

EDICIÓN ESPECIAL

Innovación y Ciencia

VOLUMEN X, No. 3 y 4

Aprendizaje de las ciencias

Cultura científica
Generalidades
Situación actual

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$6.500.00



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA





ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el
estudio de los problemas del país,

difundir el conocimiento científico,

promover y apoyar la

investigación Científica y Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social
de Ciencia y tecnología

WWW · ACAC · org · co
acac@acac.org.co

Carrera 50 #27-70 Edificio Camilo Torres, Bloque C, Módulo 3, Bogotá, DC. Colombia

TELÉFONOS: (571) 315 5898 · 221 3313 · 315 5900 FAX: (571) 221 6769 CORREO POSTAL: AA 92581



Un paso adelante en ciencia y tecnología

La información más importante sobre los últimos avances en ciencia y tecnología realizados en Colombia y en el mundo

...Lea
**INNOVACIÓN
Y CIENCIA**

**Suscribase ya por
sólo \$ 21.000 al año**

Al afiliarse a la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia recibirá la revista **TOTALMENTE GRATIS**





ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE
DE LA CIENCIA -A.C.A.C.-

Presidente
Eduardo Posada Flórez

Directora ejecutiva
Carmen H. Carvajal

Editor
Mauricio Pérez Gil

Coordinación editorial
Lorena Ruiz Serna

Comité editorial
Dino Segura
Teresa León P.
Moisés Wasserman
Horacio Torres
Luis Carlos Arboleda
Carlos Corredor
Guillermo Hoyos

**Consejo editorial
internacional**
Leon Lederman
Isabel Llano
Rodolfo Ulinás

Producción editorial y diseño
Vesalius, Arte y Ciencia Ltda

Asistente coord. editorial
Yulielt Arias

Corrección de estilo
Marina García

Fotografía
PhotoDisc, ABC Stock
Museo Nacional de Colombia

Preprensa electrónica
Marca Editores

Distribución
Distribuidoras Unidas S.A.

**Montaje, impresión y
terminados**
Grupo de Procesos Editoriales
de la Secretaría General del
Icfes



Innovación y Ciencia
es la revista de divulgación
científica y tecnológica de la
Asociación Colombiana para el
Avance de la Ciencia, A.C.A.C.
DERECHOS RESERVADOS.
Prohibida su reproducción
parcial o total sin autorización
expresa del Consejo Editorial.
La publicación no es
responsable legal del contenido
de la publicidad de cada
edición.
Los conceptos expresados en
los artículos no reflejan
necesariamente la opinión de
los editores.
Resolución Ministerio de
Gobierno N° 5447
del 9 de octubre de 1992. ISSN
0121-5140.
Tarifa postal reducida
N° 769 de Adpostal.
Venc. dic 2002.
Impreso en Colombia.

A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70,
Edificio Camilo Torres.
A.A. 92581. Fax: 2216950.
Tels: 3150734 - 3155898 -
3155900.
e-mail: acac@acac.org.co
Bogotá - Colombia.
Precio de venta al público:
\$8.500.
Suscripción (4 números
al año): \$21.000.

Innovación y Ciencia



Portada. La enseñanza de las ciencias es
fundamental en el crecimiento de los pueblos
y de su correcta aplicación dependerá el
futuro de muchas culturas.

Aprendizaje de las ciencias

7 EDITORIAL
Ciencia y educación

10 CULTURA CIENTÍFICA.
FACTOR DE SUPERVIVENCIA
NACIONAL
José Luis Villaveces Cardoso



Cultura científica

CONTENIDO

Volumen X, No. 3 y 4
Edición especial

Generalidades

- 20 EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA EN LA PEDAGOGÍA DE LAS CIENCIAS NATURALES
Germán Cubillos Alonso
- 26 LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN COLOMBIA
Dino Segura
- 34 LA ADQUISICIÓN DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO ¿UNA PRÓTESIS COGNITIVA?
Juan Ignacio Pozo y Miguel Ángel Gómez



Situación actual

- 46 LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA ESCUELA PRIMARIA COLOMBIANA. DE LAS LECCIONES OBJETIVAS AL ESTUDIO DE LA NATURALEZA (1870-1946).
Aurelio H. Usón Jaeger
- 56 RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. UN CASO EN ELECTRICIDAD ESTÁTICA
Edwin Germán García A.
- 66 "LA UTILIZACIÓN PACÍFICA DEL CHISME". UNA FORMA DE EXPLORAR LA INTUICIÓN Y LA CURIOSIDAD INFANTIL
Francisco Cajiao
- 70 DEL MUSEOIMUSA AL LABORATORIO DEL TIEMPO Y DEL ESPACIO . LO ARCAICO NO ES ARCADIA
Daniel Castro
- 78 LA ACAC EN EL DESARROLLO DE LA CONCIENCIA CIENTÍFICA COLOMBIANA
Teresa León Pereira





CIENCIA Y VALORES

POR DANIEL BOGOYA M.

DIRECTOR GENERAL DEL ICFES

Y PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Entiendo que el tema de los valores está enlazado fuertemente con la formación integral del individuo, que los valores tomados como unidades aisladas propiamente no se enseñan, sino que brotan naturalmente cuando se desarrolla una capacidad crítica para comprender libremente el mundo, para analizarlo y establecer aquellas singularidades presentes en los distintos postulados teóricos que gobiernan cada porción de universo bajo consideración. Los valores no están sueltos ni se instalan *per se* en cualquier pequeño cúmulo fragmentado, sino que se desarrollan como una filosofía y una forma de vida y se van atando orgánica e indisolublemente a la razón y al pensamiento. Trabajar separadamente en valores puede resultar inocuo, si previamente no se ha construido una capacidad para pensar y para formular, de manera lógica, coherente y estructurada, una explicación plausible acerca de los fenómenos del mundo, del transcurso de la vida y de las particularidades de cada momento de la naturaleza.

Veo entonces –en la idea de alcanzar una sociedad basada en el respeto y los valores de sus ciudadanos– que uno de los caminos posibles implica ante todo un compromiso con el ejercicio de la razón y de la argumentación, es decir, un camino que permita una aproximación al pensamiento científico. Este camino desde luego no excluye otras opciones, sino que aporta dimensiones para conquistar el escenario anhelado. Se trata entonces de colocar en el centro de la formación, en el terreno de la educación, una propuesta que permita saltar de lecturas literales, superficiales y simples del mundo

hacia miradas complejas e impregnadas de inferencias lógicas y de posturas críticas, hacia construcciones novedosas, bien sea que se basen rigurosamente en los estatutos ilustrados de quienes hacen ciencia en el planeta o en sus propias y genuinas creaciones conceptuales.

El camino de la ciencia, que se propone formar un pensamiento riguroso, coherente y crítico, conduce al tiempo a construir una postura propia frente a los valores, los que en sí mismos constituyen objetos de observación y análisis y unidades conceptuales asimilables. Los valores –más allá de ser productos transferibles, que alguien pueda entregarle a otro– son construcciones conceptuales que cada individuo va sintetizando y haciendo suyas, al tiempo que va ejercitando su razón.

En suma, considero que se construyen valores más efectivamente desde una formación cuidadosa y sistemática en la ciencia, pues aprender a pensar y razonar desde la lógica de una totalidad científica implica dominar y observar un núcleo de reglas para el entendimiento, circunstancia que abre posibilidades para comprender tantos otros estatutos y actuar consistentemente con ellos. La formación de un pensamiento científico –que implica la capacidad de desplegar estrategias de comprensión y actuación idóneas y coherentes con las reglas de la ciencia– hace más probable otras actuaciones, en el mundo de los valores, también coherentes con las reglas correspondientes, acatando el estatuto de comportamiento propio de cada sociedad.

Ciencia y educación

En momentos en que se está iniciando la discusión del Plan de Desarrollo del presente gobierno, resulta oportuno analizar el papel que temas como la educación, la ciencia y la tecnología desempeñan en el bienestar de la sociedad y la importancia que deben tener en los planes de cualquier gobierno.

La ciencia ha sido sin duda el principal motor de la construcción del mundo actual. Imaginemos por un instante lo que sería nuestra vida sin descubrimientos como la electricidad —que a pesar de parecernos hoy parte inseparable de nuestro entorno—, es el resultado de un largo proceso de investigación y de la contribución de muchísimas personas de variados orígenes; sin los avances del sector agrícola, que han permitido soportar el enorme incremento de la población mundial; o sin los de la medicina, gracias a los cuales la esperanza de vida se ha duplicado en el último siglo incluso en los países más pobres del planeta.

Lo anterior seguirá siendo cierto en las próximas décadas, cobrando cada vez mayor fuerza en los países desarrollados, que desde hace mucho tiempo han tomado conciencia de su importancia como factor de desarrollo económico y social. El conocimiento generosamente compartido, puede ser un elemento vital para reducir las distancias que separan países ricos de países pobres. Lo más probable, sin embargo, es que se convierta en un factor preponderante que obre en la dirección opuesta.

Por razones esencialmente culturales, los países en desarrollo consideran que la ciencia es un lujo innecesario, que tan sólo se pueden permitir las naciones más ricas y que la tecnología

es un bien disponible de manera amplia en el mercado y que es mucho más económico comprarla, que hacer esfuerzos para adaptarla o desarrollarla. Esta visión miope y de corto plazo es desafortunadamente muy frecuente y ha sido un factor altamente eficaz para conservar a países como el nuestro en el subdesarrollo. Si bien es cierto que en una primera instancia puede resultar más económico adquirir tecnología, es también evidente que, a mediano plazo, lo único que se logra con esto es crear una mayor dependencia con respecto a los proveedores, los cuales, por otra parte, no ofrecen en el mercado libre sino tecnologías obsoletas y a veces prohibidas en sus países de origen.

El Plan de Desarrollo de un país como Colombia debe, por lo tanto, incluir como prioridad esencial el tema de la ciencia y la tecnología, el cual, dada su naturaleza específica, debe ser transversal a todos los sectores. La ciencia, como parte fundamental de la cultura, no está únicamente ligada al aumento de la competitividad sino que está involucrada en todas las actividades humanas, desde la salud o la recreación hasta el deporte y la agricultura. Las ciencias sociales, en particular, deben constituirse en las bases de la búsqueda de soluciones para los problemas de violencia, analfabetismo y pobreza extrema.

Si bien, la voluntad política del gobierno de turno de apoyar la ciencia y la tecnología es fundamental, el tema debe convertirse en una política de Estado que trascienda los gobiernos y se convierta en la expresión de una voluntad nacional. Esto último no se logra a largo plazo, sino a través de un proceso de apropiación social de la ciencia y la tecnología, que se base en una reforma a fondo de la educación,

en todas sus formas y que al igual que la ciencia, debe cubrir todos los sectores y debe aparecer en los planes de cualquier gobierno.

No podemos olvidar que la enseñanza de las ciencias no sirve únicamente para transmitir conocimiento sino que debe ser vista como una valiosa herramienta para enseñar a pensar de manera crítica y creativa, y por ello, posee un extraordinario valor educativo *per se*. El aprendizaje de las ciencias debe llevar a formular las preguntas correctas, mucho más que a entregar respuestas ya hechas, y fomentar la capacidad de pensar diferente y de manera creativa. En ese sentido, la educación no formal, mucho más flexible y capaz de adaptarse rápidamente a la evolución del conocimiento que la educación formal, es un valioso complemento para ésta. Del mismo modo, la educación informal, que nos acompaña a lo largo de toda nuestra vida, y que recibimos a través de los estímulos de nuestro entorno no puede ser dejada al azar. Los medios de comunicación, especialmente la televisión, los medios recreativos y el mismo entorno del barrio en que vivimos, son elementos educativos fundamentales y, a menudo, los únicos que la mayoría de la población aprovecha una vez concluida su formación escolar o universitaria.

Creemos que estas consideraciones deben ser tenidas en cuenta, en un momento tan crítico como el actual, cuando se está elaborando la carta de navegación de nuestro país para los próximos cuatro años. □

Eduardo Posada Flórez
Presidente A.C.A.C.

Carmen Helena Carvajal
Directora Ejecutiva

Aprendizaje de las ciencias





Cultura científica

Generalidades

Situación Actual

CULTURA CIENTIFICA

CULTURA CIENTÍFICA

Factor de supervivencia nacional

José Luis Villaveces Cardoso

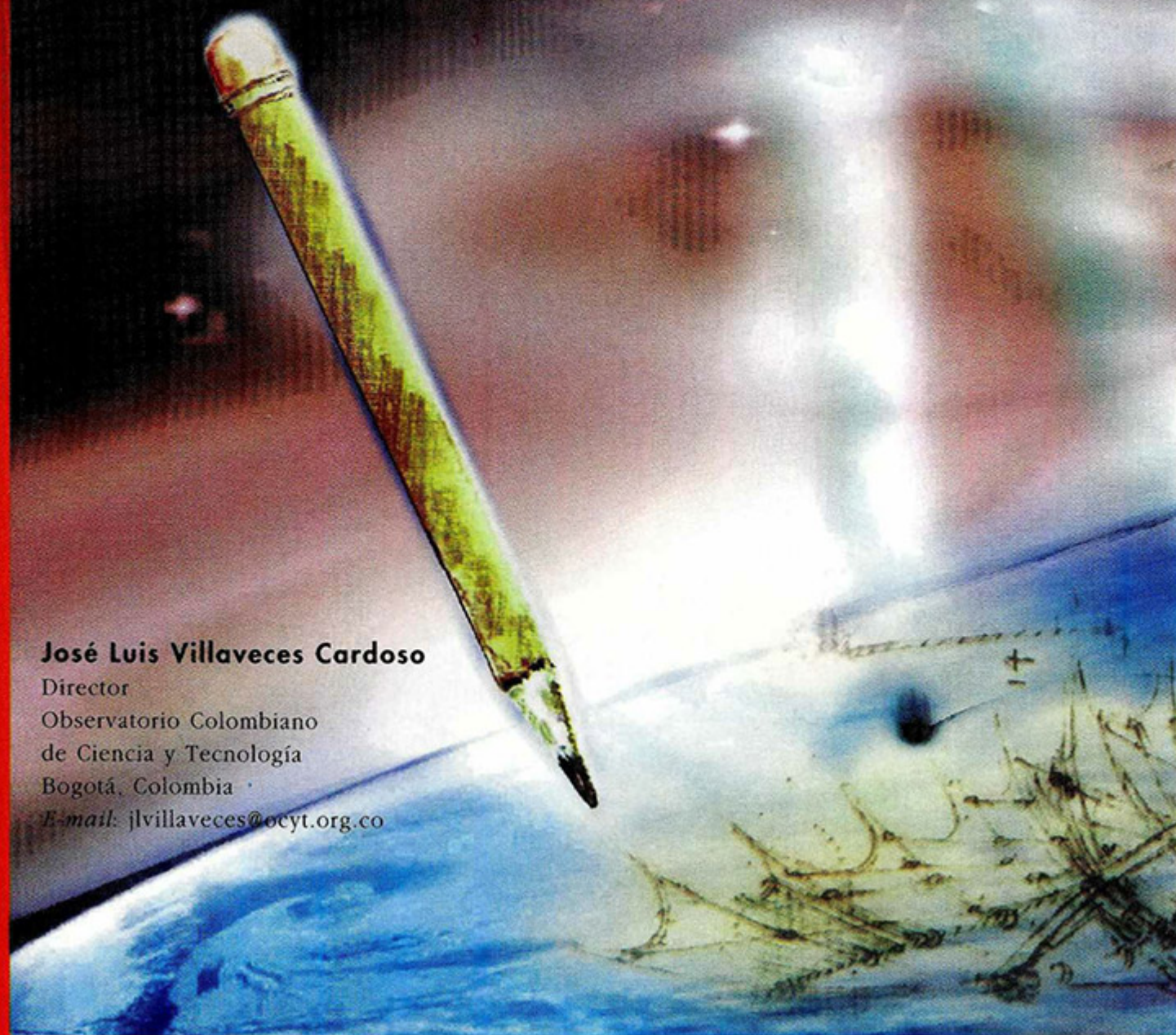
Director

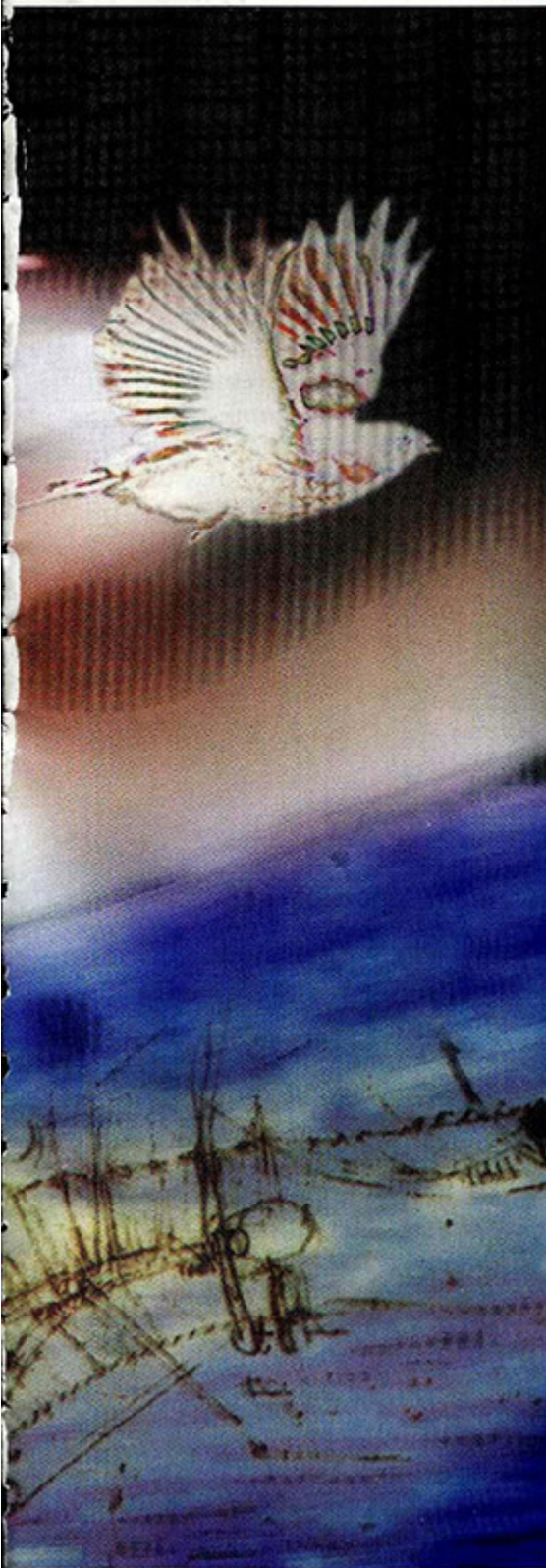
Observatorio Colombiano

de Ciencia y Tecnología

Bogotá, Colombia

E-mail: jlwillaveces@ocyt.org.co





**COLOMBIA
NO TIENE
ESPERANZA
DE SOBREVIVIR
SI NO SE
INCORPORAN
MUCHOS
ELEMENTOS
DE CULTURA
CIENTÍFICA
A LA CULTURA
DE TODOS LOS
COLOMBIANOS.**

De cómo tomar decisiones que resulten equivocadas con seguridad

Todos sabemos que Colombia comienza el siglo XXI con muchos problemas. Fácilmente podríamos hacer una larga lista de ellos, que incluiría aspectos como la violencia, el desempleo, la crisis del campo, la poca productividad de la industria, los desplazamientos forzados, el deterioro del medio ambiente, las en-

fermedades que afectan a gran parte de nuestra población, especialmente las endemias de las zonas cálidas; la escasa competitividad de la industria frente a los mercados extranjeros, la corrupción, la impunidad de los delincuentes de cuello blanco y de otros cuellos, etc. Casi todos ellos están directa o indirectamente detrás del conflicto que nos agobia: los jóvenes se enrolan fácilmente en los grupos armados por no tener un futuro claro, que no tienen porque el agro está descompuesto, porque hay enormes cifras de desempleo debidas a la crisis económica, que a su vez se debe a la poca productividad y competitividad de nuestra industria y nuestro agro, y a las enormes inequidades de nuestra sociedad. La lista puede ser más extensa aún y cualquier lector añadiría otros ítems a ella. No obstante todos esos problemas se reducen a dos: 1) no sabemos producir los bienes materiales que necesitamos para vivir, y esa falta de conocimiento redundo en la inhabilidad de agricultores, industriales y demás colombianos para hacer de sus trabajos negocios prósperos para ellos y para la comunidad y 2), no sabemos convivir; por tal razón no hemos sido capaces de generar instituciones de convivencia adecuadas, y se dan la impunidad, la corrupción y el crimen, como también los fenómenos de exclusión e intolerancia. De hecho, no sabemos convivir unos con otros, colombianos y colombianas, así mismo no sabemos convivir con el medio ambiente y en consecuencia se nos están desbaratando entre las manos, muchos de los más hermosos y completos ecosistemas del planeta.

Nuestros dos problemas son el no saber producir y el no saber convivir, que en últimas se reducen a uno sólo: Nuestro problema es no saber. No saber hacer lo que quere-

Ilustración: Olga Lucía Daza M.

mos y por tanto somos incapaces de lograr resultados positivos en ello. Los problemas de Colombia son, en último término, *problemas de ignorancia*.

Pero se trata del analfabetismo de los menos favorecidos económicamente, o de los que apenas alcanzaron un pequeño número de años escolares y quedaron muy por debajo de los niveles que se consideran de formación mínima. Se trata de la ignorancia y el escaso manejo del conocimiento de quienes toman las decisiones más importantes del país: los industriales y empresarios que no han incorporado el conocimiento como fuerza productiva a sus empresas y que, aduciendo

una supuesta «practicidad» o un pretendido «pragmatismo», argumentan que no tienen tiempo para pensar en lo que hacen o en lo que desean, y por ende toman decisiones rápidas y poco reflexionadas. Se trata entonces de ese sentir generalizado de que la persona efectiva es la que toma decisiones prontas y, por lo tanto, no suficientemente razonadas, es decir, fundamentadas en el desconocimiento de aquello sobre lo cual decide. Se trata de la ignorancia de los empresarios

que a contracorriente de la experiencia y de la razón continúan apostándole a la única estrategia que con seguridad es perdedora: la de organizar sus empresas con

base en la tecnología liberada por sus competidores. La ignorancia de aquellos que se pretenden demasiado pragmáticos para incorporar procesos de innovación o de investigación y desarrollo a sus empresas, y quedan dependiendo de la tecnología disponible en los mercados nacionales e internacionales; es decir, la tecnología de bajo

NUESTRO PROBLEMA

ES NO SABER...

NO SABER HACER LO

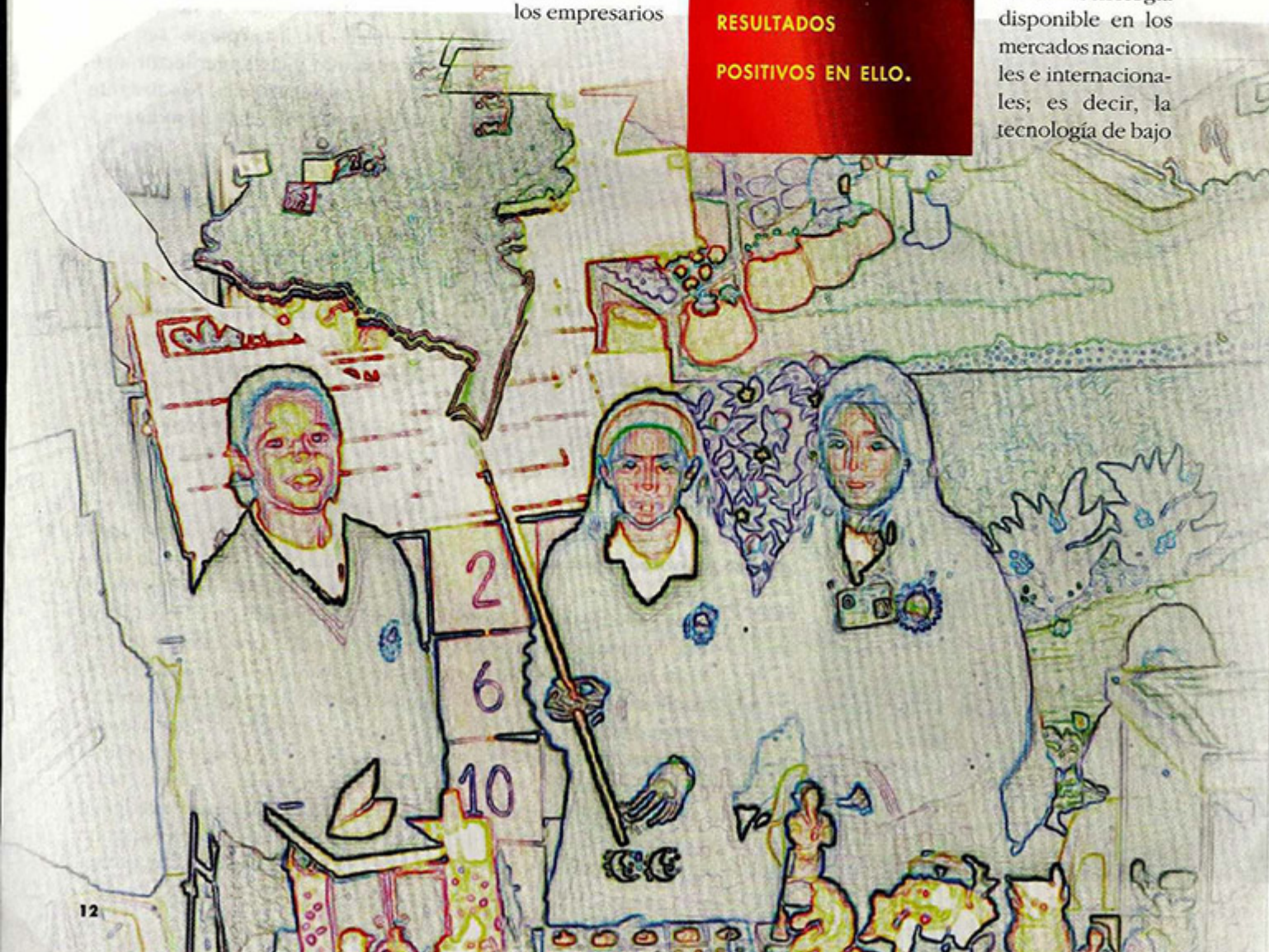
QUE QUEREMOS

Y POR ESO NO SER

CAPACES DE LOGRAR

RESULTADOS

POSITIVOS EN ELLO.



**LOS PROBLEMAS
DE COLOMBIA SON,
EN ÚLTIMO TÉRMINO,
PROBLEMAS DE
IGNORANCIA.**

nivel que sus competidores dejan circular libremente, porque con ella no les pueden competir. Se trata del culto a la ignorancia de los empresarios que no quieren correr riesgos ni tener futuros inciertos y por eso toman el futuro cierto de la escasa competitividad. Se trata igualmente de la ignorancia de ministros y ministras, directores de institutos, gobernadores y dirigentes de la rama ejecutiva de la administración pública, que no fundamentan sus decisiones en el conocimiento de aquello sobre lo que deciden. Lo complicado, pues, es la ignorancia de quienes militan en ella, la cultivan y respetan, y fundamentan en ella sus decisiones, habiendo tenido los elementos para actuar de manera diferente.

Existe un ejemplo interesante: la Ley 99 de 1993, que creó el Ministerio del Medio Ambiente y definió las reglas de juego de lo ambiental, dice en su artículo primero lo que deberían decir todas las leyes de Colombia: "Las decisiones en política ambiental deben tomarse con base en los resultados de la investigación". Esa es la ley más inteligente de Colombia, aunque lo que dispone parezca apenas sentido común. Si se va a decidir sobre una cañada, sobre autorizar o no la pesca de determinada especie, sobre el manejo de aguas en un ecosistema, sobre la posibilidad o no de explotación maderera de un bosque, sobre el nivel de determinado componente permitido en los residuos de una empresa, sobre los mil temas que construyen la política ambiental, lo sensato sería realizar investigaciones que permitan fundamentar las decisiones y saber con qué ritmo se reproducen esos peces; si determinada concentración de una sustancia en el aire o en el agua produce irritaciones u otros efectos, o no lo hace, etc. Por sensato y de

sentido común que parezca, el mencionado artículo se acata muy poco. La investigación en materia ambiental en Colombia es aún incipiente y los resultados escasos. El artículo citado tiene un párrafo que describe muy bien a Colombia: "Si la decisión es urgente puede obviarse la condición de la investigación previa". Es decir, si la decisión es urgente puede decidirse sin saber sobre qué se está decidiendo y sin conocer sus consecuencias. Y así, de decisión urgente en decisión urgente fundamentadas en la ignorancia, hemos ido construyendo a lo largo de doscientos años el país que tenemos; el país cuya industria, cuyo agro, cuyo medio ambiente y cuyas instituciones sociales y políticas se nos están desbaratando entre las manos.

Poca confianza y escaso capital social

En la sociología contemporánea existe la noción de Capital Social. Las sociedades que logran manejar sus problemas, que producen lo que necesitan, que lo distribuyen bien entre sus ciudadanos, que crean instituciones que les permiten convivir, que protegen su medio ambiente, en fin, que logran ir generando bienestar para sus gentes y su medio natural, son aquellas que tienen alto «Capital Social». Es decir, un número grande de sus ciudadanos bien preparados para generar y disfrutar del bienestar. La medida más importante del capital social de una sociedad particular es el grado de confianza que tienen unos en otros, y todos, en sus instituciones. Generalmente la confianza se mide a través de encuestas y mecanismos similares. En Colombia se han hecho unas pocas medidas puntuales de la confianza que nos tenemos. La

tendencia nos parecerá natural a todos: los japoneses tienen altos índices de confianza: cerca del 90% de ellos

creen que pueden confiar en lo que hacen sus conciudadanos. En el Brasil este índice es de alrededor del 50% y en Colombia está por el 30%. Estas cifras, por sí solas, muestran que estamos lejos de construir el bienestar que deseamos. Desconfiamos de nuestros gobernantes, desconfiamos de nuestros legisladores, desconfiamos de la industria nacional, desconfiamos de nuestros vecinos o de la persona con que nos encontramos en la calle; gastamos sumas ingentes en construir rejas para nuestras casas y pagar celadores; un número enorme de nuestros conciudadanos se dedica a la labor absolutamente improductiva de cuidar la entrada a nuestras casas o de correr en motocicleta detrás de sus jefes cada vez que estos se desplazan. Desconfiamos con razón, porque tenemos altos índices de violencia, de hurto y de corrupción, pero nos hundimos en la espiral de la desconfianza, lo cual hará que estos índices crezcan cada vez más. Ahora bien, hay dos razones por las que uno desconfía de un conciudadano: la primera es por no creer en su honestidad. La segunda es por no creer en su capacidad de hacer lo que nos dice, por creerlo chambón. Esa es la razón por la cual, cuando estamos comprando cualquier cosa y tenemos la alternativa de escoger entre un producto colombiano y otro extranjero, con frecuencia escogemos el extranjero así sea de precio superior. Suponemos que los colombianos que hicieron el producto no tenían una idea bien clara de cómo hacerlo. Conocemos la predominancia de la chambonería en nuestra cultura. Tememos que

detrás del producto haya empresarios «pragmáticos» tomando decisiones sobre cómo hacerlo fundamentadas en la ignorancia, y preferimos el extranjero.

La desconfianza se basa en que dudamos de la integridad de nuestros conciudadanos, pero sobre todo, en que suponemos su ignorancia.

Y es en esta ignorancia donde reside la fuente de nuestros males. En esta entronización de la ignorancia que hay detrás de ese torpe «ideal de lo práctico» que supone que todo tiempo empleado en pensar en lo que se va a hacer antes de hacerlo y llenarse de razones, de buenas razones, antes de tomar las decisiones, es un tiempo perdido. Es en esa pereza mental que se disfraza de pragmatismo en la que se basan tantas decisiones torpes en Colombia y se hacen tantas chambonadas en lo político, en lo industrial, en lo agrario, en lo social. Porque desconfiamos de la pereza mental de nuestros compatriotas es que suponemos que chambonearon y preferimos el producto extranjero. Es de chambonada en chambonada que se nos desbarata el país.

Y, ¿cómo se hace?

Nos agobian nuestros problemas, pero no tenemos que inventarnos recetas mágicas para deshacernos de ellos. Basta con que miremos atentamente cómo hacen para funcionar países que actúan mejor que el nuestro.

Las naciones que resuelven sus problemas de industrialización, que desarrollan empresas competitivas, que logran la productividad del agro, en fin, que saben producir los bienes materiales que necesitan para vivir y vender, comienzan por estudiar cuidadosamente los problemas, el tipo de necesidad que desean resolver, las materias primas a su

disposición, las formas de optimizar el proceso, etc. En suma, comienzan por observar, medir, calcular, diseñar y luego producen, generalmente después de haber mirado, en primer lugar, cuál es el saber acumulado de la humanidad sobre el tema. Dicho de otra manera, estudian y hacen investigación y desarrollo sobre el problema tecnológico que tienen entre manos y lo hacen continuamente, innovando en todo momento.

Las naciones que resuelven sus problemas de construcción de instituciones sociales que sirvan para la convivencia y sean legítimas y res-

**LA MODERNIDAD
NO ESTÁ EN ESOS
PRODUCTOS DE LA
TÉCNICA, SINO EN EL
PENSAMIENTO
FUNDAMENTADO EN
EL ESTUDIO DE LO
QUE HA LOGRADO
LA HUMANIDAD
EN CADA CAMPO.**

petadas, comienzan por observar la cultura de sus conciudadanos, entender sus motivaciones e intereses, analizar sus preocupaciones y con base en ello construyen soluciones jurídicas y sociales. Es decir, estudian y hacen investigación y desarrollo sobre el problema social que tienen entre manos y lo hacen innovando continuamente.

Lo anterior se llama cultura científica y es uno de los ingredientes de la modernidad, de esa manera particular de entender el mundo que hizo que en los últimos siglos modificáramos por completo nuestras formas de producir y de relacionarnos y que nos permitió dejar atrás tantas enfermedades, aumentar drásticamente las expectativas de vida al nacer, multiplicar considerablemente la productividad, disminuir las distancias y los tiempos, y transformarnos de tal manera, que lo más cotidiano hoy, era inimaginado hace cien años.

En Colombia confundimos la idea de modernizarnos con el hecho de comprar aparatos y cachivaches. La modernidad no está en esos productos de la técnica, sino en el pensamiento fundamentado en el estudio de lo que



ha logrado la humanidad en cada campo y, luego, en la observación, en la medida, en el cálculo racional, en la experimentación cuidadosa, en el cambio controlado de condiciones, en la creatividad constante, en el ensayo, la crítica y la confrontación de nuestras ideas con los más entendidos y calificados. Estas condiciones conforman lo que llamamos elementos de cultura científica, o actitud científica ante la vida, que no es lo mismo que la investigación científica. Es la actitud de incorporación del conocimiento, esto es, de la información y de la capacidad de comprensión a la resolución de los problemas que tenga cada quien, los problemas de acá y de ahora, de nuestros ríos y nuestros alimentos, de nuestros cultivos y nuestras industrias, de nuestra salud y nuestras instituciones. Es lo que falta tan escandalosamente a quienes toman en Colombia medidas sobre lo de ellos y lo nuestro sin entender lo que están haciendo, sin conocer sus causas ni medir sus consecuencias, en aras del pragmatismo ramplón e ineficiente.

Una primera afirmación es, entonces, que Colombia no tiene esperanza de sobrevivir si no se incorporan muchos elementos de cultura científica a la cultura de los colombianos, y si no dejamos atrás el comportamiento esencialmente irracional basado en la idea de echar a andar sin detenernos a pensar y organizar, confiando en que "por el camino se enderezan las cargas".

La cultura científica

Lo anterior expresa la necesidad de incorporar en la cultura de todos y cada uno de los colombianos, muchos ele-

mentos de cultura científica. No se trata del problema distinto, aunque relacionado, de que en Colombia se haga investigación científica. Lo que se pretende manifestar es la necesidad de que en todos los actos de la vida, todos los colombianos y colombianas incorporem unos elementos de pensamiento y unas formas de comportamiento que, si bien tienen mucho en común con lo que hacen quienes hacen ciencia, y es en el campo de la investigación científica donde más se han desarrollado, forman parte hoy del capital general de la humanidad. Son los elementos principales de la modernidad y con claridad forman parte de las habilidades esenciales para poder vivir en la "Sociedad del Conocimiento", es decir, en el siglo XXI.

Hay dos componentes fundamentales de esta cultura: el uso de razón y el del acervo cultural de la humanidad. Se trata, en primer lugar, de que aprendamos a tomar nuestras decisiones, las cotidianas, las que nos toca enfrentar a cada uno, día a día, con base en el uso de la razón, pero de una razón que emplee todos sus elementos; es decir, que se base en la observación cuidadosa del fenómeno o del sistema del cual estamos hablando, de la comprensión y conocimiento de las leyes que lo rigen, de la medición de sus propiedades y de su comportamiento a medida que actuamos sobre él, de la argumentación fundamentada, del saber escuchar los argumentos de los demás, en suma, de todo lo que no se hace cotidianamente en Colombia cuando se toman medidas fundamentales en la "necesidad de ser prácticos".

Pero no basta con usar la razón. Hacerlo puede dejarnos al nivel torpe del "sentido común", es decir de lo que cada uno de nosotros por sí

solo alcanza a resolver o de la información que encontramos en nuestro entorno inmediato, la que nos dieron en la familia o en el colegio o la de la empresa en la cual trabajamos. Si es esta última, aseguraremos para ella el que no pueda ser innovativa o que las innovaciones sean de bajo nivel y, por lo tanto, no competitivas. Con esta información no llegamos muy lejos. Hay que aprender a hacer uso del acervo cultural entero de la humanidad, que ha estado a nuestra disposición a través de los libros durante los últimos cinco siglos, pero que hoy está virtualmente todo a nuestro alcance a través de la telaraña mundial de la Internet. Sin embargo, todos sabemos que tener acceso a la información no es suficiente: hay que saber usarla, hay que ganar la habilidad de servirnos de ella de cómo resolvieron otros sus problemas en otras circunstancias, para resolver los nuestros acá y ahora. En pocas palabras, hay que saber convertir la información en conocimiento. Esta, como toda habilidad sólo se aprende ejerciéndola. A montar en bicicleta se aprende montando en bicicleta y cayéndose algunas veces. A nadar se aprende nadando y tomando algo de agua. A bailar se aprende bailando y sufriendo pisotones. A convertir la información en conocimiento para resolver nuestros problemas se aprende haciéndolo, aún a expensas de algunos fracasos iniciales, es decir, estudiando y experimentando, leyendo y haciendo ensayos, sin pretender que el primero de todos nos dé resultados maravillosos.

Una segunda afirmación es que la cultura científica que necesitamos incorporar en la cultura de los colombianos se concreta así en aprender a participar racionalmente en la toma de las decisiones que nos competen,

usando para ello todo el acervo cultural de la humanidad.

El papel de los profesores de ciencias

Entonces, el problema principal de nuestra sociedad es que no sabemos hacer lo que necesitamos para poder vivir y que eso genera en nosotros unos niveles graves de desconfianza mutua que nos limitan totalmente la posibilidad de resolver nuestros problemas y avanzar hacia una sociedad en la que logremos mejores niveles colectivos de vida.

También, que la principal razón que existe es la ignorancia deseada y buscada por quienes toman decisiones en nuestro país en los ámbitos público y privado, a todos los niveles: en la casa, en el barrio, en la localidad, en la pequeña empresa, en la gran empresa, en el municipio y en la nación, el torpe "ideal de lo práctico", enclavado en nuestra cultura lo cual nos impide pensar en lo que hacemos antes de hacerlo.

Sin duda, esta situación tiene raíces históricas profundas, pero su permanencia entre los colombianos educados de hoy se debe principalmente a un gremio de personas que ha entendido muy mal su papel: los docentes de ciencias en el bachillerato.

