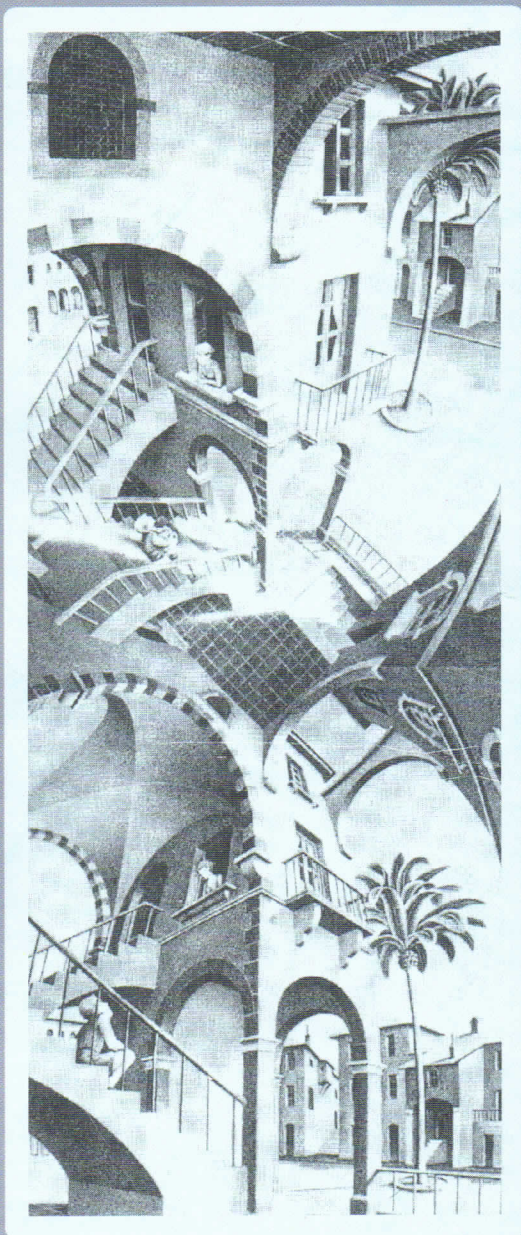


EDUCACION en FISICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Volumen 4 Número 2

Marzo, 1999

EDUCACION EN FISICA



Volumen 4 N° 2
Marzo de 1999
Depósito Legal:
299222 / 99

Redactores Responsables:

Julia Leymoníe
Mariana Castelnoble

Equipo de Redacción:

Zoraida Viera Wilma Baisón
Marianella Maxera Amadeo Sosa

Consultores de Redacción:

Mario Guerra Sara Viñas
Eduardo Fiore Margarita Luaces
Alicia Acland

Colabora en este número:

Laura Prunell

Caricaturas:

Sergio Falchi

Educación en Física es una revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, que se distribuye gratuitamente entre sus socios. Precio: U\$ 5

Comisión Directiva de A.P.F.U

Zoraida Viera Gustavo González
Ana Piccinino Marta Gamio
Javier Avila

Dirección de la Revista

Gaboto 1435 / Of. 002
C.P. 11200 Montevideo
Telefax. (598 2) 400 1258

Publica: Ediciones IDEAS

Mercedes 1786
11200 Montevideo-Uruguay
Telefax. 408 69 85
E-mail: edideas@adinet.com.uy

P o r t a d a - La relatividad afirma que lo que ve un observador está influido por el contexto y por el punto de observación. En la litografía *Alto y Bajo* (1947), Escher presenta dos vistas de la misma escena. En la mitad inferior, el observador se encuentra en el patio; en la mitad superior, el observador mira hacia abajo. Alejémonos del grabado. El cuadrilátero pavimentado que ocupa el centro ¿corresponde a suelo o a techo? Escher lo utiliza de ambas formas, a fin de casar las dos vistas. Es imposible ver con lógica la figura completa. La escena también pone de manifiesto que, al pegar visiones parciales para formar un todo global, pueden aparecer contradicciones.



EDITORIAL

Este número corresponde a la última entrega del año 1998 y también a la última de este grupo de redacción. Esta Editorial estará dedicada a explicar los motivos de esta decisión.

El grupo de profesores que hace ya algunos años se hizo cargo de llevar adelante la importante empresa de desarrollar una publicación sobre **educación en física** destinada a colegas, considera haber culminado un ciclo. En el primer editorial se planteaba la meta de contribuir a mejorar la enseñanza de las ciencias, en especial de la física; después de tres años y medio de labor se espera haber colaborado en ese sentido.

Hoy existe un camino recorrido con gran esfuerzo y también existe experiencia acumulada en relación a la tarea de construir una publicación y un grupo de trabajo. Es una tarea para la cual se destinó mucho tiempo quitado al descanso o a la familia, muchas horas dedicadas a elaborar, discutir y armar. Estos esfuerzos han ido dando sus frutos: se ha logrado una Revista con un estilo particular, con un determinado perfil, que fue elaborado por este grupo de profesores, pero que probablemente no sea el único posible.

Creemos que es el momento de generar el espacio para que otro grupo de profesores se haga cargo de continuar esta tarea. El crecimiento de nuestra Revista depende de los aportes del profesorado; estos deberían renovarse desde otras perspectivas, desarrollando quizás otro estilo o profundizando y enriqueciendo el mismo.

A nuestros lectores muchas gracias por el apoyo que siempre hemos recibido.

La Redacción

SECCIONES DE LA REVISTA

• **Tema central.** En cada publicación el equipo de redacción elegirá un tema de interés basándose en su importancia teórica, su conexión con el entorno, lo novedoso de su aporte y su posible aplicación en el aula. Se identificará este tema en la tapa de la Revista.

• **Artículos sobre física y otras ciencias relacionadas.** Todo lo relacionado con las nuevas tecnologías aplicadas a la educación, tanto en sus aspectos de reflexión teórica como en sus aplicaciones en el aula.

• **Experiencias didácticas.** Espacio ofrecido a los docentes para que expongan sus experiencias en el aula, con la finalidad de promover el intercambio y la discusión de las mismas.

• **Historia y epistemología de la ciencia.** Dado el interés actual por el papel de la historia y la epistemología de la ciencia en la enseñanza de las ciencias, se considera importante estimular la reflexión sobre estos temas.

• **Propuestas de prácticas y problemas.** Intercambio de protocolos de prácticas de laboratorio y problemas. Ellas pueden provenir de un profesor o grupos de profesores.

• **Recomendaciones bibliográficas.** Es un espacio abierto para que los propios lectores envíen sus recomendaciones sobre libros, revistas y otras publicaciones.

• **Cartas de los lectores.** La Revista es uno de los medios de comunicación de la Asociación, por lo tanto no podía faltar un espacio en el cual los lectores viertan sus críticas, sugerencias, comentarios y otros aportes que consideren interesantes.

• **Informaciones.** Reseña de encuentros, congresos, exposiciones y otros eventos de interés para los profesores de ciencias.

• **Espacio libre.** Dibujos, caricaturas, chistes, frases, etc.

CÓMO ENVIAR TRABAJOS

Pueden ser enviados para su publicación contribuciones de diverso tipo, que se correspondan con las distintas secciones de la Revista: a) artículos (originales o no), b) notas, c) comentarios de libros y revistas, software y videos educativos, artículos publicados en la propia Revista y otros comentarios o críticas de interés para los lectores.

1. Los trabajos deben enviarse por duplicado, escritos a doble espacio y con márgenes a ambos lados. En una de las copias debe figurar el nombre completo del autor o autores, dirección y lugar de trabajo, así como un breve currículum.

Junto al trabajo debe remitirse un resumen de un máximo de 10 líneas.

2. Las citas bibliográficas se relacionarán al final del trabajo por orden alfabético, indicando:

a) para artículos de revista: apellido del autor(es), año, título del artículo encomillado, título completo de la revista, volumen, número y páginas. Ejemplo: Lang da Silveira, F., Moreira, M.A. y Axt, R. (1992) "Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de Física" Enseñanza de las Ciencias, Vol. 10, N° 1, pp. 58-63.

b) para libros: apellido del autor(es), año, título del libro subrayado, editorial, lugar, número de páginas y número de edición, en caso de que el libro sea traducción, indicar entre paréntesis autor de la traducción, nombre original de la obra subrayado, editorial y año. Ejemplo: Blatt, F. J. (1991) Fundamentos de Física, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México, 878 pp. 3ª. edición (Tr. española de Ing. Virgilio González Pozo, Principles of Physics, Prentice-Hall, Inc., 1989).

Dentro del texto las referencias se indicarán dando apellido(s) y año entre paréntesis.

Ejemplo: ... si se plantea el aprendizaje como cambio conceptual y metodológico (Gil, 1984)... En caso de que el nombre del autor aparezca explícitamente en el texto se indicará... según Feyerabend (1978).

3. Las tablas, esquemas, dibujos y gráficas se realizarán sobre papel blanco, utilizando como máximo tres colores. Las fotografías se enviarán en blanco y negro. Estos materiales se adjuntarán numerados en un sobre. En el texto sólo debe figurar dicho número en el lugar donde se desea colocar (la redacción se reserva el derecho de modificar el lugar y tamaño de la ilustración en función de las necesidades de la compaginación de la Revista).

4. Para simplificar el proceso de armado de la revista solicitamos que los trabajos sean escritos con un procesador de texto (PC compatible) de modo tal que si el trabajo es aceptado pueda ser requerido el diskette correspondiente. El nombre del archivo debe ser el apellido del autor seguido por la extensión. Si se envían figuras escaneadas, la extensión debe de ser TIF o EPS, y en la etiqueta del diskette debe figurar el nombre completo del autor, el nombre del archivo y el procesador de textos que fue utilizado.

5. Los trabajos deben ser enviados a

Julia Leymonie (Revista Educación en Física)

E-mail: leymonie@st.com.uy

Gaboto 1435 / Of. 002

C.P. 11200 Montevideo

Telefax. (598 2) 400 1258

(Cuando sea necesario, se puede remitir el artículo mecanografiado)

DE LA PAIDEIA A LA TEORÍA DE KOHLBERG

"Creemos, junto a Weber, Habermas y otros, que la objetividad es "un momento" de la investigación científica; que la esencia o valor de "verdad" de la objetividad, no reside en una cualidad reificada, permanente o fáctica inherente al objeto de estudio, sino que, más bien, debe ser hallada en un proceso de comprensión que es la cambiante relación entre el investigador y aquello que observa. Creemos que ésa es la orientación teórica y metodológica, claramente definida por Habermas como "hermenéutica objetiva", que caracteriza nuestro trabajo".

