontrar una forma de hacer y de decir las cosas que quiere comunicar, de manera que todos le entiendan, pues, de no ser así, estaría fallando en su intento. Para lograrlo, tiene que hacer lo mismo que hace un artista que quiere comunicarse con su público: se identifica con él; trata de conocerlo para entender cuál es la mejor forma de acercársele. Prepara un buen número. Busca hacerle sentir que tiene algo valioso que darle. Trata de captar su atención utilizando el mismo lenguaje que él para expresar lo que quiere. Se enfrenta a públicos diversos, unas veces receptivo y otras veces resistente al mensaje.

El lenguaje que utiliza el divulgador es un resultado de la negociación entre la forma de expresión de los científicos y la del público al que va dirigido el mensaje y, desde luego, con la propia interpretación de quien divulga.

Divulgación, discurso y enseñanza de las ciencias

Alejandra González Dávila



Tomado de *Correo del Maestro* No. 32, enero 1999. Pp. 48-50.

Esta construcción conjunta del lenguaje verbal o no verbal, en la que todas las partes involucradas interactúan de alguna manera, es, precisamente, el *discurso*. El discurso es una construcción social del habla, o de lo que no se dice. Es una base que permite la comunicación, creando un contexto y siendo creada por él. Los participantes pueden cambiar el discurso para dar paso a otra forma de expresión, pero al hacerlo han podido entenderse dentro de un contexto que generó otro.

Comunicar los conceptos de la ciencia, como los de cualquier otro conocimiento, implica una toma de postura o de forma dentro de un discurso que se considera legítimo para cada situación o contexto particular.

Desde mi punto de vista, el discurso de la divulgación científica se caracteriza por tres aspectos: 1) Es *incluyente*, porque considera y aproxima el lenguaje de la vida cotidiana al de la ciencia. 2) Es *especializado*, porque construye y evalúa sus propias formas de comunicación. 3) Es *científico*, porque investiga e incorpora conocimiento proveniente de varias disciplinas del saber, con el fin de reconstruir el significado de la interacción con los fenómenos naturales estableciendo vínculos más cercanos con el público.

La enseñanza y su discurso

En el caso de la enseñanza, es mediante el discurso que un maestro puede favorecer o entorpecer el aprendizaje dentro del aula, de la misma manera que un divulgador de la ciencia puede aclarar o dejar ideas confusas en el público que observa un documental, asiste a una exposición, lee un artículo o escucha una plática.

La elaboración de un discurso incluyente, en el que se retomen las ideas preconcebidas de los estudiantes, sin condenarlas, invita a construir sus argumentaciones en un lenguaje compartido por todos. Esta labor, que no es fácil, le corresponde tanto a los divulgadores como a los docentes de ciencias naturales.

La preocupación por elaborar un discurso incluyente en el aula puede ser la clave para mejorar las capacidades comunicativas de nuestros alumnos y darles confianza para que formulen hipótesis y *argumenten* sobre lo que puede ocurrir en un experimento determinado o, bien, en los resultados obtenidos o, quizá, en la aplicación real que puede tener fuera del contexto escolar.

Existe un lenguaje no verbal que también es importante para la formación del discurso dado, porque también refleja interacciones que dan cuenta de lo que ocurre dentro del aula. Por ejemplo,

cierto acomodo de las bancas puede ser indicativo de una actividad específica; la adopción de una postura corporal puede indicar interés o aburrimiento de los alumnos en la clase; determinados movimientos del maestro en el laboratorio pueden indicar el inicio de un procedimiento experimental; un guiño de ojo, una mueca, una palmada en el hombro, ciertos tiempos de espera, secuencias, procedimientos y hasta silencios, pueden invitar a los estudiantes a que participen y piensen en lo que están haciendo, aunque no hablen.

Vygotsky ha planteado que la interacción social moldea los andamiajes que tienden la conexión entre lenguaje y pensamiento, que producen la propia cognición. Los maestros sabemos más de los contenidos de nuestra asignatura después de que los hemos enseñado, porque hemos tenido que elaborar una descripción de nuestra propia forma de concebirlos, combinada con el modo de hablar de nuestros alumnos. Esto es un proceso intelectual que nos llevó a un nivel de cognición distinto al que teníamos. Aprendemos enseñando, porque tenemos que describir con palabras la experiencia del conocimiento. Tendemos puentes que consideramos sólidos para acercarnos a los estudiantes y encontramos otras lógicas de entendimiento.