No es esta una afirmación exagerada como puede verificar quien hable un momento con cualquiera de los tomadores de decisión de nuestro país, desde los ministros y las ministras hasta los gerentes de las

empresas más pequeñas. Cuando se les pregunta por qué no investigan sobre los temas que trabajan a diario, por qué no les incorporan conocimiento científico al nivel más adecuado posible, por qué no buscan el apoyo de investigadores o de entidades de investigación, en suma, por qué no hacen lo que sus homólogos de otros países; las respuestas son variaciones pequeñas alrededor del tema: la ciencia y la investigación son exóticas en nuestro medio, costosas, aburridas, difíciles, adecuadas para viajar a la Luna o para construir aparatos de ciencia-ficción, pero sin relación con los problemas diarios de nuestras materias primas, de nuestro medio ambiente, de nuestras fuentes de agua, de nuestras enfermedades, de nuestra economía, de lo que nos pasa hoy, acá y ahora. Y esa concepción de la ciencia y del conocimiento encuentra sus raíces casi siempre en las aburridas y traumáticas horas pasadas en los pupitres escolares escuchando a profesores y profesoras de química, de matemáticas, de física, de biología, de filosofía, de historia, de "sociales" y de "ciencias". Y tienen razón. Lo que les fue presentado como ciencias naturales, exactas, y sociales, generalmente eran una cantidad de nombres extraños y de resultados ya obtenidos, que parecían exóticos en nuestro medio, aburridos, difíciles y claramente inútiles.

El ambiente que predomina en las clases y en los currículos es el de presentar

como ciencia los resultados que otros obtuvieron en otros tiempos y condiciones para problemas que no son nuestros, no el de enseñar a resolver problemas propios.

Esto es como enseñar a montar en bicicleta contando los resultados de la última Vuelta a Francia y no trayendo una bicicleta para que alumnos y alumnas ensayen, o enseñar a bailar viendo a otros bailar y no practicando uno mismo. Los ejemplos sirven además para ilustrar por qué no basta con tener "mejores medios para enseñar", como no basta para aprender a montar en bicicleta o a bailar el tener televisión por cable que nos permita ver la carrera en directo o el mejor ballet del mundo en acción. Lo primero que se necesita es que el docente sepa bailar o montar en bicicleta y luego que genere las condiciones para que el alumno o la alumna puedan hacerlo.

Lo primero que se necesita para generar uso de razón y capacidad de usar el conocimiento para resolver problemas es que el docente sepa hacerlo y genere condiciones para que los estudiantes puedan ensayar por su propia cuenta a hacerlo también.

Se requiere, entonces, incorporar en la cultura de los niños, las niñas y los jóvenes la concepción de que la humanidad les ha legado un acervo poderoso para resolver sus propios problemas y construir su propio camino en la vida y que lo pueden hacer usando su capacidad de razonar y comprendiendo el valor de esa herencia, aprendiendo a usar el conocimiento.

Los problemas de Colombia se reducen en último término a la pésima relación con el conocimiento que tienen quienes manejan hoy el país y que la culpa principal de esa situación es de quienes fueron sus profesores de

**EL CONOCIMIENTO
NO ES UN OBJETO
INANIMADO,
COSIFICADO,
CONTENIDO EN LOS
LIBROS, DISQUETES,
MULTIMEDIA Y
ARCHIVOS HTML.
EL CONOCIMIENTO
ES ACCIÓN, ACCIÓN
ACÁ Y AHORA,
ACCIÓN VIVA Y
FECUNDA.**

ciencias, y de esa posición se desprende que la única posibilidad que existe para que a la próxima generación le vaya mejor cuando maneje el país es que tenga una mejor relación con el conocimiento, que incorpore elementos de cultura científica en su vida cotidiana, que aprenda a observar y medir, a razonar y argumentar, a leer y entender antes de tomar sus decisiones. Esa responsabilidad está de manera principal en quienes hoy son docentes de ciencias. De ellos depende que nuestra nación sobreviva.

Y, ¿con eso basta?

No, no basta con tener buenos profesores de ciencias para que la nación sobreviva. No deben confundirse las razones necesarias con las razones suficientes. No es suficiente la incorporación de la cultura científica a la cultura de la nación. Si es necesaria. Si continuamos tomando decisiones fundamentadas en la ignorancia, seguiremos por el despeñadero por el cual vamos, encontrando cada vez situaciones más graves. Si dejamos de respetar la ignorancia y comenzamos a respetar el conocimiento algo puede mejorar. Entonces podremos preocuparnos de los demás factores.

Con frecuencia, al exponer estos temas ante maestros y maestras se aduce que no es posible mejorar la enseñanza de las ciencias mientras no haya mejores presupuestos para educación, más apoyo a la investigación, etc. De acuerdo, sin embargo lo que se pretende manifestar en estas líneas es que quienes hoy toman las decisiones y asignan los presupuestos no tienen elementos para entender el valor del conocimiento en la sociedad porque sus profesores de ciencias en el bachillerato no se los dieron. Y así, nos

quedamos encerrados en un círculo vicioso: para poder mejorar la enseñanza del valor del conocimiento en la sociedad se necesitan mejores presupuestos, pero para que quienes asignan los presupuestos lo hicieran adecuadamente se necesitaría que les hubieran enseñado mejor el valor del conocimiento en la sociedad. Creo que el círculo vicioso les toca romperlo a los maestros y maestras de ciencias de hoy. Es más probable que ellos y ellas entiendan el valor del conocimiento en la sociedad y se lo inculquen a sus estudiantes, para que en un par de décadas se estén tomando decisiones adecuadas y no que quienes toman decisiones hoy, muy preocupados por sus angustias e intereses reciban, de no se sabe dónde, una inspiración que les cambie la cultura premoderna que adquirieron en su adolescencia.

Si los docentes de ciencias acometen hoy con toda la energía esta tarea que los mejores entre ellos y ellas ya emprendieron, es posible que cuando sus estudiantes estén tomando las decisiones del país, su actitud sea mejor. Entonces se podrían emprender las discusiones sobre los presupuestos, sobre la investigación y sobre el papel de la ciencia en la sociedad.

Si en la cultura de la próxima generación de colombianos quedan imbricados de manera fuerte los elementos de cultura científica que hemos estado describiendo, habrá esperanza de plantear mejores decisiones para el funcionamiento del país.

Para lograrlo se necesita que los docentes de hoy, los maestros y las maestras de ciencias principalmente, se planteen problemas fundamentales y comiencen a trabajar sobre ellos. Esto implica que sean ellos y ellas capaces de enfrentar los problemas de la cotidianidad de su

aula, de sus estudiantes y de su entorno usando esa cultura científica y demostrando su poder. Implica también que entiendan la ciencia, estudiándola no como un objeto extraño, sino como la herencia de la humanidad para iluminar nuestro camino. Implica que dejen la concepción de que el conocimiento es un objeto inanimado, cosificado, contenido en los libros, disquetes, multimedia y archivos HTML, y comprendan que el conocimiento es acción, acción acá y ahora, acción viva y fecunda.

De todo lo anterior se ha hablado en nuestras facultades de educación y entre el gremio de los docentes en los últimos años, y poco a poco empieza a pasar a la acción. Es urgente que este proceso se acelere, si se lo emprendiera con toda su potencia hoy día, tardaría una generación en verse los resultados. No podemos demorarnos más ni emprenderlo con menos energía.

En cambio, se habla menos de la necesidad de revisar la epistemología dominante y esto también es esencial. Maestros y maestras asimismo libros de texto todavía son en gran medida vehículo de una epistemología decimonónica, hija de la cultura de la conquista y la dominación. Todavía hablan de la ciencia como una búsqueda de La Verdad, así, con mayúscula, como si hubiera una sola verdad que se comprueba en los laboratorios, y enseñan a recitar esas Leyes Comprobadas como si fueran la última verdad, el final del camino, y a sus estudiantes no les quedara más que recitar la gesta de los héroes que la encontraron. Tendría que hacerse un análisis a fondo de la epistemología que nos domina e inhibe nuestra acción y que es necesario para la tarea que hemos venido esbozando pero que resultaría mucho más extenso. □

Generalidades

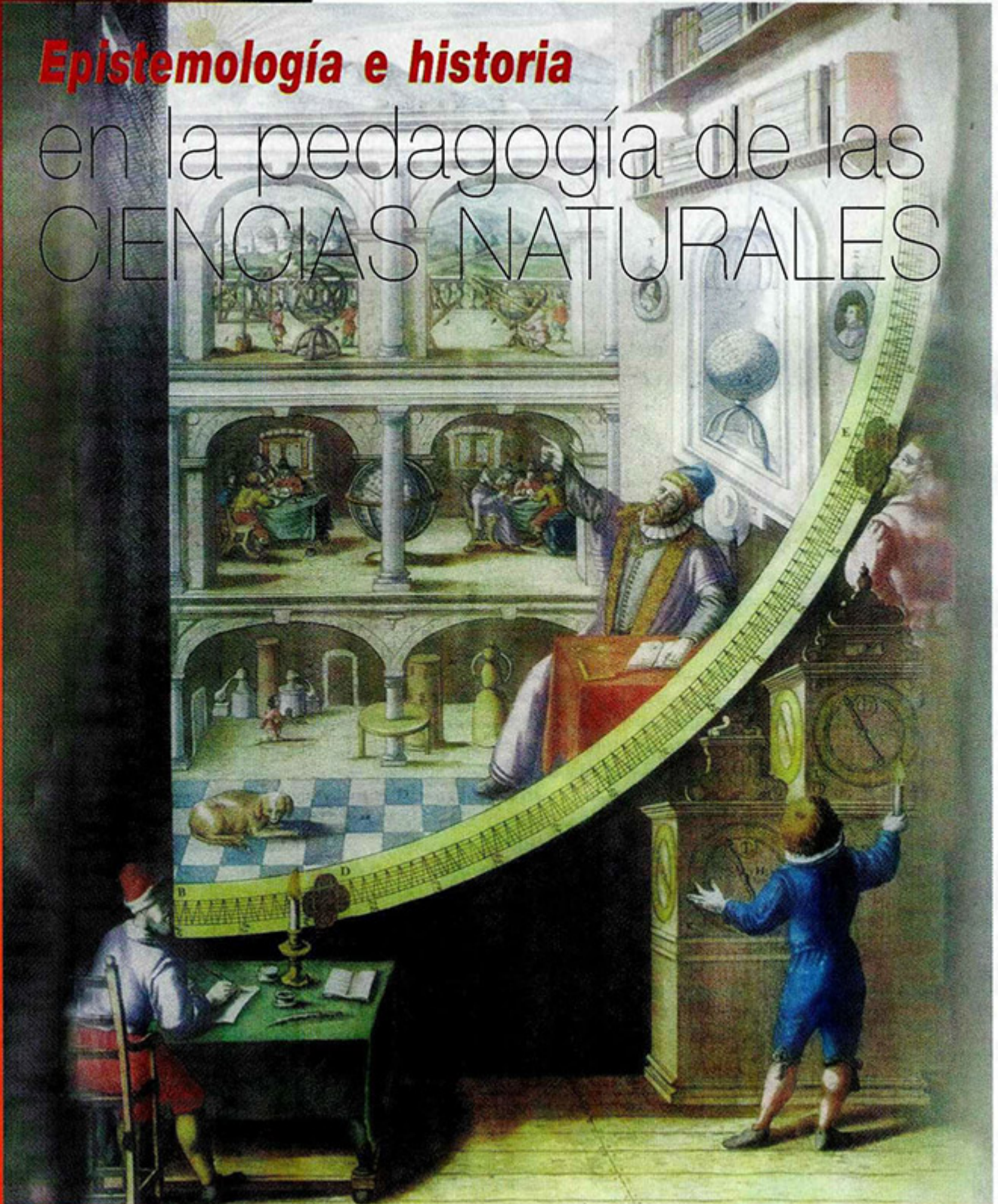




GENERALIDADES

Epistemología e historia

en la pedagogía de las CIENCIAS NATURALES



Germán Cubillos Alonso

Profesor asociado

Departamento de Química, Facultad
de Ciencias,

Universidad Nacional de Colombia.

Bogotá, Colombia

E-mail: gercubillos@hotmail.com

**PARA FRANCIS BACON,
CONSIDERADO COMO
EL INVENTOR DE LA INDUCCIÓN
Y DE UN MÉTODO PARA
LA CIENCIA EN EL SIGLO XVII:
"LOS PRECEPTOS PARA LA
INTERPRETACIÓN DE
LA NATURALEZA, SE DIVIDEN
EN DOS CLASES:
LOS PRIMEROS ENSEÑAN A
DEDUCIR Y A HACER SALIR
DE LA EXPERIENCIA LAS LEYES
GENERALES; LOS SEGUNDOS
A DERIVAR DE LAS LEYES
GENERALES NUEVAS
EXPERIENCIAS".**

José Manuel Sánchez Ron, profesor de Historia de la Ciencia en la Universidad Autónoma de Madrid, donde antes había sido profesor de Física Teórica, publicó en el año 2000 un libro titulado "El siglo de la Ciencia". El autor nos presenta en la introducción su propósito de trazar un panorama del siglo XX desde el horizonte de la ciencia, pues, *el desarrollo científico* es sin lugar a dudas el sello característico de este siglo.

No obstante, por lo menos en Colombia, parece que en el *siglo de la ciencia* las nuevas generaciones huyen despavoridas de las disciplinas científicas, y la sociedad en general, ante la crisis económica, política y moral, se refugia masivamente en otras tradiciones culturales fortalecidas a instancias del cambio de milenio como las artes adivinatorias, la magia y las disciplinas alternativas.

En los espacios académicos, desde la primaria hasta la universidad cunde la angustia entre los profesores de ciencias ante la pasividad y el desgano con que los estudiantes asisten a las clases y ante el bajo rendimiento que se detecta en las evaluaciones.

Afortunadamente, los espacios académicos también permiten por tradición y por definición el debate creativo de las situaciones problemáticas para vencer la angustia y proponer respuestas posibles a las preguntas urgentes que surgen en el ejercicio diario de la docencia.

En la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional, regularmente afloran preguntas cruciales como las

siguientes: ¿por qué el bajo entusiasmo de las nuevas generaciones hacia las ciencias, que se manifiesta, entre otras cosas, en la baja demanda para ingresar a ellas? ¿Por qué el bajo rendimiento en ciencias, de los estudiantes que finalmente logran ingresar y esperan graduarse como profesionales de estas disciplinas? ¿Por qué en el transcurso de la carrera, cada semestre, parece como si los estudiantes borrarán lo aprendido en semestres anteriores? Y naturalmente surge la gran pregunta: ¿qué estrategias pedagógicas, que nuevas o viejas metodologías podrían contribuir a solucionar el problema?

Son diversas las respuestas que se han dado a las preguntas, pues éstas dependen de la disciplina particular (física, química, biología, matemáticas, etc.), de la orientación filosófica y pedagógica del grupo de investigación o del investigador que aborda la pregunta, de la continuidad de las investigaciones y de las condiciones institucionales donde se producen las respuestas.

A continuación proponemos algunas ideas surgidas en la práctica de 27 años de docencia en el Departamento de Química, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional.

Pedagogía de las ciencias naturales

Como fundamento para la exposición de las ideas es necesario proponer inicialmente algunas reflexiones sobre conceptos básicos que utilizamos todos los días y sobre los cuales no existe un amplio consenso.

1. Partimos aquí de que el concepto de *ciencia* no sólo ha variado sustancialmente con las épocas sino que aún hoy varía de un grupo de investigación a otro, de un grupo de profesores de ciencias a otro.

Para Francis Bacon, considerado como el inventor de la inducción y de un método para la ciencia en el siglo XVII: "Los preceptos para la interpretación de la naturaleza, se dividen en dos clases: los primeros enseñan a deducir y a hacer salir de la experiencia las leyes generales; los segundos, a derivar de las leyes generales nuevas experiencias".¹

Este es el fundamento de la ciencia baconiana, la *experiencia* como criterio de verdad. Con esta base se construyó una concepción determinista de la ciencia que creyó en la posibilidad absoluta de la predicción, la precisión y la exactitud; en la reproducibilidad total de lo experimental y la posibilidad de definir los objetos de la ciencia con toda certeza; en que las leyes de la ciencia se podían comprobar por la experiencia.

Pero, ese ideal de ciencia fue aniquilado por la revolución científica de principios del siglo XX cuyos enfoques relativista y mecánico-cuántico permitieron la entrada en el territorio de la ciencia de la relatividad, la probabilidad, la incertidumbre y la indeterminación. El tiempo y el espacio ya no son absolutos, el electrón se puede comportar como onda o como partícula, no se puede saber con certeza simultáneamente la posición y la velocidad del electrón, no podemos comprobar experimentalmente las leyes de la ciencia para siempre, sólo podemos saber que no están refutadas.

No obstante, muchos científicos continúan realizando su actividad bajo el paradigma baconiano y no



pocos profesores de ciencia siguen ofreciéndole a sus estudiantes una ciencia determinista del siglo XVII como ideal de ciencia en el siglo XXI.

Aquí vamos a considerar la ciencia como un proceso intencional de producción de saberes, al que subyace siempre una pregunta y mediante una serie de operaciones intelectuales y tecnológicas, produce una respuesta.

El saber producido se diferencia de otros saberes en que es hipotético, es decir no es una verdad definitiva; se puede contrastar por la experiencia, por lo tanto es refutable, pero no se puede comprobar de una vez y para siempre.

Tanto las preguntas como las respuestas posibles están altamente determinadas por el contexto histórico, pues el investigador es un sujeto histórico que se nutre del entorno cultural al que a su vez transforma con el producto de su actividad.

Siguiendo los aportes de Thomas Kuhn² en relación con el progreso y

desarrollo de las ciencias, consideramos que este proceso involucra la formulación de paradigmas, la búsqueda de su justificación y la creación de un consenso en la comunidad científica. Tarde o temprano los paradigmas presentan anomalías, fisuras, eventos en que no funcionan, hasta que llega un momento en que el paradigma nada en un mar de irregularidades y por lo tanto ya no se puede mantener, entonces será refutado y la comunidad científica tendrá que formular uno nuevo.

Esta concepción nos permite entender el progreso de la ciencia no como un proceso acumulativo de nuevos saberes, sino como un proceso cultural de rupturas epistemológicas, donde un nuevo saber, una nueva teoría, un nuevo paradigma implica una reelaboración de los saberes previos, un cambio radical en la manera de ver el mundo.

Con base en esta concepción de ciencia se propone dirigir el trabajo pedagógico entre profesor y estudiante a enfatizar que la ciencia es un proceso permanente de construcción de nuevos saberes donde lo importante no es el producto final, el resultado de la ciencia, sino el proceso mismo, pues, los conceptos de la ciencia actual pueden perder su status de explicación válida y ser reemplazados por otros nuevos, mientras que el conocimiento del proceso permanece como referente de una lógica de investigación.

2. En relación con el *aspecto pedagógico*, partimos de que el en-

cuentro en el aula es entre individuos que tienen cada uno una serie de saberes y esperan acceder a otros nuevos. Que no es la reunión de un individuo que sí sabe, el profesor, con un grupo amplio de individuos que no saben, los estudiantes. Se parte de la necesidad de reconocer los saberes de los estudiantes, evaluar sus características, ya como nociones de la vida cotidiana, ya como categorías filosóficas sin referente concreto en el ámbito de las ciencias, ya como conceptos científicos antiguos refutados en las comunidades científicas pero que permanecen en la educación primaria, secundaria y hasta en la universitaria (el calor es un fluido, la temperatura es la medida del calor, el átomo es una pepa pequeña, etc.). La pedagogía de las ciencias naturales busca evaluar, criticar, reconstruir saberes que los alumnos tienen sobre el mundo y propiciar la construcción de nuevos saberes teniendo como base el contexto de las ciencias contemporáneas.

Simultáneamente concebimos que el *aprendizaje* es un *proceso de pensamiento* mediante el cual cada individuo construye sus propios conocimientos sobre el mundo y nadie puede pensar por otro, por lo tanto el conocimiento no se puede transmitir. En esa construcción de conocimiento la interacción de profesor y estudiante busca desafiar el pensamiento a través de la formulación de preguntas pertinentes, la discusión creativa, la lectura significativa y analítica, la comprensión de la complejidad, la experimentación directa, la elaboración de discursos orales y escritos, la construcción y utilización de artefactos experimentales, etc. En este proceso es necesario reflexionar sobre las preguntas y las hipótesis que dieron origen a un nuevo concepto: ¿cuál fue el papel de las teorías previas (si las hubo)?,

¿cuál fue la relación entre teoría y experimento?, ¿a qué paradigmas se enfrentó exitosamente?

El trabajo pedagógico dentro de esta concepción traslada el énfasis de la exposición de conceptos y leyes al análisis de los procesos de producción. No se trata ya del proceso de "enseñanza-aprendizaje" como se plantea en otras concepciones pedagógicas sino de un proceso permanente de construcción de conocimiento.

La epistemología y la historia de las ciencias

También estos dos conceptos corresponden al grupo de conceptos cuyo significado es muy variado dentro de las comunidades académicas y científicas, por tanto es necesario proponer el que nosotros le damos en este artículo.

El concepto de *epistemología* se toma aquí como una epistemología específica de cada ciencia y no como una epistemología general de las

ciencias, es decir, en nuestro caso se trata de una epistemología de la Química. Esta decisión metodológica tiene que ver con el hecho de que en la pedagogía concreta de las ciencias, el primer elemento de una epistemología es la definición clara de su objeto particular. Este objeto para nosotros corresponde a los saberes que se han producido a través de la historia para explicar y predecir la composición y estructura de las sustancias y la manera como se comportan frente a otras sustancias y energías. Si desglosamos la complejidad de este objeto encontramos los otros elementos de la epistemología como son:

a) La identificación de los *conceptos fundamentales* que constituyen el entramado teórico de la disciplina como por ejemplo: elemento, compuesto, átomo, molécula, enlace, estructura, propiedades, reacción química, entre otros.

b) Las relaciones entre *teoría, experimento y modelo*, y los criterios de científicidad que ha tenido la comunidad científica. Así, consideramos que todo experimento requiere una teoría, se hace desde una teoría y contrasta y refuta esa teoría particular. El papel del experimento en la investigación no es comprobar teorías sino refutarlas. Una teoría que permite experiencias refutativas se considera científica y se mantendrá vigente hasta que alguna de las experiencias la refute.

En Química, el modelo regularmente es una simplificación de la teoría o una representación analógica de lo que los químicos creen que es el mundo submicroscópico (modelos de palos y varillas) o un sistema mecánico, físico o matemático cuyo comportamiento es análogo al del sistema químico representado, de tal manera, que se puede esperar que los cálculos y conclusiones obtenidos del modelo se puedan tras-

LA PEDAGOGÍA DE LAS
CIENCIAS NATURALES BUSCA
EVALUAR, CRITICAR,
RECONSTRUIR SABERES
QUE LOS ALUMNOS TIENEN
SOBRE EL MUNDO Y PROPICIAR
LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS
SABERES TENIENDO COMO BASE
EL CONTEXTO DE LAS CIENCIAS
CONTEMPORÁNEAS.

poner al sistema químico con ciertas posibilidades de éxito.

c) Otro elemento de la epistemología es el papel del *lenguaje y las representaciones*, que en el caso de la química ha sido determinante en la constitución y desarrollo de esta ciencia. Lavoisier en el discurso preliminar de su *Tratado de Química*, publicado en 1789, escribía respecto al surgimiento de su libro: "Y en efecto, mientras que sólo creía ocuparme de la nomenclatura, mientras que mi único objeto era perfeccionar la lengua química, el trabajo se transformó insensiblemente entre mis manos, y sin poderlo evitar, en un tratado de química".⁵ Esta cita de uno de los fundadores de la química moderna destaca la relación indisoluble que ha existido siempre entre lenguaje y ciencia química.

d) Finalmente, tomados de la reflexión epistemológica general, se tendrá que deliberar sobre el contexto de descubrimiento (que involucra directamente la componente histórica) y el contexto de justificación (que reúne muchos de los elementos que hemos mencionado, como constituyentes de una lógica de los procesos de investigación en química).

La epistemología así planteada permite una reflexión permanente sobre los saberes de la ciencia desde la génesis misma en el instante de la formulación de una pregunta, pasando por las diversas respuestas que se ofrecieron como hipótesis, los procesos de validación o refutación, los procesos racionales y no racionales involucrados en su contrastación, la construcción de una nomenclatura para nombrar el mundo recién creado, hasta los instrumentos formales y materiales para su representación analógica, mimética o matemática.

Esta discusión epistemológica dentro de la pedagogía de las cien-

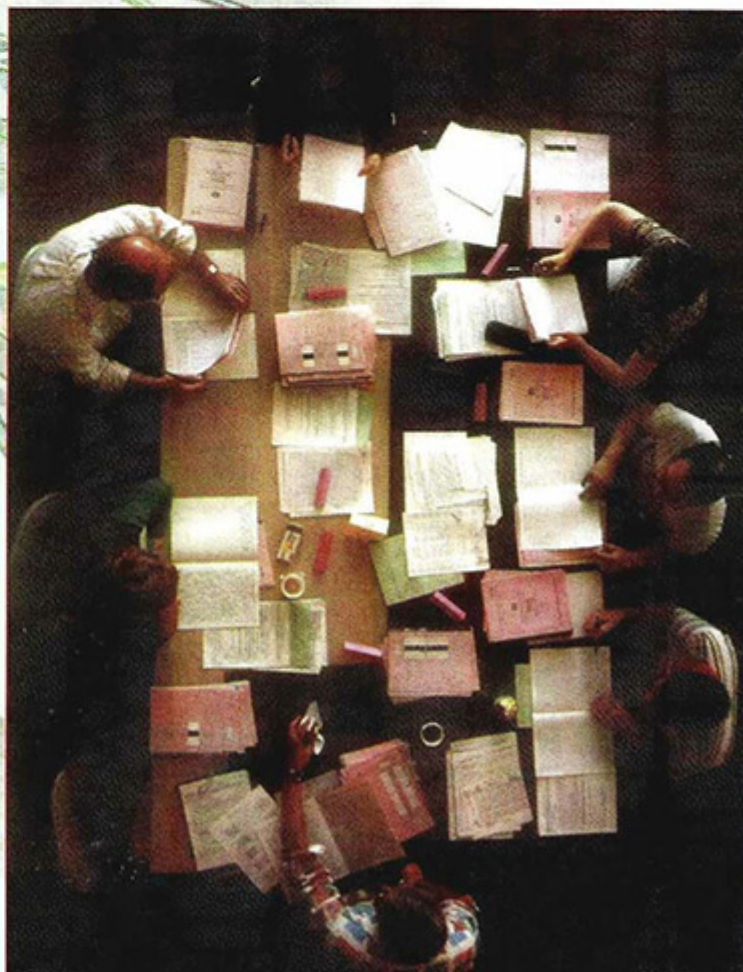
cias naturales refuerza en el estudiante la idea del conocimiento como proceso de construcción lógica y racional, donde están involucrados tanto la invención y la creatividad como el rigor del experimento y la observación. Al analizar los contextos de descubrimiento se enfatiza en el carácter humano de la creación científica y se establece la relación con la otra dimensión fundamental, la dimensión histórica.

En cuanto a la *Historia de las ciencias* la concebimos no como un recuento historiográfico de eventos y sucesos, de biografías y anécdotas sino como un relato explicativo e interpretativo del progreso del saber científico dentro del cual trazamos líneas de desarrollo, de progreso de la ciencia, para establecer las relaciones de esos pasados con el presente. A nosotros nos interesó por

ejemplo, la línea de desarrollo del concepto de átomo desde los griegos hasta las dos primeras décadas del siglo XX, no tanto por una curiosidad intelectual sino como un ejercicio de Química Teórica para percibir las transformaciones del concepto: átomo como concepto más filosófico que material en los griegos, átomo como concepto material cualitativo para explicar algunos fenómenos químicos en el siglo XVII por Boyle, átomo como concepto material cuantitativo en Dalton para proponer fórmulas para

las sustancias compuestas, y pesos atómicos relativos para los átomos de todos los elementos, átomo como fenómeno eléctrico y material a comienzos del siglo XX para explicar el enlace químico y los espectros atómicos. De esta manera es casi imposible separar la historia de la epistemología de las ciencias, pues la historia que interesa es la de la producción de los saberes, de los procesos de pensamiento, de los sistemas metodológicos, de la formulación, ascenso, caída y reemplazo de los paradigmas.

Como complemento necesario de esta historia de las ideas, la historia de las ciencias tiene que ver con los procesos sociales de constitución de las comunidades científicas, por lo tanto, con los aspectos institucionales, económicos y políticos que de alguna manera rodearon y



determinaron el progreso de las ideas. Si las comunidades científicas son aquellos grupos de practicantes de una misma disciplina que comparten unos paradigmas, entonces son las comunidades científicas las que proponen, contrastan, protegen, refutan e inventan nuevos paradigmas; por consiguiente, la historia de las ideas estará en gran medida determinada por los aspectos psicosociales y culturales característicos de las distintas etapas de desarrollo de las comunidades científicas.

La componente histórica en la pedagogía de las ciencias permite destacar el carácter cultural de la ciencia dentro de la cultura global, reconocer los rasgos culturales que la identifican con otros ámbitos de la cultura como el arte o la religión, así como también establecer las características que la diferencian de esos ámbitos.

La epistemología y la historia en la pedagogía de las ciencias, teniendo en cuenta la caracterización que hemos propuesto de los conceptos, integradas a una modalidad de la práctica docente que es el *seminario-taller*, se transforman en una de las respuestas posibles a la pregunta fundamental sobre metodologías para la enseñanza de las ciencias.

Este término compuesto *seminario-taller*, significa de acuerdo con la primera palabra que lo constituye que se trata de una experiencia pedagógica que, por venir de seminal, de semilla, está destinado a ser un semillero de ideas, de preguntas, de problemas de conocimiento, más no de respuestas preestablecidas. Es decir, no es un espacio donde alguien va a mostrar sus saberes y los demás aplauden. Es algo muy cercano a uno de los significados propuestos para el término en el diccionario de la Real

Academia Española que lo define como: "Organismo docente en que, mediante el trabajo en común de maestros y discípulos, se adiestran éstos en la investigación o en la práctica de alguna disciplina".

La segunda palabra involucrada en el término, sugiere la idea de un espacio de trabajo, de producción de artefactos y mentefactos a través de los cuales se transforma la materia que se toma como objeto, así como el ejecutante del acto productivo.

Una cita sobre el concepto de taller, tomada de un documento del Grupo de Epistemología de la Facultad de Ciencias, de la Pontificia Universidad Javeriana, nos sirve aquí para redondear el significado que queremos darle al término. Dice el documento: "A grandes rasgos, se debe entender por taller un ambiente educativo en el cual la interacción con el conocimiento es también interactiva e intersubjetiva entre los participantes, de tal manera que genere procesos individuales y grupales y que permita socializar los individuales de cada uno de los participantes.

El taller no puede confundirse con la guía que completan por escrito los participantes o con el instructivo que les sugiere actividades, preguntas o tareas. Hacer un taller es vivir una experiencia, no escribir un documento".⁴

Así pues, la propuesta concreta en relación con la historia y la epistemología en la pedagogía de las ciencias naturales es: trabajar en forma de *seminario-taller* preguntas relacionadas con los conceptos y teorías de las ciencias naturales, estableciendo los contextos históricos tanto de la constitución de la ciencia como de la comunidad científica (contextos de descubrimiento), relacionándolos permanentemente con los fundamentos y métodos de

producción del conocimiento científico (contextos de justificación). Dependiendo de las condiciones institucionales estos seminarios pueden ser disciplinarios o interdisciplinarios teniendo en cuenta que la historia y la epistemología de las ciencias requieren una sólida formación en ciencias, por lo tanto, lo interdisciplinario no puede estar solamente en la intención o en el nombre del seminario sino también en las competencias y en los recursos disponibles.

La experiencia nos ha mostrado que al eliminar la clase magistral como actividad pedagógica principal en los cursos, se elimina también la rutina, exige del estudiante su participación permanente sin la cual la clase no progresa, proporciona el placer de la producción intelectual, permite el aprendizaje significativo e integrado en estructuras conceptuales producidas durante la experiencia y muestra a la ciencia como un fenómeno humano, cultural y en permanente transformación. □

Bibliografía

1. Bacon, F. *Novum Organum*. Editorial Fontanella. Barcelona, 1979.
2. Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México, 1971.
3. Lavoisier, A. *Tratado de Química*. Ediciones Alfaguara. Madrid, 1982.
4. Vasco, C. (Editor). *Construyendo una propuesta pedagógica práctica-teórica. Crónicas de una experiencia*. Centro Editorial Javeriano, CEJA. Bogotá, 2000.

Bibliografía recomendada

- Bachelard, E. *El compromiso racionalista*. Siglo XXI Editores. México, 1980.
- La formación del espíritu científico. Siglo XXI Editores. Buenos Aires, 1984.
- Flórez, R. *Hacia una pedagogía del conocimiento*. McGraw Hill. Bogotá, 1998.
- Mosquera, J. *Análisis histórico y epistemológico de las representaciones simbólicas y la terminología química: Implicaciones didácticas de orientación constructivista*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 2000.
- Novak, J. *Aprendiendo a aprender*. Ed. Martínez Roca. Barcelona, 1988.
- Popper, K. *La lógica de la investigación científica*. Editorial Tecnos. Madrid, 1980.

GENERALIDADES

La enseñanza de las ciencias en Colombia

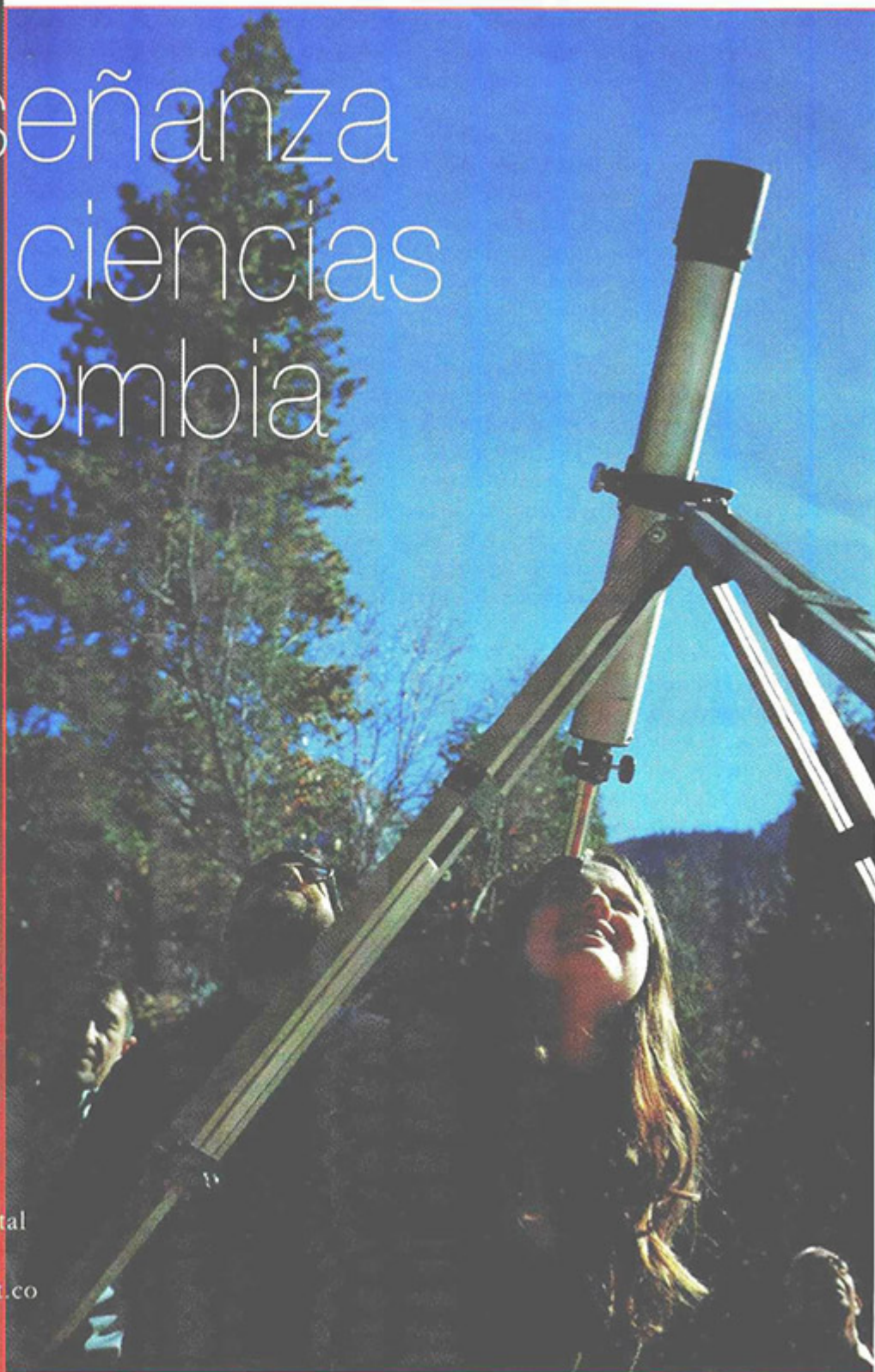
Dino Segura

Director

Escuela Pedagógica Experimental

Bogotá, Colombia

E-mail: apriori@multiphone.net.co



**SE TRATA DE VER
LA ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS DE MANERA AMPLIA
CONSIDERANDO LOS IMPERA-
TIVOS CULTURALES Y LOS
DISCIPLINARIOS. EN CUANTO
A LO PRIMERO SE REITERA LA
IMPORTANCIA DE CONSTRUIR
UNA IMAGEN DE SEGURIDADES
FRENTE A LA ACTIVIDAD
CIENTÍFICA; EN CUANTO
A LO SEGUNDO, SE ENFATIZA
EN LAS IMPLICACIONES QUE
PARA LA CLASE DE CIENCIA
PUEDEN TENER LA ELABORA-
CIÓN DE EXPLICACIONES
Y LA CONCEPCIÓN DE LOS
OBJETOS COMO RESULTADO
DE INTERACCIONES.**

La urgencia de un desarrollo científico y tecnológico es universal. Este hecho y, en particular, las preocupaciones por la enseñanza de las ciencias no obedecen, sin embargo, a situaciones análogas. Mientras en nuestro medio, por ejemplo, no existen las condiciones necesarias para aque-

llas personas que deseen acceder a una formación en ciencia o tecnología. Por el contrario, en países como Estados Unidos y Francia su problema capital lo encuentran en la ausencia de una verdadera vocación científicas, pues los jóvenes no muestran interés por el estudio de las ciencias.

Paralelo a lo anterior, existen otras preocupaciones que para nosotros son comunes, las cuales tienen que ver con los procesos de aprendizaje, las relaciones entre el pensamiento científico y el pensamiento común, la estructura de las teorías, las relaciones que existen entre las prácticas escolares y el pensamiento de los maestros. Vale la pena destacar que son estas últimas las que han orientado la mayoría de los proyectos de investigación adelantados en nuestro medio como lo muestra "El estado del arte", 2000, adelantado por Carlos A. Hernández en desarrollo de un proyecto de Colciencias y Socolpe.

Por consiguiente, que lo que se haga en la escuela deberá apuntar en dos direcciones: por una parte, incidir en los determinantes culturales que impiden el desarrollo científico y tecnológico; y por otra, superar las dificultades

propias para la formación científica.

Las tareas más urgentes

Estas consideraciones han estado siempre presentes cuando se habla de la enseñanza de las ciencias y aunque suelen tratarse de manera separada son en realidad

problemas relacionados, fundamentalmente porque la educación no es un ente que concierne únicamente a la escuela, ni la escuela es independiente de los valores y perspectivas de la sociedad.

No podemos extrañarnos del poco valor que socialmente se da a la formación en ciencias cuando para la sociedad, la ciencia en nuestro país, no existe; tan solo se sabe de dos o tres hitos excepcionales, esto es, no representativos de una tradición científica. La actividad científica es tan marginal que parece clandestina, es así como lo que se logra en nuestros laboratorios no es noticia siquiera para los científicos que trabajan en los centros de investigación. Sin embargo, cuando se conocen los resultados de las investigaciones que se adelantan en las universidades e institutos, especialmente los alcanzados en los últimos veinte años, no puede uno menos que sorprenderse de las capacidades y recursividad de nuestros científicos que han logrado resultados sorprendentes a pesar de las condiciones poco óptimas en que trabajan. Es entonces cuando nos preguntamos por qué motivo no existen programas de extensión que le permitan al público en general conocer tales actividades, para presionar sobre quienes toman las decisiones más importantes relacionadas con el futuro del país. Por ello, para muchas personas, el periódico de la Universidad Nacional se ha convertido en un rayo de luz al final de un oscuro laberinto.