Fernando Rama

1. Introducción

El presente trabajo pretende cumplir con tres finalidades mutuamente relacionadas:

- i) Presentar, en términos muy generales, la teoría de Kohlberg acerca de las etapas del desarrollo moral;
- ii) Inscribirla sucintamente en la teorización de la ética discursiva elaborada por Habermas/Apel y
- iii) aventurar algunas opiniones en torno a la trascendencia que dichos contextos debieran tener, a juicio mío, en el desarrollo de nuestro sistema educativo.

La idea según la cual la auténtica educación consiste en la transmisión de "valores", que la dimensión moral del quehacer pedagógico es esencial, resulta ampliamente aceptada y suele ser explicitada a través de formulaciones muy diversas. Esta noción teórica tradicional ha dado lugar, por otra parte, a prácticas educativas variadas, tanto por su orientación general como por el grado de coherencia con que son aplicadas. Simplificando al extremo, diríamos que en la educación pública, estatal, la práctica de inspiración ética se ha concentrado en la configuración de una unidad curricular designada como "Educación Moral y Cívica", en la adopción más o menos consciente de acti-

tudes "éticas" por parte del cuerpo profesoral y de la autoridad educativa del caso frente a dilemas concretos y a numerosas formas de vida institucional que, de una manera u otra, pretenden preparar para el ejercicio de la ciudadanía. En la educación no pública también se han buscado caminos similares para afrontar el desafío que supone la formación moral del niño y del joven; en el caso especial de las instituciones vinculadas a concepciones religiosas suelen realizarse esfuerzos por formar en torno a bienes espirituales diversos, que adquieren un particular acento en la plasmación del fondo moral de la personalidad.

La íntima relación entre educación y moral viene de lejos, como lo demostraran los eruditos trabajos de Werner Jaeger entre 1924 y 1944 en torno al rescate del término griego "paideia", que condensa en sí mismo nociones o intuiciones que el ulterior desarrollo de las ideas fue denominando civilización, cultura, tradición, literatura o educación. En el ámbito occidental, la actitud educativa y la actitud moral surgen al mismo tiempo y de una misma inspiración en torno a la figura de Sócrates, centradas ambas en el descubrimiento inicial del principio de individuación y

autorrealización. No es casual que Sócrates aparezca ante nosotros con una doble naturaleza de atribuciones: las del héroe moral que enfrenta a la comunidad a solas con sus convicciones y las del pedagogo radical cuya mayéutica pone el pie en el nuevo dominio de la naciente capacidad teorizadora del hombre, como precursor de Platón y Aristóteles.

No cabe en este artículo revisar los dos mil quinientos años de reflexión ética procesados en la cultura occidental, pero sí señalar el hito fundacional plasmado en la sociedad ateniense, ideal humanista cuya búsqueda prosigue, por diversos caminos, en la época actual. A medida que la acumulación de saberes diferentes se fue haciendo progresivamente más densa, la élite ateniense vio la necesidad de lidiar con la simultánea acumulación de tensiones entre dichos saberes a través de síntesis integradoras. Desde aquellos remotos orígenes la fundación de una racionalidad ética aparece como la única posibilidad de lograr esa totalidad integradora.

Conviene recordar, asimismo, que en contrapunto con este desarrollo cultural centrado en el logos se asiste paralelamente al origen de la gran tradición retórica, atribuida a Córax y Trisias, cuya culminación se plasma en la escuela de Isócrates. En esta otra paideia, nacida en Siracusa a partir de la necesidad de instrumentar reclamos judiciales, la argumentación busca su filo principal no tanto en la búsqueda de la verdad sino en una sofística que se preocupa de aquello que parece verdadero y que, aún más, en su versión psicagógica, se interesa por el empleo de recursos emotivos destinados a persuadir a un auditorio que actúa como juez. Esta tradición nace ligada a un amoralismo cuya evolución también puede ser seguida hasta nuestros días.

2. Los significados de la moral

Siguiendo a Osvaldo Guariglia fijamos tres significados posibles del término.

1. Entendido como **vida moral**. En este caso designa un comportamiento individual o colectivo asignándole la propiedad de estar orientado en relación a un valor. Esta configuración del término moral abarca un vasto campo e incluye en general el mundo de los valores, entendidos éstos como estándares evaluativos comunes aceptados por un grupo.
2. Entendido como **elemento normativo**. Son los componentes normativos que regulan las relaciones interpersonales y que se encuentran incorporados a la ley y a la vida política. Se trata de un sentido de la moral relacionado con la coerción que ejerce una autoridad o una tradición o cualquier otra presión ejercida en el sentido de promover el acatamiento generalizado de una conducta.
3. Entendida como **obligación o prohibición moral**. Aquí interviene la conciencia de la acción moral, el sentido del deber ser, y se aplica a acciones cuya moralidad puede apoyarse en razones más generales que la mera vigencia fáctica de una costumbre, una tradición o una ley.

El sentido 3. fue precisado por Kant a fines del siglo XVIII y desde entonces ha sido imprescindible tenerlo en cuenta en toda reflexión acerca de la moral. Para Kant la ética es aquella parte de la filosofía (práctica) destinada al estudio teórico de los fenómenos morales. Se abre así una búsqueda de una moral secularizada que afirme teóricamente las condiciones necesarias para adoptar el **punto de vista moral en los asuntos prácticos bajo la guía de la razón**. Ello representó un "giro copernicano" en relación a Aristóteles y

toda la reflexión ulterior. Las éticas de raíz aristotélica son **teoría de las virtudes**, es decir componentes de una antigua reflexión que comienza con Sócrates y Platón.

Mientras que para Kant el concepto central es el de **autonomía de la persona** y todas las éticas kantianas son universalistas y racionalistas, para Aristóteles la ética está centrada en el sujeto moral, en su pertenencia cultural y su estructura motivacional, a partir de un punto de vista central que es la **vida buena**.

Los autores que se ocupan de teoría moral se adscriben a algunos de estos campos o buscan caminos de síntesis entre ambas concepciones.

La reflexión filosófica más reciente es muy abundante y está marcada por numerosas características generales de las cuales vamos a destacar una: la distinción entre ética teórica y ética aplicada. La bioética, por ejemplo, puede ser considerada como una especificación de aplicaciones de presupuestos teóricos tradicionalmente elaborados.

Así han ido surgiendo problemas que pueden legítimamente denominarse de ética aplicada; además de la bioética que ocupa un espacio importante podemos contar con visiones éticas de la economía de bienestar o una serie de líneas reflexivas sobre los problemas éticos vinculados al medio ambiente.

Las posiciones que surgen en cualquier problema de ética aplicada son, de todas maneras, las tres posiciones tradicionales, es decir:

- a) una actitud anticognoscitiva, que coloca el acento en las emociones;
- b) una actitud cognitivista, racionalista y universalista, y
- c) un neoaristotelismo que está a mitad de camino entre ambas.

Adviértase que los problemas que hemos enumerado como de ética aplicada (en medicina, economía, medio ambiente, etc.) incluyen, o deben incluir, el pensamiento ético en torno a conductas que antes eran impensables y que ahora son posibles merced a los avances de la ciencia y la tecnología. Por ello mismo **parece discutible la legitimidad de abrir un capítulo referido a cuestiones éticas aplicadas a la educación**, ya que desde un principio toda educación es formación ética antes que otra cosa. Lo es tanto en el sentido tradicional aristotélico –preparación virtuosa para ejercer la ciudadanía en la democracia ateniense– o en el sentido kantiano de formación del punto de vista moral de personas autónomas que son capaces de colocarse en el lugar de los demás.

La relación entre pensamiento teórico y su aplicación también es problemática en los aspectos morales incluidos en las ciencias políticas y jurídicas. La constitución por separado de estos dominios exigió una separación de la ética como tal, sin dejar de suponerla como un fundamento implícito.

3. La teoría de Kohlberg

3.1. Los principios generales

La obra de Lawrence Kohlberg puede definirse como un trabajo de largo aliento orientado hacia la construcción de una teoría psicológica con fuerte fundamento filosófico. A partir de fundamentos epistemológicos piagetianos, Kohlberg establece una serie de estadios acerca del razonamiento moral que pueden entenderse como una reconstrucción racional de la ontogénesis del razonamiento justiciero. Se trata, entonces, de una teoría construida a partir de una perspectiva cognitivo-estructural.

La teoría incluye diferentes niveles de consideración del tema. En primer térmi-

no implica una concepción específica del dominio moral, supone determinados principios metaéticos que subyacen a la teoría y también enunciados ético-normativos diferentes a los metaéticos. En otro orden de cosas, Kohlberg incluye en su teoría la relación entre el razonamiento moral y la conducta moral, en base a la cual define subestadios que denomina A y B. Mientras en la subetapa A de cada estadio la correlación entre reflexión y conducta es irregular y menos consistente, en la subetapa B dicha correlación se torna monotonía.

La teoría incluye asimismo el estudio de los efectos de la atmósfera socio-moral sobre el desarrollo moral, sea como factor facilitador y estimulante sea como obstáculo. Obviamente este último aspecto teórico es el de mayor aplicación de las ideas de Kohlberg en el campo educativo.

En su versión definitiva y ampliada la teoría toma en cuenta cuatro aspectos que pueden señalarse como complementarios:

- a) la acción moral;
- b) las emociones morales;
- c) los aspectos imaginativos y
- d) los componentes de responsabilidad de la personalidad.

Como toda investigación empírica, descriptiva, Kohlberg se preocupa, desde el inicio de su obra, por describir y/o explicar los fenómenos de la moralidad. Al mismo tiempo desenvuelve un pensamiento ético-normativo del tipo que hace Sócrates en varios de los diálogos platónicos, donde se trata de responder a la pregunta de qué es correcto, bueno u obligatorio. Además se desarrolla un pensamiento que trata de responder a cuestiones lógicas, epistemológicas o semánticas, por ejemplo: ¿Cuál es el significado o el uso de las expresiones "moralmente correcto" o "bueno"? ¿Cómo puede establecerse o justificarse los juicios éticos?