Los estudiantes pueden aprender en la misma forma, es decir, mediante el ejercicio continuo de la descripción de sus experiencias de aprendizaje personales y colectivas. La expresión oral o escrita de sus propias vivencias relacionadas con fenómenos físicos o químicos los involucra y compromete en el tema de la clase, porque se sienten incluidos y con capacidad para argumentar. La forma de explicar de unos, puede ser el chispaazo, el andamio, que necesitaban otros para comprender.

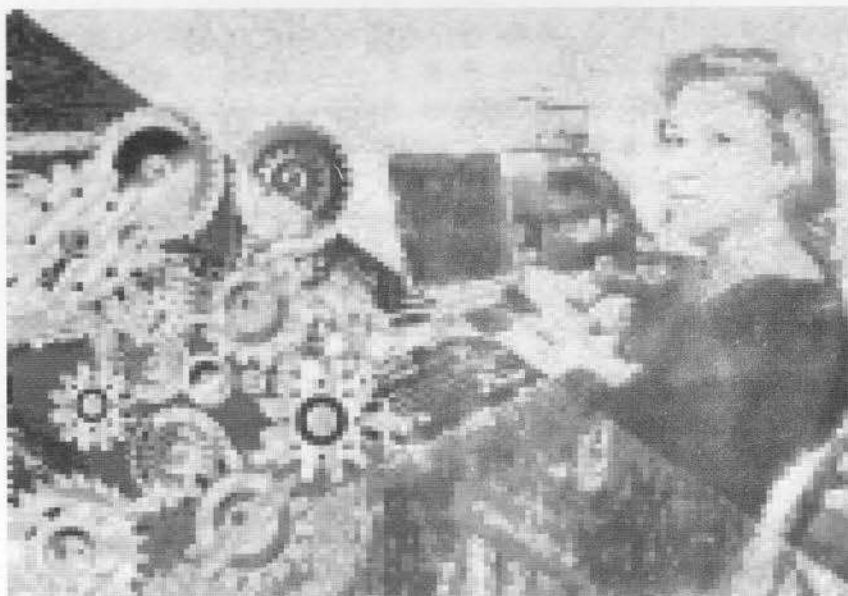
Es necesario que promovamos que nuestros jóvenes aprendan a expresarse a través del habla en un mundo tecnológico en el que las máquinas nos hacen cada vez más *materialistas y solitarios*¹. No olvidemos que el lenguaje es una característica de nuestra humanidad que no podemos perder.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la capacidad comunicativa varía de un sujeto a otro, dependiendo de factores de tipo psicológico, sociocultural, biológico, etc. No todos los alumnos se comunican de la misma manera. Tener conciencia de esto es importante para que, en lugar de forzarlos a hacer algo que no quieren, los animemos a comunicarse haciéndoles sentir que tienen algo importante que decir y que estamos dispuestos a escucharlos.

Elaborar un discurso incluyente permite que los participantes se conozcan, se comprendan y otorguen sentido a un mensaje que

tiene la intención de convertirse en un conocimiento compartido entre todos.

Vale la pena preguntarse, por ejemplo, si el fracaso escolar de muchos de nuestros alumnos se debe a que no comprenden los contenidos y no son capaces de resolver los problemas, las prácticas o las preguntas, o, más bien, no han podido descifrar nuestro discurso, en el cual no están incluidos.



¹ S/A. "Cómo nos está cambiando la tecnología". En: *Muy Interesante*, año XVI, No. 1.

Bibliografía

CANDELA, Antonia. *Evidencia Social y Hechos: La construcción social del conocimiento científico en el aula*. Ponencia inédita para la Universidad de Barcelona. Departamento de Investigaciones Educativas, CINVESTAV, 1998.

EDWARDS, D. Y Mercer, N. *El Conocimiento Compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula*. Temas de Educación. Barcelona, Paidós/Mec, 1988.