En cuanto a las estrategias de formación en ciencia y tecnología de las universidades, es frecuente encontrar que la idea de la ciencia se conciba como una actividad lineal y acumulativa, de tal suerte que el camino de la producción científica es como realizar un viaje por tierra, el cual nos exige que



para llegar a Pasto debemos pasar por Popayán, luego de haber visitado Cali, si es que vamos desde Bogotá. Esto significa que los estudiantes deben dedicarse a repetir y memorizar cantidades ingentes de datos, procedimientos, estrategias, algoritmos, etc., hasta aproximarse al conocimiento real. Entonces sí es posible pensar en un problema genuino, aunque, como lo muestra la experiencia y siguiendo el ejemplo anterior, cuando el estudiante se encuentra en Pasto, descubre que iba para Santa Marta, ya que a la postre lo que ha conocido y aprendido le aporta poco para los problemas que debe resolver. Mientras esto sucede en Colombia, en los países desarrollados los estudiantes se integran a equipos de investigación desde los primeros semestres. Y como lo muestran algunos equipos de trabajo que se han constituido en Colombia de esta manera, así se producen resultados y se consolidan comunidades y escuelas de pensamiento.

Si para la sociedad en general (y en especial para los maestros) fuera claro comprender que en Colombia se está haciendo ciencia, que esa ciencia es útil; es más, que ha sido importante en el hallazgo de soluciones a nuestros problemas y para la generación de empleo y de recursos económicos; que los científicos son personas comunes, sólo que están comprometidos con sus ideales; que ser científico es una perspectiva posible de realización personal y profesional; se contri-

buiría a superar nuestras inseguridades, se cambiaría la valoración social de la actividad científica y, quizás, se haría posible el apoyo por parte del estado.

La ciencia en la escuela

Abordaremos este tema desde tres perspectivas: el aprendizaje, la elaboración de explicaciones y las interacciones, para adelantar luego algunas conclusiones como propuesta.

El aprendizaje

Ante todo es importante preguntarnos cuál es la formación científica que queremos ver en nuestros niños y jóvenes. Tal vez una manera de aproximarnos a las discrepancias frente a este interrogante es considerar la forma como lo plantea G. Bateson (1998), que existen en cualquier acto de aprender, al menos dos tipos de aprendizaje: uno que se relaciona con las metas del aprendizaje; otro, con los caminos o procesos involucrados en ello. Veamos un ejemplo elemental: supongamos que en la clase de física el maestro está interesado en que los jóvenes aprendan a aplicar las leyes de Newton al resolver problemas de mecánica. Primero enseña lo que son las magnitudes escalares y vectoriales, luego trata lo que es un diagrama de cuerpo libre y pasa a aplicar la respectiva ley. Los jóvenes para aprenderla tienen que ejercitarse mediante la resolución de ciertos problemas predeterminados. Al final, seguramente estarán en capacidad de resolver los problemas que se plantean en los textos y de superar una evaluación. Así pues, podemos decir que el estudiante ha aprendido lo que su maestro o la escuela quería que aprendiese, se han cumplido las metas. Pero simultáneamente con

ello se ha obtenido aprendizaje en otros aspectos, no menos importantes, que seguramente se reiteran y afianzan permanentemente con prácticas similares a la anterior, veamos:

1. Se ha aprendido que "saber física" es ser capaz de utilizar ciertos procedimientos bien definidos en problemas y ejercicios bien definidos, que el conocimiento físico ya está hecho y que la tarea del estudiante es memorizarlo.

2. Se ha aprendido que la posición del estudiante ante el saber y ante la escuela es de pasividad pues ya está decidido lo que debe aprender, lo que debe hacer para aprenderlo y la manera como demuestra su aprendizaje. En este proceso sus propias inquietudes son asuntos secundarios.

3. Las razones para el aprendizaje son externas, se aprende para dar cuenta del aprendizaje, no por el valor de lo que se aprende. Se aprende, por ejemplo, para obtener una nota o para pasar el año, no para fructificar lo que se aprende.

4. En cuanto a las condiciones del aprendizaje, los procesos son asuntos individuales que debe sortear cada quien de manera individual. Incluso en ciertas circunstancias el trabajo en colectivo se evita y prohíbe.

Y, es posible que estos cuatro aprendizajes sean más duraderos puesto que tienen que ver con asuntos tan trascendentales como qué es lo que se aprende, cómo se aprende, por qué se aprende y en qué condiciones de interacción social se aprende.

Así pues, existen dos tipos diferentes de aprendizaje: por una parte, se aprende lo que usualmente se llaman contenidos; por otra, se aprenden concepciones (del mundo, del conocimiento, del aprendizaje) que modelan las disposiciones individuales ante el mundo y la escuela, y

determinan las confianzas y seguridades de cada quien en sí mismo.

Así pues, debemos decidir cuáles aprendizajes son los que deseamos que se den, porque, contrario a estos aprendizajes, podríamos estar interesados en la formación de disposiciones, imágenes y concepciones de otro tipo, como las siguientes:

1. Que saber ciencia no es haber memorizado un conjunto de procedimientos, sino una manera de disponerse frente a un mundo que se construye en la interacción y que la máxima conquista en la ciencia y lo que debe aprenderse en la escuela es la elaboración de explicaciones.

2. Que existen muchas maneras de aprender y que el aprendizaje que se da en el camino se puede propiciar estudiando problemas y situaciones verdaderamente inquietantes.

3. Que la razón del estudio y el aprendizaje está en las actividades mismas que se realizan y no en recompensas externas a la actividad. Que es posible entusiasmarse por la ciencia.

4. Que el aprendizaje, aunque individual, se da en dinámicas colectivas.

Condiciones del aprendizaje

Por otra parte, de todos los aprendizajes posibles queremos referirnos a aquellos que permiten al individuo un acople estructural más eficiente con el entorno. Estos aprendizajes están muy ligados al establecimiento de diferencias. Veamos: si las cosas funcionan como lo habíamos previsto, no hay aprendizaje. Si

hacemos las cosas como siempre las hemos hecho, no hemos aprendido nada nuevo. El aprendizaje genuino se presenta cuando las cosas no resultan como se pensaban, cuando nuestras expectativas se ven contrariadas por los acontecimientos y

tenemos que buscar explicaciones, cuando el camino que habíamos previsto, no nos conduce a donde queríamos o cuando lo que siempre hemos hecho no es útil en la situación en que nos encontramos y

tenemos que hacer otra cosa. Es entonces cuando siento a la vez la necesidad de aprender y la evidencia de haber aprendido. Es por ello que el aprendizaje es un proceso recurrente: se aprende a partir y en contra de lo que se sabe.

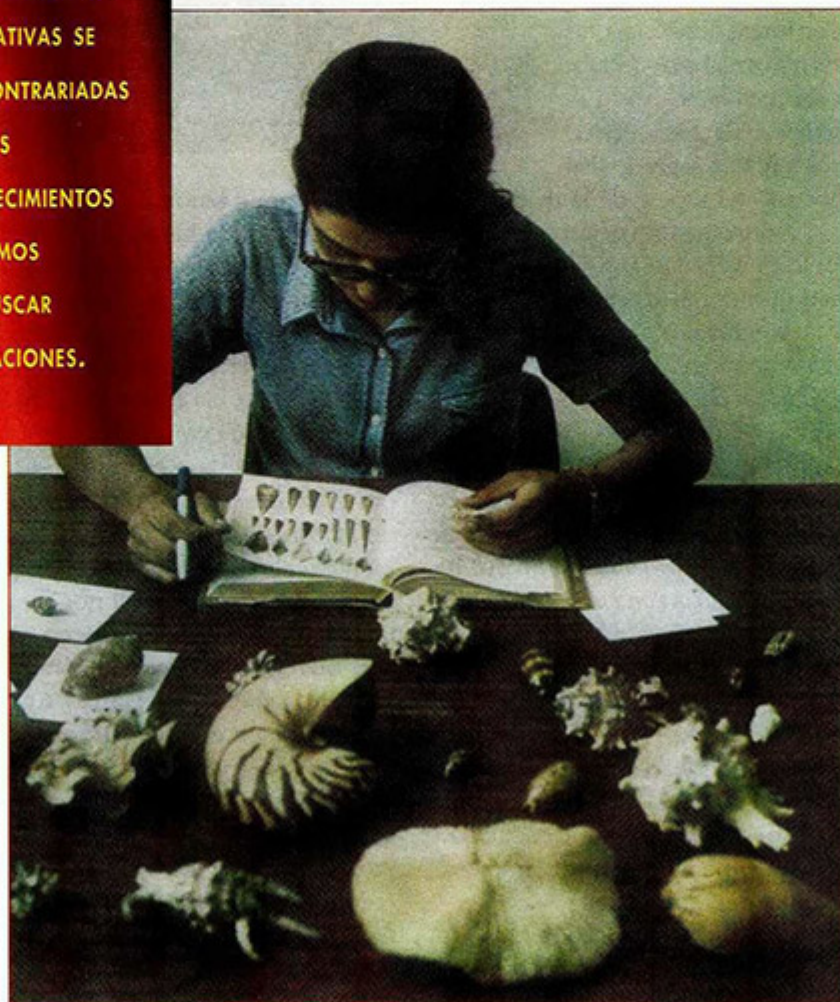
El aprendizaje de la ciencia

A pesar de las múltiples metas posibles para el aprendizaje de la ciencia, centraremos el discurso al tratamiento de las explicaciones y las interacciones.

La elaboración de explicaciones

Aunque toda nuestra vida está inmersa en la recurrencia y somos protagonistas de lo que nos sucede, y

**EL APRENDIZAJE
GENUINO SE
PRESENTA CUANDO
LAS COSAS NO
RESULTAN COMO
SE PENSABAN,
CUANDO NUESTRAS
EXPECTATIVAS SE
VEN CONTRARIADAS
POR LOS
ACONTECIMIENTOS
Y TENEMOS
QUE BUSCAR
EXPLICACIONES.**



de lo que percibimos y de lo que comprendemos, es tal vez a la hora de explicar cuando constatamos de manera nítida la importancia de nosotros mismos en la construcción del conocimiento. Esto es fácil mostrarlo con ejemplos de la vida cotidiana. Cuando alguien nos pregunta acerca de un porque y realmente estamos interesados en ayudar a comprender, las explicaciones que elaboramos están siempre organizadas de tal manera que quien las escucha pueda darles significado a partir de lo que ya sabe, esto es, a partir de su experiencia. Esto también es claro si se estudian las explicaciones que los niños elaboran frente a situaciones nuevas o a acontecimientos cotidianos que han logrado despojarse del ropaje de la evidencia.

En una investigación adelantada en la Universidad Distrital, encontramos que los niños cuando responden a la pregunta: ¿Qué son las nubes?, elaboran modelos con características idénticas a las de los modelos científicos, ellos dicen, por ejemplo (Ramírez, Y., y Torres, M., 1988):

"Las nubes son como hielos. Por eso cuando en la mañana hace sol, en la tarde llueve. Además, si se chocan, bay un ruido, salen chispas y pueden caer los pedacitos de hielo".

Notemos cómo la imagen que se construye está articulada con lo que ya se sabe, con la experiencia. Por otra parte, la imagen que se propone se valida no por lo pintoresca que sea, sino por su capacidad para dar cuenta de los fenómenos e incluso para anticiparse.

Como decíamos, en la elaboración de explicaciones, lo que hacen los niños y lo que hacemos los

adultos comunes en la cotidianidad, no se diferencia mucho de lo que hacen los científicos cuando tratan



de explicar un fenómeno. En ambos casos se trata de hablar metafóricamente y las metáforas que se elaboran están estructuradas a partir de lo que ya se sabe. Por ello es que los filósofos de la ciencia afirman que *"Explicar es poner lo desconocido en términos de lo conocido"*.

Ahora bien, en este proceso de poner lo desconocido en términos de lo conocido, no se trata simplemente de la transposición de lo que ya se sabe, manteniéndonos en un mismo estado de conocimiento, sino más bien de la creación, a partir de lo que se sabe, de la realidad. Cuando alguien en el siglo XIX expresó que los gases funcionaban como un enjambre de partículas que interactuaban entre sí y con el recipiente que las contenía de acuerdo con las leyes conocidas de la mecánica newtoniana y a partir de tal imagen fue capaz de "explicar" y expresar las leyes termodinámicas

que vinculan volumen, presión y temperatura, en términos de las propiedades de los corpúsculos que se postulaban: esto es, de su energía, masa y número, estaba creando una realidad física que se podía imaginar porque conocíamos lo que son los enjambres, los corpúsculos y el azar, la mecánica y las leyes de la estadística.

En tal momento surgieron como realidad las moléculas que conocemos hoy día. Que posteriormente haya sido necesario darles otras propiedades (como las fuerzas de atracción intermolecular) sólo nos confirma cómo se va construyendo la realidad. Las moléculas existen como realidades físicas en cuanto dan explicación de los datos de la experiencia y nos han permitido (y, aún nos permiten) anticiparnos a otras situaciones.

La historia de la ciencia nos muestra ejemplos de elaboración de explicaciones. Encontramos enunciados en los que la imaginación y la creatividad son importantes, y en los que no existe una barrera disciplinaria que enmarque los pensamientos.

Cuando Darwin propuso en el siglo XIX la teoría de la evolución de las especies, se inspiró en dos elementos de origen bastante diferente. Por una parte, la selección era una actividad conocida y adelantada de los hortelanos y granjeros para mejorar sus ejemplares; por otra, en la dinámica económica inglesa, por aquel entonces, estaba de moda la idea de que entre las actividades económicas competidoras, siempre sobreviviría la más apta. ¿En qué momento y mediante qué procesos Darwin retomó estas dos ideas para plantear la selección natural me-

dianter el mecanismo de competencia?, no lo sabemos. Lo que sí podemos ver es que las fuentes del modelo darwiniano no se encuentran exclusivamente en la biología.

A finales del siglo XVIII, en la historia del pensamiento químico, sobresale la figura de Lavoisier, no sólo por la introducción de la nomenclatura y la formalización de muchos procesos sino por la introducción de la ley de la conservación de la masa. ¿De dónde podía haber surgido tal exigencia a los procesos de transformación de las sustancias en otras sustancias? Claro está que el "nada se crea, nada se destruye", no es un invento de Lavoisier, lo que sí se convierte en una exigencia con él es la precisión. "La balanza de Lavoisier no sólo aporta una mayor precisión a las mediciones experimentales sino que se convierte en el juez supremo de los debates teóricos... Todos los litigios se dirimen en el laboratorio y la tradición se juzga mediante la balanza" (B. Bensauahichde -Vincent, 1991).

Desde los veinticinco años Lavoisier es recaudador de contribuciones y, a la vez, miembro de la Academia de Ciencias. En sus notas describe el comercio internacional como un sistema de intercambio y de flujo en el cual la cantidad de riqueza se mantiene constante. El "nada se crea ni se destruye" funciona también en economía, y, anota aquí, de manera natural.

A mediados del siglo XIX (1865) uno de los problemas que se discutían en la química era la estructura del benceno C_6H_6 . Un día a Kekulé, químico alemán medio amodorrado en un autobús, le parecía que veía átomos como micos

de zoológico, girando en una danza. De pronto la cola del final de una cadena, se unió a la cabeza y formó como un anillo... Había surgido el anillo de benceno.

Lo que queremos mostrar con estos ejemplos es cómo en la elaboración de explicaciones los modelos que se enuncian surgen del ámbito amplio de la experiencia humana y no sólo de aquello que está íntima y disciplinariamente ligado con el problema que se estudia. Así, en la elaboración de una explicación química pueden entrar en juego elementos de la economía, de la contaduría o de la vida cotidiana, y en las ideas explicativas biológicas existe un lugar para las prácticas de campesinos y hortelanos. Claro que en la imagen que se postula para la molécula de benceno desaparecen los micos y en el uso de la balanza en el laboratorio desaparece cualquier mención a la riqueza, lo que queda y se convierte en un elemento

explicativo es un conjunto de relaciones que se proyectan de un ámbito al otro de manera abductiva. Es la imagen de un sistema planetario lo que se mantiene en el átomo de Bohr, allí ya no existe fuerza de atracción gravitatoria, lo que tenemos ahora son atracciones eléctricas y otras consideraciones como la longitud de onda de De Broglie, pero la fuerza explicativa está en la imagen que abductivamente se lleva de la mecánica al átomo: se trata de metáforas. Pero la imagen que se proyecta de un ámbito al otro no es un listado de estados y propiedades, sino una forma de funcionamiento, un conjunto de interacciones y con ello la emergencia de ciertas propiedades

que sólo existen en términos de interacciones.

Las interacciones

Desde hace mucho tiempo para los físicos, como bien puede comprenderse, la realidad física es pensada en términos de interacciones. Esta idea se ha proyectado contemporáneamente de manera mucho más compleja, hasta tal punto que podemos hacer afirmaciones como las siguientes.

Lo que usualmente vemos como propiedades de los cuerpos, son más bien, resultados de interacciones en las que toman parte al menos dos entidades. La atracción gravitatoria no es una propiedad de las masas de los cuerpos tomados en aislamiento. Si concebimos un universo en el cual no existe sino un solo objeto masivo, éste no exhibirá propiedades gravitatorias. La atracción gravitatoria es una emergencia de la interacción entre dos cuerpos masivos. No es una propiedad de los objetos sino una emergencia en la interacción. Algo semejante puede anotarse de la atracción magnética y está en la génesis de lo que conocemos como propiedades.

En el estudio de las propiedades de las moléculas tenemos ejemplos más dramáticos: ¿De dónde surgen las propiedades de la sal de cocina siendo un compuesto de dos venenos: el cloro y el sodio? Y, ¿cómo surgen las propiedades del agua (líquida en condiciones ordinarias) de dos gases: el hidrógeno y el oxígeno? Los ejemplos podrían multiplicarse. En ellos es reiterativa la emergencia de propiedades en la interacción, esto es, las propiedades de las moléculas no pueden remitirse (reducirse) a las propiedades de los átomos constituyentes. Algo similar puede verse cuando se considera un organismo cuyo comportamiento es el de un organismo que no se puede

**"EXPLICAR
ES PONER LO
DESCONOCIDO
EN TÉRMINOS
DE LO CONOCIDO".**

explicar a partir de las partes que lo constituyen. Tampoco podemos comprender la sociedad como resultado de los comportamientos de los individuos.

Pero el tema de las interacciones no se restringe a estas consideraciones. En el ámbito del conocimiento podemos afirmar que éste es una emergencia de múltiples y diversas interacciones.

El conocimiento puede considerarse como una emergencia de la interacción en colectivo.

Por una parte, el conocimiento para concretarse requiere del colectivo como su condición esencial. Una experiencia cotidiana, elemental pero contundente, se presenta cuando nos encontramos frente a algo que para nosotros es sorprendente o novedoso. En tales circunstancias es inevitable compartir los hallazgos, el colectivo es una necesidad. Esto es válido cuando un niño en un paseo se encuentra un bicho raro (¡ojan!, ¡vengan, vean esto!), cuando se pasea desprevenidamente por la ciudad y nos hallamos ante una vitrina novedosa (para nosotros), cuando se encuentra la solución a un problema o acertijo o cuando se encuentra una explicación a algo que nos inquietaba, etc. Esto es también evidente en la comunidad científica cuando se tienen que compartir los hallazgos en encuentros o mediante publicaciones. ¿Qué es lo que hace que prácticamente nuestras percepciones sólo existan en cuanto se comparten y que si no se comenta lo que se ve, es casi como si no se hubiera visto?

Notemos que estas observaciones en donde la comunicación es un imperativo, no solamente llaman la atención acerca de la novedad, sino que exigen que para que la interacción sea posible, exista un colectivo, esto es un grupo de personas comprometidas con una búsqueda común, o miembros de un grupo dispuesto a la comunicación significativa.

Por otra parte, la conversación es una fuente de conocimiento. Todos lo hemos vivido, cuando conversamos significativamente, lo que se dice en la conversación no se restringe a lo que cada uno de los hablantes piensa o dice. Se trata de ideas y ocurrencias que surgen como emergencias de la conversación misma, de tal suerte que lo que allí se dice posiblemente no se habría pensado nunca en la soledad.

Aquí el lenguaje se convierte en el protagonista, pero el lenguaje sólo tiene sentido en la interacción.

Finalmente, la interacción entre las personas puede ser muy diversa. En este sentido las dinámicas del colectivo que interactúa pueden conducir a resultados muy distintos que muestran cómo en las búsquedas no solamente son importantes las metas sino que los procesos que se dan conducen a resultados muy diversos y determinantes. En una serie de experiencias en básica primaria (Rodríguez, Y. 2001) orientadas para observar las dinámicas de

los colectivos, nos encontramos con que en éstos se establecen espontáneamente normas y reglamentaciones propias de las tareas que se buscan y de las circunstancias que se viven, de tal suerte, que en tales casos no es necesaria la imposición desde el exterior al colectivo de normas. En breve, podemos decir que los colectivos se autoorganizan.

Dinámicas de la enseñanza de la ciencia en la escuela

Las consideraciones anteriores nos muestran la posibilidad de pensar en la construcción de criterios para la "enseñanza" de la ciencia.

Recapitulamos:

1) Más importante que buscar el aprendizaje de resultados (que a la postre son sólo informaciones), deberíamos comprometernos con la formación de disposiciones, imágenes y concepciones.

2) En la invención de explicaciones, esto es, en la construcción de modelos, las fuentes de tales elaboraciones no están circunscritas a la disciplina en cuestión, sino que pertenecen al ámbito general de la experiencia, en otras palabras, lo que encontramos es que una explicación biológica puede tener sus raíces en la economía o en la vida cotidiana.

3) Lo que se proyecta de un área a otra de manera metafórica, no son objetos ni propiedades simples, sino relaciones complejas y funcionamientos.

4) Lo que se convierte en objeto de estudio en las ciencias no son ni objetos ni propiedades, sino interacciones. En este sentido, el objeto de estudio se construye a partir de las interacciones. Es al estudiar tales interacciones (en otra interacción) cuando emergen las propiedades como elementos característicos.

SI LA META FUNDAMENTAL DE LA CLASE DE CIENCIAS NATURALES ES LA VIVENCIA DE EXPLICAR MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE MODELOS, EN LA MEDIDA EN QUE SE ENRIQUEZCA LA EXPERIENCIA EXISTEN MÁS POSIBILIDADES.

5) Si lo que queremos propiciar en el aula son conocimientos, debemos proponer situaciones realmente inquietantes para los estudiantes e incentivar el trabajo en colectivo.

6) Las actividades escolares deberían comprometerse no sólo con las disciplinas, sino con la formación para la convivencia no violenta y tal formación es posible en la clase de ciencias, si se promueve el trabajo en colectivo y se minimiza la competencia entre individuos.

Alternativas

Las alternativas que proponemos, articuladas con las Actividades Totalidad Abiertas (ATAs) (Segura, 1997), han sido exploradas en diversos proyectos de investigación en nuestro medio y sobre ellas existen publicaciones nacionales e internacionales, se basan en lo siguiente:

1. En el aula se trabaja (estudia, explora, etc.) en torno a la solución de problemas que son reconocidos como verdaderos problemas por los estudiantes. Estos problemas pueden ser proyectos, como la construcción de una cámara fotográfica o la fabricación de un biodigestor en los cuales el maestro "sabe la respuesta", o problemas como la determinación de las condiciones de vida de una especie nativa que no ha sido estudiada, frente a los cuales el maestro se encuentra en una situación similar a sus estudiantes, no sabe "la respuesta", estos son problemas genuinos.

2. Como dinámica de trabajo los estudiantes se organizan en grupos que se dan su propia organización (los colectivos).

3. Se incentiva la conversación, el diálogo y la argumentación. Cuando se trata de la búsqueda de explicaciones, el grupo-colectivo se convierte en una comunidad que somete a los candidatos a explica-

ción, controvierte, discute y los pone a prueba, ya sea por su coherencia, ya sea mediante montajes experimentales. Anotemos que la búsqueda de explicaciones se convierte en un reto cuando las expectativas no coinciden con las ocurrencias.

4. Los resultados de los procesos se muestran a la comunidad (internamente) pero se procura que puedan ser exhibidos en eventos organizados externamente a la institución. Este elemento es muy importante, las opciones de reconocimiento son determinantes en la construcción de seguridades y confianzas.

Una última consideración, que por su importancia tal vez debería ser la primera es: *enriquecer la experiencia*. Si la meta fundamental de la clase de ciencias naturales es la *vivencia del explicar mediante la elaboración de modelos*, en la medida en que se enriquezca la experiencia existen más posibilidades. Por ello es importante que se logre una familiarización con diversas formas de funcionamiento, de relación entre diversos elementos para el logro de equilibrios y movimientos, de identificación de patrones y pautas, etc. Así, una contribución a la formación científica puede resultar de hacer cada vez más diversas las actividades y encuentros. En ciencias, no se trata de enriquecer solamente lo relacionado con la elaboración de mecanismos y prototipos dentro del ámbito disciplinar. Muy posiblemente los mejor armados para elaborar explicaciones son quienes han tenido opciones de vivir múltiples experiencias, incluso en el arte, las humanidades o la historia. Sería interesante averiguar cuántos de los científicos más reconocidos en la constitución del pensamiento científico han sido artistas como Leonardo, Galileo o Einstein. □

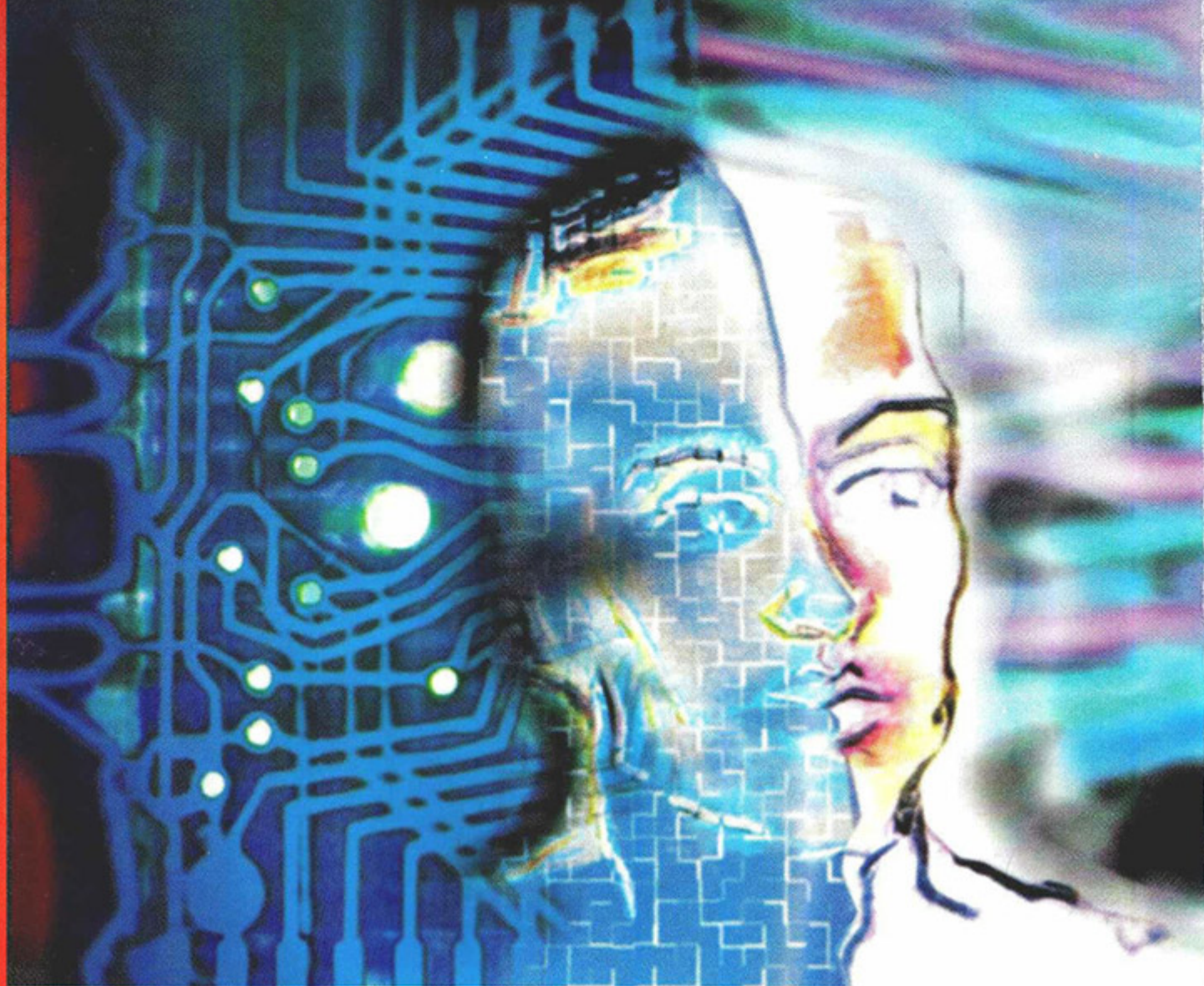
Referencias

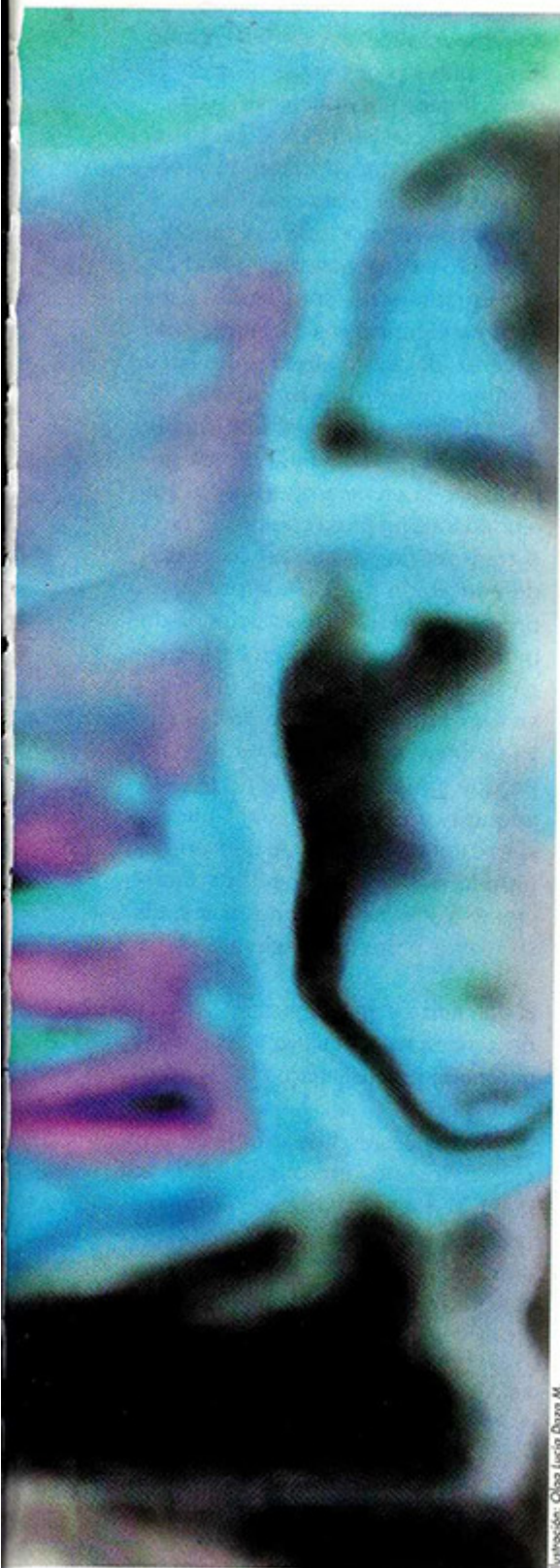
- Bateson, G.:** Deuteroaprendizaje y protoaprendizaje. En: *Pasos hacia una ecología de la mente*. Ed. Lohlé-Lumen. Buenos Aires, 1998.
- Bensaude-Vincent, B.:** Lavoisier: una revolución científica. En: *Historia de las ciencias de Michel Serres*. Ed. Catedra. 1991.
- Hernández, C. A.:** Estado del arte de la investigación en enseñanza de las ciencias. En: *Estados del arte de la investigación en educación en Colombia*. Colciencias, Socolpe. Bogotá, 2000.
- Ramírez, Y., y Torres, M.** Estudio de las explicaciones de los niños, el origen de la lluvia. Trabajo de Grado. Lic. Educación. Primaria. U. Distrital. Bogotá, 1988.
- Rodríguez, Y., y otros.** La interacción: hacia una perspectiva para la transformación de la enseñanza en básica primaria. Informe Final, Colciencias. Bogotá, 2001.
- Segura, D., y otros.** Actividades de investigación en la clase de ciencias. Ed. Diada. Sevilla, España, 1997.
- Otras referencias sugeridas:**
- * Con respecto a la concepción de aprendizaje en los términos de este artículo véanse los escritos de:
- Bateson, G.** Naturaleza y Espíritu de Amorrotu. Ed. Buenos Aires, 1977.
- Federici, C., y otros.** La formación de una actitud científica a través de la enseñanza de las ciencias naturales y la matemática. Informe Final, proyecto Colciencias. Bogotá, 1984.
- * Con respecto a la explicación y la elaboración de modelos son interesantes los planteamientos de:
- Bronowsky, J.** en Los orígenes de la Imaginación y el conocimiento, Gedisa Eds. Barcelona, 1993.
- Goodman, N.** De la mente y otras materias. Visor Ed. Madrid. 1995.
- * Con respecto a la aplicación de la estrategia ATAs en diversos grados escolares ver:
- Arcos, F.O., y otros.** La organización, una mirada para considerar la realidad como construcción dinámica. Inf. Final. Proyecto IDEP. Bogotá, 1999.
- Chaparro, C.I., y otros.** De la certeza del número atómico a la incertidumbre de las interacciones. Inf. Final. Proyecto IDEP. Bogotá, 1999.
- Segura, D.** Una premisa para el cambio conceptual, el cambio metodológico. En: *Enseñanza de las Ciencias 9(2)* 175-180. Valencia, España, 1991.
- Segura, D. y otros.** Vivencias de conocimiento y cambio cultural. EPE, Bogotá, 1993.
- * En concepciones similares de aprendizaje ver:
- Jiménez, C. A.** Taller cotidiano, una propuesta lúdica didáctica. Fondo Editorial del Risaralda. Pereira, 1993.
- Zapping - Rutas Pedagógicas.** Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia y el Instituto para la Investigación Educativa y Desarrollo Pedagógico (IDEP). Bogotá, 2001.

GENERALIDADES

La adquisición de conocimiento científico

¿UNA PRÓTESIS COGNITIVA?





Juan Ignacio Pozo¹

Facultad de Psicología
Universidad Autónoma
de Madrid
Madrid, España
E-mail: nacho.pozo@uam.es

Miguel Ángel Gómez Crespo

Instituto de Educación
Secundaria "Victoria Kent"
Torrejón de Ardoz.
Madrid, España

"YO SIEMPRE TUVE CUERPO Y MIS PADRES TAMBIÉN, Y MIS HERMANOS, ASÍ COMO LA GENTE CON LA QUE FUI AL COLEGIO, O A LA UNIVERSIDAD. MÁS TARDE, EN LOS SUCESIVOS TRABAJOS CON LOS QUE ME GANÉ LA VIDA, SÓLO CONOCÍ A INDIVIDUOS CORPORALES, POR ESO ME CHOCA QUE HABLEMOS DE ÉL COMO SI SE TRATARA DE UNA ADQUISICIÓN RECIENTE, CUANDO LO CIERTO ES QUE YA EN LA ANTIGÜEDAD PREHISTÓRICA NUESTROS ABUELOS SE DESENVOLVÍAN CON CUERPOS QUE EN LO SUSTANCIAL NO ERAN MUY DISTINTOS DE LOS ACTUALES."

**JUAN JOSÉ MILLÁS.
CUERPO Y PRÓTESIS.**

En los últimos años la educación científica vive una cierta paradoja o contradicción. Podemos afirmar sin atisbo de duda que nunca antes se ha hecho un esfuerzo tan grande por extender o acercar la cultura científica a un mayor número de ciudadanos. Tanto la prolongación de la educación obligatoria, que entre nosotros supone una extensión también de la educación científica, que alcanza a más alumnos y durante más tiempo, como la creciente promoción de los saberes científicos en

diversos ámbitos de educación informal (museos, revistas de divulgación, documentales de televisión, etc.) hacen que la ciencia en los ámbitos de educación formal e informal sea, en términos cuantitativos, más extensa e intensa que nunca.

Pero al mismo tiempo, paradójicamente se extiende una ascendente sensación de crisis o fracaso de esa educación. Los datos de las investigaciones, las sensaciones y vivencias de los profesores y las propias actitudes de los alumnos muestran que, desde el punto de vista cualitativo al menos, esa educación científica se encuentra posiblemente cada vez más lejos de sus objetivos. Así, por ejem-

¹ Este artículo ha sido en parte posible gracias a la concesión del Proyecto PB98-095 financiado por la DGEIC del Ministerio de Educación y Cultura de España. Dirección de los autores: Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. O también, nacho.pozo@uam.es

plo, si analizamos el ingreso de los alumnos a la Universidad, encontramos una crisis generalizada en los estudios científicos. Proporcionalmente cada vez son menos los alumnos que desean cursar carreras científicas, y necesariamente, como era antes, los mejores. A su vez, los datos de las investigaciones sobre los niveles de aprendizaje de la ciencia alcanzados por esos mismos alumnos son bastante desconsoladores, tanto desde el punto de vista cuantitativo, si tenemos en cuenta los niveles medios de rendimiento, como desde el punto de vista cualitativo, si estudiamos el grado de comprensión y

socialmente más relevante, pero los ciudadanos la observan con una mezcla de miedo y respeto³— es un problema generalizado en nuestras sociedades. Pero, ¿a qué se debe esta situación? En muy pocas palabras, creemos que la paradoja se resuelve en sí misma si asumimos que es precisamente el propósito de extender la cultura científica el que está poniendo de manifiesto un fracaso de la educación científica *tradicional*, su incapacidad para hacer que la mayor parte de la gente participe de sus saberes. La educación científica ha mantenido, en general, una orientación selectiva o elitista y ahora que intenta alcanzar a la mayor parte de los alumnos, incluso de los ciudadanos adultos se

este artículo intentaremos argumentar una de sus causas más importantes, que reside en la propia naturaleza del conocimiento científico como fenómeno y proceso psicológico. El conocimiento científico es una construcción social compleja y laboriosa, contrario a la mayor parte de suposiciones y creencias que los seres humanos tenemos sobre el mundo, por tanto su enseñanza y aprendizaje requerirán no sólo acercar los saberes científicos a la gente, sino hacerlo de tal manera que haga posible un verdadero cambio de mentalidad, una *reestructuración mental*. Por consiguiente, para generalizar la ciencia entre todos los ciudadanos no basta con presentarla o transmitirla, ya sea en contextos de educación formal o informal, es preciso diseñar esas situaciones de modo que promuevan en las personas una nueva mentalidad, una nueva forma de concebir los problemas y fenómenos a los que se enfrentan. Porque aprender ciencia no es sólo adquirir un conocimiento nuevo, sino cambiar la forma de concebir el mundo, reorganizar nuestras intuiciones y creencias primordiales, en su mayor parte inconscientes.

El aprendizaje de la ciencia: del conocimiento intuitivo al conocimiento científico

Sin necesidad de estudiar ciencia, todos nosotros, ya desde la cuna, somos *científicos intuitivos*, podemos predecir con una precisión asombrosa cómo se mueven los objetos o de qué forma hay que

aprendizaje realmente alcanzado. No es exagerado decir que la mayor parte de los alumnos, y de los ciudadanos, no comprenden la ciencia que estudian y en la que se basa buena parte de la tecnología que utilizan a diario.²

Esta aparente paradoja —cada vez hay más educación científica, pero cada vez está más lejos de sus objetivos; la ciencia cada vez es

encuentra con una grave incapacidad para comunicarse con ellos. El paso de una ciencia para unos pocos —quienes la debían producir o al menos “conservar”, transmitiéndose a las nuevas generaciones a través de la enseñanza— a una ciencia para todos, plantea retos que ni la educación formal ni la informal han logrado todavía superar⁴.