Kohlberg parte de un presupuesto normativo o sustantivo que debe ser convenientemente colocado en el centro de atención: es el presupuesto de que la justicia es primaria, que los problemas morales planteados como dilemas son fundamentalmente problemas de justicia. Los aspectos de la moralidad vinculados con la solidaridad o con la benevolencia también se integran a la teoría, pero incluidos en las etapas más avanzadas del desarrollo de la reflexión en torno a la justicia.

Kohlberg adopta, como vimos, criterios metaéticos que con previos a la investigación psicológica empírica, del mismo modo que lo es la concepción de la justicia como primaria. Lo que sigue es una simple enumeración de dichos presupuestos metaéticos, contrapuestos a otros pertenecientes a otras formas de aproximarse al dominio moral. No podemos, en este breve esquema de divulgación, reproducir la larga fundamentación que uno de ellos posee.

Kohlberg parte de la relevancia de los valores en las definiciones de orden moral, por oposición a las definiciones que pretenden neutralidad axiológica. Del mismo modo se parte de definiciones fenomenológicas de la moralidad que implican la elaboración de juicios morales, por oposición a la idea de que es posible analizar la acción moral sin tener en cuenta los juicios reflexivos previos (conductismo moral).

Como toda ética postkantiana, la meta-teoría de Kohlberg presupone el universalismo moral, por oposición al relativismo ético o cultural. Este principio está unido al prescriptivismo en el uso de los juicios morales, por oposición al naturalismo como interpretación de los juicios morales.

Naturalmente, Kohlberg supone el cognitivismo como elemento razonante del enjuiciamiento moral, por oposición al

emotivismo. Al mismo tiempo se atiene al formalismo como elemento definitorio de la naturaleza y la competencia de los juicios morales, por oposición a definiciones en términos de contenido.

La teoría es principista, en el sentido de afirmar que los juicios morales están gobernados por principios, por oposición a la teoría de actuación (Dewey) que es una forma de contextualismo. Finalmente, por oposición al empirismo o al apriorismo, la teoría de Kohlberg se define como constructivista.

3.2. La descripción de las etapas

Orden A. Preconvencional.

Etapla 1. *Del castigo y la obediencia.*

Etapla 2. *Del propósito y el intercambio instrumentales individuales.*

Orden B. Convencional.

Etapla 3. *De las expectativas, relaciones y conformidad interpersonales mutuas.*

Etapla 4. *Del sistema social y del mantenimiento de la conciencia.*

Orden C. Postconvencional.

Etapla 5. *De los derechos previos y del contrato social o de utilidad.*

Etapla 6. *De los principios éticos universales.*

En cada etapa es posible describir un contenido. Ese contenido tiene dos partes: definición de aquello que es justo y razones para defender esa posición.

Etapla 1. Castigo y obediencia

- a. Lo justo es la obediencia ciega a las normas y a la autoridad; evitar el castigo y no causar daño material.
- b. *Las razones para hacer lo justo son evitar el castigo y el poder superior de las autoridades.*

Etapla 2. Propósito e intercambio instrumentales individuales.

- a. Lo justo es seguir las normas cuando va en interés inmediato de alguien. Lo justo es actuar en pro de los intereses y necesidades propios y dejar que los demás hagan lo mismo. Lo justo es también lo que es equitativo, esto es, un intercambio, un trato, un acuerdo iguales..
- b. *La razón para hacer lo justo es satisfacer las necesidades e intereses propios en un mundo en el que hay que reconocer que los demás también tienen sus intereses.*

Etapla 3. Expectativas, relación y conformidad interpersonales mutuas.

- a. Lo justo es vivir de acuerdo con lo que de uno espera la gente cercana en general, de las personas como uno mismo, en condiciones de hijo, hermana, amigos, etc. "Ser bueno" es importante y significa que se tiene motivos buenos y se está preocupado por los demás. También significa mantener las relaciones mutuas, guardar la confianza, la lealtad, el respeto y la gratitud.
- b. *Las razones para hacer lo justo son que se necesita ser bueno a los ojos propios y a los de los demás, preocuparse por los demás y por el hecho de que, si uno se pone en lugar de otro, uno quisiera también que los demás se portaran bien (regla de oro).*

Etapla 4. Sistema social y mantenimiento de la conciencia.

- a. Lo justo es cumplir con los deberes que uno ha aceptado. Las leyes deben cumplirse excepto en los casos extremos en que coliden con otros deberes y derechos socialmente determinados. Lo justo es también contribuir con la sociedad, con el grupo o con la institución.
- b. *Las razones para hacer lo justo son mantener el funcionamiento de las instituciones en conjunto, el autorrespeto o la conciencia al cumplir las obligaciones que uno mis-*

mo ha admitido o las consecuencias: "¿qué sucedería si todos lo hicieran?".

Etapas 5. Derechos previos y contrato social o de utilidad.

- a. Lo justo es estar consciente del hecho de que la gente sostiene una diversidad de valores y opiniones y que la mayor parte de los valores y normas tiene relación con el grupo de uno mismo. No obstante, se deben respetar estas normas "de relación" en interés de la imparcialidad y por el hecho de que constituyen el pacto social. Sin embargo, algunos valores y derechos que no son de relación, como la vida y la libertad, deben respetarse en cualquier sociedad con independencia de la opinión de la mayoría.
- b. *Las razones para hacer lo justo, en general, son sentirse obligado a obedecer la ley porque uno ha establecido un pacto social para hacer cumplir las leyes, por el bien de todos y también para proteger los derechos propios, así como los derechos de los demás. La familia, la amistad, la confianza y las obligaciones laborales son también obligaciones y contratos que se han aceptado libremente y que suponen respeto por los derechos de los demás. Uno está interesado en que las leyes y los deberes se basen en el cálculo racional de la utilidad general: "la máxima felicidad para el mayor número".*

Etapas 6. Principios éticos universales.

- a. Es justo la vigencia de los principios éticos universales. Las leyes concretas o los acuerdos sociales son válidos habitualmente porque descansan en tales principios. Cuando las leyes violan tales principios, uno actúa de acuerdo con el principio. Los principios son los principios universales de la justicia: la igualdad de derechos humanos y el respeto por la dignidad de los seres humanos en cuanto individuos. Éstos no son únicamente valores que se reconocen, sino que también son principios

que se utilizan para generar decisiones concretas.

- b. *La razón para hacer lo justo es que, en la condición de persona racional, uno ve la validez de los principios y se compromete con ellos.*

3.3. Los aspectos metodológicos

Las investigaciones de Kohlberg no "prueban" que la justicia sea primaria en el dominio moral, pero los resultados (datos) reunidos en los estudios empíricos cumplen con los requisitos de secuencialidad, totalidad estructurada y relación con la acción, lo que supone la fertilidad empírica del presupuesto asumido.

Al focalizarse en la justicia, Kohlberg no niega la posibilidad de extender la idea de las etapas del juicio moral a otras concepciones más amplias del dominio moral. Ocurre, no obstante, que la reflexión en torno a la justicia posibilita mediciones cuando se cumple con los requisitos metodológicos en forma adecuada. Estos requisitos metodológicos se encaminan a la definición de etapas "duras" en el sentido piagetiano. La evaluación del razonamiento moral consiste en una entrevista en torno a uno o más dilemas. La entrevista es **primero** clasificada de acuerdo con el contenido de la elección; **segundo**, es clasificada por el contenido de la justificación de la elección y **tercero**, es clasificada por el contenido del valor invocado en la justificación. Sólo después de estas tres fases evaluativas se asigna la etapa o estructura correspondiente. La metodología kohlbergiana busca más la competencia del sujeto que su performance, colocando cuestiones que apuntan a los límites máximos del pensamiento moral del sujeto.

Todos aquellos aspectos del razonamiento moral acerca de elecciones que van más allá del deber y la justicia, es decir los dilemas que provocan una elección super-

erogatoria, desempeñan un papel complementario y sólo pueden incluirse en un sentido amplio.

El problema es asimilable al que surgió con los estudios psicométricos a principios de siglo, cuando se intentó definir un dominio específico para la "inteligencia social", empleando tests de rendimiento intelectual en situaciones sociales. No ha sido posible separar dicho dominio social de la inteligencia en general.

Dicho en otros términos, un modelo como el de Kohlberg no puede responder preguntas tales como "¿por qué ser moral?", "¿cuál es el significado de la vida?". Con un modelo estrictamente piagetiano no se pueden abordar psicológicamente las teorías que reflexionan acerca de la condición humana, que van marcando la existencia de la personalidad adulta. Estos asuntos sólo pueden abordarse utilizando etapas "blandas" y ampliando el horizonte de la reflexión en varios sentidos. Uno de ellos es la ética discursiva, en cuyo contexto Habermas ha propuesto la existencia de una séptima etapa. Responder a cuestiones tales como "por qué ser justos en un mundo donde predomina la injusticia, el sufrimiento y la muerte" requiere moverse más allá del dominio de la justicia y buscar respuestas a partir de los significados hallados en epistemologías y perspectivas filosóficas que pueden ser muy diversas.

4. Ética discursiva

La posibilidad de fundamentación filosófica de la ética sólo está abierta si se puede partir del hecho de que algo éticamente relevante pertenece firmemente a nuestra dotación racional, es decir a la dotación racional que nos califica antes que nada como sujetos de normas, a lo cual no podemos renunciar sin dejar de ser sujetos.

La afirmación que antecede ha sido discutida largamente y puede ser combatida

desde diferentes ángulos. Fundamentarla nos llevaría muy lejos, aunque tal vez sea posible recortarla un poco más para que sea inteligible.

Eludiendo toda terminología filosófica más precisa, diremos que la idea básica es la siguiente: a la estructura del discurso racional corresponden reglas que son moralmente relevantes desde un principio. Dichas reglas son relevantes en función de que se trata de hombres que conviven y se comunican.

Wolfgang Imler establece, en el contexto de la ética discursiva, que la razón tiene, desde un comienzo, una dimensión social y que las reglas para la cooperación de los miembros de la comunidad de comunicación, deben ser las normas centrales para la dimensión social interior de la razón. Éste es el punto de partida adecuado para una ética normativa que procede de manera filosófico-trascendental.

K. O. Apel concluye una extensa reconstrucción de la polémica entre comprensión y explicación fundamentando la pluralidad de la razón en los términos siguientes: "En contraste con la absolutización cientificista (y existencialista) de la racionalidad metódica en función de la cual el mundo se torna accesible a la objetivación teórica y a la explicación causal, podemos desarrollar un sistema de premisas que refleja cuatro formas típicas y diferentes de racionalidad:

- 1) la racionalidad científica del análisis causal presupone
- 2) la racionalidad técnica de la acción propositivo-racional que, a su vez, presupone
- 3) la racionalidad hermenéutica de comprender o llegar a una comprensión, y que también presupone
- 4) una racionalidad ética.

De acuerdo a los estudios de Kohlberg, la mayoría de los adultos en Estados Uni-

dos se encuentra, cuando mucho, en un grado de competencia para el juicio moral que apunta al llamado estadio "orden y ley" (Etapa 4). Es la moral de la obligación que puede señalarse como etapa convencional. Otros estudios llevados a cabo en sociedades postindustriales, como Alemania, apenas entre el 7 y el 10 % de los adultos alcanza los niveles postconvencionales del desarrollo moral.

De ahí que Apel, en un ensayo destinado a plantear las posibilidades de un salto social hacia la Etapa 5 o estadios postconvencionales, comience por recurrir a la siguiente cita de Dietrich Bonhoeffer: "Nosotros los alemanes hemos tenido que aprender en una larga historia la necesidad y la fuerza de la obediencia... (Pero) tuvo que demostrarse que a los alemanes les falta aún un conocimiento básico decisivo: el de la acción responsable y libre también frente al deber y las órdenes".

Desde la perspectiva de una teoría de la evolución socio-cultural inspirada en Lawrence Kohlberg se podría decir que el estadio más elevado de la moral convencional se refiere a la moral concreta de la reciprocidad y lealtad en el orden consanguíneo (familia, estirpe, raza) y presupone un orden que función en la línea del Estado. Siempre según Apel, por un lado este estadio representa un progreso en el sentido de racionalización respecto al precedente. Donde funciona esta moral, el derecho penal sustituye a la venganza, el capitán abandona el barco en el último lugar y no es lícito ni necesario establecer relaciones personales con la familia de una víctima cualquiera para reclamar un derecho. Es lo que, de una manera más o menos ajustada, funciona bien en las sociedades modernas. En el caso especial de Alemania, esta moral fue especialmente ensalzada como un logro de la tradición germano-prusiana y suele acompañarse de una buena distribución de virtudes se-

cundarias (diligencia, obediencia, amor al orden, esmero, valentía y otras). El problema es que esto no impidió Auschwitz, del mismo modo que en nuestra sociedad y en las vecinas ha sido posible legitimar, al menos momentáneamente, leyes de impunidad cuya diversa denominación (obediencia debida, caducidad de la pretensión punitiva, punto final) no debiera esconder su común inspiración en una elaboración del juicio moral correspondiente a las etapas convencionales.

Basta plantear el asunto en estos términos para percibir que el problema del pasaje universal de los estadios convencionales a los postconvencionales está directamente ligado al desarrollo de la conciencia en torno a los derechos humanos en la mayoría de los ciudadanos, lo que supone un salto en la competencia reflexiva en torno a normas morales por parte del cuerpo social.

En el interior de la ética discursiva, la posición de Axel Honneth merece destacarse porque representa una crítica a quienes entienden la teoría apenas como una justificación del método procedimental por medio del cual pueden ser dilucidadas racionalmente cuestiones de justicia. Honneth centra su argumentación en la necesidad de deslindar las implicancias positivas y negativas contenidas en las referencias a un consenso de justicia social. La ética discursiva considera el diálogo moral en el que decidimos sobre la capacidad de generalización de las normas, como un procedimiento que hace consciente lo común comunicativo en que todos los interesados participan de antemano en tanto que sujetos socializados. El modelo de sujeto moral no lo da la persona atomizada que calcula su interés individual, sino el individuo que ha alcanzado su autonomía por vía comunicativa. Ahora bien, la ética discursiva no tiene más remedio que oponerse a todas las tradiciones en que los problemas de justicia

son reducibles a la cuestión de una "distribución" justa de bienes materiales o inmanentes. Estas teorías dejan de lado las condiciones de generación de los mismos bienes a distribuir. Para Honneth el problema clave de la teoría de la justicia lo representa la estructura de relaciones sociales de reconocimiento y no la distribución de los bienes. Conlleva, por eso mismo, a una participación no coercitiva y en igualdad de condiciones en los discursos morales.

No es pensable que esto sólo pueda lograrse mediante estrategias a instalar en el sistema educacional, pero no cabe duda de que este camino debe ser recorrido plenamente y con conocimiento de causa.

Además de la melancolía que provoca la constatación de que las autoridades educacionales a todos los niveles ni siquiera se plantean el problema en estos términos, estamos ahora en condiciones de reflexionar en torno al tercer objetivo que nos hemos propuesto.

5. Atmósfera socio-moral y subsistema educativo

La secuencia de etapas del desarrollo moral y el contexto pragmático-trascendental que fundamenta la ética discursiva tienen, a mi juicio, las siguientes proyecciones sobre el subsistema educativo:

1. La institución educativa puede y debe constituir un poderoso instrumento para el desarrollo del juicio moral en función del desarrollo de la democracia integral. Una condición indispensable es la instalación del programa orientado a potenciar la competencia en la elaboración de juicios morales a todos los niveles del subsistema, no sólo en los estudios secundarios.

2. Un camino idóneo es mantener una unidad curricular específica a condición de que sus contenidos y la metodología de la enseñanza sufran un proceso de reacondicionamiento radical. Parece claro que el contenido debe estar centrado en la vasta temática de los derechos humanos, que pueden sistematizarse en función de los tres contextos socio-históricos que han dado lugar a tres "generaciones" de derechos humanos. Desde el punto de vista metodológico parece esencial incorporar una secuencia de dilemas y dejar espacio considerable para el planteamiento de problemas que los propios estudiantes generen.

3. En la etapa inmediatamente preuniversitaria me parece relevante incorporar contenidos relacionados con la ética de la argumentación. Es evidente que ello requiere una etapa de formación de profesores que en principio aparece como el paso decisivo.

4. Sea cual sea el ordenamiento curricular que se adopte —enseñanza por disciplinas, por áreas o mixto— el objetivo central a lograr es el funcionamiento de la institución educativa como un contexto socio-moral favorecedor del desarrollo de personalidades democráticas. Ello supone la formación del cuerpo docente en función de este objetivo.

5. Otra forma de definir este objetivo central es la siguiente: en una situación ideal de funcionamiento institucional, nunca podría darse una decisión pedagógica y/o administrativa sin la correspondiente exposición de una fundamentación desde el punto de vista moral.

6. Es obvio que el primer paso sería llevar a cabo estudios empíricos, gene-

rar una masa crítica de docentes capacitados e implementar diversas instancias de prueba, evaluación y rediseño con las precauciones recomendables en cualquier programa de desarrollo.

Finalmente considero pertinente señalar otras dos cuestiones aclaratorias. Los estudios de Kohlberg tienen un nivel de aplicación operativo, es decir sirven para medir una competencia específica y extraer de los datos múltiples proyecciones. La ética discursiva constituye una perspectiva mucho más amplia que suele entenderse como:

- a) una teoría crítica de la sociedad;
- b) una manera de pensar la sociedad que

pretende superar la racionalidad como meramente instrumental o estratégica y que por ende se ocupa especialmente por las mediaciones entre la teoría y la praxis;

c) una teorización de lo social diferente a las aproximaciones sistémicas y preocupada especialmente por renovar la teoría de la Ilustración ante las posturas postmodernas;

d) una perspectiva que ha sido tachada de excesivamente utópica pero que también puede ser entendida como una teoría regulativa capaz de operar a largo plazo incluyendo en su comprensión un vasto campo de problemas emergentes en las sociedades modernas.

Bibliografía consultada

- Apel, Karl-Otto: *Understanding and Explanation. A Transcendental-Pragmatic Perspective*. The Mit Press Cambridge. 1984.
- Apel, K. O.; Cortina, A.; de Zan, J. y Michelini, D. Eds.: *Ética comunicativa y democracia*. (Artículos de Apel, K. O., Axel Honneth y Wolfrang Kuhlman) Ed. Crítica. 1991.
- Berrios, E. y Fuentenebro de Diego, F.: *Historia, clínica y metateoría*. Ed. Trotta. 1996.
- Guariglia, Osvaldo: *Cuestiones morales*. En: "Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía". Ed. Trotta. 1996.
- Habermas, J.: *La Lógica de las Ciencias Sociales*. Ed. Technos. 1987.
- Jaeger, W.: *Paideia. Los ideales de la cultura griega*. Fondo de Cultura Económica. México, 1957.
- Kohlberg, L.; Levine, C. y Hower, A.: *Moral Stages. A Current formulation and Response to Critics*. Karger. 1983.

LA MATEMÁTICA EN LA ESCUELA

El autor de estas notas es Profesor universitario de Matemática, investigador en una de sus ramas de fuerte desarrollo en los últimos años: los Sistemas Dinámicos. No es un estudioso de los problemas de la enseñanza de la matemática, a pesar de que ha enseñado en cursos para estudiantes secundarios y enseña en cursos masivos para estudiantes de ingeniería.

El objetivo principal del artículo es escribir sobre algunos problemas y situaciones que se presentan en el aprendizaje de la matemática al final del ciclo escolar, pero me fue imposible hacerlo sin referirme a algunas cuestiones mucho más amplias que hacen a las dificultades de la matemática y su aprendizaje en general. Por ello se verá que el artículo tiene dos partes bien diferenciadas. Las subsecciones de la primera parte (la enseñanza de la matemática en general) están numeradas 1, 2, 3; las subsecciones del artículo mismo están ordenadas por letras mayúsculas A, B, C, ...

Estas notas estarán carentes de ejemplificaciones detalladas, de la experiencia propia de tratar con niños de alrededor de 10 años, pero pueden tener la validez de quien trata y le gusta tratar con jóvenes en quienes las dificultades de aprendizaje de dos lustros antes, se reflejan en dolorosos traumas de estudio. Y de quien ha hecho de la enseñanza y de la investigación en matemática su profesión.

Roberto Markarian

Profesor Titular, Facultad de Ingeniería,
Universidad de la República, Uruguay

La enseñanza de la matemática, en todos los niveles, se presenta como un problema insoluble. Tiene causas y manifestaciones diferenciadas en países con distinto grado de desarrollo económico y cultural. Algunas de ellas tienen componentes que son propias de los países con menor desarrollo industrial o agronómico autónomo o con economías muy dependientes de las inversiones, de las fluctuaciones de mercados o de políticas externas.