Aunque habría muchos factores generando este desencuentro entre la ciencia y la gente de la calle, en

² Si el lector duda de estas dificultades de aprendizaje puede consultar nuestro libro *Aprender y enseñar ciencia* (Pozo y Gómez Crespo, 1998) en el que se incluyen numerosos ejemplos de esas dificultades, así que diversas explicaciones alternativas de las mismas que abundan en los argumentos de este artículo.

³ Ver por ejemplo Dunbar (1995).

sujetarlos para desplazarlos, como lo saben muy bien los ingenieros que intentan diseñar, sin mucho éxito por cierto, robots que hagan algo parecido. Tenemos también ideas muy arraigadas sobre cómo funcionan los organismos y lo que necesitan para sobrevivir. O sobre cómo influir en la conducta de otras personas para lograr que se comporten de acuerdo con nuestros deseos. Incluso somos capaces de estimar con notable precisión la probabilidad de que ciertos fenómenos ocurran a partir de nuestra experiencia previa. Aunque la mayor parte de nosotros tenemos notables dificultades para aprender física, biología, o psicología, por no decir matemáticas, somos, en general, excelentes físicos, biólogos, psicólogos, incluso ¡matemáticos intuitivos! ¡Y además lo somos sin saber que lo somos! Porque nuestra ciencia intuitiva consiste sobre todo en representaciones implícitas que usamos con una gran precisión pero con mucha frecuencia ignoramos que tenemos, incluso negaríamos tenerlas. De hecho, según ha mostrado la investigación, muchas de ellas las tenemos desde pequeños, desde la cuna, incluso algunas las compartimos con otros animales.⁵ ¿Cómo calculamos que ese balón que se dirige a nosotros va a golpear o no? ¿Cómo podemos interpretar esa sonrisa, como una muestra de confianza o desprecio? Los ingenieros se las inventan para conseguir que los sistemas artificiales de conocimiento, los computadores, con toda su potencia y sofisticación tecnológica, con todos sus formalismos matemáticos basados en la teoría de la información, detecten las emociones y aprendan sobre ellas, por no decir que inter-

**TODOS
 NOSOTROS,
 YA DESDE LA
 CUNA, SOMOS
 CIENTÍFICOS
 INTUITIVOS.**

preten el lenguaje y comprendan lo que decimos. En cambio, un bebé es capaz de realizar esas proezas cognitivas con la mayor naturalidad y sencillez⁶.

Los intentos de la física o la psicología por dar cuenta de esos fenómenos, mediante su formalización y su explicación en términos de ciertos modelos y teorías, son mucho más recientes—en la filogénesis, la ontogénesis y la sociogénesis— que nuestras *teorías implícitas* alternativas, que si bien son muy limitadas en su capacidad de explicar lo que pasa son extraordinariamente eficaces para predecir los sucesos. Diríamos que el conocimiento cotidiano se rige por una *función pragmática*: “tener éxito, lograr que las cosas sucedan” mientras que el conocimiento científico tiene una *función epistémica*: “comprender o explicar por qué las cosas pasan como pasan”.⁷

Para ilustrar estas actitudes intuitivas con respecto al mundo físico, tomemos algunos ejemplos: nuestra física intuitiva está profundamente *encarnada* en nuestra mente, ya que no tenemos una relación directa con los objetos del mundo sino a través de la información que nuestro cuerpo nos ofrece de ellos. Como ha señalado Antonio Damasio⁸, no podemos percibir el mundo sino *los cambios que el mundo produce en nosotros*. Éste sería el origen y fundamento de nuestro conocimiento intuitivo: sería la forma encarnada en que nuestro cuerpo se representa el mundo físico y social en que vivimos⁹. Pero, dado que ese cuerpo es a su vez el resultado de la presión selectiva de un ambiente con características físicas muy definidas, no es

extraño que ya desde la cuna las personas tengamos fuertes teorías implícitas sobre ese mundo físico y que difícilmente pueden modificarse, dada su historia de éxitos evolutivos y personales. Nuestras teorías implícitas sobre el mundo físico, son, por decirlo gráficamente, las respuestas que nos pide *el cuerpo* a los cambios energéticos que suceden en nuestro ambiente físico. Estas teorías implícitas serían resultado en buena medida de la aplicación de los mecanismos asociativos—como los clásicamente estudiados por los conductistas—, mecanismos de aprendizaje implícito aplicados a los cambios que nuestras estructuras corporales permiten detectar en el ambiente físico. En otras palabras, las reglas asociativas (como la covariación, contigüidad, semejanza, etc.) se aplicarían no a las relaciones entre los estímulos o parámetros energéticos de ese mun-

⁴ Véanse al respecto las reflexiones de Claxton, 1991, o en el ámbito latinoamericano la propuesta de Niedo y Moledo, 1997).

⁵ Como han mostrado por ejemplo Gopnik, Meltzoff y Kuhl (1999) en su libro *Scientist in the crib* o el extraordinario libro de Mark Hauser (2000) *Mentes salvajes. Una versión más humana de esas mentes puede encontrarse en Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne* (Poza, 2001), donde puede encontrarse una explicación detallada de la psicología cognitiva encarnada que subyace a nuestra interpretación del mundo. Algunas de las páginas que vienen a continuación están basadas en todo o en parte en ese texto.

⁶ Ver por ejemplo el informe de Rosalind Picard (2002), sobre el diseño de ordenadores emocionales.

⁷ Ver Poza (2001).

⁸ En su libro *El error de Descartes* (Damasio, 1994), un brillante y sugerente alegato contra el dualismo cartesiano, o platónico, en el que está sustentada no sólo la psicología cognitiva, sino más allá de ella nuestra cultura y con ella la propia educación, dirigida a cultivar las mentes abstractas formales, disociadas del cuerpo que habitan.

⁹ De ahí que la “humana mente” sea una construcción basada en tres componentes (Poza, 2001): el mundo, la carne (que se conmueve con el mundo) y la conciencia (o capacidad exclusivamente humana de conocer ese mundo más allá de esas restricciones encarnadas). No hay ciencia sin conciencia.

do físico sino a la información que nuestro cuerpo extrae de ese mundo en forma de "representaciones primordiales" o encarnadas.

Cada vez que nos enfrentamos a un suceso nuevo, o sea, moderadamente discrepante de nuestras expectativas, iniciamos una búsqueda causal, generalmente de naturaleza implícita o automática, con el fin de encontrar información que nos permita predecir y controlar ese suceso¹⁰. Cuando esto sucede, cuando un objeto no se comporta de acuerdo con nuestras representaciones implícitas, solemos recurrir a ciertas reglas simplificadoras que nos identifican las "causas" más probables y frecuentes, reduciendo la complejidad del mundo sensorial a unos pocos elementos destacados, eliminando el *ruido* de tantos factores irrelevantes. La *tabla 1* presenta algunos ejemplos de las representaciones implícitas que estas reglas de semejanza, contigüidad y covariación y nos proporcionan a partir de nuestras representaciones encarnadas del mundo, que hacen que nuestra física intuitiva esté muy pegada a la piel, siguiendo una regla según la cual "lo que no se percibe, no se concibe" (o es muy difícil de concebir) con lo que se distancia notablemente de la física científica, que se refiere a abstracciones, no a hechos o sucesos directamente perceptibles. Así, los mismos términos se refieren a fenómenos muy diferentes en la física intuitiva y en la científica.

Para todos nosotros el calor es aumento de temperatura, algo a lo que nuestro cuerpo es muy sensible; así decimos que una manta da calor

**DIRÍAMOS QUE
EL CONOCIMIENTO
COTIDIANO SE RIGE
POR UNA FUNCIÓN
PRAGMÁTICA
—TENER ÉXITO,
LOGRAR QUE LAS COSAS
SUCCEDAN MIENTRAS QUE
EL CONOCIMIENTO
CIENTÍFICO TIENE UNA
FUNCIÓN EPISTÉMICA—
COMPRENDER O EXPLICAR
POR QUÉ LAS COSAS
PASAN COMO PASAN.**

que da cuenta de los estados de equilibrio y desequilibrio de la materia. Para nosotros una fuerza es una acción que se ejerce realmente (o sea perceptible o encarnadamente) sobre un objeto; cuando los objetos están en reposo, contrario a lo que dicen los físicos, no concebimos que haya fuerzas actuando sobre ellos, pero cuando están en movimiento las representamos actuando en la dirección y con la intensidad del movimiento, en lugar de representar un movimiento inerte. Y, sin duda nos resulta imposible creer que cuando dos objetos interactúan (por ejemplo, la Tierra y una pelota) las fuerzas que ejercen entre ellos son de la misma intensidad. Diga lo que diga la mecánica newtoniana, y lo dice muy claro, nuestro cuerpo nos está informando continuamente que para mover objetos debemos ejercer una fuerza de intensidad análoga al movimiento que queremos obtener y que los objetos se detienen cuando esa fuerza se agota. Las fuerzas son para nosotros entidades materiales, el músculo que hace posible el movimiento.

en lugar de representárnosla como un aislante térmico que reduce el intercambio de energía con el ambiente, que es como los físicos interpretan el calor. Para nosotros la energía es una sustancia más o menos material que se transporta y se consume (la gasolina, una batería, incluso un bocadillo de chorizo), para los físicos es más bien una moneda abstracta, no sustancial,

Nuestra tendencia a convertir en entidades materiales o *sustancializar* los conceptos físicos intuitivos¹¹ ilustra una vez más la naturaleza encarnada de nuestras representaciones implícitas, que se ocupan de objetos en un mundo tridimensional, de entidades materiales que ocupan espacio real en el mundo, aunque nuestras limitaciones nos impidan percibirlos. Podemos aceptar que la materia está compuesta de partículas imperceptibles, pero les atribuiremos, por analogía con el mundo sensorial, propiedades macroscópicas, y así, de acuerdo con el realismo ingenuo que subyace a nuestras representaciones encarnadas, nuestra tendencia será a hacerlas tan reales como el mundo en que vivimos, aunque, eso sí, invisibles. Por consiguiente, los alumnos de secundaria nos dirán, de acuerdo con sus representaciones encarnadas del mundo, que "las moléculas de agua están mojadas" o que "las partículas de la bebida cola se mueven pero las del agua no".¹²

También nuestras concepciones sobre el mundo biológico y geológico tienen un fuerte arraigo corporal. Así, las personas —en concreto los alumnos de secundaria, que son los más investigados en este ámbito— tienden a aceptar el catastrofismo geológico, en lugar de un cambio continuo, que no logran percibir y cuya representación requiere, como vimos en el apartado anterior, un horizonte cronológico enormemente grande, dada la lentitud y la magnitud de esos cambios.¹³

¹⁰ Ver Pozo (1987) para un análisis de estas reglas de inferencia causal como mecanismos de aprendizaje asociativo.

¹¹ Ver Mortimer (2001).

¹² Como hemos comprobado en algunas de nuestras investigaciones recientes sobre la comprensión de la naturaleza de la materia (por ej., Gómez Crespo y Pozo, 2000, 2001; Pozo y Gómez Crespo, 1998, 2002).

REGLA	EJEMPLOS
Semejanza	<ul style="list-style-type: none"> • Si hace calor, nos quitamos la ropa, ya que la ropa "da calor". • El fenotipo es un reflejo del genotipo. • Si me duele el estómago, será algo que he comido. • Si el agua es húmeda, las partículas de agua también serán húmedas. • Si un sólido está visiblemente quieto, las partículas que lo componen también estarán inmóviles.
Contigüidad espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Las bombillas más cercanas a la pila en un circuito en serie lucirán con más intensidad que las más alejadas. • El agua condensada en las paredes de un vaso es agua que se filtra a través de las paredes. • La contaminación sólo afecta a las ciudades, ya que en el campo se respira aire puro.
Contigüidad temporal	<ul style="list-style-type: none"> • Si nos duele la cabeza o el estómago, se deberá a lo último que hayamos hecho o comido. • La forma de las montañas se debe a la erosión y no a los movimientos geológicos. • Si se nos seca el bonsái será porque la semana pasada hizo calor (aunque tal vez llevemos dos años sin abonarlo).
Covariación cualitativa o cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si cuando tengo fiebre y dolor de cabeza tomo un antibiótico y me curo, por más que digan los médicos, creeré que los antibióticos curan la gripe. • Para calentar más rápidamente la casa suele subirse al máximo la temperatura en el termostato. • Se asume que cuanto más velocidad lleva un cuerpo, mayor es la fuerza adquirida. • Se asume que la velocidad de caída de los objetos aumenta con el peso.

Tabla 1. Algunos ejemplos de la utilización de heurísticos o reglas simplificadoras en la construcción de representaciones implícitas a partir de los contenidos de la mente encarnada (adaptada de Pozo y Gómez Crespo, 1998).

A su vez, la representación de los fenómenos biológicos tiende a vincularse a la propia experiencia corporal y personal. En el dominio biológico, se tenderá a asumir que el fenotipo debe ser igual al genotipo o a aceptar interpretaciones lamarckianas o incluso intencionales con respecto a la selección natural, que son más cercanas a nuestra experiencia personal, porque en los "nichos cognitivos" en los que nosotros vivimos los cambios generacionales sí se transmiten a los descendientes y las intenciones sí rigen esos cambios. Igualmente, nuestra representación de la salud y de la enfermedad tiene, como no podía ser menos, un fuerte arraigo corporal. La salud es no estar enfermo, es decir, no recibir del cuerpo informaciones alarmantes, por medio de aquellos "marcadores

somáticos", sobre cambios inesperados en nuestro organismo. Curarse es en buena medida, desde nuestras teorías implícitas, eliminar los síntomas, es decir la información procedente de esos marcadores somáticos. Así, si tenemos fiebre sudamos para expulsarla de nuestro cuerpo. O dejaremos de tomar la medicina recomendada por el médico en cuanto desaparezcan los síntomas de la enfermedad.¹⁴

Vemos por tanto que nuestra ciencia intuitiva –nuestro conocimiento intuitivo sobre el mundo físico, químico, geológico o biológico, aunque otro tanto podría decirse del mundo psicológico o social, aunque con rasgos diferentes¹⁵ nos proporciona representaciones implícitas y encarnadas con un alto valor adaptativo, o si se quiere pragmático. Y vemos también que mu-

chas de las predicciones y creencias derivadas de ese conocimiento intuitivo son contrarias al conocimiento científico establecido. ¿Acaso alguien, viendo el mundo en el que vive, o al menos el mundo en que su cuerpo le dice que vive, puede creer que la materia es discontinua, o que los objetos se mueven sin necesidad de ejercer una fuerza sobre ellos, o que los caracteres adquiridos no se transmiten, o que todo, *todo*, el suelo que pisamos y el continente que habitamos está en continuo movimiento? No es extraño, así, volviendo al argumento inicial, que la educación científica tenga tan poco éxito en lograr una comprensión de los modelos científicos y que sea tan difícil de lograr una alfabetización científica, en el sentido de lograr que los ciudadanos usen la ciencia como una forma de ver el mundo, ya que esa nueva forma de verlo exige negar la propia intuición o, si se acepta el argumento que hemos desarrollado, negarnos a nosotros mismos, al negar las certidumbres que nuestro propio cuerpo nos proporciona con respecto al mundo. De hecho, según Duit: "hay que afirmar que no hay ni un

¹³ Ver, por ej., Pedrinaci, 1998; en Pozo (2000) hemos aplicado las ideas de este trabajo al análisis de las concepciones geológicas.

¹⁴ Sobre estas representaciones implícitas en medicina, véase por ejemplo López Manjón (1996).

¹⁵ Sobre el mundo psicológico se sabe hoy que las personas tenemos una teoría de la mente muy arraigada desde la que hacemos interpretaciones mentalistas de la conducta de los otros y de nosotros mismos, pero también que todos nosotros –y muy especialmente profesores y alumnos– tenemos teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza (Pérez Echeverría et al., 2001; Scheuer et al., 2001), de modo que cambiar las formas de enseñar requiere cambiar esas concepciones, en los mismos términos que aquí estamos hablando para el conocimiento científico (por ej., Pozo et al., 1999). Con respecto al conocimiento sobre la sociedad y la historia véanse los trabajos de Mario Carretero (1995; Carretero y Voss, 1994; Voss y Carretero, 1998).

solo estudio en la literatura de investigación sobre las concepciones de los estudiantes en la que una concepción concreta de las profundamente arraigadas en los alumnos haya sido totalmente extinguida y sustituida por una nueva idea. La mayoría de las investigaciones muestran que hay sólo un éxito limitado en relación con la aceptación de las ideas nuevas y que las viejas ideas siguen básicamente 'vivas' en contextos particulares".¹⁶ Así pues, ¿es posible el aprendizaje de la ciencia, entendido como un cambio de mentalidad y no sólo como una simple acumulación de información o datos?

El aprendizaje de la ciencia como redescrición representacional

Aunque la visión que acabamos de presentar sobre el origen y naturaleza de las concepciones de los alumnos en términos de teorías implícitas puede parecer muy pesimista con respecto a las posibilidades de que el aprendizaje de la ciencia puede dar lugar a una verdadera reestructuración mental, no creemos que esa consecuencia negativa o pesimista se siga necesariamente de nuestro argumento. Al contrario, estamos convencidos de que esa reestructuración es no sólo necesaria, sino posible, y que si bien aprender ciencia implica de alguna forma ir más allá de nuestro equipamiento cognitivo de serie, que es un extra o añadido cultural que requiere condiciones de instrucción muy precisas, esa reestructuración es posible,¹⁷ siempre y cuando se conciba no como una sustitución de un conocimiento (intuitivo o implícito) por otro (científico o académico), sino más bien como un proceso de *redescrición representacional* de un conocimiento en otro, o si se prefiere de una integración jerárquica de

una forma de ver el mundo en otra.¹⁸ Partiendo de las teorías de sistemas, podemos asumir que existen niveles jerárquicos dentro de los sistemas (en este caso de los sistemas de conocimiento), de tal manera que los niveles inferiores (en este caso, las teorías implícitas) restringen el funcionamiento de los niveles superiores (el conocimiento científico), además de tener un funcionamiento más simple o económico por lo que los sistemas más primitivos suelen ser más robustos y tener una prioridad funcional: todo aquello que puede lograrse con el sistema más simple, no necesita la acción del sistema más complejo; pero a su vez, los niveles superiores reestructuran —en nuestro caso redesciben representacionalmente— a los niveles inferiores, generando nuevas funciones y posibilidades a partir de ellos, de manera que pueden realizar operaciones inicialmente imposibles en el sistema. Por tanto, la función de los nuevos sistemas,

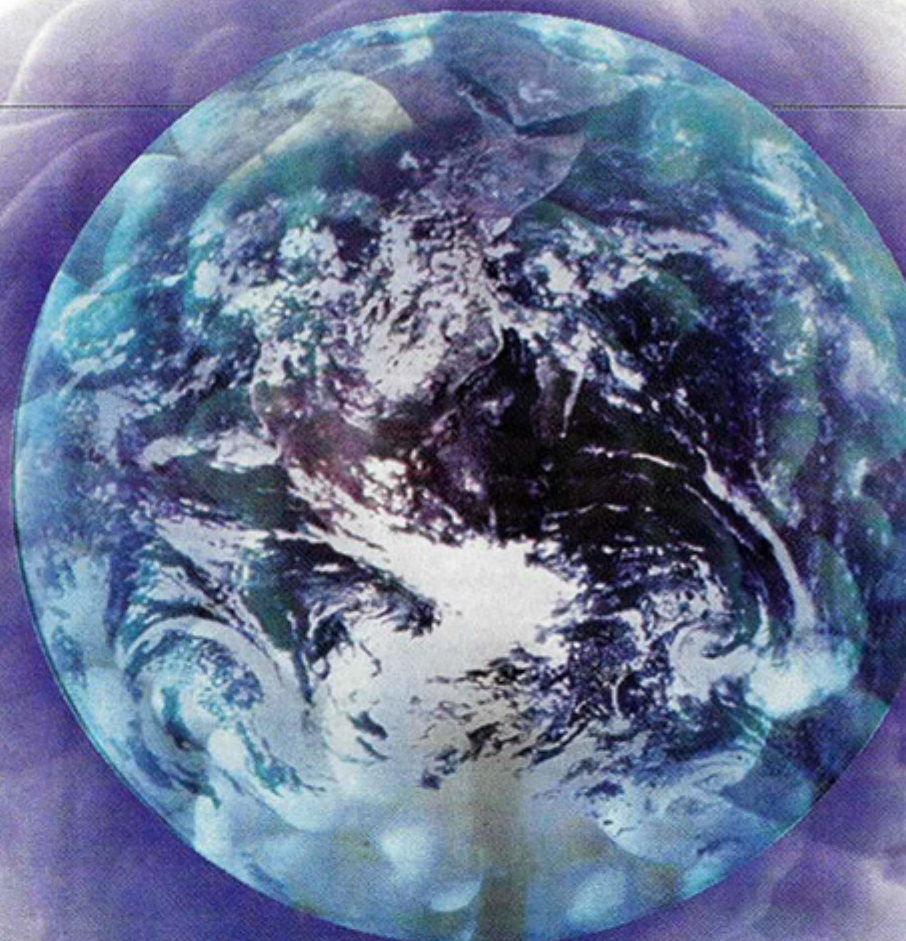
jerárquicamente superiores (en este caso, el conocimiento científico) no es suplir al sistema más antiguo (el conocimiento intuitivo o implícito), sino generar a partir de él nuevas funciones cognitivas, que aumenten la potencia cognitiva del sistema, pero sin renunciar o eliminar aquella eficacia de los sistemas más simples.¹⁹

Podemos encontrar ejemplos de esta integración jerárquica de sistemas en muchos ámbitos. No podemos escribir una novela o estas líneas sin un conocimiento, aunque

¹⁶ Duit (1999, pág. 270).

¹⁷ Ver para más detalle de este argumento Pozo (2001), Pozo y Gómez Crespo (1998, 2000).

¹⁸ El concepto de redescrición representacional lo tomamos de Karmiloff-Smith, aunque no estamos seguros de que el sentido en el que lo usamos (ver Pozo, 2001; Pozo y Rodrigo, 2001) sea idéntico al propuesto por esta autora. La idea de integración jerárquica en el aprendizaje del conocimiento científico la hemos desarrollado en Pozo (2001) y Pozo y Gómez Crespo (1998) o para el cambio de las teorías implícitas sobre el aprendizaje en Pozo et al. (1999).

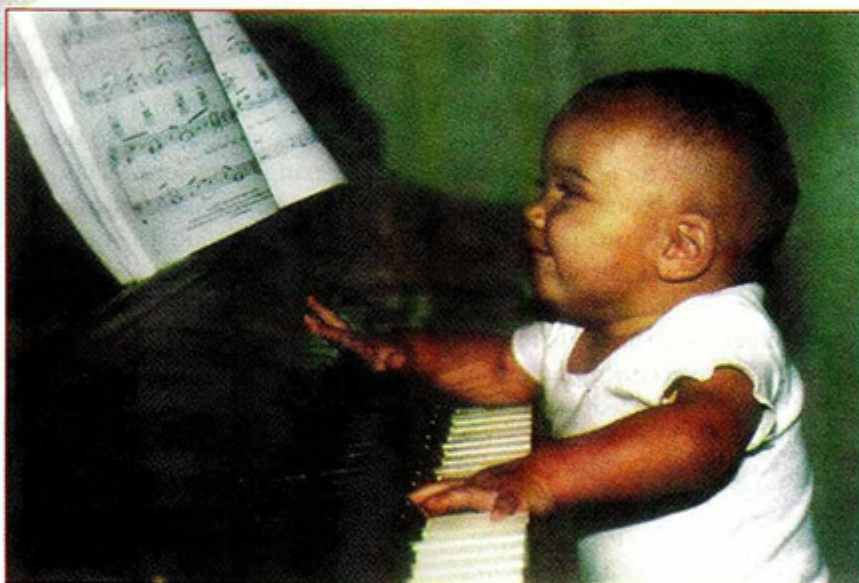


sea implícito, de la gramática, pero sería absurdo reducir estas líneas a conocimiento gramatical. Aunque *Cien Años de Soledad* o todas las estrofas de Neruda se compongan únicamente de una serie de signos, similares a los que usamos para escribir y leer, la combinación de esas letras y signos forma un sistema nuevo, una nueva estructura, que no tendría sentido analizar en términos alfabéticos. Otro tanto sucede con la relación entre los sistemas biológicos y los sistemas físicos; en cuanto organizaciones o sistemas más complejos, los seres vivos no pueden reducirse

También dentro del propio funcionamiento cognitivo podemos encontrar niveles diferentes de complejidad. Las formas más simples, de naturaleza implícita o no consciente, son más antiguas, tanto en la filogénesis como en la ontogénesis, que las formas conscientes o explícitas, que nos proporcionan el verdadero conocimiento (que consiste en saber que sabemos). Todos tenemos representaciones implícitas del mundo, mapas en los que nos movemos sin saber que estamos en ellos. Aprender ciencia es, de alguna manera, reconstruir esos mapas, haciéndonos para ello conscientes de

aprendizaje de la ciencia, no pueden ser abandonadas ya que tienen funciones pragmáticas muy relevantes en el sistema cognitivo (no hay forma de calcular *on line* si ese balón nos va a golpear sin ellas; o sería muy costoso saber qué significa exactamente esa sonrisa sin nuestra intuición).

El conocimiento científico no puede sustituir a otras formas del saber, pero sí puede integrar jerárquicamente algunas de ellas, redescubriendo (es decir, explicando) sus predicciones. Para ello hay que abandonar la idea de que esos conocimientos previos son concepciones erróneas —o *misconceptions*—, el término más utilizado durante muchos años, y en su lugar intentar que ese conocimiento científico sirva para dar sentido a las representaciones encarnadas que todos tenemos (la química debe redescubrir ciertos fenómenos de cocina pero no es posible reducir la cocina a un fenómeno químico; la medicina debe ayudarnos a entender nuestros dolores y reacciones corporales, pero no a abandonarlos; la psicología evolutiva puede ayudarnos a entender cómo aprenden a hablar los niños, pero eso no debe hacernos cambiar la forma de interactuar con ellos: durante siglos los niños han aprendido a hablar sin que nadie supiera explícitamente cómo lo hacían... gracias, entre otras cosas, a que los padres generan implícitamente escenarios ideales para la adquisición del lenguaje). La función del conocimiento científico es epistémica (entender



al funcionamiento de un sistema físico, por más que todas sus propiedades deban respetar fielmente las leyes (más elementales) de la física. Lo mismo sucede con el funcionamiento cognitivo: sólo puede ocurrir en sistemas físicamente viables —es decir, congruentes con las leyes físicas— pero no puede explicarse en términos físicos y ni siquiera biológicos, por más que muchos físicos, o biólogos, en su afán reduccionista, busquen reducir la mente a materia.²⁰

su existencia. Pero eso no significa que los abandonemos, ya que en buena medida, por su carácter primitivo, muchos de esos mapas son más antiguos que nosotros; somos parte de ellos, más que ellos parte de nosotros, del mismo modo que el aire que respiramos es, desde el momento en que lo respiramos, parte de nuestro propio cuerpo. Podemos reconstruirlos, como el aire nos reconstruye a nosotros, pero no destruirlos ni eliminarlos. Así que las teorías implícitas, aun después del

¹⁹ Lorenz (1996) y Dawkins (1976) ofrecen magníficos ejemplos de esta organización sistémica en el campo de la biología. Simon (1962) hace otro tanto en el ámbito de la ciencia cognitiva. Por nuestra parte hemos intentado ofrecer una explicación de los niveles de análisis cognitivo en términos de una jerarquía de niveles representacionales (Pozo, 2001), de la que la adquisición de conocimiento científico sería un ejemplo.

²⁰ Ver este argumento más detallado en Pozo (2001).

por qué pasan las cosas) y ello nos ayudará a reestructurar las situaciones cuando las cosas de hecho no vayan bien (cuando la función pragmática de las teorías implícitas fracase).

En suma, más que acumular saberes o sustituir unos por otros, la educación científica debe promover una reflexión o redescipción representacional de unos saberes en otros, en la conciencia de que ciertas formas de conocimiento (científico) tienen mayor potencia representacional —o en el sentido de Lakatos, un exceso de contenido empírico— con respecto a otras formas de conocimiento más simple, que sin embargo tienen una gran funcionalidad cognitiva. Todos seguimos viendo al Sol moverse por el horizonte, aunque en cierto nivel de análisis (jerárquicamente superior) sabemos que no se mueve. La teoría científica puede redescipir nuestra experiencia encarnada, sensorial, pero no al contrario. Y, a su vez, esa teoría científica puede ser redescipida por otra (en realidad ahora sabemos que el Sol sí se mueve como consecuencia de la expansión continua del universo...).

Por tanto, frente a la idea de que el conocimiento científico debe sustituir al conocimiento cotidiano —que es la que ha predominado en los modelos didácticos del cambio conceptual, y es la que justifica la anterior afirmación de Duit—, debemos asumir que la función de la enseñanza de la ciencia es promover una redescipción o explicación de ese conocimiento cotidiano en términos de modelos científicos más complejos y potentes, lo

cual requiere considerar también ese cambio representacional como un sistema complejo en el que al menos deberemos considerar tres procesos de aprendizaje interrelacionados:²¹

1) Una *reestructuración teórica*: frente a las estructuras simplificadoras del conocimiento cotidiano, basado en reglas asociativas de aprendizaje implícito que hemos visto (covariación, contigüidad, semejanza, etc.) que se basan en una causalidad lineal, el conocimiento científico requiere interpretar los fenómenos en términos de relaciones de interacción y conservación dentro de sistemas tendentes a ciertos estados de equilibrio dinámico.

2) Una *explicitación progresiva* de las representaciones implícitas de los alumnos así como de las estructuras que a ellos subyacen, en forma de teorías implícitas, diferenciándolos de las estructuras y modelos utilizados por las teorías científicas. Ello implica no sólo una reflexión o toma de conciencia del alumno sobre sus conocimientos implícitos, sino también el dominio de los lenguajes y sistemas conceptuales que permiten explicitar o redescipir esos conocimientos en términos de sistemas conceptuales más potentes.

3) Una *integración jerárquica* de las diversas formas de conocimiento cotidiano y científico. Frente al supuesto de que la enseñanza de la ciencia debe estar dirigida a que el alumno abandone su ciencia intuitiva, sus teorías implícitas, parece que la función de la instrucción científica debería ser más bien ayudar al alumno a

reconstruir y redescipir sus intuiciones, situándolas en un nuevo y más potente marco conceptual, pero sin abandonarlas, ya que forman parte no sólo de su sentido común sino de su acervo cultural.

Entendido así, el aprendizaje de la ciencia no sólo hace necesaria la reestructuración mental sino que, sobre todo, la hace posible. La ciencia es una construcción cultural que nos permite representar el mundo más allá de ese equipamiento cognitivo de serie con el que todos venimos, nos permite acceder a otros mundos posibles además del mundo real (tridimensional, mesocósmico, vigente) en el que todos vivimos de una forma encarnada. La ciencia es un lujo cultural que debe ser accesible a todos, porque nos abrirá los ojos (de la mente) a un nuevo mundo. Retomando el texto del escritor español Juan José Millás, con el que iniciamos este artículo, no debemos pensar que acceder a ese nuevo mundo debe hacernos olvidar lo más propio y cercano que tenemos, nuestro propio cuerpo y la experiencia mental que nos proporciona. Dice Millás: "*Entre uno mismo y la realidad se interponen multitud de impurezas: la más grave de ellas es sin duda el cuerpo. No estoy proponiendo que nos despojemos de él (entre otras cosas no sabríamos cómo hacerlo), sino constatando que su espesor nos impide el contacto con todo lo esencial*".²² No podemos abandonar nuestra experiencia mental personal pero sí podemos enriquecerla accediendo a nuevas representaciones, que al modo de *prótesis cognitivas*, nos permiten acceder a nuevas experiencias, construir nuevos mundos representacionales en los que también podemos vivir. Pero se trata de unas prótesis cognitivas que deben reconstruir de algún modo nuestras estructuras mentales, de-

DICE MILLÁS:

"ENTRE UNO MISMO Y LA REALIDAD SE INTERPONEN MULTITUD DE IMPUREZAS: LA MÁS GRAVE DE ELLAS ES SIN DUDA EL CUERPO. NO ESTOY PROPONIENDO QUE NOS DESPOJEMOS DE ÉL (ENTRE OTRAS COSAS NO SABRÍAMOS CÓMO HACERLO), SINO CONSTATANDO QUE SU ESPESOR NOS IMPIDE EL CONTACTO CON TODO LO ESENCIAL"

ben incorporarse (en el sentido literal del término) para ayudarnos a ver más allá de nuestros límites encarnados. Esa es, en nuestra opinión, la meta y el reto de la educación científica: reconstruir las estructuras mentales incorporando ciertos conocimientos culturales especialmente valiosos, que nos permitan, a la vez, generar nuevos mundos mentales. □

²¹ Según Pozo y Gómez Crespo (1998)

²² Juan José Millás. *Cuerpo y prótesis*. Madrid: Ediciones El País/Aguilar.

Bibliografía

Carretero, M. Construir y enseñar. Las Ciencias Sociales y La Historia. Buenos Aires: Aique. 1995.

Carretero, M. y Voss, J.F. Cognitive and instructional processes in History and Social Sciences. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. 1994.

Claxton, G. Educating the inquiring mind. The challenge for school science. London: Harvester. 1991. (Trad. Cast. de G. Sánchez: *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor, 1994).

Damasio, A. Descartes's error. Emotion, reason and the human brain. N. York: Avon Books. 1994. (Trad. cast. de J. Ros: *El error de Descartes*. Barcelona: Critica, 1996).

Dawkins, R. Hierarchical organization: a candidate principle for ethology. En: P. Bateson y R.A. Hinde (eds.) *Growing points of ethology*. Cambridge, Cambridge Univ. Press. 1976.

Duit, R. Conceptual change. Approaches in science education. En: W. Schnotz; S. Vosniadou y M. Carretero (eds.) *New Perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier. 1999.

Dunbar, R. The trouble with science. 1995. (Trad. cast. De M. Ferrero: *El miedo a la ciencia*. Madrid: Alianza, 1999).

Gómez Crespo, M.A. y Pozo, J.I. La comprensión de la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. *Tarbiya*, 26, 117-139. 2000.

Gómez Crespo, M.A. y Pozo, J.I. La consistencia de las teorías sobre la naturaleza de la materia: Una comparación entre las teorías científicas y las teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4), 441-459. 2001.

Gopnik, A.; Meltzoff, A. y Kuhl, P. The scientist in the crib. N. York: William Morton. 1999.

Hauser, M.C. Wild minds. N.York: Holt and co. 2000. (Trad. cast de A. Herrera: *Mentes salvajes*. Barcelona: Granica, 2002).

Karmiloff-Smith, A. Beyond modularity. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University press. 1992. (Trad. cast. de J.C. Gómez y M. Núñez: *Más allá de la modularidad*, Madrid: Alianza, 1994).

López Manjón, A. La teorías intuitivas en Medicina. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 49, (1), 111-125. 1996.

Lorenz, K. Innate bases of learning. En: K.H. Pribram y J. King (eds.) *Learning as self-organization*. Mahwah, N.J.: Erlbaum. 1996.

Mortimer, E. Perfiles conceptuales: modos de pensar y modos de hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4). 2001.

Nieto, J. y Macedo, B. El currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años. Santiago de Chile: Unesco; Madrid: OEL. 1997.

Pedrinaci, E. Procesos geológicos internos: entre el fijismo y la Tierra como sistema. *Alambique*, 18, 7-17. 1998.

Pérez Echeverría, M.P.; Mateos, M.; Pozo, J.I. y Scheuer, N. En busca del constructivismo perdido: concepciones implícitas sobre el aprendizaje. *Estudios de Psicología*, 22 (2), 155-173. 2001.

Picard, R. The affective computers. Trad. cast. en: I. Morgado (ed.) *Emoción y conocimiento. La evolución del cerebro y la inteligencia*. Barcelona: Tusquets. 2002.

Pozo, J.I. Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Madrid: Visor. 1987.

Pozo, J.I. ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que les enseñamos? El caso de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8 (1), 13-19. 2000.

Pozo, J.I. Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne. Madrid: Morata. 2001.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata. 1998.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. Más allá del "equipamiento cognitivo de serie": la comprensión de la naturaleza de la materia. En: M. Benlloch (ed.) *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós. 2002.

Pozo, J.I.; Gómez Crespo, M.A. y Sanz, A. When conceptual change does not mean replacement: different representations for different contexts. En: W. Schnotz; S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.) *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier. 1999.

Pozo, J.I. y Rodrigo, M.J. Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4), 407-423. 2001.

Pozo, J.I.; Scheuer, N.; Pérez Echeverría, M.P. y Mateos, M. El cambio de las concepciones de los profesores sobre el aprendizaje. En: J.M. Sánchez, A. Oñorbe e I. Bustamante (Eds.) *Educación Científica*. Madrid: Ediciones de la Universidad de Alcalá. 1999.

Scheuer, N.; Pozo, J.I.; De La Cruz, M. y Baccala, N. ¿Cómo aprendi a dibujar? Las teorías de los niños sobre el aprendizaje. *Estudios de Psicología*, 22 (2), 185-205. 2001.

Simon, H.A. The architecture of complexity. 1962. (Trad. Cast.: H. Simon: *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona: A.T.E., 1979).

Voss, J.F. y Carretero, M. Learning and reasoning in history. Londres: Woburn Press. 1998.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMAS DE PREGRADO
CARRERAS**

- BACTERIOLOGÍA**, Registro ICFES 17014616001100111100
- BIOLÓGIA**, Registro ICFES 170145740001100111100
- INFORMÁTICA MATEMÁTICA**, Registro ICFES 170140045101100111100
- MICROBIOLOGÍA AGRÍCOLA Y VETERINARIA**, Registro ICFES 170145746301100111100
- MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL**, Registro ICFES 170146600621100111100
- NUTRICIÓN Y DIETÉTICA**, Registro ICFES 170146120301100111100

El objetivo fundamental de los diferentes programas es la formación de profesionales que desarrollen habilidades aptitudes a un nivel competitivo, investigativo y ético, asumiendo posiciones de liderazgo que contribuyan a solucionar problemas prioritarios en el país, desde las funciones de los diferentes campos de formación profesional.

Crear en los egresados la necesidad de actualización y profundización de los temas propios de su disciplina en función de mantener al profesional en las fronteras del conocimiento.

Dirigido a Bachilleres o profesionales que deseen ampliar su formación profesional.