Se podría resumir la explicación de por qué la disciplina es motivo de tantas preocupaciones para alumnos, profesores y padres en nuestros países, en los siguientes tres aspectos.

1. El subdesarrollo

En naciones donde la aplicación creativa del conocimiento para el desarrollo de nuevas tecnologías no constituye parte de la mentalidad dominante, es difícil que aumente el prestigio y el reconocimiento de las ciencias básicas necesarias para tales desarrollos. En estos países (que incluyen al del autor de esta nota), quienes marcan explícita o implícitamente los rumbos de la evolución económica, de las inversiones, de la ocupación de mano de obra, tienen por orientación central la importación de maquinaria o técnicas y su adaptación al terreno o producción primaria del lugar. Por tanto, difícilmente ellos promuevan una cultura en que la creación de co-

nocimiento autóctono sustentado en el conocimiento básico ocupe un lugar destacado en el desarrollo global.

Esto no significa que su discurso, sus arengas, etc. no estén cargados de alientos a la promoción de las ciencias y su carácter nacional. Me estoy refiriendo a aspectos más sustantivos, más estructurales, de la sociedad, no sólo a lo que los gobernantes o líderes empresariales pudieran escribir y decir. Más clara y esquemáticamente: en una sociedad que no está basada en la creación de técnicas propias para resolver sus problemas, no hay promoción del conocimiento científico y menos aún de la ciencia más abstracta, la de menos contenido factual: la matemática.

Creo útil ejemplificar la importancia del conocimiento básico para la creación de ciencia y técnica a las necesidades autóctonas (nacionales, diríamos ahora) con lo que sucedió en la América Prehispánica. El mejoramiento del maíz, la decisión de cuándo plantar, la introducción de la roza como procedimiento para ganar nuevos terrenos cultivables, son invenciones propias que respondían a la geografía y a los medios disponibles: fue creación autóctona de tecnología. Estos progresos fueron simultáneos a la creación de sistemas de conteo del tiempo (calendario, saber astronómico), a la invención de sistemas de numeración y de formas de lenguaje escrito. Todo esto es conocimiento básico, sin el cual aquellas necesidades agrícolas propias no podrían haber sido satisfechas. La invención de tecnología propia –incluso la adaptación de técnicas conocidas a los problemas, materiales, tradiciones, del lugar– es imposible, si no se han desarrollado vigorosamente las ciencias básicas de tales tecnologías: biología, física, química, matemática, y los procedimientos que median entre estas ciencias y las aplicaciones.

2. La matemática es difícil

El objeto de la matemática es un tanto imperceptible. La abstracción de las propiedades cuantitativas o geométricas que caracterizan a las primeras nociones estudiadas en los cursos de matemática, constituyen un proceso de complicada asimilación. Pequeños errores en este proceso hacen muy difícil la asimilación de nuevos conceptos y procedimientos, generando grandes traumas futuros. Por otra parte la memorización de una nomenclatura diferente y muy precisa introduce componentes que no son usuales en la vida diaria.

A la vez, tales formas de pensar, de poder "desmaterializar" los objetos, son parte de nuestra relación con la naturaleza, que nos diferencia de otros animales avanzados. La comprensión de propiedades globales de los objetos que se nos presentan no se hace por mera acumulación. Se hace por reordenamiento, por asociación de similitudes, que son parte fundamental del conocimiento matemático. La aceptación y comprensión de las dificultades de la matemática y, a su vez, de la necesidad de su aplicación son básicas para poder analizar el problema de la enseñanza de la matemática con altura y competencia.

3. La enseñanza de la matemática es problemática

El grave problema de la enseñanza de la matemática no es privativo de esta disciplina. En la actualidad se da por aceptado que todo el sistema educacional está en crisis. Que la velocidad de los cambios, en los grandes y en los pequeños procesos, introdujo inmensas dificultades en la sistematización del conocimiento y, por tanto, en su divulgación y enseñanza. Sin ser muy rigurosos se puede decir que la interacción alumno-docente que caracteriza el aprendizaje se da sobre la base del

estado actual del conocimiento y está fuertemente influida por los intereses de ambas partes. El docente, la parte conservadora de esta relación, la que representa lo social, lo adquirido, lo a conservar (en este sentido usé la expresión "conservadora") tiene grandes dificultades para mantenerse al día con los conocimientos. El estudiante es sacudido por elementos ajenos a la enseñanza formal: los medios de comunicación, la cultura de consumo, en unos casos; el atraso cultural, la destrucción de la familia, la pobreza endémica, en otros; peor aun, todo mezclado, tantas veces. Para cumplir adecuadamente su función, el docente debería saber cómo se reflejan estos aspectos en el estudiante, cosa que en la actualidad habitualmente no sucede. Este desfase entre lo que el docente tiene para transmitir y lo que el estudiante espera recibir genera un desinterés que interfiere de manera fundamental en el aprendizaje.

Las cuestiones analizadas en 1. y 2. producen efectos característicos en la crisis de la enseñanza de la matemática. Hay un proceso de descreimiento de la importancia del conocimiento abstracto, favorecido por las cuestiones económicas y sociales a que hicimos referencia al principio y también por la cultura del logro inmediato, de que lo bueno es lo que se puede consumir. Todo esto genera una especie de despreocupación y en muchos casos una desnaturalización del conocimiento matemático. Con esto último quiero significar que el excesivo énfasis en las motivaciones, en hacer atractivo el objeto de estudio, lleva a descuidar la enseñanza de la matemática misma, de las estructuras generales y las relaciones entre ellas.

Por otra parte, las dificultades de la disciplina también se manifiestan en frecuentes cambios de programas, métodos pedagógicos y énfasis temáticos que dificultan

la formación de sus docentes. Éstos no logran acompañar su formación y actualización a los cambios de la disciplina y a los incrementados (tanto en número como en calidad) requerimientos sociales. En los últimos treinta años, por ejemplo, hubo al principio un viraje pronunciado hacia la enseñanza muy formalizada (que se dio en llamar *Matemática Moderna*) y luego una rediscusión radical de tales orientaciones. Esto abrió incluso enconos difíciles de superar entre adeptos a unas y otras posiciones.

Todo esto hace que la matemática se enseñe mal en su forma y en sus contenidos, lo cual constituye una grave falla social. De lo antes expuesto queda claro que no soy de los que opinan que todo esté en manos de quienes enseñamos matemática; tampoco creo que sólo con un gran esfuerzo pedagógico los problemas del aprendizaje de la matemática puedan ser solucionados. Pero la percepción de nuestras limitaciones no nos exime de la obligación de pensar, opinar, dar soluciones, a problemas tan acuciantes y de indudable impacto cultural.

• • • •

En lo que resta de este artículo, presentaré, a través de breves bloques temáticos, algunos de los problemas del aprendizaje de la matemática en niños que están finalizando la enseñanza primaria.

A. Prestigio del saber matemático y temores que genera

El buen desempeño en matemática es considerado, en general, como una muestra de sabiduría e inteligencia. Se ve a quienes tienen facilidad para la matemática como gente especial, con alguna dote extraordinaria: el saber matemático goza de

prestigio. Esto se debe, por una parte, a que las dificultades de la disciplina hacen que quien la sabe o la aprende con facilidad sea visto distinto, especialmente dotado; por otra parte, los muchachos con particular facilidad para la matemática tienen, en general, también facilidad para conceptualizar en otras disciplinas, para continuar la concatenación lógica de razonamientos, hasta para encontrar similitudes en geografía, física...

Este "prestigio", a su vez, genera en quienes tienen dificultades, un rechazo muy fuerte a la matemática. Se sienten apabullados, pasan a ignorar la belleza, la coherencia y el ordenamiento de la disciplina, y a rechazar todo tipo de formalización por su semejanza con la formalización matemática. No es infrecuente que estos estudiantes con dificultades sean más retraídos, sientan que no podrán ocupar roles importantes en su actividad y obtener ocupaciones destacadas y modernas. Se considerarán humillados ante sus profesores de matemática y, más adelante, muchos de ellos serán incapaces de tener el sustento mínimo para incorporar conocimientos matemáticos o meramente cuantitativos, que les permitan avanzar normalmente en sus estudios.

B. Memoria con detalles

El conocimiento matemático incluye la memorización sistemática, clasificada, si se quiere, de una cantidad muy grande de datos, de información que deberá ser utilizada automáticamente: las tablas de multiplicar, los valores de algunas funciones (las trigonométricas, por ejemplo), el significado y valores de muchos símbolos (P - π -, por ejemplo), equivalencias entre diferentes unidades de medida, valores de raíces cuadradas, fórmulas de longitudes, áreas, volúmenes. Esta información debe ser "guardada" con precisión, con detalles:

3 por 8, no es "casi 25", es 24; símbolos muy parecidos son distintos si cumplen diferentes funciones; la coma de los números decimales se debe colocar en un lugar exacto si se quiere representar un número dado, etc.

El hacer operativa con velocidad esta masa de información es parte del conocimiento matemático. Quien tiene dificultades para recordar alguna de estas informaciones elementales, difícilmente podrá seguir razonamientos más complicados o hacer ejercicios en que esas operaciones se dan por sobreentendidas.

C. Procedimientos estandarizados

Además del almacenaje de información, el saber matemático incluye la realización de un número muy grande de operaciones y rutinas a ser aplicadas en el orden correcto, con precisión. Dentro de estas operaciones incluyo ciertas propiedades de uso sistemático. Veamos algunos ejemplos: la conmutatividad de las operaciones elementales (cuyo conocimiento disminuye el número de tablas a recordar); "el símbolo de $+$ se transforma en el de $-$ al pasar un sumando para el otro lado del símbolo de $=$ "; la realización de operaciones iterativas, en que la repetición es la clave del éxito (la división, por ejemplo). Esta destreza incluye también la buena utilización o el adiestramiento en la memoria presente, para no quedar perdido en medio de un razonamiento de muchas etapas.

Esta capacidad para integrar diferentes informaciones y procesarlas de manera más o menos rutinaria es también parte de la buena formación en matemática. Su carencia genera la imposibilidad de saber qué hacer con objetos matemáticos usuales y cómo continuar con operaciones previamente estudiadas.

D. Lenguaje, símbolos y padrones

El aprendizaje de la matemática depende mucho del lenguaje y símbolos propios y específicos. Estos lenguajes y simbolismos la hacen a su vez más inaccesible. Se puede decir que son un "mal necesario". Es interesante observar que esos elementos decisivos en el progreso de la matemática demoraron mucho en desarrollarse con toda fuerza: recién se consolidaron en el siglo XVI con el desarrollo de la notación y el formalismo del Álgebra.

Las dificultades inherentes al lenguaje y simbolismo matemáticos obligan a tener el debido cuidado en la utilización de tales instrumentos en la enseñanza. El lenguaje mismo no motiva: las ideas sí. Ningún alumno se puede interesar por cosas donde no vea algún elemento que le satisfaga o agudice su curiosidad. Esto incluso es verdad para los matemáticos que contribuyen al desarrollo de su ciencia. Están interesados en las ideas, métodos y técnicas que hacen parte de la disciplina. Vamos introduciendo lenguajes y simbolismos por necesidades prácticas. Lo mismo se puede decir en la enseñanza: introducirlos cuando se hacen necesarios para auxiliar el aprendizaje de cosas verdaderamente relevantes.

En esta categoría de problemas también entran los padrones, esquemas, palabras clave, que el estudiante debe poder reconocer rápidamente para utilizar las técnicas adecuadas. Las representaciones geométricas, el reconocimiento de figuras o de presentación gráfica (columnas, diagonales, de conjuntos de números) forman parte de las pericias a que hacemos referencia en este ítem. Estos procedimientos incluyen dosis muy grandes de abstracción, pues estos padrones aparecen con presentaciones explícitas o visuales muy diferentes. La interpretación precisa, incluso visual, de algunas definiciones abstractas, es crucial para avanzar en la compren-

sión de diversos entes geométricos: circunferencia, paralelas, equilátero.

El lenguaje, los símbolos y los padrones matemáticos bien asimilados y utilizados sistemáticamente en otras esferas de la actividad y la ciencia son herramientas de comunicación y sistematización fundamentales. Enriquecen la capacidad de transmisión, simplifican modos de pensar, ayudan a llegar directamente al meollo de problemas. Más aun, el buen manejo de estos elementos en el lenguaje oral, clarifica la presentación de ideas complicadas y evita los circunloquios y rodeos en la descripción de situaciones.

E. Lógica y conceptos

Las cadenas de razonamientos que son características de la matemática son una de las cuestiones principales que el estudiante debe aprender. Bertrand Russell escribió que, en realidad, la matemática es un gran silogismo que, una vez dadas ciertas definiciones, grandes áreas de la matemática se construyen "razonando bien". No concuerdo con esta idea *in totum*: gran parte de lo que traté de describir en la primera parte del trabajo (en particular en el ítem 1.) se refiere a la **correspondencia de la matemática con la realidad**, a su **carácter no arbitrario**. Pero no es menos cierto que el buen aprendizaje de la matemática incluye los grandes elementos del razonamiento correcto, de la deducción posible, de las dependencias permitidas entre conceptos.

Estas virtudes del modo de pensar matemático no deben ser contrapuestas a las características antes anotadas, en particular, a la necesaria memorización de definiciones y procedimientos. Menos aún en las etapas iniciales de la educación.

El progreso en la comprensión de los mecanismos lógicos necesita de un grado avanzado de **conceptualización**, especialmente en estas etapas formativas. Es im-

posible razonar bien, si los objetos del razonamiento no están definidos con precisión, si no se conocen sus elementos constitutivos y sus límites. Muchas veces una dosis generosa de memoria puede cubrir grandes carencias en estas conceptualizaciones (sumar quebrados sin saber muy bien qué representan las fracciones, por ejemplo), pero a la larga estas carencias saltan aunque más no sea porque con el paso del tiempo todo se olvida.

La capacidad de resolución de problemas está fuertemente basada en estos grados de conceptualización y rigor lógico: identificación de las preguntas planteadas, utilización de alternativas válidas, cambios de frente para atacar el problema ante el fracaso de alguno utilizado previamente.

Aún así, las cosas deben ir a su debido tiempo. De igual manera que en la evolución de las ideas, también en la enseñanza los conceptos deben ser introducidos a medida que van siendo solicitados por los tópicos enseñados, a medida que el alumno esté en condiciones de apreciar críticamente la importancia de lo que está aprendiendo. Caso contrario, el resultado es negativo, pues en lugar de estimular el aprendizaje, produce el efecto contrario de generar desinterés por una matemática que trata de objetos imperceptibles, que ni en su estructura intrínseca son necesarios.

En esto también la evolución de la ciencia da buenos ejemplos: los matemáticos profesionales lidiaron con funciones casi dos siglos antes de llegar a su definición general. Sólo dieron una definición precisa (con sus contenidos y límites) cuando la resolución de delicadas cuestiones [de convergencia] lo hizo absolutamente necesario. La introducción prematura de conceptos como los de función inyectiva, sobreyectiva, inversa, compuesta, ... sin la utilización adecuada de estos conceptos – y, por tanto, sin revelar su real importan-

cia– es un ejercicio gratuito que se le exige al estudiante. Gratuito y contraproducente.

F. Necesariamente estimativo

La resolución de problemas destaca, además de los aspectos lógicos y de conceptualización antes aludidos, la importancia de lo cuantitativo en matemática, de saber estimar resultados y descartar soluciones improcedentes. Tal cual resulta inaceptable que quien hace cálculos con velocidades de omnibuses carreteros obtenga resultados de 900 km por hora y no trate de buscar el error, al multiplicar sucesivamente tres números de una cifra, un alumno medio de matemática debe descartar resultados millonarios.

El realizar cálculos "groseros" debe ser incentivado por los maestros mas aún en tiempos que tales cálculos se hacen con pequeñas máquinas, perdiéndose la noción del resultado aproximado, de la estimación. Resulta inadmisibles que el buen razonamiento, que la buena memorización, etc., no se complementen con el resultado más inmediato del saber matemático: **cuantificar fenómenos y acontecimientos, y operar con los números resultantes de la cuantificación.**

G. Carácter acumulativo

Por último, he creído útil destacar el carácter acumulativo del conocimiento matemático. Éste es un aspecto particularmente sentido por los docentes de los ciclos superiores de la enseñanza: las carencias acumuladas, incluyendo las carencias de información y de sistemática, generan inmensas dificultades en la comprensión de nuevas ideas.

Expresado con los debidos respetos, se puede ser un excelente estudioso de ramas

(Concluye en la página 30)

URUGUAYOS EN FERMILAB (PARTE II)

El presente artículo intenta completar el relato de la experiencia llevada a cabo en FERMILAB, comenzado en el número anterior, así como volcar algunas reflexiones de la autora del mismo, con el deseo de compartirlas con sus pares docentes.

Marianella Maxera

Profesora de Física y Química.
Egresada del Instituto de Filosofía, Ciencias y Letras.
Profesora del Instituto Alfredo Vázquez Acevedo.

1. Preparación del viaje

1.1. Surge la idea

Un problema importante que se les plantea a los estudiantes al terminar la Enseñanza Media, es tener presente todas las posibilidades que tienen si desean seguir estudiando: hacer su opción vocacional.

Si gustan de la Física, enseguida piensan en ingresar a la Facultad de Ingeniería. No es la única opción. Podrían elegir la Licenciatura en Física, en la Facultad de ciencias y trabajar así en una ciencia Básica.

Los estudiantes de 6° año del año 1997, del liceo I.A.V.A., de los cuales la autora de este artículo fue docente, mostraron desconocer la existencia de esa opción en el Uruguay y que físicos en la actualidad elaboraran teorías al modo de Newton o Einstein.

Con la finalidad de indagar sobre esta alternativa, se concurrió con los estudiantes a una charla que el Doctor Griego daría, a los efectos de informar sobre la formación de los físicos en nuestro país.

Al regreso, en una clase práctica, se buscó información en textos sobre laboratorios famosos; se encontró enseguida el Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab).

A modo de broma, se sugirió como paseo de fin de cursos, en lugar de Bariloche, ciudad tradicional en este tipo de viajes.

Para asombro de quien suscribe, al otro día, los estudiantes trajeron abundante información bajada de Internet. Se estaba al tanto de dónde quedaba el laboratorio, qué se hacía allí y quiénes trabajaban en él.

El Fermilab lleva este nombre en honor al físico italiano Enrico Fermi quien, en 1942, realizó en la ciudad de Chicago la primera reacción nuclear en cadena, en forma controlada. Este experimento se realizó en el campo de frontenis de la Universidad de Chicago.

El laboratorio Fermilab se encuentra a 60 km de la ciudad de Chicago, en un pueblito llamado Batavia. En él se sigue la misma línea de trabajo de Fermi, o sea se investiga la naturaleza última de la materia; al igual que en el pasado, "la idea de la partícula fundamental ha sido siempre emblema de la meta más ansiada de la ciencia: comprender la complejidad de la naturaleza en términos sencillos" (Winberg, 1985).

Allí trabajan físicos de todo el mundo. Está operado por la Asociación de Universidades para la Investigación, bajo contrato con el Departamento de energía de los

Estados Unidos, al cual colaboran Brasil, Canadá, Colombia, Francia, India, Italia, Japón, Corea, México, Polonia, Rusia, Taiwán y Estados Unidos.

Para saber más sobre la época de Fermi, se exhibió en clase un video –“Navegante italiano arriba al nuevo mundo”– grabado por el canal estatal. La idea de visitar Chicago, más específicamente ese laboratorio, se encontraba en la mente de todos: los estudiantes y la docente a cargo.

Era deslumbrante imaginar ver a los físicos en acción, saber lo que hacen y piensan.

Ante el temor de que se estuviese planeando algo muy fantasioso, se consultó a un físico uruguayo que trabajó en ese laboratorio: el doctor Ramón Méndez. Calificada la iniciativa como muy buena por él, se comenzó a trabajar en serio.

Una fecha tentativa de salida hacia Estados Unidos fue el 2 de marzo de 1998.

1.2. Consolidación de un proyecto

Cuando se tiene poca experiencia en este tipo de emprendimiento, es difícil organizar las ideas que van surgiendo de los integrantes del grupo. En principio eran treinta alumnos que deseaban participar de la experiencia y las opiniones de cómo lograrlo eran muy variadas.

Con intención de articularlas, pareció adecuado trabajar en proyecto. Éste recogería los objetivos que se perseguían, ordenaría las acciones a seguir y serviría para comunicar de forma clara las intenciones del grupo a organismos de los que se pretendía el apoyo.