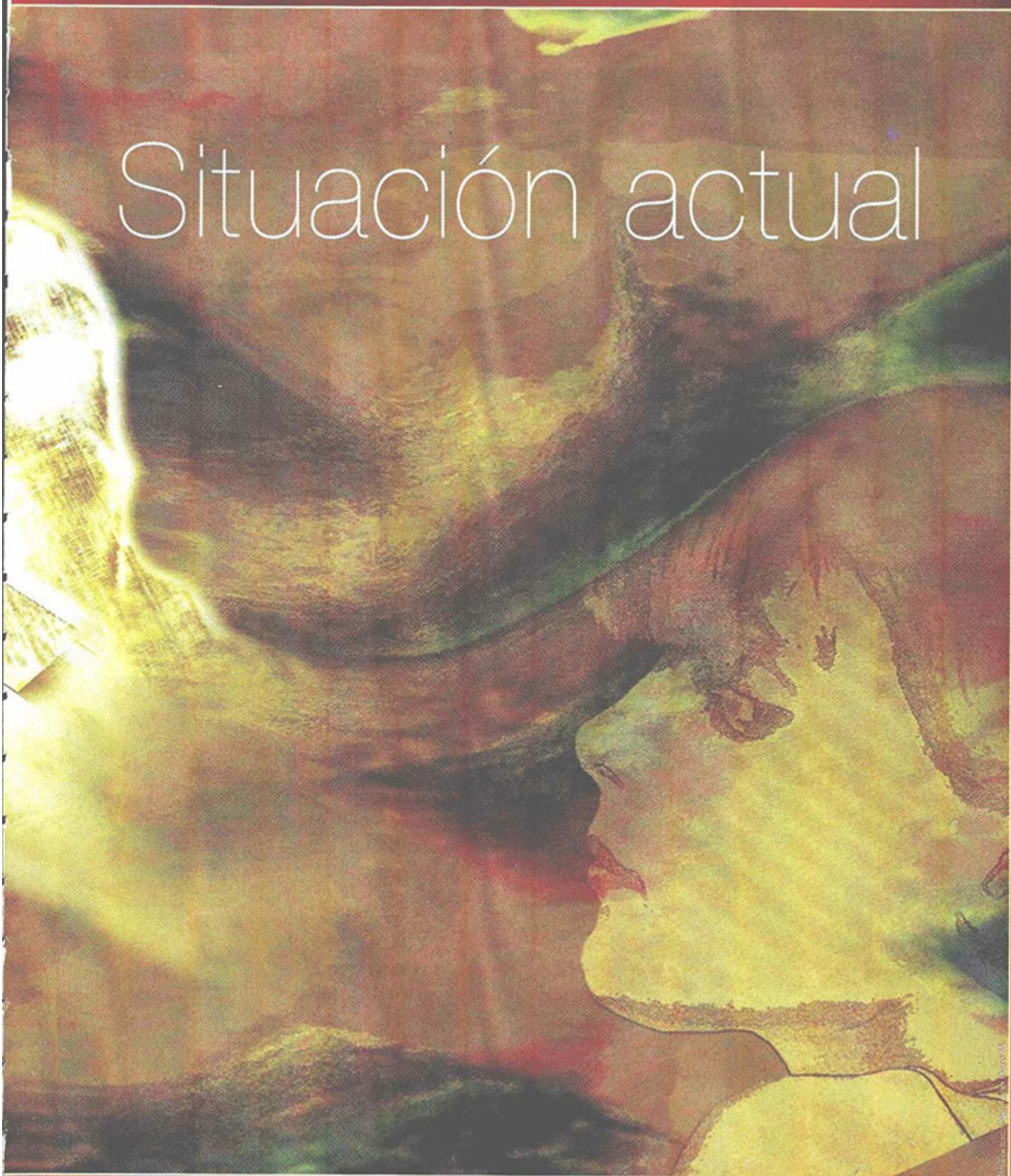
Duración: 10 semestres
Horario: Lunes - Viernes
Jornada: Diurna

TELÉFONOS: 3208320 Ext. 2056 FAX: 2850503
BUZÓN ELECTRÓNICO: admisión@javeriana.edu.co

- TÍTULOS QUE OTORGA:**
- Bacteriólogo (a)
 - Biólogo (a)
 - Microbiólogo (a) Agrícola y Veterinaria
 - Microbiólogo Industrial
 - Informático Matemático
 - Nutricionista - Dietista

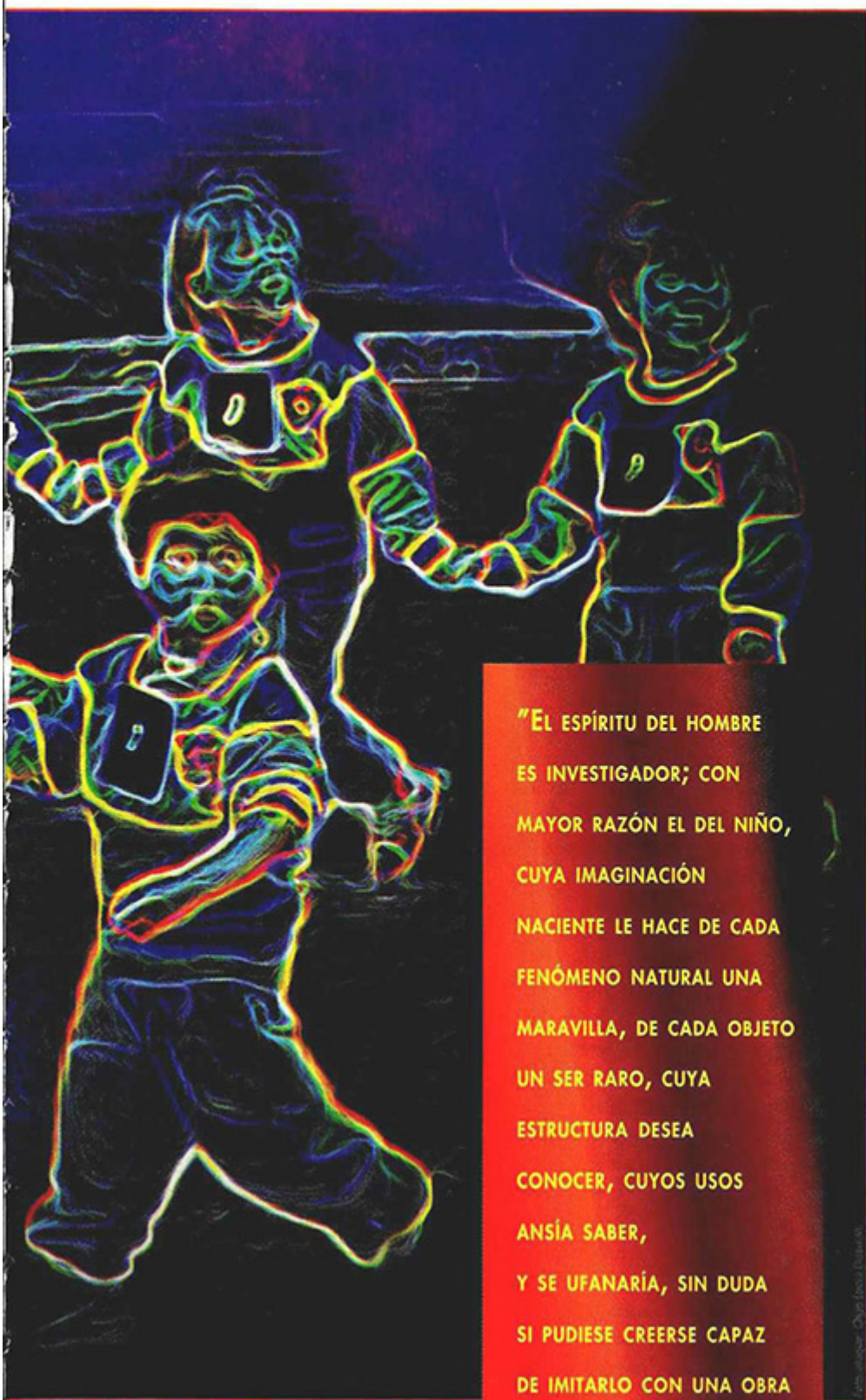


Situación actual



La enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria colombiana

De las lecciones
objetivas al estudio
de la naturaleza
(1870-1946)



"EL ESPÍRITU DEL HOMBRE
ES INVESTIGADOR; CON
MAYOR RAZÓN EL DEL NIÑO,
CUYA IMAGINACIÓN
NACIENTE LE HACE DE CADA
FENÓMENO NATURAL UNA
MARAVILLA, DE CADA OBJETO
UN SER RARO, CUYA
ESTRUCTURA DESEA
CONOCER, CUYOS USOS
ANSÍA SABER,
Y SE UFANARÍA, SIN DUDA
SI PUDIESE CREERSE CAPAZ
DE IMITARLO CON UNA OBRA
DE SUS MANOS..."

Aurelio H. Usón Jaeger

Biólogo, Ph.D.

Ciencias de la Educación

Asesor, Instituto Para la Investi-
gación Educativa y Desarrollo
Pedagógico (IDEP)

Alcaldía Mayor de Bogotá.

E-mail: ausonidep@yahoo.com

Bajo el epígrafe 'didáctica de las ciencias', se ha desarrollado con particular énfasis desde la década de los años 70, una creciente actividad investigadora e innovadora con énfasis en la búsqueda, diseño, desarrollo y evaluación de estrategias pedagógicas orientadas a comprender y superar problemas didácticos específicos asociados a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, a nivel escolar se le ha prestado muy poca atención a la *historia de la enseñanza de las ciencias naturales*, entendida como un conjunto disponible de estudios históricos sobre temáticas tales como los currículos de ciencias, los textos para estudiantes o maestros, y las prácticas reales que hubo. De hecho, los trabajos sobre historia de la enseñanza de las ciencias constituyen menos del 5% del total de las publicaciones en las revistas especializadas en enseñanza de las ciencias (Adúriz Bravo, 2001), no obstante, existen abundantes fuentes primarias para su estudio. A modo de ejemplo, tan solo en España, entre 1892 y 1936 hemos podido catalogar 134 trabajos publicados sobre didáctica de las ciencias para la escuela primaria española, escritos en castellano o traducidos a este idioma (Usón Jaeger, 2002). Hoy en día, la historia de la enseñanza de las ciencias, puede considerarse un cam

po interdisciplinar en emergencia, que reconoce el hecho elemental de que "tal y como la ciencia puede aprender de su historia, la didáctica de las ciencias puede aprender de la suya" (Matthews, 1991). Concretamente, en este artículo, ofrecemos al lector algunos apuntes para comen-

zar a aproximarnos a las orientaciones que se presentaron para la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria colombiana entre 1870 y 1946. Rescatamos propuestas tal y como fueron formuladas en las sucesivas legislaciones, textos de pedagogía y libros escolares de la época. Precisamente es en dicho período, cuando con ritmos y énfasis diferentes, según los países y a través de las llamadas "lecciones objetivas", la historia natural, la física y la química comenzaban a introducirse paulatinamente en los currículos escolares primarios para posteriormente combinarse con los nuevos paradigmas pedagógicos y científicos de entonces, configurando aquella materia escolar que se llamó "estudio de la naturaleza". Los avatares señalados en este trabajo nos ayudarán a comprender, desde una perspectiva histórica, el origen, evolución y vigencia de algunas de las ideas y también las dificultades que hoy en día persisten para la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria colombiana.

Las lecciones objetivas

La introducción de la enseñanza de las ciencias para la educación primaria en todo el territorio del entonces llamado Estados Unidos

...EL HIJO DEL
HUMILDE ARTESANO
QUE HOY SE NOS
CONFÍA, SERÁ
MAÑANA JEFE
DEL INSTITUTO
BOTÁNICO
O DEL JARDÍN
ZOOLOGICO...

de Colombia fue contemplada en 1870, con el decreto orgánico de instrucción pública primaria firmado por el presidente Eustorgio Salgar. Precisamente es en las llamadas escuelas superiores de niños donde se incluye la enseñanza de «ramos» tales como nociones de física, mecánica, química e historia natural junto

con una diversidad de materias¹. El correspondiente decreto, inspirado en las ideas de Dámaso Zapata, el prócer de la educación colombiana, afirma que la inteligencia de los niños ha de cultivarse y estimularse para que los disponga en aptitud de descubrir por sí mismos las reglas, los motivos y los principios de lo que se aprende. Además, dicha legislación rechaza método alguno que tienda a producir el desarrollo de la memoria a expensas del entendimiento, o a inculcar a los niños un saber puramente mecánico. En los periódicos pedagógicos de la época se publican artículos de profesores de las escuelas normales sobre los programas para la formación de maestros en áreas como la historia natural (Varas Vega, 1875), y textos diversos donde resaltan el interés de las ciencias naturales para la educación de los niños y su importancia para el desarrollo económico y social del país (Martínez Zenón, 1873). Como botón de muestra ofrecemos leer el siguiente texto:

"El espíritu del hombre es investigador; con mayor razón el del niño, cuya imaginación naciente le hace de cada fenómeno natural una maravilla, de cada objeto un ser raro, cuya estructura desea conocer, cuyos usos ansía saber, y se ufana-

ría, sin duda si pudiese creerse capaz de imitarlo con una obra de sus manos... Nuestra patria es joven aún; cuenta con espesas selvas enriquecidas con todos los productos que una naturaleza virgen y la fecunda zona intertropical pueden conceder; ¡Cuántos bálsamos, cuántas resinas, cuántos productos útiles a la humanidad doliente se encuentran ahí! Y sin embargo, la naturaleza guarda sus tesoros, esperando para rendir sus secretos, ...Enseñando estas ciencias en la escuela engendremos la prosperidad de Colombia. Digo más la democracia, porque el hijo del humilde artesano que hoy se nos confía, será mañana jefe del instituto botánico o del Jardín Zoológico o subirá con Caldas, con gloria a las gradas del observatorio" (Pinillos Monroi, 1874).

De acuerdo con la «Guía de Institutores» de Romualdo B. Guarín (1875), en la escuela primaria deben enseñarse los elementos más sencillos de las ciencias naturales que tienen relación directa con la vida. El



objetivo es preparar al estudiante para entrar en un estudio profundo de aquellos ramos que estén relacionados con la ocupación que piensa adoptar. En consonancia con el gran desarrollo de la ciencia acontecido en el siglo XVIII y XIX en dicha guía se expresaba que no se podría llamar educado a un hombre que ignorase los más sencillos fenómenos de la naturaleza que lo rodean y lo confrontan por todas partes. Es así como el modo de enseñar las ciencias se debía fundamentar en las llamadas *lecciones objetivas*² o también llamadas lecciones de cosas en honor a su lema *cosas antes que palabras*. Tales lecciones consistían en su versión más idealizada que –por medio de una sencilla conversación con el niño– se estimulaba tres operaciones básicas: 1) Observación del objeto o fenómeno natural maximizando el uso de sus sentidos, 2) comprensión intuitiva del mismo, y 3) finalmente, la generalización orientada a que el estudiante indujera la “ley” o característica general de la naturaleza.

El nuevo pensum de la escuela primaria, aprobado en 1886, en el marco del plan Núñez elimina de plano la enseñanza de las *nociones de física, mecánica, química, historia natural* en la escuela primaria superior. De acuerdo con los ideales regeneracionistas, el objetivo de la escuela es formar hombres sanos de cuerpo y espíritu, dignos y capaces de ser ciudadanos de una sociedad republicana, civilizada y libre. Dicho plan centra los currículos de la escuela primaria en un conjunto de materias consideradas de máxima prioridad para toda la nación. Las ciencias naturales apenas quedan integradas en las lecciones objetivas



destinadas para los primeros dos años de escolaridad. En realidad, la finalidad principal de este tipo de estudios objetivos no era tanto el aprendizaje de las ciencias, ni siquiera ejercitar los sentidos, sino paradójicamente, las lecciones objetivas, con listados de palabras relativas a objetos, lo que se convierte más bien en una iniciación al lenguaje adulterando –de facto– la conocida regla de oro de las lecciones objetivas de *cosas, antes que palabras*. No es hasta 1893, fecha en que se aprueba el denominado plan Zerda, cuando las ciencias naturales se integran de forma graduada en las tres secciones establecidas en el nuevo plan escolar de enseñanza primaria. Así, en la *sección elemental*, las ciencias naturales se enseñan a través de las llamadas lecciones objetivas como ocurrió en el plan Núñez. Por su parte, en la *sección*

media aparece una asignatura denominada propiamente “historia natural” y en la *sección superior* la asignatura “historia natural y física”. Cabe destacar que de nuevo la legislación de la época *prohíbe* la enseñanza fundada en el ejercicio exclusivo de la memoria. A pesar de que el reglamento exigía que el método de enseñanza fuese el de pestalozzi, *perfeccionado*, también permitía que los métodos de enseñanza pudieran variar según la materia que se enseñara, de la clase de alumnos y también del maestro. Curiosamente la legislación hizo unas breves acotaciones metodológicas para el caso de la historia natural donde dice que *deberá ser puramente elemental, destinada únicamente a crear el gusto y la afición de los niños a este estudio*. Además, esta enseñanza se realizaría a través de monografías de los animales, plantas y minerales más útiles. Nada debía enseñarse al niño sin que se le mostrara el objeto mismo, o un dibujo que lo representara.

Para la física se contempla la descripción y explicación de los principales fenómenos de la naturaleza tales como la lluvia, la nieve, el rayo, la combustión con particular

¹ Lectura, escritura, aritmética, el sistema legal de medidas y pesas, elementos de lengua castellana, ejercicios de composición y recitación, nociones generales de higiene y de geografía e historia patria, canto, elementos de álgebra, de geometría y sus aplicaciones más usuales, especialmente el dibujo lineal; teneduría de los libros. Para la escuela de niñas sólo se enseñaban los “principales ramos” a juicio del Director de la Instrucción Pública y por ende cabe esperar que dicha materia no se impartía.

² La pedagogía objetiva, intuitiva o pestalozziana fue introducida en Colombia por don José María Triana en la Escuela normal Lancasteriana de Bogotá entre 1845 y 1847, como un recurso para mejorar la enseñanza mecánica de gramática y aritmética.



énfasis en aquellos puntos sencillos de interés general, de aplicación inmediata: el termómetro, el barómetro, la locomotora, las bombas, etc. En las primeras horas de la escuela debían enseñarse las materias que exigían, según este plan, una atención sostenida como son la religión, la aritmética y la gramática y en la horas siguientes del medio día las que fatigaban menos la inteligencia. De hecho, se recomendaba la enseñanza de las lecciones objetivas, historia natural y física para la penúltima hora del día lectivo justo antes del canto, obras de mano (para las niñas) y ejercicios calisténicos (para los niños).

La ley 39 de 1903 emitida durante el gobierno del conservador José Manuel Marroquín trató de responder a las exigencias de la clase empresarial y burguesa por una educación *más práctica* y más adecuada a los proyectos económicos del país. Concretamente la misión de la enseñanza primaria consistía en enseñar en el menor tiempo posible y de manera esencialmente práctica las nociones elementales, principalmente las que habilitan para la ciudadanía y preparan para la agricultura, la industria febril y el comercio. Para ello, la legislación creó y diferenció tres tipos de escuelas primarias: escuelas rurales alternadas, escuelas rurales de un solo sexo y las escuelas urbanas. Solamente en las escuelas urbanas estaba contemplada la enseñanza de las ciencias naturales, con una intensidad establecida por el maestro. Al igual que en el plan Zerd en la sección elemental la enseñanza de las ciencias se realiza a través de las lecciones objetivas³, en

la sección media se incluye la enseñanza de la historia natural⁴ y en la sección superior historia natural en quinto⁵ y física en sexto⁶.

Dicha legislación critica el excesivo verbalismo, memorismo y enseñanza libresca en la que habían caído las lecciones objetivas. A pesar de la supuesta *enseñanza práctica* que preconiza la ley, lo cierto es que, con pocas excepciones muchos libros escolares de comienzos del siglo XX, utilizados por los maestros, repiten en esencia las características más tradicionales de los libros del siglo anterior. En unos textos, las ciencias naturales se enseñan en forma de lecciones objetivas monográficas⁷, en otros más dirigidos a los grados medios y superiores⁸, las ciencias naturales se centran en definir conceptos y clasificar seres y fenómenos naturales de acuerdo con la lógica disciplinar tradicional de la historia natural. Sea cual fuere el tipo de libro, las lecciones objetivas se reducían a la memorización del conjunto de afirmaciones, o de preguntas y respuestas formuladas *a priori*, que siempre demandaban respuesta única dentro de la más clara tradición catequista. Además, la supuesta percepción multisensorial de las lecciones objetivas se reducía en la práctica, a visualizar los grabados de los libros escolares o a lo sumo a observar el objeto en el salón de clase, fuera de su contexto natural. Estos y otros defectos de la enseñanza de las ciencias fueron objeto de crítica en la época:

“Da pena y causa en verdad desconcierto, al ver por ejemplo textos de física de que nos servimos para propiciar nociones abstractas sobre las propiedades de la materia, nociones que se deslizan sin dejar huella por el espíritu del niño. Esto de un lado; de otro, tales textos no

van a la par con los modernos descubrimientos ...se sugiere que los textos den ejemplos de nuestra fauna y flora en vez de presentar ejemplares de animales y plantas extranjeras- (Mendoza, D. 1917, p. 141).

“Los acantopterigios y malacopterigios, vienen a colocarse con las criptógamas y fanerógamas en el mismo nivel de eficacia educativa que aquellos impronunciables nombres de las dinastías sirocaldaicas: markokempad, sisimorkad, chordormakup, etc., con que se ejerció en nuestra mocedad la flexibilidad de nuestra lengua”. (Ruiz Amado, 1920, p. 402).

Además de estas características, lo cierto es que la mayoría de los libros escolares utilizados en aquel entonces propugnan un utilitarismo antropocéntrico francamente ramplón. Aseveraciones como *que los puercoespines tienen púas que sirven para fabricar escobas, los castores tienen una piel que sirve para*

³ Año 1: Lecciones objetivas sobre muebles y útiles de la escuela, los vestidos más usuales y los animales domésticos más útiles al hombre. Año 2: Lecciones objetivas sobre plantas alimenticias más útiles al hombre, sobre los metales de mayor aplicación industrial y sobre las herramientas e instrumentos más empleados en las artes y oficios.

⁴ Año 3: Monografías sacadas del reino animal y conocimiento de las partes que componen el cuerpo humano. Año 4: Monografías sacadas de los reinos vegetal y mineral.

⁵ Monografías más circunstanciadas de los animales de servicio, de los vegetales más necesarios y de los minerales más útiles.

⁶ Nociones elementales. Propiedades principales de los cuerpos. Explicación del barómetro, del termómetro, de las bombas etc. Explicación de los fenómenos de la naturaleza, como la lluvia, el sereno, el rocío, el rayo, el trueno, etc.

⁷ García, A. Cartilla Objetiva. Contiene lecciones de cosas útiles y monografías sacadas del reino vegetal. Para uso de las escuelas del departamento del Cauca. Popayán: Imprenta Departamental. 1924.

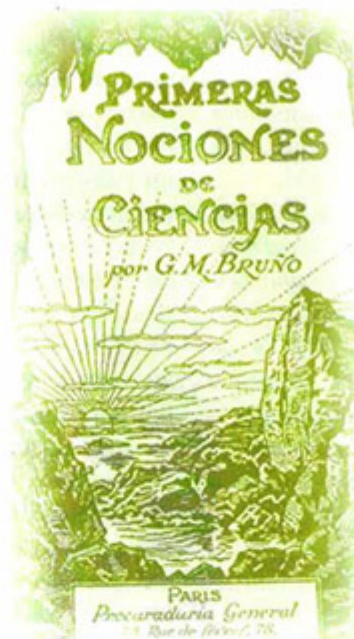
⁸ Bruño, G.M. Primeras Nociones de Ciencias. Ed. Bedout, Medellín y Barona, R. Lecciones de Historia Natural arregladas para las escuelas elementales. Librería Colombiana. Bogotá, 1920.

fabricar sombreros finos, eran frases fáciles de encontrar en los libros de la época. Nada o poco se decía acerca de la *función biológica* de las estructuras anatómicas de los seres, que sin duda juegan un papel clave para la adaptación y supervivencia del animal en su medio y que obviamente ya se sabía en aquel entonces. Finalmente, como no es de extrañar, por el control de la Iglesia en la educación establecido desde la firma del concordato con la Santa Sede en 1887 y la tradicional concepción creacionista y diluviocionista de la historia natural, el enfoque de la enseñanza de la misma es claramente confesional.⁹

Hacia el estudio de la naturaleza

Tres intelectuales colombianos de obligada mención que se preocuparon por el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria colombiana fueron el naturalista Joaquín Antonio Uribe (1858-1935), el médico-psiquiatra Miguel Jiménez López (1877-1955) y el célebre geólogo Ricardo Lleras Codazzi (1869-1940).

Joaquín Antonio Uribe, docente durante toda su vida, decía que cualquiera no es maestro, se necesita para ello un don especial, emanado de Dios que no se adquiere leyendo libros de pedagogía. Lo que se necesita es amar a los niños, educarlos e instruirlos. Para tal fin, nada mejor que la enseñanza de la historia natural, materia sobre la cual él era un auténtico experto. Uribe, consciente de las pocas referencias sobre la naturaleza colombiana en los libros de formación en historia natural de los institutores, escribió uno de los primeros compendios dirigidos a éstos, con abundantes referencias a la flora, fauna y gea nacional y por cierto muy actualizado desde el punto de vista científico. Su defensa de la enseñanza de la historia natural como estudio útil



y de gran valor estético y espiritual para todos, desde el labrador hasta el artista, pasando por el abogado queda plasmada en su célebre obra *Cuadros de la naturaleza*. Dicho libro, verdadera poesía en prosa, tiene por objetivo crear gusto y cariño por la naturaleza en general y más aún por la naturaleza colombiana. En esta obra Uribe afirma: *"El hombre ignorante es un viajero que recorre, ciego y mudo el mundo... Para el hombre culto, el mundo está*

⁹ En el prólogo del libro de Ramón Barona *Lecciones de Historia Natural* (edición 1917) firmado por Domingo Irurita se considera un "descuidillo" el que el autor hubiese omitido algunas nociones sobre el origen "verdadero y científico" del mundo natural. En vez de rectificar, las ediciones posteriores del libro omiten el prólogo incómodo del Sr. Irurita e incluye uno de Ángel Romero quien afirma que el fin principal de la enseñanza de las ciencias naturales es llegar a la idea de Dios.



animado, se estremece y habla. Su propuesta didáctica consiste en que la Historia Natural no se aprende tanto en los libros sino en la naturaleza misma con atenta observación.

"Corred sí al jardín, a la pradera, al bosque o al río. No necesitáis sino un lente y un cuaderno de apuntes. Todo lo que observéis, consignadlo en notas claras; llenad los bolsillos de pedruscos, de cucarrones... volved a vuestro gabinete de estudio y los libros os ayudarán en la agradable tarea de descubrir y clasificar las adquisiciones en el laboratorio..." (Uribe, J.A. 1912, p. 152).

Su siguiente obra *El Niño naturalista* (1935), pretende ser un libro de consulta para el estudio de la historia natural en la escuela. En dicho libro Uribe parte del principio de que los niños tienen un carácter frívolo y hasta cruel, de acuerdo con ello, nada mejor que además de observar directamente la naturaleza el niño aprenda las costumbres y simbología de los seres naturales. El niño que haya observado y que conoce, por ejemplo, las costumbres y significados de los diferentes seres naturales no los destruirá, al contrario los mirará como *hermanos* suyos, acreedores de su afecto.

El célebre médico boyacense, Miguel Jiménez López presentó al I Congreso Pedagógico Nacional su trabajo: *Tres enseñanzas indispensables para la escuela moderna* (1917). En él concluye que las lecciones objetivas son una enseñanza indispensable en la escuela primaria pero que éstas deben hacerse a través de las excursiones escolares garantizando el contacto directo con la naturaleza, no sobre objetos aislados del entorno y mucho menos sobre los grabados de los textos. En posteriores trabajos criticará las consabidas *comprobaciones experimentales de laboratorio* realizadas por el maestro supuestamente innovador.

"Los alumnos mismos saben, desde el principio de curso, que una mezcla de ciertos ingredientes producen sin remedio una explosión muy divertida y el desgraciado animalillo colocado debajo de la campana de la máquina neumática habrá de perecer en medio de convulsiones impresionantes... ¿Habrán inculcado estas exhibiciones en su espíritu la verdadera disciplina científica o habrán estimulado en él el espíritu de investigación? No, ciertamente. Aun más: la misma comprobación experimental por medio de aparatos respectivos de las leyes del péndulo o de las leyes que rigen la presión de los gases son también experimentos que confieren apenas una escasa disciplina científica, pues el alumno sabe de antemano que colocado en buenas condiciones podrá repetir apenas los resultados que otros han obtenido ya mucho mejor que él" (Jiménez López, 1917, p. 105).

En tal sentido Jiménez López afirma que el verdadero maestro de ciencias sabrá siempre diseñar experiencias de laboratorio, en torno a una serie de *problemas* concretos, sobre fenómenos de la vida diaria de utilidad inmediata y que motive al alumno a investigar por sí mismo para hallar las soluciones que no conoce de antemano. El pedagogo reformador trajo de Alemania, al químico alemán Julius Sieber quien puso en práctica semejantes preceptos en la Escuela Normal Central de Tunja.

De otra parte, el gran geólogo Ricardo Lleras Codazzi también aportó a la configuración en Colombia de la disciplina que hoy entendemos como *estudio de la naturaleza*. Sus lecciones en el Gimnasio Moderno, considerado éste como la primera escuela nueva de América del Sur, son recordadas por su fundador y rector con las siguientes palabras:





“Cuantas veces me juntaba a la caravana de chiquillos que marchaban tras de usted a la caza de insectos, de piedras y plantas ¡Todos hacíamos preguntas, y oíamos entusiastas las emocionantes relaciones que Usted nos hacía. ...en sus manos las mismas piedras, tomaban vida, la vida dramática de la tierra entera registrada por los siglos” (Nieto Caballero, A. 1925).

La obra *Conversaciones de Papá Rico* (1925), título del libro y nombre cariñoso por la que los pequeños estudiantes del Gimnasio Moderno conocían a Lleras Codazzi, recopila lecciones dictadas por el insigne científico en esta institución escolar. Lecciones tituladas *en defensa de las plantas, los cambios en los organismos vegetales, un quelonio que tiende a desaparecer, las aves migratorias*, entre otras, recogen las modernas concepciones dinámicas, ecológicas y etológicas de las ciencias naturales que permitían una comprensión mucho más holística del fenómeno natural y de mayor interés para los niños que el tradicional enfoque clasificatorio/analítico de la historia natural.¹⁰

Recogiendo este espíritu innovador para la enseñanza de las ciencias y en general la influencia de la escuela activa europea en Colombia, en 1935 se adoptó oficialmente en toda la República el llamado *programa de ensayo* que contenía

un bosquejo del pensum para los primeros cuatro años de la educación primaria, tanto para la escuela rural como para la urbana.¹¹

Con este mapa general se esperaba que el maestro, desarrollara su iniciativa y creatividad creando proyectos pedagógicos en diversas áreas entre las que por primera vez aparece una concepción más integrada de las *ciencias naturales*. El programa fue concebido como un plan de trabajo de proyectos pedagógicos que debían contemplar actividades de observación, asociación y expresión estructuradas en torno a los siguientes centros de interés: *la vida en el hogar y la escuela* (año 1), *la vida en la comunidad* (año 2), *el municipio y el departamento* (año 3) y *la nación* (año 4). De acuerdo con las orientaciones dadas en la *Revista del Maestro* y tratados de pedagogía de la época¹² se consideraba que las ciencias naturales podían ser con extrema facilidad *lo mejor o peor* que haya en todo el trabajo escolar. Para la enseñanza de las ciencias se señalaban dos reglas: aprender pocas cosas, pero estudiarlas cuidadosamente y con profundidad. En segundo lugar, no enseñar *al revés de la naturaleza*, comenzando por las nomenclaturas, las clasificaciones, los principios y las definiciones. El interés del estudio de los seres naturales para los niños estriba en saber aspectos dinámicos-ecológicos de los mismos, es decir, cómo se transforman, se desarrollan y se relacionan entre sí, y se adaptan a su ambiente, enfatizando en la importancia que tienen para la salud y avance tecnológico del ser humano. Desde el punto de vista metodológico la observación directa de la naturaleza y la experimentación son los ingredientes didácticos esenciales. Todo el material de observación y de

experimentación que se necesita para ello está en el entorno inmediato de la escuela debiendo ser recopilado y/o construido en ella misma. Se quiere desterrar la idea, de que se requieren sofisticados y costosos laboratorios y museos escolares adquiridos para realizar una enseñanza efectiva de esta materia.

Gustavo Uribe, Director Nacional de Educación Primaria en 1940, suprime los programas basados en los centros de interés y presenta una serie de planes de estudio que desarrollan de forma separada las distintas materias de enseñanza primaria. La justificación de tal cambio se hizo aduciendo que la enseñanza había perdido su especificidad y sistematicidad y que en consecuencia el alumno no aprendía. La supresión de los centros de interés, pero el mantenimiento y desarrollo de los principios de la escuela activa, por parte del plan de Gustavo Uribe, discípulo de Nieto Caballero, permitió un mayor desarrollo de una didáctica *específica* de las diferentes áreas, tal es el caso de la didáctica de

¹⁰ Similar concepción para la enseñanza de las ciencias naturales y de la geografía la tuvo el profesor Diego Castro Barrera quien recoge muchas de las ideas planteadas por Enrique Rioja en España. Castro Barrera, D. *Las ciencias del espacio y del tiempo*. Revista Educación, Año III, Nº 21. 1933.

¹¹ Los años quinto y sexto se convertirían en dos años de escuela complementaria orientada hacia los distintos oficios y artes. Las indicaciones acerca de los contenidos y métodos de los dos años de escuela complementaria son mínimas y de carácter general, ya que se busca dejar en libertad a las distintas regiones a fin de que ellas lo organicen de acuerdo con las facilidades de la localidad. Las mañanas se dedicaban a los estudios intelectuales (las ciencias naturales tienen aquí énfasis en fisiología), y la tarde a los talleres de carpintería, mecánica, zapatería, talabartería y encuadernación, y se sugería que en lo posible se establecieran también talleres de industrias locales y granjas escolares.

¹² Anzola Gómez, G. *Metodología especial de enseñanza primaria*. Librería Colombiana. Bogotá, 1939.

las ciencias naturales. Así, el Ministerio de Educación Nacional publicó un auténtico tratado de didáctica de las ciencias de 40 páginas titulado *Programa de estudios de la naturaleza para las escuelas primarias, y observaciones metodológicas sobre la materia* (Uribe, 1940), que fue distribuido a las escuelas en ese mismo año. En él se decían ideas tan vigentes como que había que capitalizar la natural curiosidad inquisitiva del niño por las cosas y fenómenos que existen a su alrededor, permitiendo que los estudiantes se sintieran motivados a formular *a priori* sus preguntas y que el maestro a su vez tuviera en cuenta siempre *cómo los niños se contestan sus propios interrogantes*. La finalidad de la observación y experimentación en la escuela no debe ser tanto ampliar conocimientos sino hacer que el niño *dependa menos del criterio ajeno que de su propio criterio*, en definitiva, en adquirir confianza en sí mismo y en sus propias posibilidades, como diríamos hoy en día.

Desde mediados de los años treinta hasta la mitad de los años cuarenta hubo una creciente politización o polarización partidista sobre la efectividad de la escuela activa. Los detractores afirmaban que esta nueva pedagogía no lograba sacar al niño de la trágica realidad de miseria, pobreza e insalubridad en que vivía. Dichos enfrentamientos afectaron la enseñanza de las ciencias en la escuela. Joaquín Antonio Uribe (1935), con gran desilusión y a dos meses de su propio fallecimiento y coincidente con la creciente e insoportable *partidización política* de la enseñanza, dijo estas palabras:

"Muchos son los enemigos de esta clase de estudios. Enumeraré algunos: la ociosidad y el indiferentismo; la falta de amor de todo corazón a la Ciencias; las pasiones

políticas o partidistas que echan a perder a los niños en el seno de la familia. La naturaleza no es "liberal" ni "conservadora". Pudiera serlo en este sentido: liberal y generosa en sus dones y productos que regala al hombre, mediante el trabajo; conservadora y guardadora de infinitas riquezas que posee para tiempos que vendrán. Pero otra cosa es lo que entendemos de aquellos vocablos. Y hasta luego" (1935, p. 297).

A modo de balance general, podemos afirmar que lástimosamente las orientaciones generales para la enseñanza de las ciencias, dadas a conocer por los personajes y medios educativos renovadores de Colombia, que hemos reseñado esquemáticamente en el presente trabajo, así como otras, que por su carácter más específico hemos tenido que omitir,¹³ quedaron salvo loables excepciones en papel mojado, sin causar apenas impacto en la escuela primaria. Por un lado, dichas orientaciones resultaron claramente insuficientes para dar una sólida formación al magisterio. Además, muy poco podían calar estas orientaciones, tanto por las rígidas formas de actuar y de organización *propias* de las escuelas, como por las resistencias más rancias y tradicionales del entorno social, que por ejemplo, perfectamente podían calificar de *perezoso* al maestro que osara sacar a sus estudiantes de los muros del aula. Es así como en 1946, con la llegada de los conservadores al poder se da una ruptura abrupta en Colombia de este movimiento pedagógico renovador. Entonces, las preocupaciones se centraron en la planificación económica y social, en el cubrimiento cuantitativo de la población, especialmente rural. Todo ello nos ayuda a explicar por qué en los años 50 la pedagogía activa sufrió un *estado de coma* que se extendió hasta los años 70, cuando vuelve

a entrar en el debate educativo nacional como si fuera por primera vez (Saldarriaga y Sáenz, 2002). Para el caso de la enseñanza de las ciencias naturales, se ignoran muchos de sus propios antecedentes históricos, reinventándose a sí misma, como tantas veces ha ocurrido en la historia de la educación. □

¹³ *Tal es el caso de las orientaciones para la enseñanza de la agricultura o de la fisiología e higiene. Aun siendo relacionadas estas enseñanzas con las orientaciones generales expuestas, estas requieren por su gran importancia y particular problemática un tratamiento específico que desborda los límites del presente escrito.*

Bibliografía

- Aduriz Bravo, A.** La Historia de la Enseñanza de las Ciencias Naturales: reflexiones acerca de su emergencia como campo de problemas a través de una revisión bibliográfica. *Revista de Educación*. N° 324, 2001.
- Anzola Gómez, G.** Cómo se enseñan las ciencias naturales en la escuela primaria. Dirección de Educación de Cundinamarca. Bogotá, 1946.
- Anzola Gómez, G.** Metodología especial de enseñanza primaria. Librería Colombiana. Bogotá, 1939.
- Barona, R.** Lecciones de Historia Natural arregladas para las escuelas elementales. Librería Colombiana. Bogotá.
- Castro Barrera, D.** Las ciencias del espacio y del tiempo. *Revista Educación*, Año III N° 21. 1933.
- Decreto Número 595 de 1886** por el cual se organiza la instrucción pública primaria.
- Decreto Orgánico de instrucción pública primaria de 1870.**
- Guarín, R.B.** Estudio de las ciencias físicas y naturales. La Escuela Normal. Mayo 8, Vol 6, N° 227. 1875.
- Jiménez López, M.** Tres enseñanzas indispensable en la escuela moderna: Los trabajos manuales, el dibujo y las lecciones de cosas Trabajo presentado al primer congreso pedagógico nacional. *Revista Cultura*. 1917.
- Jiménez López, M.** La enseñanza teórica y la enseñanza práctica. 1917.
- Revista Cultura*. Vol IV N° 20.
- Ley 39 de 1903** sobre instrucción pública.
- Lleras Codazzi.** Las conversaciones de Papa Rico. Ediciones Colombiana. Bogotá, 1925.
- Lleras, E.** Cómo se prepara el oxígeno. *Revista del maestro*. 1937.
- Martínez, Z.** Ventajas de las ciencias naturales en el actual sistema de enseñanza. *El maestro de escuela*. Noviembre 17, N° 118 Vol. 2. 1873.
- Martínez Zuluaga, E.** Las ciencias naturales en la escuela primaria: su estudio y experimentación. Librería Siglo XX. Bogotá, 1944.