El proyecto se denominó "Estudiantes uruguayos en busca de referentes científicos: camino a Fermilab". En él aparecía el anhelo de convivir con los físicos que en la actualidad construyen la física. Qué les gusta de su tarea, cómo se organizan, de dónde provienen los recursos económicos

para sus experimentos, cómo manejan su ética profesional, eran preguntas que espolocaban a los integrantes del grupo para seguir adelante.

Al tiempo de presentado el proyecto en el PEDECIBA de Física, en el Ministerio de Educación y Cultura y en el Consejo de Educación Secundaria, se recibió el auspicio de los mismos, lo cual dio el carácter de oficial al viaje y permitió realizar la visita como becarios. Esto implicó la disminución de algunos gastos, como la visa a Estados Unidos y ciertos impuestos.

A pesar de que el proyecto se fue reformando durante su concreción, resultó el referente que, en todo momento, permitió guiar las acciones llevadas a cabo.

1.3. Los recursos económicos

Que una iniciativa sea buena depende estrictamente de sus posibilidades de concreción y estas últimas vienen de la mano de los recursos materiales con los que se cuenta.

Pasado el entusiasmo inicial, hubo que elaborar un plan de las acciones a seguir, que permitieran:

- a) Acceder al laboratorio, alojándose en él; un tour de una o dos horas no era lo que el grupo pretendía. La intención era ver a los físicos en acción e intercambiar ideas con ellos.
Tras innumerables faxes mandados y mucha emoción con cada respuesta, que acercaban al grupo a sus requerimientos, a fines de enero de 1998 se recibió la confirmación de que se ofrecía el alojamiento a la fecha que inicialmente se había elegido.
- b) Procurar los recursos económicos necesarios para pagar los pasajes de avión y el hotel en la ciudad de Chicago.

Luego de visitar Batavia, se completaría el viaje con una estadía en esa ciudad, de

gran valor formativo para los estudiantes. Lugares obligados serían: el museo de ciencia y Tecnología, el Museo de Historia Natural y la histórica Universidad de Chicago.

Cada integrante del grupo procuraría los recursos económicos en forma individual, pero algunas actividades se llevaron a cabo en grupo, integrando a padres, otros familiares y amigos.

La tan ambiciosa meta hizo que algunos padres vieran con descreimiento la posibilidad de alcanzarla y, a pesar del ánimo que se trataba de infundir, muchos fueron los que abandonaron el grupo.

Se solicitó apoyo económico al Ministerio de Educación y Cultura, pero este aspecto no fue contemplado.

Fueron éstas las instancias que el grupo no supo resolver, consideradas como muy difíciles, pues implicó que jóvenes que habían trabajado desde un principio en el grupo tuvieran que abandonarlo por no contar con los recursos económicos necesarios. Lejos se está aún de una igualdad de oportunidades.

Los esfuerzos de los que lo lograron fueron encomiables: venta de juguetes en la fecha de Reyes Magos, venta de rifas, trabajo zafral en Punta del Este, venta de comida en el barrio. Todo sirvió, y padres y alumnos se vieron obligados a hacer gala de sus ingenios para alcanzar la meta.

1.4. Procurando información

En la Embajada de Estados Unidos se obtuvo orientación e información como para realizar la visita con idea clara de lo que se iba a ver, con todas las actividades planeadas y los contactos establecidos.

Por otro lado, hubo que ponerse al día con la física de partículas: hadrones, leptones, fermiones, bosones, etc., etc. hacen que se ansíe una partícula fundamental que reduzca la complejidad de la es-

tructura de la materia y el modelo estándar parece contemplar ese deseo.

1.5. El trabajo con los padres

La responsabilidad era muy grande para los adultos involucrados en este emprendimiento; pero el trabajo con los padres durante tanto tiempo permitió conocerlos lo suficiente como para saber que se contaba con su apoyo; en todo momento mostraron su solidaridad y confianza hacia la responsable del grupo. Esto, sumado a la madurez y desenvoltura de los ocho adolescentes que viajarían, permitió que la experiencia se concretara de la mejor manera posible.

Se debería trabajar con los padres viéndolos como fuente de aprendizaje y no como obstáculos, comunicándose con la comunidad más activamente; las prácticas pedagógicas pueden ser el "punto focal de donde podrían surgir estrategias para conservar y regenerar los valores comunitarios" (Hargreaves, 1996).

En general se acude a ellos cuando existe un problema grave, que no se sabe cómo solucionar. Pero, ni docentes ni padres están preparados para una interacción; la formación debe venir, para los docentes, como parte del desarrollo profesional y para los padres, recurriendo a ellos en instancias anteriores a las del surgimiento de un asunto grave.

La relación profesores-padres es un desafío en el momento actual, calificado por muchos como de crisis o "inminente colapso de la comunidad en la edad postmoderna" (Etzioni, 1993). Esto "ha sido provocado por la modernización y la planificación racional; los efectos del diseño urbano en distanciar los lugares de trabajo de los hogares; y entre las personas acomodadas, el sacrificio de la cercanía con el vecino en aras de grandes lotes rodeados de suntuoso césped; los efectos

individualizantes del automóvil; las seducciones privadas que otorgan las compras (shopping) y las variadas formas de entretenimiento accesibles en el hogar; y, en medio de todo esto, la erosión de las relaciones humanas producida por el consumo irracional de tiempo y trabajo" (Hargreaves).

Se suma el impacto que la evolución de la estructura familiar ha tenido en la educación (los niños con la llave de la casa al cuello, las madres jefas de hogar son ejemplos), como para pensar seriamente que las barreras que obstaculizan la participación de los padres, se deben remover.

Se podría considerar la idea de que en los centros de formación docente se contemplara el aprendizaje profesional sobre la relación padres-docentes. Éste podría "incluir la capacitación sobre dinámica interpersonal, manejo de conflictos, resolución de problemas y autoanálisis introspectivo" (Hargreaves, 1996).

2. Los días de Chicago

El 2 de marzo de 1998 se partió del aeropuerto de Carrasco.

Al llegar a Chicago, el grupo fue recibido por una uruguaya que residía allí hacía veinte años, que haría el traslado a la ciudad de Batavia. Se unió al grupo el profesor Juan Pablo Forcheri, que había llegado algunos días antes.

En esa hora de viaje, entre Chicago y Batavia, la conductora fue adelantando lo que se iba a ver, e hizo la historia de cómo ella conoció Fermilab: estaba casada con uno de los ingenieros que, alrededor de 1960, construyeron el acelerador. Su hija aprendió a caminar dentro de él, por lo que la ligaban fuertes lazos afectivos con este laboratorio.

En todo momento ella constituyó un apoyo invaluable para el grupo, estando dispuesta siempre a solucionar los proble-

mas que se presentaban. Fue la encargada de guiar un tour por la ciudad de Chicago, al regresar el grupo de Batavia.

2.1. La estadía en Fermilab

Luego de autorizados a pasar por los encargados de la seguridad del laboratorio, se ingresó al parque en el que están las instalaciones.

Altos árboles, enormes lagunas y caminos encaracolados condujeron al edificio Wilson, donde se encuentra la parte administrativa de Fermilab.

El grupo se dio a conocer y al momento estuvo rodeado por gente que deseaba saludar. Al fin se pudo asociar una cara con los nombres que se conocían a través de los faxes llegados a Uruguay.

En el lugar donde estacionó la camioneta en la que se trasladó el grupo, se había colocado un cartel con las palabras "Bienvenidos visitantes uruguayos". Leerlo permitió entender el talante con el que el grupo era recibido. Ese cuidado y atención se mantuvieron hasta el último día de la estadía allí.

Del edificio Wilson, luego de las presentaciones, el grupo fue trasladado a las habitaciones destinadas. Eran confortables cabañas, con dormitorios individuales, en las que se alojan científicos extranjeros.

Se comenzaron las actividades inmediatamente. La primera fue la conferencia del doctor Freedy Nang y la licenciada Rocío Vilar. Los temas centrales fueron: a) el modelo estándar de la materia y b) los aceleradores de Fermilab.

A pesar de que la charla de estos físicos estaba pensada sólo en torno a aspectos científicos y técnicos, luego de unos minutos de inhibición de ambas partes, el grupo comenzó a intercalar preguntas acerca de aspectos sociales de su labor; esto permitió un mayor acercamiento entre todos y un mejor conocimiento de los moti-

Chicago, la ciudad de los vientos, con sus 2:783.726 habitantes, es la tercera ciudad más habitada de los Estados Unidos. Está situada al norte del estado de Illinois a orillas del lago Michigan. Desde éste, la ciudad se ve como una gran pared de rascacielos emergiendo tras un hermoso parque. Hay tres zonas principales. La sección norte (principalmente residencial), la sección oeste (sobre todo industrial) y

la sección sur (una zona residencial de diferentes estilos). El centro, conocido localmente como el "loop" integra cada vez más tiendas y actividades recreativas con las zonas periféricas de la ciudad.

La geografía ha influido mucho en el desarrollo de Chicago pues es una puerta natural entre el lago Michigan y los ríos interiores. Por lo que las tierras pantanosas del lugar no fueron impedimento para la llegada de colonos ni para el establecimiento de un fluido comercio desde épocas tempranas. Recibió millares de inmigrantes que contribuyeron al desarrollo de la industria y el co-

mercio. La mayor parte de estos inmigrantes son de origen alemán, polaco e irlandés. Más recientemente, entre los grupos minoritarios más impor-



tantes se encuentran la población negra y la latina. Todas estas contribuciones étnicas le dan a Chicago características que la distinguen de otras ciudades norteamericanas.

Actualmente, gracias a una excelente red de distribución, Chicago es el centro ferroviario y de transportes más importante de Estados Unidos, además de un puerto de gran capacidad en el que se atiende comercio local e internacional. El área metropolitana de Chicago posee el mayor número de trabajadores industriales de Estados Unidos. La mayor fuente de empleo allí es la industria de pro-

ductos eléctricos, seguida por las industrias siderúrgicas, de maquinaria, metalúrgicas, alimentarias, gráficas, químicas y de equipos de transporte. Es

uno de los principales productores nacionales de acero, productos metálicos, confección, instrumental quirúrgico, equipo ferroviario, jabón, pintura y maquinaria industrial. La Cámara de Comercio de Chicago y la Bolsa Mercantil de Chicago se hallan entre

los principales mercados de productos del mundo.