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA ESCUELA PRIMARIA COLOMBIANA

- Mathews, M.R.** Historical Debates about the science curriculum in *The role of history and philosophy of science in science teaching*. New York-London: Routledge, 1991.
- Mendoza.** Carta al Señor Presidente de la Junta, organizadora del Primer Congreso Pedagógico Nacional, 1917. En *el Primer Congreso Pedagógico Nacional (1917). Su Historia y Principales Trabajos*. Imprenta Nacional, Bogotá, 1919.
- Ministerio de Educación Nacional.** Educación Colombiana. Disposiciones orgánicas y reglamentarias de la educación nacional de 1903 a 1958. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, 1959.
- Ministerio de Educación Nacional.** Régimen de la Enseñanza primaria en Colombia 1903-1949. Imprenta del Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, 1950.
- Ministerio de Instrucción Pública.** Reglamento para las Escuelas Primarias de 1893. Imprenta Nacional, Bogotá.
- Mora Roza, M.A.** Apuntaciones metodológicas y prácticas escolares. Interpretación procedimental de los programas oficiales. S.E.L.D.A. Bogotá, 1945.
- Mora Roza, M. y Arciniegas, B.** Los animales en su ambiente. Renacimiento, Bogotá.
- Nieto Caballero.** Carta Prólogo en: *Las Conversaciones de Papa Rico*. Ediciones Colombiana, Bogotá, 1925.
- Pinillos Monroí, A.** Importancia de los estudios naturales en la educación de los niños. *El maestro de escuela*. Marzo 27, N° 138 Vol. 3, 1874.
- República de Colombia. Decreto N° 595 de 1886** por el cual se organiza la instrucción pública primaria. Imprenta de la Luz, Bogotá, 1886.
- Río (del), A.** Aprovechemos la ceniza. Vol. 1 N° 9, 1939.
- Río (del), A.** Vamos a hacer un filtro casero. Vol. 1 N° 7, 1939.
- Ruiz Amado, R.** Ciencias de la Naturaleza en: *Estudios Pedagógicos. La Educación Intelectual*. Barcelona, 1920.
- Saenz Obregon, J; Saldarriaga, O.; Ospina, A.** Mirar la infancia: pedagogía, moral y modernidad en Colombia, 1903-1946. Ediciones foro nacional por Colombia, Uniandes, Universidad de Antioquia, Medellín, 1997.
- Saldarriaga, O. y Sáenz Obregón, J.** La escuela activa en Bogotá en la primera mitad del siglo XX: ¿una idea pastoril para un mundo urbano? en *Historia de la Educación en Bogotá - Tomo II*. Panamericana Formas e Impresos, Bogotá, 2002.
- Uribe, J.A.** Curso Compendiado de Historia Natural. Antonio J. Cano, Medellín, 1912.
- Uribe, J.A.** Cuadros de la Naturaleza. Imprenta de la Patria, Medellín, 1912.
- Uribe, J.A.** El niño naturalista en cuatro partes. Imprenta Departamental, Medellín, 1935.
- Uribe, G.** Programa de estudios de la naturaleza para las escuelas primarias, y observaciones metodológicas sobre la materia. Imprenta Nacional, Bogotá, 1940.
- Uson Jaeger, A.** Los principios didácticos innovadores para la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria española y su repercusión en los libros escolares de la época durante el primer tercio del siglo XX. Editorial Complutense, Madrid, 2002.
- Varas Vega.** Programa de zoología para las escuelas primarias formado por el Profesor de Historia Natural de la Escuela Normal de Institutores de Cundinamarca. *El maestro de escuela*. Abril 12 Vol. 4 N° 199, 1875.
- Varas Vega.** Zoología programa del primer año de enseñanza primaria formado por el Profesor de Historia Natural de la Escuela Normal de Institutores de Cundinamarca. *El maestro de escuela*. Febrero 12 Vol. 3 N° 190, 1875.

SI SU EMPRESA BUSCA UN ASESOR FINANCIERO AQUÍ LE OFRECEMOS SEIS



**Banco de Occidente
Credencial**



Fiduoccidente
Fiduciaria de Occidente S.A.



Leasing de Occidente S.A.
Compañía de Financiamiento Comercial



Valores de Occidente
Sociedad Comisionista de Bolsa S.A.



Banco de Occidente Panamá S.A.
Occidental Bank & Trust International, Nassau



CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA S.A.

* Alianza entre Corfianc y la Corporación Financiera Colombiana.



SITUACION ACTUAL

Recontextualización de saberes en la enseñanza de las ciencias

Un caso en
electricidad estática



Edwin Germán García A.

Docente Investigador
Grupo de Educación en Ciencias
Instituto de Educación y Pedagogía
Universidad del Valle
Cali, Valle
E-mail: edwin_germang@hotmail.com

LAS INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS HACEN ÉNFASIS EN CONCEBIR LA CIENCIA COMO UNA ACTIVIDAD QUE SE VALIDA EN LOS CONTEXTOS SOCIALES Y CULTURALES QUE LA LEGITIMAN.

EN ESTE DOCUMENTO SE PRESENTA LA ESTRATEGIA DE RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES COMO UNA FORMA ALTERNA PARA ABORDAR LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE DICHA PERSPECTIVA CULTURAL. SE HACE UN ANÁLISIS HISTÓRICO-CRÍTICO DE LA OBRA DE CHARLES DUFAY SOBRE ELECTRICIDAD,¹ ASÍ COMO RECONTEXTUALIZACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS ABORDADAS POR ÉL, LAS CUALES PERMITEN RECOGER ELEMENTOS CON UNA IMPLICACIÓN PEDAGÓGICA.

Desde que se estableció que los modelos conductistas –centrados en los contenidos– que surgieron con la tecnología educativa, no respondían a las dificultades evidenciadas en el aprendizaje de las ciencias (Gil 1986, Vienot 1979, Driver 1981) han sido múltiples las investigaciones adelantadas en torno a la enseñanza de las ciencias, en particular las derivadas de los trabajos de Piaget y Bachelard centradas en el pensamiento del niño. La resolución de problemas, las representaciones mentales, el aprendizaje significativo, la investigación-acción y la transposición didáctica, son algunas de las posturas en las que el centro de atención es el estudiante en tanto que él es quien aprende o construye su propio saber.

Para estas posturas, la preocupación por la enseñanza de las ciencias se ha hecho relevante a través de la investigación en la didáctica; identificar las dificultades u obstáculos epistemológicos que presentan los estudiantes, identificar sus preconcepciones o preteorías, analizar sus formas de pensar o meta cognitiva, posibilitaban por parte del maestro el diseño de actividades didácticas para suplir las dificultades encontradas (Ausubel, 1968; Moreira, 1988; Driver, 1981; Osborne, 1979). Algunas de ellas, incluso, han encontrado en el uso de la historia de las ciencias elementos para dinamizar dicha didáctica para la motivación de los estudiantes en aspectos relacionados con la capacidad creadora de los hombres de ciencia por sus inventos y descubrimientos, así como identificar ciertos paralelos entre el pensamiento del

¹ El presente documento hace parte de un trabajo más amplio sobre la enseñanza de la electricidad desde una visión de campos y una perspectiva constructivista del conocimiento.



niño y la evolución de las ideas y los conceptos de la ciencia (Furio, 1997).

Sin embargo, investigaciones recientes han venido mostrando que el campo de la enseñanza de las ciencias se ha convertido en sí mismo en objeto de estudio, y en el cual el papel del maestro como mediador entre la cultura científica y su entorno es fundamental, llegando incluso a no diferenciarlos (Granes, 1997; Ayala, 1989). El maestro es quien determina lo que el estudiante debe aprender y la forma como lo debe hacer. De ahí que la concepción de ciencia que posea el maestro determinará en gran medida la manera como ha de enseñar. Una imagen de ciencia acabada en la cual el maestro se limita a reproducir los "productos" de la misma, no posibilita cambios significativos en las formas de abordar y comprender los fenómenos y conceptos que subyacen a dichos productos. En cambio una imagen de la ciencia como una actividad más de los hombres, en la que se plasman los esfuerzos y necesidades propias de una comunidad, le da mayor sentido a la enseñanza y permite una apropiación más significativa por parte de quienes construyen el conocimiento. El papel del maestro se hace relevante porque, como mediador entre dos culturas, está en disposición de detectar elementos entre ellas que posibiliten su acercamiento, incluso su falta de diferenciación.

La ciencia como actividad

Algunos estudios derivados de la historia y filosofía de las ciencias

como los de Kuhn, Shapin y Tackaray han venido enfatizando en que el conocimiento científico es una actividad humana y por ende de carácter cultural. Ello ha permitido que grupos de investigación en enseñanza de las ciencias se hayan dado a la tarea de identificar nexos entre la cultura científica y la llamada cultura común, encontrando que no es fácil diferenciarlos si se examinan como actividades culturales propias de comunidades que investigan. Algunos investigadores afirman que:

"La ciencia más que un complejo de productos es la actividad de grupos e individuos encaminada primordialmente a la construcción de un conocimiento que responda a las necesidades sentidas de su entorno social y cultural".²

Vista la ciencia de esta manera, se pierde el status positivista de verdad revelada e incontrovertible que hasta hace un tiempo la caracterizaba, y empieza a ser objeto de reflexión constante en tanto que está sujeta a las problemáticas y preocupaciones de los hombres, quienes la transforman y modifican dentro de sus respectivos contextos culturales. Responder a las necesidades del entorno es lo que hace significativo el papel del maestro; éste se convierte en un transformador de las prácticas cotidianas, y por ende puede plantear una forma diferente para llevar a cabo la enseñanza. En este esquema los contenidos o conceptos de la ciencia pasan a ser objeto de análisis y discusión por parte de quienes los apropian. En tanto mediador entre dos culturas, el maestro puede hacer del conocimiento una actividad de construcción de explicaciones cuya validez está determinada por la socialización en el contexto cultural particular.

Asumir la ciencia como una actividad humana y cultural le permite

al maestro reflexionar sobre su propio desempeño y las posibilidades de transformación de su práctica pedagógica; vivenciar la actividad científica y hacer significativa la construcción de explicaciones y la socialización de ellas en el marco de su formación. Así mismo posibilita un cambio en la manera como desarrolla su actividad en el aula, convirtiéndolo junto con el estudiante, en protagonista de la construcción, socialización y validación del conocimiento.

Recontextualización de saberes

Una estrategia para orientar la labor pedagógica del maestro en la construcción de explicaciones en torno a los fenómenos estudiados, es la 'recontextualización' de saberes. La recontextualización no es un término nuevo, lo nuevo es su orientación pedagógica (Granes, 1997). Asumimos la recontextualización que aquí se plantea, como la posibilidad de hacer un análisis histórico-crítico de obras originales con el fin de identificar problemáticas y preocupaciones que en su momento tuvieron los científicos y cuyo aporte se hace significativo en la construcción de explicaciones en el contexto particular del aula de clase.

Si miramos con detenimiento lo que significa este tipo de recontextualización podemos identificar cómo la actividad del maestro se hace relevante desde la perspectiva cultural mencionada anteriormente.

En primera instancia está el uso de originales. En el proceso de construcción de significados, remitirse directamente a las fuentes originales posibilita una relación dialógica entre el científico y el maestro en la que no hay propiamente un "producto"

² Véase Ayala M^a.M. "La enseñanza de las ciencias como mediación cultural", *Rev. Física y Cultura*, vol. 1, No 1, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 1989.

del conocimiento, sino que éste se construye interactuando con el original de acuerdo con las preguntas, problemas e intereses que motiven al maestro. En el proceso de búsqueda en la historia de problemáticas afines con los problemas particulares, se hace una selección de textos y autores, de tal manera que los seleccionados son aquellos cuyos pensamientos y preocupaciones mejor responden a nuestros propósitos.

En segunda instancia y ligado a la anterior, está el uso de la historia de las ciencias. Al ser asumida la ciencia

como una actividad cultural dinámica y sujeta a las necesidades particulares de una comunidad, entonces su relación con la historia también está sujeta a dichas necesidades. En este sentido se hace uso de la historia de manera crítica en la que es posible identificar problemáticas que se hacen relevantes desde nuestros contextos de explicación. La ciencia no está representada por sus productos, lo verdaderamente importante son sus procesos de organización y significación.

Como tercera instancia está la construcción de explicaciones: asu-

mir la ciencia como actividad establece una nueva relación con el conocimiento en el sentido que se posibilitan cambios en las concepciones que se tienen sobre los fenómenos objetos de estudio. Estos cambios implican a su vez una transformación en las concepciones referentes a la forma como se formulan preguntas y se generan explicaciones. Un maestro para quien el conocimiento se construye y valida en los contextos propios de su entorno, tendrá elementos para generar una transformación significativa en la



imagen que él y sus estudiantes tienen del mundo natural.

Lo que se expone en este artículo es un trabajo de recontextualización inicial que parte de un análisis histórico-crítico de los escritos de Charles Dufay sobre electricidad, y del cual se derivan algunas implicaciones pedagógicas. En dicho análisis se destacan las preocupaciones, las experiencias sugeridas y los aportes que según nuestro criterio fueron fundamentales en la construcción del fenómeno eléctrico por parte de Dufay, y que fueron un aporte para la posterior teoría de campos. También se destaca cómo el análisis de Dufay permite pensar y planear estrategias de trabajo en el aula con el fin de construir explicaciones significativas en torno a la electricidad estática.

Dufay y el comportamiento dual de la electricidad

En el siglo XVIII Dufay mantuvo con su colega Stephen Gray una cerrada correspondencia relacionada con los fenómenos eléctricos. Inspiró los trabajos de Franklin sobre el fluido eléctrico, e incidió en los posteriores trabajos sobre la teoría de campos, en especial los realizados por Faraday y Maxwell en electricidad y electromagnetismo. Sin embargo, su obra ha pasado casi inadvertida para los historiadores de las ciencias quienes sólo lo reconocen como el creador de la teoría de los dos fluidos, y para los libros de

texto en donde se le reconoce como la persona que descubrió las dos electricidades: la vítrea y la resinosa, o lo que ahora se llama lo positivo y lo negativo. Sin embargo, al leer algunos pasajes de

su obra encontramos una variedad increíble de experiencias y comentarios en los que se reflejan sus preocupaciones sobre el fenómeno eléctrico y, en particular, sobre las formas de electrificación de los cuerpos. Experiencias que convertimos en objeto de análisis y que nos permitirán posteriormente establecer unas implicaciones pedagógicas hacia una visión de campos.

Veamos primero algunas de las investigaciones previas a Dufay sobre las cuales él posiblemente tenía conocimiento. En el siglo XVII, W. Gilbert había escrito un tratado en el que mostraba una distinción entre lo eléctrico y lo magnético y caracterizaba la frotación como una manera de evidenciar un comportamiento eléctrico en los cuerpos. Guericke por su parte había construido una máquina especial para generar electricidad por frotamiento, Stephen Gray había mostrado que lo eléctrico es una virtud que se puede comunicar en un mismo cuerpo o de un cuerpo a otro. Además se tenía la consideración que unos cuerpos se dejaban electrizar más fácilmente que otros al ser frotados, hasta llegar a los metales que eran cuerpos que prácticamente no se dejaban electrizar³.

La inquietud que motivó a Dufay fue precisamente la opinión generalizada entre sus contemporáneos sobre la no electrificación de los metales al ser frotados. Una pregunta obligada para Dufay debió ser: ¿qué diferencia hay entre los metales y otros cuerpos para que éstos no evidencien electrificación al frotarlos si, en principio, todos los cuerpos son de la misma naturaleza? Esta

inquietud lo llevó a diseñar una serie de experiencias en las que se aprecia un convencimiento de que, en principio, todos los cuerpos de la naturaleza se pueden electrificar.

Al respecto dice: "*Todos los cuerpos pueden electrizarse por sí mismos (por frotamiento). Y todos ellos (madera, metales, licores, etc.) adquieren la virtud eléctrica por aproximación de un tubo frotado a condición de ponerlos encima de un soporte de vidrio o de lacre*".⁴

Es decir, todos los cuerpos se pueden electrificar por frotamiento, incluso los metales, sólo hay que tener en cuenta ciertas condiciones de aislamiento necesarias para observar los efectos. Igualmente resalta que la virtud eléctrica que se observa por frotación se evidencia también por inducción (aproximación), lo cual lo lleva a asumir que las evidencias de la electrificación por frotación y

por inducción son las mismas, y podría decirse por lo tanto que son de la misma categoría.⁵

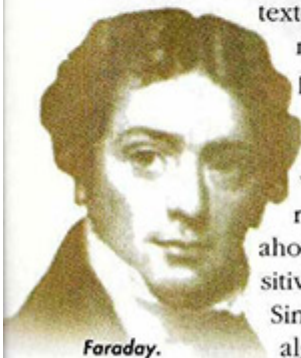
Dufay da status de igualdad a las tres formas diferentes de electrificar los cuerpos: la primera por frotación a partir de una idea de aislamiento con ciertos materiales, la cual segu-



³ Gilbert, en su tratado "The Magnete" argumenta que las sustancias que presentan buena electrificación por frotamiento son "eléctricas". A las que no presentan efecto alguno de atracción las denominó "no eléctricas"; tal era el caso de los metales al frotarlos.

⁴ Las citas de Dufay fueron tomadas textualmente de la Enciclopedia "Historia de las Ciencias" dirigida por Felip Cid y publicada por la editorial Planeta en Barcelona.

⁵ Con la expresión la "misma categoría" queremos decir que las experiencias sobre electrificación se pueden hacer con cuerpos electrificados por frotación o por inducción. La frotación pierde el status de ser la única manera posible de obtener electrificación.



Faraday.

ramente fue sugerida por Gray en sus experiencias sobre comunicación. La segunda por influencia (inducción), al acercarse al metal en condiciones de aislamiento un objeto electrificado por frotamiento. La tercera por contacto (conducción), al acercarse el cuerpo frotado hasta hacer contacto con otro. Estas experiencias fueron sugeridas y perfeccionadas por Guericke con su máquina de electrificación, con ellas se podía evidenciar electrificación no sólo en los metales sino en todos los cuerpos de la naturaleza. Este aspecto resulta muy interesante porque permite asumir que en principio todos los cuerpos son de la misma naturaleza y que sólo difieren en la manera como manifiestan sus propiedades; tal afirmación es comprensible e interesante desde una visión de campos⁶.

Lo importante de estas experiencias es que le permiten a Dufay determinar que existen formas de electrificación tan genuinas como la frotación, que cumplen las mismas características y se observan los mismos comportamientos, lo que implica que en adelante no sea necesario frotar un cuerpo para hacer las experiencias (al estilo Guericke) ya que ellas se pueden hacer con cuerpos electrificados por cualquiera de las tres formas encontradas; lo que en adelante posibilitará un campo significativo de experiencias para la electricidad.⁷

Electricidad propia y ajena

Dufay denomina la electrificación que adquieren los cuerpos por frotación como *propia*, y la que

adquieren los cuerpos por contacto o influencia, *ajena*. En las experiencias que realiza con ellas encuentra aspectos fundamentales como el comportamiento dual de la electricidad. Analiza el comportamiento de los cuerpos cuando se acercan o se ponen en contacto con cuerpos que poseen electricidad propia, y lo mismo para cuerpos que se acercan o se ponen en contacto con cuerpos que poseen electricidad ajena. De sus experiencias concluye que los materiales con electricidad ajena (metales) son los que mejor la comunican, mientras que los que evidencian electricidad propia (vidrio, lacre, ámbar...) son los que mejor sirven de aislantes.

Al respecto afirma: "*Bástenos, por el momento, haber reconocido y establecido como principio que los cuerpos menos aptos para convertirse en eléctricos por sí mismos (frotación) son los que más fácilmente resultan atraídos y los que con más facilidad transmiten a mayor distancia y más abundantemente la materia eléctrica; mientras que los que tienen más disposición en convertirse en cuerpos eléctricos por sí mismos, son los menos apropiados para adquirir una electricidad ajena y para transmitirla a una distancia apreciable*".

Es interesante observar cómo los cuerpos que terminan por ser mejores conductores son los que poseen electricidad ajena; y por lo tanto los más aptos para ser utilizados como detectores ya que resultan más fácilmente atraídos⁸. Esto va a implicar una mejoría en las técnicas de construcción de detectores.

Cuando Dufay dice que *los cuerpos con electricidad ajena son los que más fácilmente resultan atraídos*, también pone de manifiesto que el efecto de atracción mecánica se presenta entre cuerpos electrificados, con lo cual se asume una nueva manera de ver el efecto de

atracción. Antes se consideraba que la electrificación la poseía el cuerpo frotado y el cuerpo que servía como detector carecía totalmente de electrificación (estado neutro); ahora la atracción sólo es posible si están los dos cuerpos electrificados⁹: uno electrificado por frotación (electricidad propia) y el otro electrificado por inducción (electricidad ajena). Estas consideraciones nos permiten establecer que en adelante los efectos observados se van a valorar a partir de cuerpos electrificados.¹⁰

Considerar que la atracción es un efecto mecánico que se manifiesta entre dos cuerpos electrificados le permite a Dufay entrar a analizar el efecto de repulsión recogido de las experiencias de Hauskbee,¹¹ que se había visto como algo sin importan-

⁶ Faraday, en su concepción de campos establece que la inducción eléctrica (influencia) es genuina y con el mismo poder de acción que la electrificación por frotación y conducción. Además considera la acción inductiva como el aspecto central de su teoría de campos en donde la acción se da por influencia del medio y no es independiente de él (como asumían los seguidores de la acción a distancia). M. Faraday. "Researches on electricity". No. 1252. Trad. M.C. Gramajo.

⁷ Al decir genuinas estamos significando que un cuerpo electrificado por frotación o por influencia muestra los mismos signos de atracción sobre un detector puesto en su vecindad. Es decir, que en principio la virtud eléctrica evidenciada por el cuerpo es la misma no importa la forma como éste se electrificó.

⁸ Los libros de texto suelen empezar sus experiencias con la atracción de papelititos. Si se explorara un poco más en las posibilidades que se tienen para construir detectores a partir de las sugerencias de Dufay, posiblemente sería mayor el éxito alcanzado en las prácticas experimentales. Igualmente se podría conceptualizar más sobre el "electroscopio".

⁹ Lo propio sucede con los libros de texto donde se refieren a experiencias de atracción en las que el cuerpo inductor se asume como el cuerpo electrificado, y al cuerpo inducido como carente de electrificación. El efecto de atracción se considera como una acción mecánica que lleva el cuerpo inducido al electrificado.

¹⁰ Este aspecto es retomado por Faraday en su teoría de campos al considerar que los cuerpos son regiones del campo electrificadas.

¹¹ En la época de Dufay no se consideraba la repulsión como debida a la electrificación, por el contrario se asumía como un rebote mecánico sin mayor importancia. Es Hauskbee el primero en plantear que la repulsión era debida a la electricidad de los cuerpos ya que la fuerza de la repulsión era muy grande como para ser considerada como un mero rebote mecánico.

cia para los pensadores de la época. Es claro que si los efectos observados se presentan entre cuerpos electrificados, entonces la repulsión debe responder a una manifestación eléctrica de los cuerpos.

Al respecto dice: " ...los cuerpos que se han hecho eléctricos por contacto son repelidos por aquellos que también han sido electrizados".

El efecto de repulsión se debe a que los cuerpos están electrificados. Lo mismo para la atracción. El hecho de que entre un cuerpo electrificado por conducción (electricidad propia) y aquel a partir del cual se electrifica (electricidad propia) se evidencie repulsión, hace que el carácter privilegiado que hasta el momento tenía la atracción como evidencia de la electrificación se pierda y sean tanto la atracción como la repulsión dos formas legítimas de evidenciar la electrificación.¹² Las preguntas que seguramente motivaron el trabajo de Dufay están ligadas a experiencias en las que los efectos observados son tanto de atracción como de repulsión. Una pregunta pudo ser: ¿por qué dos efectos contrarios, uno de atracción y otro de repulsión con el mismo status de evidencia? Pregunta que seguramente le permitió realizar experiencias entre cuerpos electrificados con cualquiera de las tres formas, para observar el comportamiento entre ellos. Por ejemplo, acercar entre sí dos cuerpos diferentes con electricidad propia, dos cuerpos diferentes con electricidad ajena, un cuerpo A con electricidad propia y otro cuerpo B con electricidad ajena, obtenida de otro cuerpo. Analicemos uno: si un cuerpo A con electricidad propia se acerca a otro B, el cuerpo B adquiere electricidad ajena, por lo tanto el efecto entre ellos es de atracción. Pero si el cuerpo A hace contacto con el B este último adquiere electricidad propia, por consiguiente el

efecto entre ellos es de repulsión. Entonces, ¿qué sucede si acercamos dos cuerpos, ambos con electricidad ajena?

El carácter dual de la electricidad

Estas experiencias si bien permiten ampliar el campo de acción de Dufay, aún no hacen referencia al carácter dual de la electricidad, la preocupación se mantiene en las formas de electrificación. No obstante hacen énfasis más a un tipo de electrificación que adquiere el cuerpo, y que hemos mencionado: por frotación, contacto e inducción.

Pero, Dufay va más allá en nuestro análisis y se pregunta: "Si todos los cuerpos son repelidos de igual forma por todos los posibles cuerpos electrizados...".

Examina las características del efecto en su grado de electrificación y encuentra una manifestación dual de la electricidad en el siguiente sentido: un cuerpo A y un cuerpo B con electricidad propia se repelen entre sí, siempre y cuando la electrificación de B haya sido adquirida a partir de A. Si tenemos un tercer cuerpo C, también con electricidad propia, pero adquirida a partir de otro cuerpo diferente de A, puede ser D, y lo acercamos al cuerpo B se puede presentar entre ellos o bien un efecto de atracción o bien un efecto de repulsión (no es fácil decidir cuál), de allí que todos los posibles cuerpos que como C evidencien atracción con B manifestarán una clase de electricidad y todos los posibles cuerpos que como C evidencien repulsión con B manifestarán otra clase de electricidad. Electricidad que Dufay denominó vítrea y resinosa. Al respecto dice: "Un examen de estas cuestiones me

llevó a un descubrimiento que nunca hubiera previsto... Este principio es que existen dos tipos de electricidad muy diferente una de otra; la una la llamo electricidad vítrea y la otra electricidad resinosa. La primera es la del vidrio, cristal de roca, pelo de animal, lana y otros cuerpos; la segunda es la del ámbar, copal goma, seda, hilo, papel y un vasto número de otras sustancias. La característica de estas dos electricidades es que los cuer-



pos de la electricidad vítrea repelen a los de la misma electricidad, por el contrario atraen a aquellos de electricidad resinosa".

Aquí se aprecia una generalización de su trabajo en la exploración de las formas de comunicación de la electrificación. Además, al examinar los efectos mecánicos entre los cuerpos electrificados puede concluir que, los cuerpos que evidencian la misma clase de electrificación presentan repulsión entre ellos y cuerpos que evidencian diferente clase de electrificación presentan atracción entre ellos. Puede concluir además, que cuando un cuerpo está electrificado por contacto (conduc-

¹² Es muy frecuente observar en los textos que las experiencias iniciales suelen ser de atracción (atracción de papelitos), la repulsión solamente se tiene en cuenta después de haber explicado la teoría de cargas eléctricas para justificar la acción entre cargas del mismo signo.



ción) éste adquiere una clase de electrificación que es del mismo tipo que la del cuerpo a partir del cual se electrifica.

El trabajo de Dufay se hace altamente significativo por cuanto se destacan las problemáticas que abordó y la manera como organizó sus experiencias en la construcción del fenómeno eléctrico. De dicho análisis se desprenden algunas implicaciones pedagógicas para la enseñanza de los fenómenos eléctricos como las que veremos a continuación.

Implicaciones pedagógicas

Los libros de texto de secundaria y primeros niveles de universidad generalmente hacen una introducción al electromagnetismo empezando por la electrostática. En algunos se inicia con experiencias sobre frotación para ilustrar la existencia de cargas eléctricas positivas y negativas a través de los efectos mecánicos de atracción y repulsión observados, además, se hace uso del electroscopio para mostrar la inducción y la conducción de carga. En seguida se presenta una justificación teórica de las experiencias, sugeridas desde el modelo clásico newtoniano, de acción a distancia entre cargas eléctricas pun-

EN LOS TEXTOS SE REDUCE Y DESVIRTÚA EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO IMPOSIBILITANDO LA EXPLORACIÓN DE EXPERIENCIAS Y PROBLEMAS EN TORNO AL FENÓMENO ELÉCTRICO.

tuales teniendo como referente la expresión matemática de Coulomb de fuerza eléctrica. Posteriormente se introduce la definición de campo y potencial eléctrico ligados a sus respectivas formulaciones matemáticas para finalmente proponer una serie de problemas en los que el estudiante tendrá que poner a prueba su habilidad matemática para resolverlos. En adelante se pasa al electromagnetismo a través de las ecuaciones de Maxwell.¹³

Lo anterior nos ilustra la manera como en los textos se reduce y desvirtúa el conocimiento científico imposibilitando la exploración de experiencias y problemas en torno al fenómeno eléctrico y manifestándole tanto al maestro como al estudiante que no hay más posibilidad de acceder al conocimiento. No obstante la experiencia realizada a partir de los planteamientos de Dufay nos muestra el amplio campo de posibilidades con que cuenta el maestro para enriquecer las experiencias sobre electricidad estática y propiciar transformaciones reales en las formas de comprender el fenómeno por parte de los estudiantes.

Hemos identificado en núcleos de actividades las posibilidades que tiene el maestro para abordar la electricidad estática. Por tanto pretender encasillar su labor, porque consideramos que en su espíritu investigativo es él quien debe asumir esta tarea, solamente se muestra aquí las bondades que desde nuestro análisis le pueden resultar significativas algunas problemáticas y

experiencias derivadas de la obra de Dufay.

1. Sobre el comportamiento de los materiales frotados

Un primer núcleo de actividades se centra en la preocupación de Dufay por la electrificación de los metales (y todos los cuerpos de la naturaleza). Se orienta en la indagación por el comportamiento de los distintos materiales al ser frotados. Las siguientes preguntas pueden ser orientadoras del trabajo en el aula: ¿la atracción que se evidencia (de papelitos por ejemplo) es igual para todos los materiales frotados (lana, acetato, icopor, plástico...)? ¿Se afecta el grado de atracción cuando el material con que se frota el objeto cambia? ¿Mayor frotamiento sobre un objeto garantiza mayor electrificación de éste? Estas preguntas y otras que formule el maestro brindan un campo amplio de experiencias en las que se pueden clasificar los materiales de acuerdo con su comportamiento eléctrico.

1.1 Sobre los detectores

A propósito de que para Dufay los cuerpos menos aptos para convertirse en eléctricos son los que más fácilmente resultan atraídos, se puede hacer una clasificación de estos que permita identificar materiales que resulten ser atraídos con mayor intensidad, de esta manera es posible hacer explícitos los criterios que han de tenerse en cuenta para lograr un mayor efecto de atracción o repulsión, lo cual involucra el diseño de un buen detector.¹⁴ Se puede analizar posteriormente si el electroscopio

¹³ Podemos tomar como referencia el texto "Física Fundamental" de R. Eisberg muy utilizado en los primeros semestres de formación para Física e Ingeniería en nuestro país. Aunque la mayoría de los textos introducen la electricidad de la manera descrita, con muy ligeras variantes.

convencional satisface los criterios de buen detector.

2. Sobre las formas de comunicación de la electrificación

Este núcleo de actividades se centra en construir explicaciones en torno a las formas de comunicación de la electrificación. De acuerdo con Dufay los efectos de atracción o repulsión solamente se dan entre cuerpos electrificados. Las siguientes preguntas permiten orientar este núcleo de actividades: ¿cuando froto un cuerpo se electrifica también el medio circundante? ¿Podemos hablar del aire como un cuerpo electrificado? ¿Cómo se comportan cuerpos que a) se encuentren en contacto con el objeto frotado? y b) se pongan en contacto después de la frotación? Estas preguntas posibilitan experiencias en las que se explora el aire como un cuerpo en contacto con el frotado. Considerar que no hay cuerpos separados, que ellos son los que conforman el medio electrificado, y analizar la inducción y la conducción como formas de comunicación entre cuerpos en contacto, son aspectos importantes en este núcleo de actividades. Se puede examinar el efecto entre: dos cuerpos electrificados por frotamiento entre sí, entre un objeto electrificado por frotamiento u otra manera y un cuerpo electrificado por inducción a partir del primero, entre un cuerpo electrificado por frotación u otra manera y un cuerpo electrificado por conducción a partir de éste...¹⁵ Este núcleo de actividades posibilita una construcción de explicaciones que incluso se pueden orientar en una concepción de campos.

3. Comportamiento dual de la electricidad

La propia experiencia de Dufay en la que identifica el comportamiento dual de la electricidad se hace relevante en la construcción de

explicaciones derivadas de las actividades anteriores. Ella en sí misma permite hacer una clasificación de materiales en las que un objeto puede manifestar electricidad vítrea o resinosa dependiendo del objeto con el cual se haya frotado.

Conclusión

El ejercicio de recontextualizar el conocimiento en este artículo es asumido como la posibilidad que tiene el maestro para establecer una relación dialógica con los textos originales, de tal manera que le permitan construir explicaciones significativas en torno a una fenomenología determinada. Para ello se rescata el uso de la historia en la enseñanza de las ciencias con un propósito particular, hacer análisis histórico-crítico de las problemáticas de los científicos y transformarlas, llenándolas de significado en el contexto de las preocupaciones propias del ámbito escolar.

Ello implica por parte del maestro concebir las ciencias como una actividad humana en la que él mismo puede aportar al conocimiento de las ciencias a través de la construcción de explicaciones sobre los fenómenos abordados y asumirse a sí mismo como investigador en una reflexión que lo liga con su quehacer en el aula posibilitando la construcción de conocimiento en el aula y brindando las posibilidades de socialización. □

¹⁴ El electroscopio de panes de oro podría ser el resultado de esta exploración. Pero el sentido de su uso es diferente, mientras en los libros de texto se asume como un instrumento que evidencia la existencia de carga eléctrica, en la construcción de explicaciones se construye naturalmente y su sentido se asocia a la necesidad de obtener mejores efectos (una fina hebra de hilo suspendido, es un excelente detector).

¹⁵ El uso de la máquina electrostática en este núcleo de actividades ya se puede utilizar como herramienta porque su uso es construido de manera natural en el esquema conceptual.

Bibliografía

- Ausubel, D.P. Educational Psychology: A cognitive view. Holt Rinehart and Winston Inc., London. 1968.
- Ayala M.M. y otros. La enseñanza de las ciencias como mediación cultural desde una perspectiva constructivista. *Rev. Física y Cultura*. Vol. 1 No 1 Universidad pedagógica Nacional. 1989.
- Cid, F. *Enciclopedia de Historia de las Ciencias*, Ed. Planeta Vol. 2. Barcelona. 1988.
- Driver, R. Pupils' alternative frameworks in Science. *Eur. J. Sci. Educ.*, 3. 1981.
- Faraday, M. *Researches on electricity*. No 1252. 1780.
- Furio, C. Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo eléctrico. *Rev. Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 15. 1997.
- García, E. *Construcción del fenómeno eléctrico en una perspectiva de campos*. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica Nacional. 1999.
- Gil, P.D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Rev. Enseñanza de las ciencias* 4 (2). Barcelona. 1986.
- Gilbert, W. *The Magnete*. Ed Limuza. 1530.
- Granes, J. La educación como recontextualización. *Rev momento Universidad Nacional de Colombia*. 1997.
- Granes, J. Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. *Análisis de una experiencia pedagógica*. *Rev. Colombiana de Educación*. Universidad pedagógica Nacional. 1997.
- Kuhn, T.S. La estructura de las revoluciones científicas. *Fondo de Cultura Económica*. 1992.
- Moreira, M. y otros. Modelos mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo. *Rev. Enseñanza de las Ciencias*, Vol 16. 1988.
- Piaget, J. Development and learning. *Journal of research in Science Teaching*. 2. 1964
- Shapin, S. Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. *Tomado de La Science telle qu'elle se fait*, Michel Collon y Bruno Latour. 1991.
- Vienot, L. Razonamiento espontáneo en Dinámica elemental. *Eur. J. Sci Educ.*, vol 1 No 2. 1979.



Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia

SIEMPRE ESTIMULANDO EL DESARROLLO DE LA INGENIERIA Y LA INDUSTRIA QUIMICA EN EL PAIS

El Consejo Profesional de Ingeniería Química de Colombia

Invita a los Ingenieros Químicos a obtener su Matrícula Profesional, para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley 18 de 1976 y su Decreto Reglamentario 371 de 1982.

EN CUMPLIMIENTO DE SUS FUNCIONES:

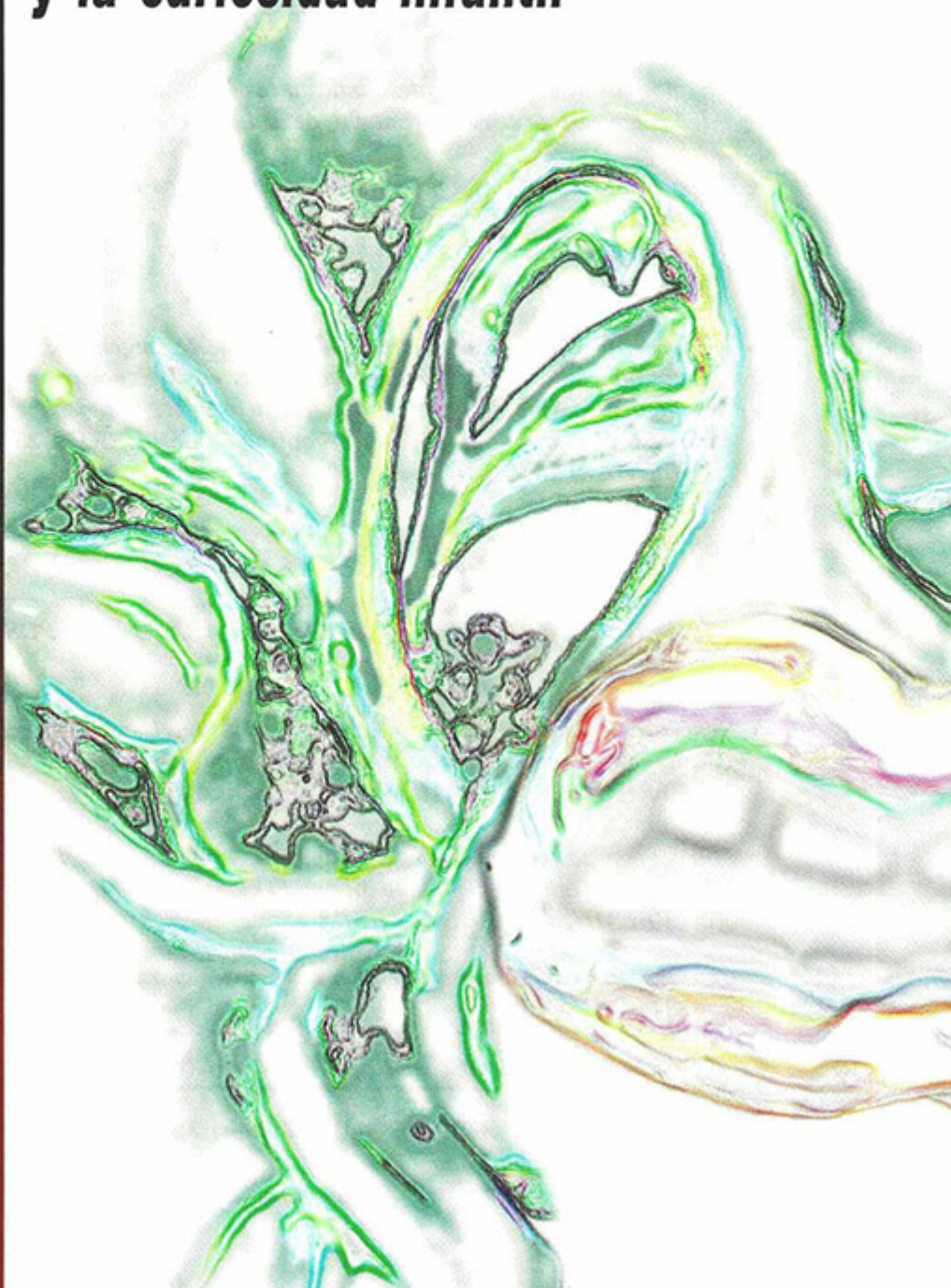
- *Expide las Matrículas Profesionales a los Ingenieros Químicos y vela por el cumplimiento de las normas de ética profesional, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 18 de 1976.*
- *Apoya las actividades universitarias relacionadas con la Ingeniería Química, mediante la coordinación, el patrocinio y la participación en reuniones periódicas de Decanos y Directores de programas académicos, y el apoyo a eventos estudiantiles de carácter regional y nacional.*
- *Colabora con la Asociación Colombiana de Ingeniería Química en el fomento del desarrollo Industrial del país, creando las condiciones propicias para que se conozcan y divulguen nuevos conocimientos científicos y tecnológicos relacionados con su área de interés. Con este fin, apoya la organización de los **CONGRESOS COLOMBIANOS DE INGENIERIA QUIMICA.***
- *Estimula la creatividad de los estudiantes de las carreras de ingeniería química, por medio del **PREMIO NACIONAL AL MEJOR TRABAJO DE GRADO**, que se concede anualmente, y la capacidad investigativa de los Ingenieros Químicos, por medio del **PREMIO NACIONAL AL MEJOR TRABAJO DE POSGRADO**, que se concede bienalmente.*
- *Incentiva la investigación de carácter profesional, con aplicación a la Ingeniería Química Colombiana y aportes a la solución de problemas nacionales, con el otorgamiento bienal del **PREMIO NACIONAL DE INGENIERIA QUIMICA.***
- *Reconoce la contribución significativa, continua y relevante que hayan hecho a la Ingeniería Química Colombiana, una Persona y una Institución, con el otorgamiento bienal del **PREMIO A LA VIDA Y OBRA.***

***Acciones que promueven la excelencia de la ingeniería química y de sus
profesionales para contribuir al progreso nacional.***

***Calle 40 No.21A- 17 Of. 402, Teléfonos: 2 451364- 2451900 Telefax: 2880491
E-mail: coproinq@latino.net.co Pag. web: www.quimired.com/consejo
Bogotá, D.C.- Colombia***

“La utilización pacífica del chisme”

una forma de explorar la intuición y la curiosidad infantil



Francisco Cajiao

Asesor Programa Ondas

Colciencias

Bogotá, Colombia

E-mail: facar@cable.net.co

Desde el momento mismo en que se lanzó la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki, dejando una ola de destrucción y muerte que jamás deberá volver a producirse sobre la Tierra, muchos comenzaron a impulsar el uso pacífico de la energía nuclear. Surgieron entonces centrales

de energía atómica, desarrollo de isótopos radiactivos para curar el cáncer y otras enfermedades, aplicación al desarrollo de proyectos agrícolas, etc.

De la misma manera los seres humanos tienen en el chisme una enorme fuerza destructora. Basta un pequeño indicio y se produce una reacción en cadena que va de boca en boca haciendo crecer el rumor en una forma descontrolada. Muchas veces basta con que se inicie un chisme para destruir la vida privada de alguna persona o para

generar pánico en una ciudad con la amenaza de una epidemia o una invasión de marcianos. Ha habido épocas terribles en la historia por culpa de chismes, que puestos en movimiento, se han convertido en verdades absolutas. Por ejemplo, cuando se comenzó a creer que había brujas que se comían a los niños, que volaban en el aire montadas en escobas, que hacían mal de ojo y que sostenían relaciones con el diablo en fiestas nocturnas que llamaban "aquejarres". Miles y miles de mujeres, hombres y niños fueron torturados y quemados en la hoguera por culpa de rumores.

Sin embargo, valdría la pena considerar la posibilidad de dar utilización pacífica a esta energía. En realidad lo que hay detrás de los chismosos es una gran curiosidad. Basta con un pequeño estímulo para que comiencen a darle vueltas a un asunto y se dediquen a buscar pistas que les ayuden a confirmar sus intuiciones, compartiendo información con todo aquel que se las pueda proporcionar.

Desafortunadamente los chismosos consagrados no tienen mucho rigor que digamos y tampoco se detienen en asuntos de respeto por los demás. Suelen dedicarse a la vida ajena, en especial a los aspectos escandalosos y más privados del prójimo, destruyendo su prestigio y honra, o creando desconfianza y envidia.

Pero todo esto podría ser proyectado hacia otros temas más constructivos. Podría, por ejemplo, lanzarse un chisme sobre una planta carnívora que traga moscos en el jardín de la escuela. Imaginemos un niño bien chismoso, o inclusive la propia maestra, que diga a alguien en secreto que ha escuchado por ahí que en los alrededores hay una flor que come insectos. Tal vez antes de que se den cuenta, muchos estarán comentando el acontecimiento. Seguramente en un par de días haya muchas historias sobre este tema. Tal vez haya algún niño que diga que la vio y que es roja y tiene dientes. Tal vez alguien más exagerado diga que no, que es como un cartucho negro y que se estaba comiendo una lagartija. Otros chicos más escépticos a lo mejor le pregunten a sus padres si es verdad que hay plantas que comen animales, o tal vez comiencen a buscar en libros, o vean alguna película sobre el tema. Lo cierto es que el rumor habrá desatado una especie de fiebre por las plantas carnívoras,

**SE TRATA
DE APROVECHAR LA
ENERGÍA DE LOS
CHISMES QUE TIENEN
UNA GRAN CARGA
DE IMAGINACIÓN
MONTADA SOBRE
UNA PEQUEÑA DOSIS
DE REALIDAD.**



desencadenando conversaciones, lecturas, preguntas y, a lo mejor, una que otra expedición por el vecindario.

Todo esto es chismografía pacífica. Hasta ahora no podrá decirse que hay investigación científica ni rigor intelectual. Pero sí hay una movilización de la curiosidad que lleva a crear el afán por saber, indispensable para el ejercicio de la investigación y el conocimiento. Tal vez a los pocos días se demuestre que allí, en ese lugar, no hay plantas carnívoras porque el clima no es propicio, pero mientras tanto se habrá aprendido mucho sobre estas y otras plantas. Si los maestros son hábiles sabrán evitar a toda costa darles respuestas a sus alumnos. Por el contrario estarán estimulando todo el tiempo sus historias, sus averiguaciones y sus hipótesis sin importar lo descabelladas o exageradas que ellas resulten. Tal vez se harán dibujos imaginarios, cuentos, colecciones de flores disecadas y discusiones en clase, hasta que poco a poco se vaya decantando el tema y con una que otra pregunta escéptica se descubra cuál es el verdadero tamaño del

rumor original. Esto es aprovechar la energía de los chismes que tienen una gran carga de imaginación montada sobre una pequeña dosis de realidad.

De alguna manera el mundo de la ciencia funciona con chismes científicos. Alguien que descubre una pista sobre un virus, sobre una propiedad física de algún metal, sobre un tipo de reacción psicológica o sobre el efecto secundario de un producto de belleza, se atreve a mencionarlo en una reunión social o en un congreso de especialistas y de inmediato se ponen en movimiento miles de cerebros que intentan indagar la posibilidad de que aquello, dicho como sin querer, pueda ser el inicio de un gran descubrimiento científico. En la medida en que unos y otros avanzan y se comunican se va constituyendo una forma ordenada de abordar el tema. Ya entonces se llevan resultados a las revistas especializadas, se hacen encuen-



tros, se organizan grupos, se escriben correos electrónicos... En fin, es toda una red de comunicaciones que, como en el caso de los niños y la planta carnívora, debe ir descartando ideas fantasiosas y depurando lo que es realmente aprovechable de las ideas iniciales.

Normalmente no se valora en los niños su capacidad de desatar procesos de investigación a partir de ideas fantasiosas, porque confundimos la imaginación con la mentira y la superficialidad. Pero si se estudia la historia de la ciencia puede comprobarse que muchos descubrimientos surgieron de este tipo de pensamiento que oscila entre la realidad y la fantasía. Hasta comienzos del siglo pasado se creía a pie juntillas en la existencia de animales rarísimos como el basilisco. Durante el renacimiento, en la época de los grandes descubrimientos geográficos, los viajeros llegaban a Europa hablando de sirenas, amazonas, gigantes y otros extraños seres descubiertos en ultramar. De toda esta chismografía surgió el

CURIOSIDAD E INVESTIGACIÓN

“Quien está acostumbrado a observar descubre ya en el niño de pecho una curiosidad incipiente que domina en los juegos y experimentos del niño a los dieciocho meses y alcanza expresión consciente en el trabajo del muchacho que madura. La curiosidad desnuda, elemental, se desarrolla en algunos de nosotros en una transición fluida y sin modificar en lo más mínimo su esencia, hasta convertirse en esa especie de aspiración consciente al conocimiento que denominamos investigación”.

Konrad Lorenz, El Manuscrito de Rusia.

¿CUÁL CIENCIA EN LA ESCUELA?

"Hoy, incluso el técnico más obsesionado por los datos fácticos reconoce que lo ordinario es que no sean los trabajadores incansables y minuciosos, sino los soñadores, quienes abren nuevos caminos a la investigación. Los historiadores de la ciencia dan en la actualidad más importancia que nunca a las intuiciones, atisbos y destellos fecundos. Insisten en que los avances reales de la ciencia se producen cuando alguien se sale de los paradigmas del momento y crea un nuevo modo de ver las cosas".

Harvey Cox, en Las Fiestas de Locos.

interés por seguir explorando y buscando tierras extraordinarias. Quizá sucede lo mismo entre astrónomos y viajeros espaciales que aún van detrás de cuentos de marcianos e inteligencias extragalácticas. □

"Me encantaría poder decir que en la escuela elemental, superior o universitaria tuve profesores de ciencias que me inspiraron. Pero por mucho que buceé en mi memoria, no encuentro ninguno. Se trataba de una pura memorización de la tabla periódica de los elementos, palancas y planos inclinados, la fotosíntesis de las plantas verdes y la diferencia entre la antracita y el carbón bituminoso. Pero no había ninguna elevada sensación de maravilla, ninguna indicación de una perspectiva evolutiva, nada sobre ideas erróneas que todo el mundo había creído ciertas en otra época. Se suponía que en los cursos de laboratorio del instituto debíamos encontrar una respuesta. Si no era así, nos suspendían. No se nos animaba a profundizar en nuestros propios intereses, ideas o errores conceptuales".

Carl Sagan. El mundo y sus demonios.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

MAESTRÍAS EN:

- Ciencias Económicas
- Filosofía Latinoamericana
- Psicología Clínica y de la Familia
- Planeación Socioeconómica

ESPECIALIZACIONES EN:

SEGURIDAD SOCIAL

- Gerencia de Instituciones de Seguridad Social en Salud
- Auditoría de Salud

GERENCIA

- Finanzas
- Administración
- Gerencia de Negocios Internacionales
- Gerencia de Instituciones de Educación Superior
- Administración Deportiva
- Administración y Gerencia de Sistemas de la Calidad (Convenio Icoctec)
- Gestión y Auditoría Medioambiental
- Auditoría Tributaria
- Auditoría de Sistemas

DERECHO

- Derecho Administrativo
- Derecho Comercial y de los Negocios
- Derecho de la Familia
- Derecho Penal
- Psicología Legal y Forense

INGENIERÍA

- Gerencia Técnica de Proyectos de Ingeniería Electrónica
- Instrumentación Electrónica
- Redes de Datos

PSICOLOGÍA

- Intervención Sistémica de la Familia
- Psicología Jurídica

Financiación Directa con la Universidad

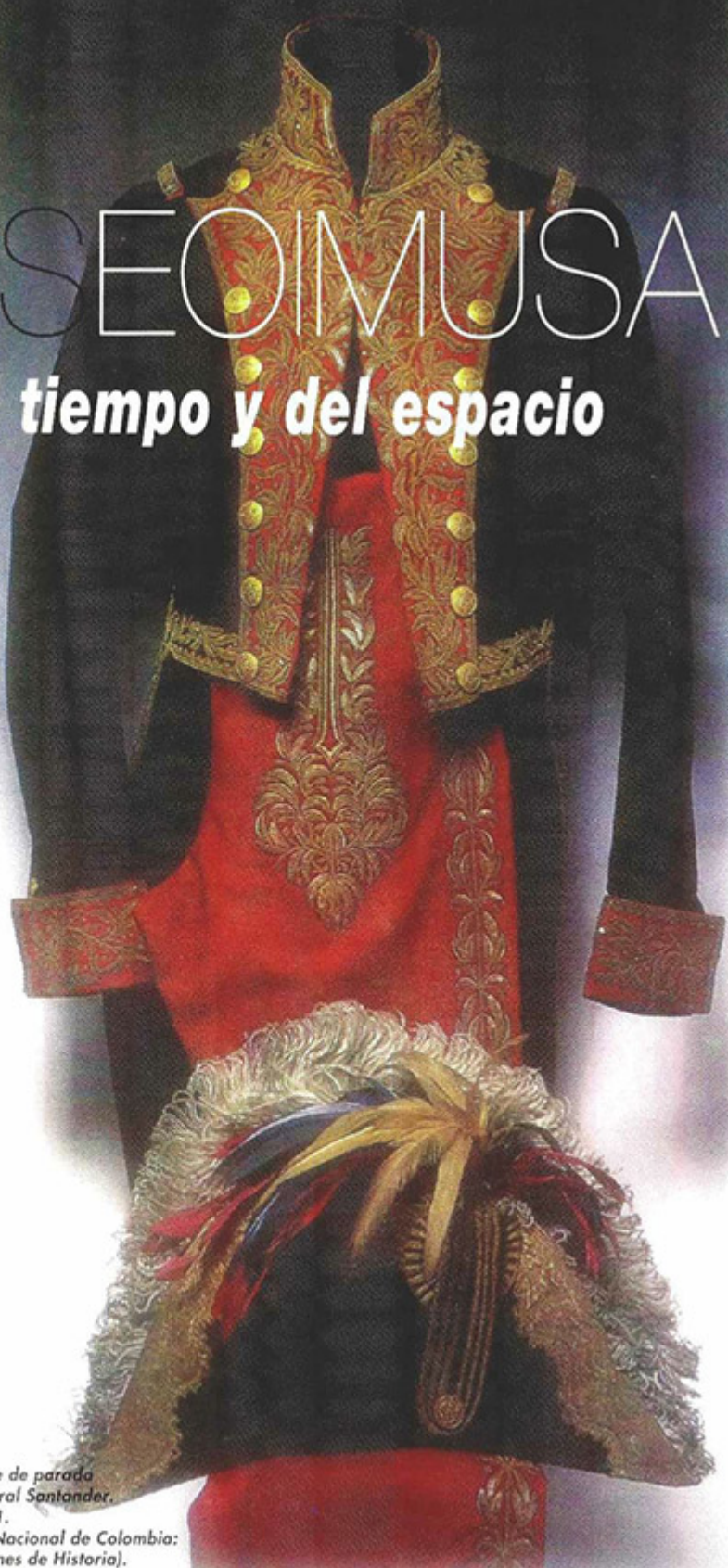
TEL.: 600 32 36 - 018000 11 11 80

De Lunes a Domingo
Informes Admisiones: 348 41 41 Ext. 129-159-220
Cra. 7 # 51-51, Primer Piso • adm@usta.edu.co • http://www.usta.edu.co
Unidad de Investigación y Posgrados: 573 43 35 • 348 41 41 Ext. 228
Cra. 7 # 51-51 4º Piso • oparaco@usta.edu.co

SITUACION ACTUAL

Del MUSEOIMUSA al laboratorio del tiempo y del espacio

Lo
arcaico
no es
arcadia



Uniforme de parada
del general Santander.
Ca. 1831.
(Museo Nacional de Colombia:
Colecciones de Historia).

Daniel Castro

Director

Museo Quinta de Bolívar

E-mail:

quintadebolivar@excite.com

LA NATURALEZA
EN SU CONJUNTO,
FUE EL REAL ORIGEN
DEL CONCEPTO DE MUSEO,
Y NO LA ENTIDAD
COMPARTIMENTADA
Y OBLIGADA A PRESENTAR
POR MEDIO DE CONJUNTOS
TAXONÓMICOS, TEMAS
Y DESARROLLOS DE
LA INVENCION NATURAL
Y HUMANA A TRAVÉS
DE OBJETOS,
TAL CUAL PERSISTE
EN MUCHOS LUGARES
DEL MUNDO.

Conocido es de todos el origen etimológico de la palabra museo. Las musas, diosas inspiradoras del parnaso griego y acompañantes solícitas del dios Apolo necesitaban un lugar de culto, el cual, además de ser un lugar devocional, debería ser también un

espacio de instrucción, que permitiera difundir ampliamente las artes y las ciencias. Este espacio que en el imaginario colectivo tiene las características de un templo de mármol similar al legendario Partenón, con sus frisos, columnas, frontones y techos a dos aguas, denominado *mousêion*, va a ser el paradigma de muchas de las edificaciones que a lo largo y ancho del mundo han identificado estos lugares como recintos de la memoria a través de los objetos.

Sin embargo, es poco conocido el uso de este término por parte de los romanos. Para ellos la palabra *mousêion* estaba relacionada con lugares de discusión filosófica. Y para agregar un componente aún más interesante, se ha determinado en recientes investigaciones (Francisco Calvo. El Museo Alejandrino. En revista de Occidente. Febrero, 1996. No 177. Pag. 11) que el lugar de culto a las musas no era un templo propiamente, sino una extensión del valle que estaba localizado al pie del monte Helicón de la península griega.

Esto nos lleva a analizar dos aspectos: Por una parte y para fortuna de las nuevas propuestas museales en las cuales la interacción e integración de espacios abiertos

al público son un componente esencial de la presentación de contenidos científicos, artísticos o históricos, este emplazamiento original del *mousêion* tenía en cuenta todos los elementos cambiantes de la naturaleza como el viento, el agua, asimismo todos los sutiles o radicales cambios climáticos que se suscitan en un espacio abierto. Es decir que la naturaleza en su conjunto, fue el real origen del concepto de museo, y no la entidad compartimentada y obligada a presentar por medio de conjuntos taxonómicos temas y desarrollos de la invención natural y humana, a través de objetos, tal cual persiste en muchos lugares del mundo.

Por otra parte, la Arcadia, como ese lugar ideal, que pertenece igualmente a la cultura griega, –en esta oportunidad relacionada con el origen del museo, es decir la naturaleza misma–, no encaja realmente con la connotación -arcaica- que cualquier individuo haya relacionado en algún momento al desarrollo mismo de los procesos museales durante siglos, como la acumulación de objetos en desuso, apilados y descontextualizados de sus entornos orgánicos, funcionales y naturales.

De toallas, trofeos y otras piezas de museo

Hace aproximadamente un año la Directora del Museo Nacional de Colombia, generó una polémica cuando propuso solicitarle a Manuel Marulanda, cabeza del grupo guerrillero Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), que entregara una distintiva toalla que llevaba siempre en su hombro en las primeras conversaciones de paz del gobierno de Andrés Pastrana, para engrosar así la lista de colecciones del museo más antiguo del país, aduciendo que también la historia

contemporánea debería estar incluida en la nueva narrativa de la nación.

Unos meses más tarde, recibía de manos del grupo musical Aterciopelados, el galardón que habían obtenido como mejor agrupación vocal de rock o dúo. El *Grammy* latino, así como la Copa América que también había sido cedida al museo para ser expuesta temporalmente en la Bóveda de Platería de esta institución luego del triunfo de la selección

colombiana de fútbol en la contienda deportiva suramericana del mismo nombre, atrajeron numerosos visitantes al museo, quienes admiraron estas piezas junto a las ya tradicionales muestras de nuestro devenir histórico desde las primeras evidencias de vida de seres humanos en nuestro territorio hace 20.000 años, hasta los tradicionales ejemplos de objetos históricos, científicos y artísticos que desde 1824 conforman la colección del museo.

Este es sólo un grupo de ejemplos de cómo la mayoría de museos han basado

Corona ofrendada en el Cuzco al Libertador. 1825. (Museo Nacional de Colombia: Colecciones de Historia).

su existencia en colecciones, muchas de ellas privadas, que existían incluso antes de que estas instituciones fueran creadas. Los gabinetes de curiosidades, germen de muchos museos europeos, que agrupaban como su nombre lo indica, un sinnúmero de piezas de proveniencia diversa: objetos artísticos, materiales orgánicos e inorgánicos producidos por la naturaleza, como cristales, corales, ostras con dos perlas, cuernos, así como antigüedades de otras culturas y pinturas, entre otros, (Newhouse Victoria: *Towards a new museum*. Monacelli Press. Nueva York, 1998) son en gran medida la razón de ser y resonancia pasada de la actividad y práctica que aún dan sustento físico al desarrollo de museos tradicionales con carácter histórico o artístico en todo el mundo.

Aunque el Museo Nacional hubiese dado la oportunidad de presentar al público un objeto que causó euforia colectiva por la victoria, como fuera la Copa América, no fue posible mitigar la decepción de algunos visitantes que en entrevista a un medio de comunicación escrita aducían que habrían querido tomar la copa en sus manos y besarla como lo vieron hacer a los integrantes del equipo deportivo, hecho que no se pudo llevar a cabo, pues la copa estaba exhibida dentro de una vitrina de seguridad con el obvio argu-

mento de su cuidado y conservación, que es responsabilidad de cualquier museo, para sólo posibilitar la contemplación pasiva, y además en un espacio que presenta entre otros objetos, piezas de platería colonial y algunos elementos pertenecientes al Libertador Simón Bolívar.

Hasta aquí, la imagen de museo que se ha venido esbozando la podríamos denominar el MUSEOIMUSA. Un lugar tradicional, que acumula objetos, simbiosis entre un entorno devocional, contemplativo (de musas inspiradoras) y seguramente instructivo, que evoca tanto gestas como el pasado de culturas locales y foráneas, con una presentación sustentada en una información sucinta, aunque no por ello producto de cuidadosas investigaciones, en la cual los objetos en referencia se encuentran subrayados por efectos museográficos de iluminación y ubicación, que resaltan aún más su connotación de piezas valiosas. Comparamos atrevidamente esta presentación del museo tradicional, con la manera como Imusa, la platinada marca de baterías de cocina conocida en todo el territorio colombiano, despliega sus productos en los estantes de los almacenes de cadena y los grandes supermercados, ellos sí dispuestos para ser manipulados y comparados entre sí, y exhibidos en otros templos que, por razones obvias del



Estatua representativa del Budismo, sur de Asia (Museo Británico, Londres).

consumo, en la actualidad han sustituido en gran medida a los museos, como ejes urbanos del deleite, la admiración y la apreciación y adquisición de objetos, como son los centros comerciales.

Este MUSEOIMUSA se convierte en un exclusivo escenario de objetos inventariados e inaccesibles con características físicas variables, en donde hay poca cabida para las múltiples asociaciones, evocaciones y nuevas lecturas de lo expuesto en las cuales elementos afectivos, de la cotidianidad, de la expresión, de la sorpresa o el asombro puedan ser insumo posterior que permita desarrollar nuevas narraciones dentro de futuros guiones museológicos, materiales de apoyo, hojas pedagógicas y otro tipo de actividades comunicativas.

Del boom de los museos a los museos del boom

Es indudable que los museos hoy en día están en su *boom*. Tanto en el ámbito nacional como internacional se habla de espacios nuevos para las artes, las ciencias y la historia: una central eléctrica convertida en La Tate Modern en Londres, el barco de platino del arquitecto Frank Gehry en Bilbao para la sede en Europa del Museo Guggenheim; el Museo de Antioquia y su nueva sede, igual de generosa en espacios a la donación Botero, el Museo Nacional de Colombia y su iniciativa de presentar grandes exposiciones del más alto nivel en nuestro país, la transparencia inevitable del espacio de MALOKA, son sólo ejem-

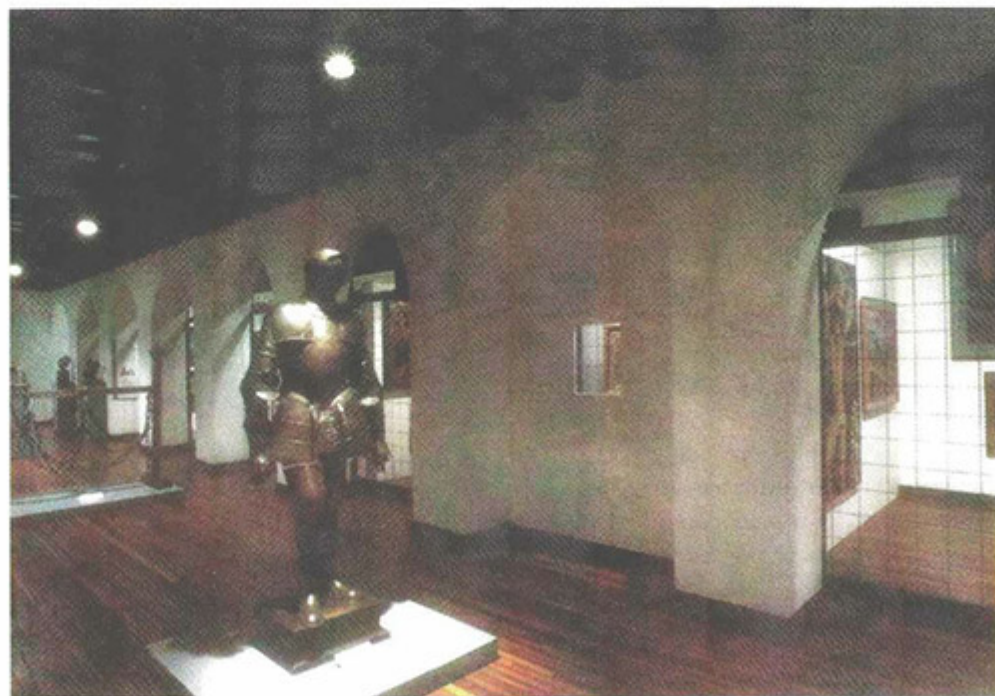
plos recientes de este inusitado interés por estos lugares de asombro, educación y deleite.

Un vistazo al estado actual de los 360 museos del país, según los reportes del Programa Red Nacional de Museos del Ministerio de Cultura, nos presenta un panorama en el cual se puede visualizar la primacía de algunos departamentos en su labor de creación de museos o la concentración de éstos en las capitales o en los municipios; y otros donde la categorización de los nuevos postulados políticos y sociales genera diferenciaciones particulares como la de los Museos Indígenas o la de la Afrocolombianidad, o en términos de la apropiación social de la ciencia, propuestas como las de MALOKA, que ya comienzan a irradiar su labor en el resto del país.

Asimismo, hay otra serie de factores que también se refieren a ese *boom*. En el campo de la infraestructura física se debaten ampliaciones necesarias, se concretan nuevas construcciones, se restauran edificios, se

remodelan salas. Esta dinámica igualmente se emparenta con cambios en posturas conceptuales en donde esa tradicional imagen del museo-depósito, del museo-mausoleo, del museo *mirar pero no tocar*; del MUSEOIMUSA distante, frío y ajeno a la cotidianidad de su respectiva ciudad, municipio o región, se comienza a modificar para inscribirse dentro de nuevos paradigmas de proactividad y dinamismo. Esta transformación se debe en parte a una nueva comprensión de la nación, pues desde la época de la independencia, la naciente Colombia construyó su propia historia basada en una fuerte tendencia unitaria y homogénea—a pesar de los intentos de una conformación federalista— proceso que concentraba recursos económicos y acciones en el ente central y tácitamente dudaba de la escasa capacidad de las provincias para regir su propio desarrollo, determinar sus prioridades y escoger vocaciones culturales individuales. Luego de casi cien años de haber actuado

Museo Nacional de Colombia (Exposición especial de "Obras en prisión", sala sur, segundo piso. 1996).



bajo este esquema, a partir del final del siglo XX, se vislumbra una nueva percepción del país en el cual el concepto de nación es entendido como un Estado social de derecho, organizado en forma de república unitaria, descentralizada, participativa y pluralista.

Actualmente en Colombia, ese entendimiento de lo plural y descentralizado ha abierto paso a las nuevas legislaciones, en las cuales, tanto el concepto como la figura de los museos se incluyen y hacen presecia con fuerza, por primera vez en su historia constitucional, como espacios articulados a una nueva proyección cultural, científica y educativa del país.

Sin embargo, este *boom* nos conduce por otra senda. Una mirada a la actual situación que vive Colombia, nos haría reflexionar sobre cuál debe ser el papel de los museos en el reconocimiento de nuestros conflictos internos, en la búsqueda de soluciones a esa explosión de individualidades, que ha desembocado en una violencia desenfrenada; en qué tipo de acciones acometer para que los visitantes revisen los procesos históricos de manera crítica y así contrarrestar el agotador insomnio en el cual hemos perdido en la mayoría de casos, la capacidad de soñar. Ello nos ha impedido la lucidez imprescindible para enfrentar con vigor e imaginación nuestros problemas o nuestro gran problema que es la nación misma. Esta somnolencia en que nos hace des-

embocar la crisis, manifiesta en muchos rostros el derrotismo, la desmovilización, la abulia, el individualismo exacerbado, el miedo, la angustia y el cinismo.

¿Debe ser este el panorama y los temas que presenten los museos hoy en día a sus públicos? ¿Debe ser el museo eco, resonancia y simple reflejo de la situación actual que vive nuestro país, tal como lo realizan la mayoría de las veces de manera indiscriminada los medios de comunicación masiva? ¿Deben nuestros museos convertirse, por ende, en museos del *boom*?

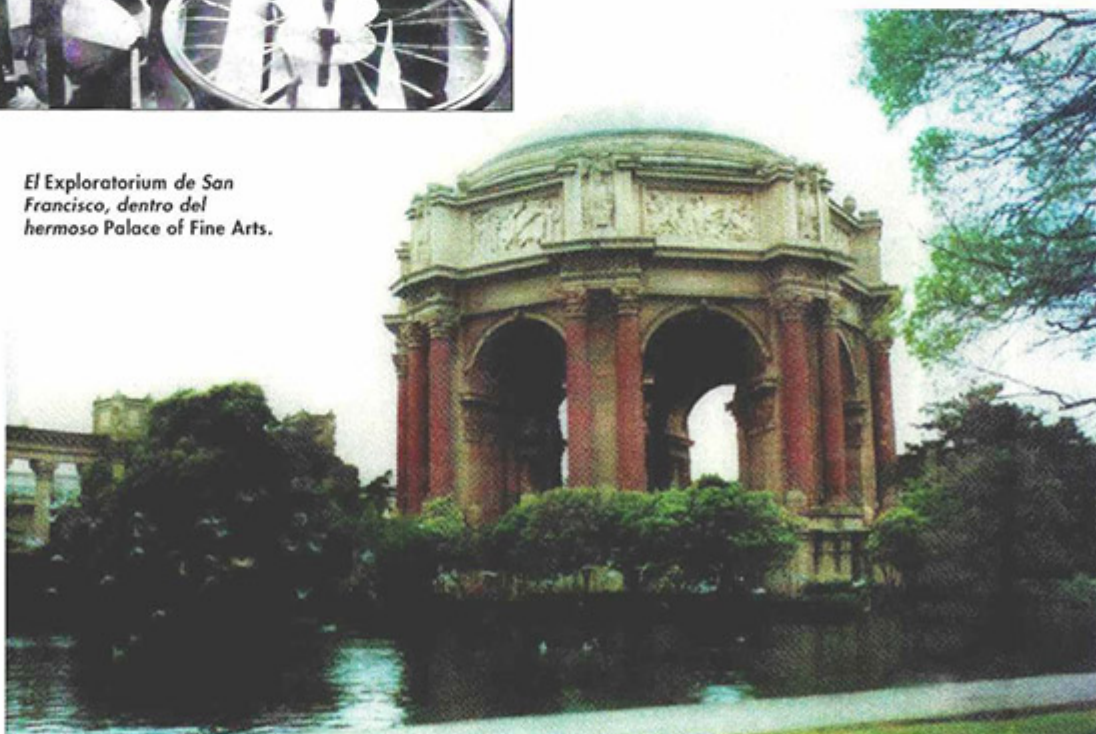
Nuevos mousêiones, nuevas musas

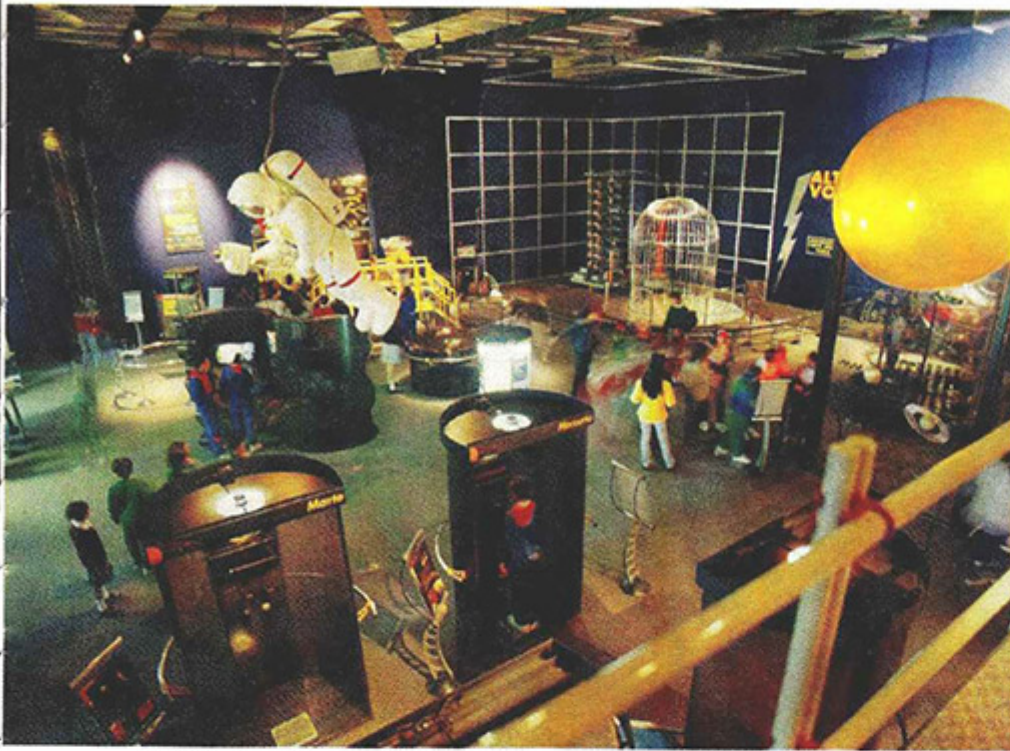
Gran parte de la transformación de los espacios museales y del desarrollo de una nueva dinámica educa-

tiva se debe indudablemente a la inclusión de un nuevo paradigma que compite con el famoso refrán que defienden con ahínco los curadores de los museos tradicionales: *Las colecciones lo son todo*. Sin embargo, este paradigma ha necesitado una revisión y debates intensos desde la creación misma de los grandes centros de ciencia y tecnología, o de otros espacios en los cuales el objeto ya no es la razón absoluta, sino una disculpa para que los públicos generen una nueva serie de aproximaciones sobre aspectos y temas generales o específicos del devenir humano. El *Exploratorium* de San Francisco, el Museo de los Niños en Boston, y el Museo de la Diáspora en Tel Aviv; así como el Museo de los Niños, el Museo de la Ciencia y el Juego de la Universidad Nacional y la reciente iniciativa de MALOKA, Ciencia y Tecnología Interactiva, son ejemplos foráneos y locales del resultado de esta revisión de procesos de aproximación, valoración, comprensión y disfrute de patrimonios diversos, los cuales fueron pioneros de una nueva estrate-



El Exploratorium de San Francisco, dentro del hermoso Palace of Fine Arts.





MALOKA. Una de las salas del sofisticado centro interactivo en Bogotá.

gia en la que se validaba la acción y la inclusión de narrativas diferentes de la presentación misma, además del descubrimiento de contenidos diversos por medio de la participación directa de los espectadores.

Paralelamente a estos desarrollos de procedimiento en la exhibición y presentación de colecciones, se lleva a cabo en todo el mundo una revaloración de la misión educativa en los museos, la cual comienza a alcanzar una nueva e importante dimensión de gran responsabilidad, porque primero que todo ella debe permear otras instancias internas de la institución museística para luego comprometerse a reconocer en el diálogo y la interacción —esta última no siempre emparentada con los avances tecnológicos— estrategias reales y efectivas de participación, no ligadas a un determinado grupo humano o a particulares contextos institucionales, sino a la sociedad en su conjun-

to. La educación vista como un proceso de vida, endógeno y exógeno, a largo plazo, directamente relacionado con la curiosidad natural que todas y cada una de las personas poseemos acerca de nuestra vida y entornos, se potencia siempre de manera natural en los museos. Por otra parte y para todos los propósitos de esta misión, la función básica de *comunicar* es vital pues rebasa las acciones divulgativas necesarias en estos espacios culturales, para convertirse en el vehículo por el cual los diversos públicos se identifican genuinamente con los temas y aspectos presentados en los espacios de exhibición a través de un intercambio de experiencias y saberes.

Este nuevo paradigma le permite al visitante y a la institución museística verse a la luz de un proceso de redes homogéneas, sin jerarquías, ni escalas de valor, sino a partir de cada experiencia de vida y

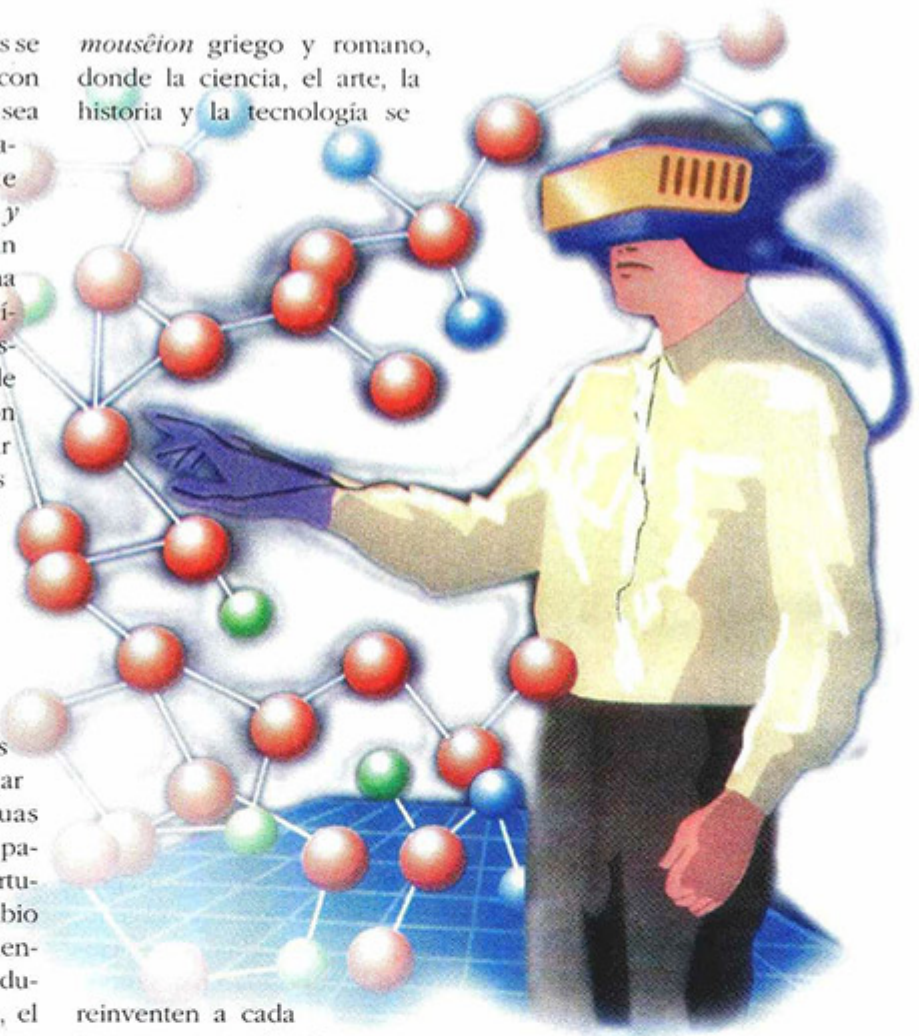
de cada historia particular, en un intercambio vital y creativo.

Los procesos de comunicación masiva, entonces, se mueven cada vez más cerca de los procesos de comunicación interpersonal en campos comunicativos integrales y esto se refleja automáticamente en los museos. Ahora, contrario al hecho que las exposiciones eran entendidas como actos de comunicación igualmente unidireccionales en las cuales lo único que primaba era su razón científica y estética, la comunicación está conceptualizada como un hecho más activo, que necesita del conocimiento de diversos estilos de aprendizaje: ver cómo aportan, reaccionan y responden los públicos, ver cómo se aprende en diferentes edades del desarrollo humano; cómo procesan información los diferentes grupos no sólo escolares sino de otras proveniencias y extracciones sociales, y con qué tipo de intereses y expectativas vienen a los museos, entre otros.

Esto nos conduciría a un nuevo prototipo de museo, que deja de ser categórico o exclusivamente didáctico, pero no por ello, deja de desentrañar todas las características de un tema u objeto. Un lugar que se convierte en un increíble laboratorio de tiempo y espacio, el cual, sin importar su característica de acumulación y presentación de piezas patrimoniales o aspectos sobre las ciencias y las artes, abre sus puertas a una nueva dimensión de disfrute y conocimiento. Este nuevo museo convierte sus espacios en escenarios de encuentro, de tolerancia, de comunicación y de intercambio de experiencias a través de la imaginación y de la especulación, del contacto sensorial —permitido siempre y cuando no se vulneren la perdurabilidad y el valor patrimonial de las piezas—. Espacios asociados que vislumbren la noción de viaje, donde

todos y cada uno de sus visitantes se reencuentren consigo mismos y con sus semejantes y en los cuales sea permitido establecer nuevas relaciones no necesariamente cronológicas, sino *transversales y espirales*, en las que como un científico en búsqueda de una comprobación particular y específica, se experimente con estas mismas temporalidades en busca de una comprensión y percepción más integral acerca del devenir humano. Lugares que acepten las ventajas de la tecnología como apoyo a guiones y narrativas, pero, sin volverse esclavos de la misma; en donde se permita convocar a expertos y público en general para revisar y proponer nuevos contenidos y actuar en consecuencia con esas decisiones de consenso; reevaluar transdisciplinariamente antiguas creencias, mitos e incluso viejas pasiones. De igual manera dar oportunidades para que haya intercambio de ideas, diálogos y cuestionamientos que desmitifiquen hábitos caducos, y momentos de la historia, el arte y los procesos científicos, entre otros. Procesos tan numerosos como amplia es la imaginación de los mismos individuos que han sido parte de los desarrollos técnicos, artísticos, científicos y culturales junto a los públicos que llenan salas, potenciando de esta forma su dinámica comunicativa. Y así, reconocer nuevas musas inspiradoras de la consabida instrucción y disfrute ancestral: niños, jóvenes, adultos, gente letrada e iletrada que llenan las salas y espacios de los museos en Colombia y el mundo, sin distinción de sexo, raza, creencias religiosas o políticas. Museos convertidos en ágoras públicas, abiertas al diálogo y al debate, pero igualmente elusivas y acogedoras como el primigenio

mousèion griego y romano, donde la ciencia, el arte, la historia y la tecnología se



reinventen a cada instante por medio de una arcadia sin nombres propios. En estos fascinantes lugares donde la más poderosa alquimia es la de moldear en un crisol el tiempo y el espacio en el aquí y el ahora de la realidad, que es el único ingrediente sobre el cual artistas, científicos, creadores, literatos y personas del común, basan su existencia y le dan cabida a sus sueños, a sus temores, a sus recuerdos y memorias, los cuales han sido fortuitamente recogidos y presentados en muchos de los *mousèiones* de nombres y formas diversas que se encuentran diseminados en todos los rincones del planeta. □

Adpostal



Llegamos a todo el mundo!

CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR
A COLOMBIA Y AL MUNDO

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO
SERVICIO DE CORREO NORMAL
CORREO INTERNACIONAL
CORREO PROMOCIONAL
CORREO CERTIFICADO
RESPUESTA PAGADA
POST EXPRESS
ENCOMIENDAS
FILATELIA
CORRA
FAX

LE ATENDAMOS EN LOS TELEFONOS
2438651 - 3410304 - 3415534
98065503
FAX 2623115

*“El arte es la expresión de los
más profundos pensamientos
por el camino más sencillo.”*

A. Einstein

Esto lo comparte la Fundación Mazda, y por eso durante
11 años ha creído en el talento y la inteligencia
de los jóvenes científicos y músicos de Colombia.



SITUACION ACTUAL

La
ACAC

en el
desarrollo

de la

CONCIENCIA

CIENTÍFICA

COLOMBIANA



**NUESTRO PROPÓSITO
ES EL DE CAMBIAR EL PAÍS,
HACIÉNDOLO TRANSITAR
POR LA VÍA DEL
DESARROLLO ECONÓMICO
Y SOCIAL MEDIANTE
LOS INSTRUMENTOS MÁS
SEGUROS Y SÓLIDOS:
EL FORTALECIMIENTO
Y LA APLICACIÓN
DE LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA.**

ACAC

Teresa León Pereira

Asesora Académica
Asociación Colombiana para el
Avance de la Ciencia
Bogotá, Colombia
E-mail: acac@acac.org.co

En diversos espacios nacionales e internacionales se habla, desde hace mucho tiempo, de la función de la ciencia como una condición necesaria para el desarrollo social y tecnológico, como una de las llaves que abren la puerta de entrada al tercer milenio y en consecuencia, de la necesidad de fomentar su aprendizaje dentro y fuera de la escuela.

En algunas instituciones esa idea ha constituido un motor para el desarrollo de políticas de enriquecimiento y transformación de expectativas, actitudes y conocimientos en torno a las ciencias y a la motivación por su aprendizaje. La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC, es una de esas instituciones en donde la reflexión sobre el tema ha generado, a lo largo de treinta y dos años, un trabajo serio y continuado

que busca integrar la ciencia y la tecnología a la sociedad y a la cultura colombianas.

La vigencia del tema justifica un análisis de lo que ha sido la institución y de sus aportes al conocimiento de la función de la ciencia en el nivel de desarrollo del país y de un gusto especial por su aprendizaje. Usted, amable lector, está invitado a formular, responder y analizar interrogantes sobre lo que es ACAC, su visión, su misión, sus aportes y los desafíos que enfrenta actualmente.

¿Qué es la ACAC?

Desde el punto de vista jurídico es una organización sin ánimo de

lucro, constituida el 9 de octubre de 1970 que trabaja por el fomento de la ciencia y la tecnología como bases del desarrollo nacional. Es básicamente un organismo representante de la comunidad científica que tiene como funciones primordiales el fomento y la coordinación de las actividades científicas y tecnológicas a nombre de dicha comunidad. Pueden pertenecer a ella personas naturales o instituciones como universidades, asociaciones, academias, centros de investigación y sociedades científicas. Su condición de especialista en el campo científico le permite pensar en el país con cierta holgura sin muchas de las limitaciones propias de los organismos del Estado, presentar propuestas de políticas públicas en materia de ciencia y tecnología, e interactuar con diversos sectores de la sociedad desde los niños hasta los empresarios y los académicos.

Es miembro de varias organizaciones científicas internacionales como La Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, AAAS; La Federación Americana de Asociaciones para el Avance de la Ciencia y la Tecnología, INTERCIENCIA; La Federación Internacional de Asociaciones para el Avance de la Ciencia y la Tecnología, IFAAST; El Consorcio de Afiliados Internacionales de la AAAS, CAIP; y La Red de popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe, RED-POP-UNESCO. En el plano nacional ha establecido vínculos con muchas instituciones y regiones, pero de manera especial está ligada al Instituto de Normas Técnicas Colombianas, ICONTEC, a la Corporación CALIDAD y a la Incubadora de empresas de base Tecnológica, INNOVAR. El intercambio con las organizaciones de las que es miembro le ha permitido realizar valiosos

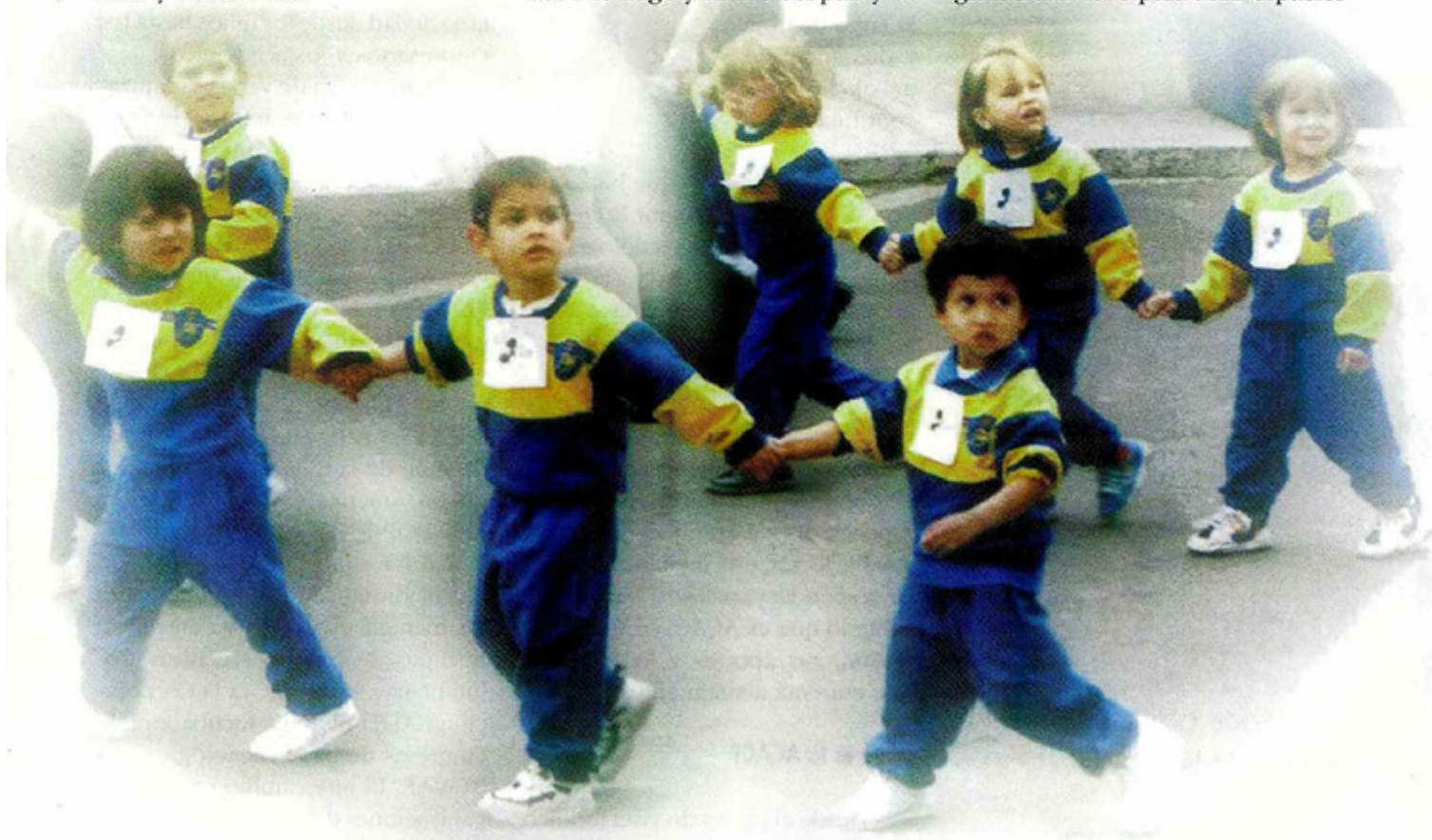
aprendizajes que la llevan a generar nuevos proyectos y a corregir los errores encontrados.

Desde un punto de vista práctico es una organización que fomenta el entusiasmo y la valoración del conocimiento científico en diferentes sectores de la sociedad como son el académico, el empresarial, el artístico y el juvenil. Logró pasar de las propuestas a las realizaciones en muy variados campos de la actividad científica, tecnológica y artística, y gracias a su infatigable labor un gran número de colombianos y colombianas valoran ya, o están aprendiendo a valorar una formación científica de calidad y descubriendo la función social de la ciencia, cuyo conocimiento resulta de especial importancia para el desarrollo, la convivencia y la consecución de la paz que necesitamos y anhelamos.

La visión que ACAC tiene de Colombia es la de un país con grandes talentos encarnados en niños, jóvenes y adultos creativos, soñadores que, si son debida y oportunamente apoyados y orientados, pueden llegar a ser comprometidos, responsables y capaces de generar procesos de transformación cultural en favor de mejores niveles de calidad de vida. Una patria donde, gracias a la aplicación de una política de formación, reconocimiento y apoyo a los investigadores, es posible alcanzar altos niveles de conocimiento y tecnología y evitar la fuga de cerebros. En ese escenario la ACAC se concibe a sí misma como gestora de ideas y propuestas generales, para el país o para Latinoamérica, como dinamizadora de los procesos, facilitadora e integradora de los avances y aprendizajes logrados a lo largo y ancho del país y de

la región. El sello que identifica su obra se teje en torno a valores relacionados con un profundo compromiso con el país y con su gente, para invitarlos a explorar y recorrer caminos de avanzada en Ciencia y Tecnología; con la calidad, la pertinencia y la seriedad científica de sus proyectos y con la agilidad para descubrir, fortalecer y crear conexiones y redes entre la ciencia y la sociedad. Esta visión incluye el cultivo de una sólida estructura organizacional soportada en valores éticos que hagan posible el trabajo sinérgico de su equipo.

Durante los treinta y dos años de existencia ha explicitado progresivamente su misión. Se la puede entender como la de crear una cultura científica que empieza por acercar a los niños y a los jóvenes a la ciencia para lo cual despliega una gran creatividad para abrir espacios



y escenarios donde interactúen grupos infantiles y juveniles, con los científicos y con los hombres de empresa. En una de las redefiniciones¹ que se han logrado se afirma: "Nuestro propósito es el de cambiar el país, haciéndolo transitar por la vía del desarrollo económico y social mediante los instrumentos más seguros y sólidos: el fortalecimiento y la aplicación de la ciencia y la tecnología. Llevar un mensaje a todos los rincones del país: hacer que el niño desde pequeño utilice su creatividad, su curiosidad, su sentido crítico. Es hacer consciente al joven de su deber para conservar el medio ambiente, al mismo tiempo que tiene la oportunidad de convertirse en empresario. Es decir al industrial que la única alternativa para competir es modernizar su empresa, aplicar su talento, en resumen, investigar y crear".

La institución y quienes la integran se caracterizan por ser optimistas, entusiastas, capaces de trabajar y crecer en equipo. Reconocen que las transformaciones culturales requieren muchos años de trabajo y se preparan para afrontar las dificultades propias de los procesos sociales en los cuales intervienen factores culturales, económicos, logísticos y legales. Por tal razón, no han desfallecido, no se han rendido ante las múltiples dificultades y contratiempos que han encontrado, principalmente de carácter financiero. Por el contrario han transformado y enriquecido su visión y su misión de acuerdo con las exigencias y posibilidades del contexto nacional e internacional. Su responsabilidad con el país se concreta en aspectos como: promoción de altos niveles de desarrollo humano, científico y tecnológico, agilidad y transparencia en los procesos técnicos y administrativos, apertura a la participación y promoción de una actitud proactiva como

**LA ACAC DESPLIEGA
UNA GRAN CREATIVIDAD
PARA ABRIR ESPACIOS Y
ESCENARIOS DONDE
INTERACTÚEN GRUPOS
INFANTILES Y JUVENILES,
CON LOS CIENTÍFICOS
Y CON LOS HOMBRES
DE EMPRESA.**

resultado de una toma de conciencia del papel de la sociedad en la conducción de sus destinos. De hecho, la ACAC busca garantizar su permanencia en su posición de interlocutor válido de la sociedad, la academia y la industria para el desarrollo del país.

¿Qué se propone la ACAC?

Como organización dinámica que es, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, nace con unos objetivos que se han ido precisando, ampliando o transformando según las exigencias de los proyectos y del contexto en cada momento histórico. En el boletín de su constitución como organización² aparecen los objetivos de "integrar, comunicar y fomentar el adelanto y desarrollo de la ciencia y la tecnología: integrar a la comunidad científica y tecnológica, transferir el conocimiento y promover la investigación".

Con la experiencia ganada durante los primeros años los objetivos³ se van precisando de la siguiente manera:

- Promover y apoyar actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico.
- Trabajar por la consolidación de las comunidades científicas, tecnológicas y académicas a nivel na-

cional y contribuir a la creación de mecanismos que posibiliten su integración al contexto internacional.

- Asesorar al gobierno en materia de política científica y tecnológica e impulsar el desarrollo del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

- Contribuir a la difusión y popularización del conocimiento científico y tecnológico.

- Fomentar el desarrollo y transferencia de la tecnología. Asesorar a individuos y entidades que realizan proyectos en el campo de la ciencia y la tecnología.

- Promover y orientar actividades científicas juveniles.

Trabajar en torno a estos objetivos ha sido un reto permanente que se va precisando en la medida en que los programas de la institución asumen los problemas que afectan al país, y las discusiones correspondientes se realizan en el campo de la academia, de lo social y también de lo político. Cada vez más, la ACAC se perfila como promotora de los derechos de los investigadores; conocedora del papel de la ciencia y la tecnología en la vida nacional; facilitadora de la integración de la comunidad científica colombiana, del intercambio, la colaboración científica y la vinculación de los profesionales residentes en el país y fuera de él al estudio y solución de los problemas nacionales; generadora de un clima proactivo de investigación y estudio permanente en busca de un adecuado aprovechamiento de todos los recursos que poseemos.

¹ En los años 90 los miembros de la Junta Directiva replantearon la misión de la ACAC en los términos que se señalan en ese párrafo. Confr. FOG, Lisbeth. (1995). 25 años creando futuro, p. 36.

² Boletín de constitución de la ACAC citado por: Lisbeth Fog Corradine. En 25 años creando futuro (1995). Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, p. 6.

³ María Consuelo Amaya. La cultura Científica. Universidad de la Salle. P.4.

En los desarrollos más recientes es clara la concepción de la política científica y tecnológica como un proyecto social⁴ en el sentido de una convergencia de objetivos sociales compatibles entre sí y con los recursos del país, originados en un consenso de aspiraciones y propósitos de la sociedad para definir su proyecto de nación. La Ciencia y la Tecnología se consideran como un bien público al que todos los ciudadanos tienen derecho de acceder.

¿Qué servicios ofrece la ACAC?

La ACAC ofrece a sus miembros y a la comunidad en general los siguientes servicios:

- Gestión y administración de proyectos de investigación y desarrollo.
- Realización de convenios de cooperación con entidades públicas y privadas, para el desarrollo de actividades y proyectos en ciencia y tecnología.
- Asesoría a programas y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Asesoría e implementación de actividades de educación no formal y apropiación social de la ciencia y la tecnología en instituciones del país.
- Organización de eventos.
- Desarrollo de actividades académicas.

¿Qué aportes ha hecho la ACAC en el campo de la Ciencia?

Durante toda su existencia la organización ha trabajado por posicionar dentro de la cultura colombiana un interés por que niños, jóvenes y adultos de-

sarrollen un pensamiento científico y humanístico que oriente su forma de actuar como personas y como sociedad. Para valorar la labor desarrollada durante estas tres décadas es necesario reconocer los cambios culturales en actitudes⁵, intereses, realizaciones, hábitos y expectativas alcanzados a lo largo y ancho del país en relación con el aprendizaje de la Ciencia y su comprensión, y con el conocimiento, apropiación, empleo y generación de tecnología. Existe, sin duda, una resultante de haber creado órganos y espacios de difusión de las reflexiones y los conocimientos sobre Ciencia y Tecnología, de haber impulsado una dinámica de crecimiento de las regiones a través de los capítulos regionales y de haber valorado la participación, la creatividad y el saber de las comunidades.

Desarrollar la evaluación de los resultados y del impacto logrado en la cultura colombiana es una tarea

pendiente. Allí se han de recoger los frutos de tantos años de celebrar encuentros con el futuro, de organizar y animar los clubes de ciencia, de trabajar con tutores científicos, de dinamizar talleres y seminarios de formación docente, de promover pasantías científicas, de organizar Expociencia, Expotecnología, la Convención Científica Nacional, y el Programa Nacional de Actividades Científicas Juveniles.

Seguramente la evaluación mostrará que la cultura colombiana se está transformando. En relación con la ciencia y la tecnología ya no es la misma de hace treinta años. Hoy existe mayor interés por el debate serio entre los jóvenes que crean sus proyectos y los someten al juicio del público. La respuesta de los niños a las convocatorias para que hagan gala de su curiosidad, su ingenio y creatividad es positiva en los sitios donde se produce la invitación.

Entre los importantes eventos realizados por la ACAC: Expociencia, Expotecnología y la Convención Científica Nacional.



Sin pretender hacer un recuento exhaustivo de los caminos abiertos y transitados por un buen número de colombianos y colombianas con el liderazgo de ACAC, sí es posible señalar algunos de ellos y considerarlos como aportes al desarrollo de una conciencia nacional sobre la importancia de alcanzar altos niveles de conocimiento científico y tecnológico. Ese es un aporte muy significativo de la asociación al país:

El Programa Nacional de Actividades Científicas Juveniles.



abrir caminos, tejer redes, facilitar conexiones.

Por el camino del crecimiento en equipo

Es uno de los caminos más transitados por la población apoyada por ACAC y responde a una de las exigencias del mundo globalizado, interconectado e interdependiente. La juventud y la niñez colombianas han tenido oportunidades de crecimiento en grupos o comités de investigación en temas de su interés, en los clubes de ciencia como espacios escolares o extraescolares de aprendizaje creativo y gozoso, en la creación de centros de

investigación o en el fortalecimiento de los que ya existen, en la elaboración y desarrollo de proyectos de investigación, en la realización de actividades científicas locales como conferencias, seminarios, concursos, ferias de la ciencia creativa y en programas educativos sobre ciencias básicas.

Una de las condiciones que favorecen el aprendizaje de la ciencia y la producción de conocimientos científicos es la de ser capaces de compartir los interrogantes que se presentan en los procesos de aprendizaje, en el contacto con la naturaleza y en el tratamiento y solución de problemas y dificultades. El constituir comunidad y en especial comunidad científica, requiere de los participantes disposición para valorar al otro y analizar sus ideas, para compartir su asombro, para escuchar sus razones, para construir juntos explicaciones y respuestas y para asumir y resolver los problemas que suelen presentarse en los equipos humanos, para reconocer que las actitudes y los intereses de quien combate a alguien son bien distintas de las que asisten a quien respetando al otro analiza y debate sus ideas.

Por el camino de cultivar el potencial humano

Durante la existencia de ACAC el apoyo, estudio y valoración del potencial humano ha sido un camino hacia el desarrollo, y a la vez, una vía a donde convergen las más diversas rutas y caminos seguidos en el realización de sus proyectos y programas. El alto grado de conocimiento científico alcanzado mundialmente durante la segunda mitad del siglo veinte sobre el cerebro y la

mente humana despiertan gran interés por cultivar oportuna y adecuadamente las capacidades y talentos de nuestros niños, niñas, jóvenes y adultos.

En el ámbito nacional la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, cariñosamente conocida como la "misión de los sabios" habla con gran claridad de la importancia del tema y afirma que la mayor riqueza competitiva adquirida de un país es su gente, pero su gente plenamente desarrollada. La asociación se nutre de ideas como esa y establece la convicción que debería ser compartida por los colombianos y colombianas y, de manera especial, por quienes toman decisiones de políticas relacionadas con la salud y la educación.

La ACAC cree en el talento colombiano y por eso acompaña a los niños y niñas desde sus primeros años y orienta muchas actividades al desarrollo de su creatividad, al disfrute de su capacidad de asombro, de su curiosidad y de las múltiples preguntas que brotan del espíritu escudriñador. Los espacios de encuentro que genera y apoya están soñados como semilleros para el desenvolvimiento de las vocaciones científicas y artísticas por lo cual quienes los coordinan deben orientar sus estrategias de formación al cultivo temprano de las vocaciones y los talentos y a una sólida formación ética y estética.

⁴ Bases para la definición de una política científica y tecnológica con función social para Colombia. Documento de la ACAC.

⁵ Ya en el editorial del primer número de la revista *Prociencia* el Capitán Alberto Ospina afirmaba: "Una manera de medir el grado de subdesarrollo de un país es comparándolo con el grado de estima en que el mismo país, su clase dirigente y su pueblo, tienen al personal científico y técnico: el nivel de importancia que se da a la ciencia y a la tecnología y por consiguiente a los científicos y tecnólogos, en todos los campos de la actividad nacional, mide el nivel de desarrollo del país".

La atención oportuna y pertinente a las exigencias del desarrollo de las múltiples inteligencias de los colombianos contribuirá a formar generaciones que comprendan la inmensa riqueza de nuestro país, que descubran oportunidades de crecimiento en donde ahora sólo vemos amenazas, que fomenten las actitudes necesarias para crecer en equipo y que posean los conocimientos científicos y tecnológicos que les permitan dirigir acertadamente su propio destino y el del país. La academia y el sector con mayor formación en el país no pueden asistir inermes a la subutilización o a la mala utilización de las inteligencias de sus compatriotas. Los problemas de Colombia tendrán múl-

Por el camino del empoderamiento regional

Una de las condiciones de éxito de cualquier programa es que las personas y las instituciones involucradas se apropien de él, comprendan sus propósitos, asuman su dirección, den cuenta de sus logros y de sus vicisitudes y estén en capacidad de valorar sus resultados y de hacer propuestas para su mejoramiento.

También en la ACAC la consecución de las metas de sus proyectos está directamente relacionada con la apropiación que hagan de ellas las regiones, las instituciones y las personas. Esa es una de las razones por las cuales se ha apoyado la constitu-

y museos de la Ciencia, a realizar encuentros, seminarios, ferias de la creatividad y de la Ciencia originadas en los intereses e interrogantes de los niños y los jóvenes. Ojalá cada región y cada municipio piense, sienta y se enorgullezca de haberse apropiado de los propósitos de la organización. Así se avanzará hacia la misión⁷ expresada por su actual presidente Eduardo Posada de "masificar todas las actividades que realiza hasta llegar a los últimos rincones de nuestro país y del mundo".

El tejido de las redes humanas y de conocimientos

Para desarrollar conciencia sobre la importancia de la ciencia y la tecnología en la vida del país es necesario alcanzar altos niveles de comprensión de los conceptos y de capacidad de relacionarlos, de organizarlos en un árbol o mapa mental, de formar redes dinámicas que se amplían y enriquecen con la adquisición de nuevos conocimientos y experiencias.

Para conseguirlo resulta muy útil el aprendizaje que se realiza cuando se responden inquietudes e interrogantes que surgen en la vida cotidiana en contacto con la naturaleza como los que dan origen a los trabajos que se presentan en las ferias y exposiciones, en los clubes de ciencia, en los proyectos de investigación. Aprender de los otros y hacerse intelectual y socialmente fuertes para ir en pos de metas compartidas de desarrollo, es algo que se consigue en los espacios y tiempos que promueve la ACAC.



tiples causas pero la que tal vez no aparece en la lista es la falta de inteligencia porque como afirmó el coordinador⁶ de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo "la creatividad de los colombianos no está en discusión. Lo que se balla en tela de juicio es la utilización ética de esa creatividad".

ción de capítulos regionales. Las semillas han sido regadas y han dado frutos durante algún tiempo en Antioquia, Bolívar, Magdalena, Boyacá y el eje cafetero con Quindío, Risaralda y Caldas. Actualmente están en plena actividad los de Valle, Santander, Meta y Atlántico. A los capítulos se los invita a crear centros



Desde un principio se han mantenido contactos con otras organizaciones de científicos y de investigadores, se han creado y cultivado grupos de discusión a través de redes de información orientados por la asociación y se ha apoyado el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

La asociación conoce la importancia de la educación en los procesos de apropiación social y de popularización de la ciencia. De acuerdo con la citada Misión⁶ considera que "...la educación técnica y tecnológica se debe orientar hacia las comprensiones generales y globales de los nuevos instrumentos, y hacia la formación en las

competencias básicas que se requieren para conocer las lógicas internas y las estructuras de los sistemas y procedimientos". Esta educación requiere un serio componente de ciencias básicas.

Por la ruta del posicionamiento político y académico

Uno de los aportes de la ACAC al desarrollo de una cultura científica proviene del prestigio y el reconocimiento que se ha ganado a lo largo de su existencia porque ha sabido ocupar los espacios políticos y académicos que le corresponden,

Revista Innovación y Ciencia.



dada su naturaleza y sus propósitos. Su capacidad para proponer al gobierno y a las instancias competentes proyectos de normas, creación de instituciones y misiones y para celebrar alianzas estratégicas dan cuenta de ese posicionamiento.

Convencida de la importancia de crear instrumentos y mecanismos políticos que hagan efectivas las políticas de fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, fue gestora de la Ley 29 de 1990 por la cual el Congreso de la República y el Gobierno dictaron disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Una vez promulgada la Ley, la ACAC dinamizó y participó en el proceso de reglamentación mediante decretos que crearon el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, establecieron mecanismos para la regionalización de las actividades correspondientes y nuevos procedimientos de contratación y de asociación de las entidades científicas estatales y privadas. En virtud de ello la Nación y sus entidades descentralizadas pueden celebrar con los particulares convenios especiales de cooperación para adelantar y desarrollar actividades científicas y tecnológicas.

De la importancia de la Ciencia y la Tecnología hablan las autoridades políticas, académicas y empresariales del país, ese logro corresponde en buena parte a la labor de la asociación durante muchos años. Los discursos ya se desarrollan en la dirección deseada, ahora falta que las decisiones financieras sean concordantes con la teoría para que los proyectos se hagan realidad. Se ha producido un cambio cultural importante que sirve de peldaño para despegar hacia mayores avances como sería la ejecu-

⁶ Ver Palabras del Comisionado Coordinador, Carlos Eduardo Vasco U. al entregar al Señor presidente de la República el informe de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo. En: Informe Conjunto. Colombia al filo de la oportunidad. Colección Documentos de la Misión. Tomo 1. Presidencia de la República. Colciencias. p. 38. Bogotá, 1995.

⁷ Es una nueva forma de expresar la misión de la ACAC por medio de su presidente. Confr. Fog, L. 25 años creando futuro, p. 44. 1995.

⁸ Ver Misión de Ciencia, Educación Y Desarrollo, Op. Cit.

ción de los proyectos de acuerdo con esos discursos. Es necesario continuar ocupando los espacios políticos y académicos que también corresponden a quienes representan a la comunidad científica.

Por el camino de la producción impresa y audiovisual

Otro campo de desarrollo importante para la ACAC es el de la producción escrita como vehículo de las ideas y como medio de comunicación. Se han creado y mantenido revistas y boletines que han llevado a todo el país las inquietudes y las experiencias de una comunidad que investiga y aprende sobre sí misma, sobre la naturaleza y sobre la sociedad. Un primer órgano de difusión de los proyectos y las realizaciones fue la revista *Prociencia* que luego sería reemplazada por la revista *Innovación y Ciencia* que junto con el *Boletín* constituyen un patrón informativo que en diferentes momentos ha dado cuenta de los procesos vividos en la asociación y de sus resultados. Unos canales abiertos a los investigadores y científicos para que comuniquen sus experiencias, sus interrogantes y sus hallazgos y para que animen a la niñez y a la juventud a construir y trabajar su propio proyecto de vida.

En producción audiovisual también se ha trabajado con esmero y hoy se pueden ofrecer, al público interesado, materiales destinados a iluminar las sesiones de estudio e investigación de mu-

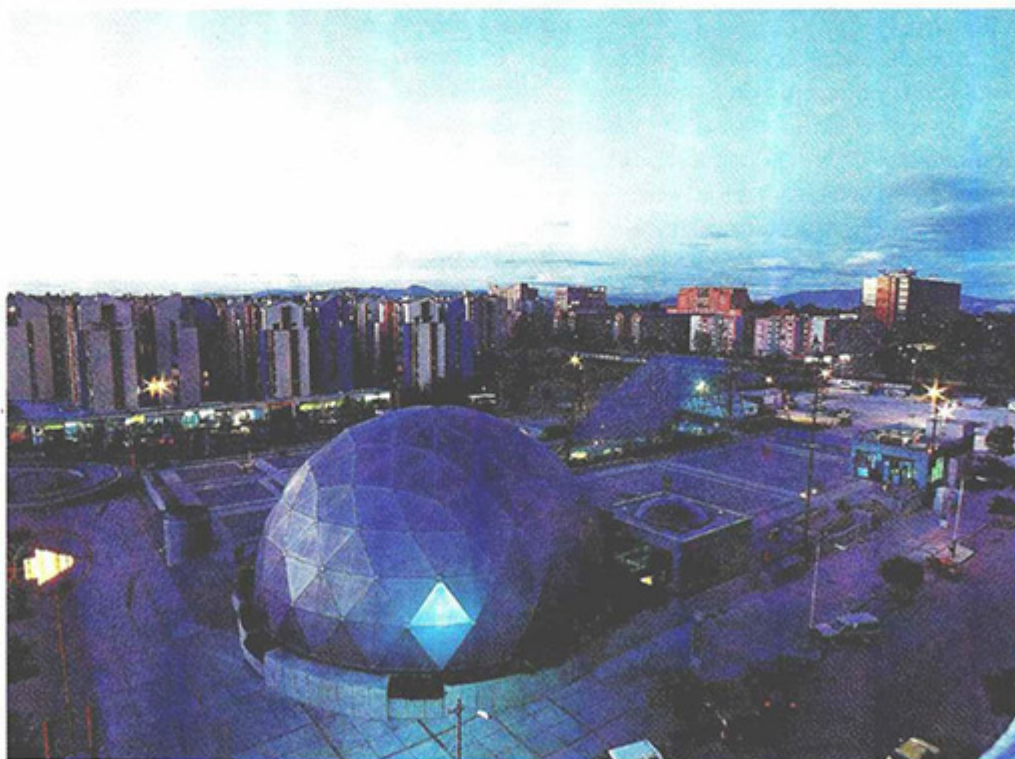
chos niños y jóvenes. Uno de los programas de divulgación científica y tecnológica es el denominado Universos cuya colección de videos en formato VHS consta de 50 títulos en diversas áreas del conocimiento. Con el propósito de difundir las investigaciones científicas y tecnológicas que se realizan en Colombia, Universos ofrece al televidente un espacio de información científica y tecnológica interesante y novedoso que le enriquece la cultura. Los avances en televisión han sido menores y su empleo a favor del aprendizaje de la Ciencia y la Tecnología está por alcanzarse.

Rutas más allá de las fronteras

Las realizaciones de ACAC nacidas de una visión amplia, integral y optimista del país y del momento actual han tenido como lógica consecuencia el ver la educación como un proceso que desborda las pare-

des y los tiempos de la escuela y se realiza allí donde quiera que se encuentre el ser humano: en el hogar, en la empresa, en los espacios públicos y privados. Se comprende que el contacto con la tecnología no es algo reservado a los laboratorios y sitios de investigación sino un hecho que se da en múltiples oportunidades ofrecidas por la vida cotidiana en donde se requiere la aplicación de conocimientos y procedimientos específicos. Se reconoce que la realidad no establece barreras entre las disciplinas, por eso el tratamiento de un problema y su solución requiere la aplicación de conocimientos de matemáticas, física, química, estética, ética y otros como los de democracia. Cuando la ACAC habla y piensa sobre Ciencia y Tecnología se refiere a un conocimiento que va más allá de las fronteras que la cultura ha establecido entre las disciplinas.

El Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología, MALOKA.



Es claro que las posibilidades y condiciones de formación se amplían y mejoran cuando se logra el concurso de todas las fuerzas vivas de la sociedad. Por ello se busca y se consigue la participación y la colaboración de la industria que desde la práctica enseña a afrontar los desafíos actuales y a transformar en oportunidades aquello que alguien puede ver como obstáculos. La A.C.A.C. con base en evidencias recogidas a lo largo de los años puede afirmar que una parte de la población colombiana está aprendiendo a trabajar su aquí y su ahora y a tener igualmente en cuenta el afuera y el mañana. Por eso penetra los campos

de lo extraescolar, va más allá de lo académico y se conecta con lo empresarial y con lo social dentro y fuera del territorio colombiano.

Un hijo que vuela solo y alto

Una prueba de los resultados de fomentar el sentido de pertenencia, de identidad y de autonomía la constituye el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología, más conocido como MALOKA. Nace como la realización de un sueño de la ACAC impulsado por las recomendaciones de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo y apoyado por importantes empresarios conscientes de los be-

neficios que trae la inversión en capital humano; hoy es un centro modelo para Colombia y Latinoamérica ya que fomenta y despierta la alegría por el trabajo y el conocimiento.

Los logros alcanzados constituyen un estímulo para seguir adelante buscando más alianzas para alcanzar mayor cobertura, calidad y pertenencia en todos los proyectos, con fe en Colombia y en su gente la cual hoy, más que nunca, necesita quien vea una luz al final del túnel y avance con paso decidido hacia ella. □



EMISORA H.J.C.K.
EL MUNDO EN BOGOTÁ
89.9 F.M. ESTEREO

Desde 1950 una emisora para la inmensa minoría

Carrera 12 N° 82-23. Teléfonos: 236-3907 - 236-3840. Fax: 236-8861.
E-mail: hjck@col1.telecom.com.co. Bogotá. Colombia.

revista Innovación y Ciencia

Publicación trimestral
que informa sobre
los últimos avances
en Ciencia y Tecnología
realizados en

Colombia
y el
mundo

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA**
acac@acac.org.co

revista
Innovación
y Ciencia

»cupón de suscripción

FECHA DE SUSCRIPCIÓN

DIA/ MES/ AÑO/

Suscripción anual \$21000 oo · Precio por ejemplar \$5500 oo, número regular, \$8500 oo, edición especial · Asociado ACAC, gratuito

SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO,
4 EJEMPLARES,
A PARTIR DEL NÚMERO: L

NOMBRE

CC O NIT

DIRECCIÓN

TELÉFONO

CIUDAD

CORREO ELECTRÓNICO

FAX

PROFESIÓN

ESPECIALIDAD

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO TARJETA DE CRÉDITO DINERS #

Credibanco y Credencial se reciben directamente en nuestra oficina.

VENCEL CUOTAS NÚMERO DE SEGURIDAD

SI
ACEPTO RENOVACIÓN
AUTOMÁTICA NO

CHEQUE

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» en:
Banco de Occidente, cta.# 26880746-8 · Banco Agrario, cta.# 0230-002930-5 · Banco Popular, cta.# 160-203196

Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax:

Carrera 50 #27-70 Edificio Camilo Torres,
Bloque C, Módulo 3, Bogotá, DC, Colombia
TELÉFONOS: (571) 315 5898

(1) 2216950

FIRMA

ESPECIFICACIONES PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

REVISTA
**Innovación
y Ciencia**

■ TEMAS

Ciencias naturales y sociales, tecnología y política científica.

■ LENGUAJE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla en paréntesis o entre comas; ejemplo: "...en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)...".
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión ARDS (del inglés: Adult Respiratory Distress Syndrome)".

No deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas sólo si son estrictamente necesarias.

■ EXTENSION

Máximo 10 páginas, tamaño carta (21.5 x 27.5 cm), a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

■ FORMATO

Texto impreso y copia en disquete, indicando el software empleado.

■ MATERIAL GRAFICO

Es importante anexar el mayor número posible de ilustraciones, fotografías y diapositivas, acompañadas de notas explicativas y sugerencias para su ubicación en el texto.

El material será devuelto al autor una vez publicada la revista (favor marcarlo en la parte posterior).

■ REFERENCIAS

Para las referencias se usarán las siguientes normas:

1. Artículo de revista científica:

Lee, M.R.: Ho D.D.; Gurney, M.E. Functional interaction and partial homology between human immunodeficiency virus and neuroleukin. *Science* 237:1047 - 1051: 1987.

2. Artículo de libro:

Day, R.A. Cómo escribir y publicar trabajos científicos. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud: 1990.

■ RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en el índice de la revista.

■ IDENTIFICACION DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual

■ RESTRICCIONES

No serán aceptados para publicación:

- Artículos con un enfoque muy especializado y/o temas de interés exclusivamente local
- Artículos ya publicados
- Informes de progreso de investigaciones en curso
- Artículos escritos con el esquema usado para trabajos científicos
- Material gráfico tomado de libros o revistas.



FUNDACION FES
FUNDACION ANTONIO RESTREPO BARCO



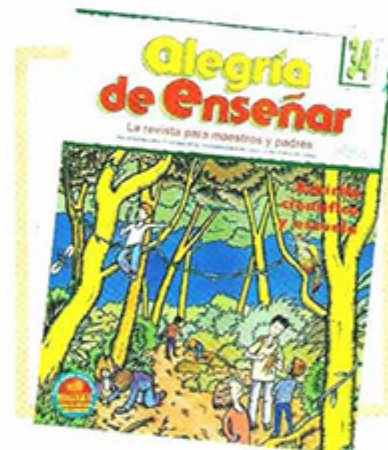
Explorando el conocimiento y la formación social para el progreso

Libros y revistas con
contenidos de alto
nivel profesional en
las áreas de:

- Educación
- Desarrollo social
- Medio ambiente
- Cultura
- Salud

**REVISTA
ALEGRIA DE
ENSEÑAR**

*El material de
consulta preferido
por maestros e
investigadores
colombianos*



El Largo y Sorprendente Viaje de las Pleiades



Manuales de Autoevaluación y Fortalecimiento de Instituciones de Protección



Evaluación de Proyectos Sociales



La Reforma Ambiental en Colombia

Solicite hoy mismo nuestro Catálogo de Publicaciones en las oficinas de FES en todo el país

Informes y ventas: CENTRO DE PUBLICACIONES
Calle 64 Nte. #5B-146, Telefax (92) 6652167, PBX. 6661700, FAX 6654300
Santiago de Cali - Valle