Un episodio realmente interesante de la historia de Chicago fue su "gran incendio", ocurrido en 1871. Casi toda la ciudad ardió por dos días. Los habitantes debieron levantarla nuevamente de la nada, pero planeando cuidadosamente cada detalle (edificios, sistemas de transporte, etc.) de su "nueva" Chicago, que retornó a la vida económica más fuerte que antes. No en vano un famoso poeta la llamó "City of the Big Shoulders" (la ciudad de grandes hombros), haciendo referencia a su fuerza y entereza.

vos que mueven a un físico a desarrollar esta profesión.

Esto fue escudriñado por los estudiantes, a través de preguntas muy precisas, lo cual hizo que los conferencistas se llevaran buena impresión de los jóvenes uruguayos.

FERMILAB, Casa Abierta

Setiembre 13 de 1997

CAMINATA POR EL ACELERADOR

En el FERMILAB hacemos investigación en física de altas energías acelerando protones. Los protones son parte del pequeño centro, o núcleo, dentro de cada átomo. El átomo más simple de todos es el del hidrógeno, porque tiene un solo protón en su núcleo. El motivo para acelerarlos es darles tan alta energía como sea posible. Las partículas de alta energía son usadas por los físicos para crear nuevas y exóticas formas de la materia que nos dicen mucho acerca de cómo está unido el universo. Ustedes están ahora visitando el Complejo del Acelerador, que está compuesto de muchos aceleradores individual

La caminata comienza con una visita a la máquina llamada el Cockcroft-Walton, llamada así por los dos científicos que la inventaron. Como esta máquina se usa para crear un haz de protones moviéndose suficientemente rápido para ser aceptados por nuestro primer acelerador, lo llamamos el Pre-Acelerador, o "Pre-Acc". Dentro del Cockcroft-Walton hay una pequeña botella de gas hidrógeno, que contiene suficientes átomos de hidrógeno para mantener ocupados todos los aceleradores del FERMILAB por meses en forma simultánea. El equipamiento interior prepara el hidrógeno para el proceso de aceleración.

El Cockcroft-Walton es mantenido a 750.000 volts. Cuando los protones son lanzados en su camino, se mueven a través de un tubo tipo acordeón, logrando velocidad mientras atraviesan ese voltaje. El mismo principio se aplica cuando usted arran-

ca su auto: los electrones en su batería de 12 volts logran energía mientras se mueven del terminal negativo al positivo. Los físicos de partículas miden la energía en "electron-volts", y dirían que cada electrón ganó 12 electron-volts en la batería. El término se aplica también a los protones, por lo que los protones que salen del Cockcroft-Walton han ganado 750.000 electron-volts de energía.

Usted visitará luego las estaciones de "baja energía" del Acelerador Lineal, o Linac (es llamado Acelerador Lineal porque los protones se desplazan en una línea recta). El haz viaja 500 pies (152 m) del Linac y luego desciende un piso al próximo acelerador, llamado el Booster (elevador de potencial). Como no se permiten personas en los alrededores cuando el haz está corriendo, todo el equipo posible se deja arriba, para que el personal pueda hacer mantenimiento y reparaciones sin tener que apagar el haz.

Los protones que dejan el Pre-Acc se están moviendo a más de 10 millones de millas por hora (16 millones de kilómetros por hora), lo que es aún menos de una millonésima de la energía que tendrán en el instante en que alcancen los experimentos. Ésta es una velocidad suficiente para ser acelerados por una segunda técnica, conocida como "radio frecuencia" o "RF". El equipamiento usado es similar al usado en estaciones de radio o televisión de lata potencia. Una estación Linac RF recibe (por cable) una señal RF de bajo nivel generada por electrónica como usted verá a medida que camine por el pasillo del Linac. Los equipos RF amplifican la señal y la potencia. Y, en vez de ir a una antena (como sucede en las estaciones de radio), es enviada a un tanque inferior llamado

En todo momento quedó claro qué lejos están los físicos de interesarse por avances tecnológicos solamente, que puedan brindarles dinero o reconocimiento. El fin último de la investigación científica para ellos es el placer que conlleva el mejor conocimiento del mundo que los rodea.

cavidad. La potencia y señal son programadas para que lleguen a la cavidad exactamente cuando llega el haz, y son usadas para acelerar los protones. Los protones obtienen un promedio de aproximadamente 22 millones de electron-volts de energía de cada una de las cinco cavidades, por lo que emergen del Linac de baja energía con una energía total de 116 millones de electron-volts.

Cuando los protones emergen de la tercera cavidad, tienen una energía de 66 millones de electron-volts: la energía ideal para producir "neutrones rápidos", que son efectivos para tratar ciertos tipos de cáncer. Los físicos usualmente necesitan el haz por solamente cerca de 10 millonésimos de segundo, cada uno o dos segundos, o aun menos. Durante esos intervalos, es posible desviar los protones fuera del Linac para hacer impacto en un blanco hecho de berilio. Berilio—un elemento que se encuentra en el beril, las esmeraldas y aguamarinas— es un buen material para producir neutrones. Los neutrones, compañeros eléctricamente neutros de los protones cargados positivamente, tienen suficiente energía obtenida de los protones impactantes para destruir los tejidos malignos. Este tratamiento es utilizado para muchos diferentes tipos de cánceres, pero es particularmente efectivo contra los tumores sólidos con pobre circulación y bajos niveles de oxígeno, como los tumores de próstata y de las glándulas salivales.

El linac de "alta energía" trabaja en forma casi igual al de baja energía, excepto porque se usan frecuencias de microondas en vez de frecuencias de radio. A cortas distancias se puede entregar más potencia con microondas.

"El afán científico por profundizar en la naturaleza suele estimular el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos instrumentos y, a veces, conduce a la creación de industrias enteramente nuevas. Estos instrumentos innovadores a su vez impulsarán un nuevo progreso en la ciencia. El deseo de comprender el átomo condujo, en los

años veinte, a la elaboración de la mecánica cuántica. Ésta, a su vez, trajo consigo un conocimiento más profundo de la materia del estado sólido, dando lugar a la invención del transistor en 1947. El transistor sentó una base firme para la expansión de la electrónica y la computación automática que entonces se iniciaba; su

Los protones dejan el Linac, con 400 millones de electron-volts de energía, y entran al Booster, que es el primer acelerador circular. El círculo de Booster es de aproximadamente 137 m de diámetro. La aceleración es también hecha con cavidades RAF. Pero ahora esos imanes son usados para mantener a los protones moviéndose en un círculo de modo que las cavidades pueden ser usadas una y otra vez para acelerar las partículas. (Sin un acelerador circular, tendríamos que construir un túnel de acelerador lineal infinitamente largo con cavidades ARF sin fin). Los protones circulan a través de los imanes de un tubo, del que se ha extraído todo el aire por lo que tienen pocas cosas con que chocar. Exactamente igual que los electroimanes usados en un motor eléctrico, o el imán que levanta su auto antes de ser compactado, hay una fuerza magnética solamente mientras la corriente eléctrica está circulando por los cables. En el imán, los cables están hechos con un alambre de cobre muy grande por lo que pueden llevar más corriente y crear fuerzas magnéticas más potentes. Las altas corrientes generan mucho calor, por lo que hay agujeros en el interior del alambre para el agua de enfriamiento. La fuerza magnética no puede entregarle energía a los protones, pero puede desviar y enfocar el haz mientras recorre el círculo. (Los imanes desviadores se llaman dipolos, y los enfocadores cuadrípolos). Los protones recorren el Booster aproximadamente 18.000 veces. En cada vuelta adquieren más energía en las cavidades RF. A medida que aumenta la energía, los imanes incrementan su fuerza, para mantener al protón recorriendo un círculo del mismo diámetro. Ellos son acelerados de 400 millones a 8.000 millones de electron-volts.

Ha transcurrido un treintaavo de segundo desde que los protones salieron del Cockcroft-Walton.

Ahora, si queremos entregarle cualquier energía adicional a estas partículas, debemos transferirlas a un anillo más grande. Imagínese conduciendo en el anillo del Booster, un círculo de menos de 450 m de circunferencia. Sería imposible impedir que el auto se fuera de la pista. Ahora imagínese conduciendo a la misma velocidad por un círculo de más de 6 km. Esto sería posible, porque la curva sería mucho más suave. Cuando los protones comienzan a tener demasiada energía para ser contenidos en el Booster, son transferidos al Anillo Principal. El círculo del Anillo Principal es de más de 6 km de circunferencia, y los protones lo recorren 48.000 veces por segundo. La aceleración continúa en la misma forma general que en el Booster hasta que los protones han alcanzado una energía de 150.000 millones de electron-volts. (El Anillo Principal fue diseñado y construido a comienzos de los 70. Operó hasta el 15 de setiembre de 1997, en que fue apagado por última vez. Su función será desarrollada por un nuevo acelerador, el Inyector Principal, actualmente en construcción).

Han transcurrido ahora aproximadamente 2,6 segundos desde que los protones dejaron el Cockcroft-Walton.

Finalmente los protones son transferidos del Anillo Principal al Tevatrón, el acelerador que ha atenido la energía record mundial desde 1983. El Tevatrón está en el mismo túnel de 6,4 km que el Anillo Principal, pero sus imanes son mucho más potentes. Los cables, en estos imanes, están hechos de una aleación de dos metales: titanio y niobio.

Cuando esta aleación es enfriada a 268 °C bajo cero, pierde toda resistencia a la corriente eléctrica. Los imanes del tevatrón, hechos de este material superconductor, pueden conducir enormes cantidades de electricidad usando muy poca potencia. La mayor dificultad es mantener la aleación fría. La temperatura necesaria para hacerla trabajar es mucho más fría que el punto de congelación de los gases de la atmósfera como oxígeno y nitrógeno. La única sustancia que es aún líquida a 268 °C bajo cero es el helio, por lo que hemos construido una red de enfriadores capaces de licuar suficiente helio para enfriar todos los imanes de los 6,4 km del tevatrón. Los imanes resultan entonces suficientemente potentes para mantener el haz hasta 900.000 millones de electron-volts y más. Ésta es energía suficiente para resultar atractiva a los físicos de partículas de todo el mundo.

Su próxima parada en este recorrido es la Sala Principal de Control (MCR). Los operadores en esta Sala controlan todos los aceleradores del FERMILAB. Ellos usan un sofisticado sistema de control computarizado para controlar más de 100.000 registros diferentes de todas las partes de los sistemas del acelerador, como vacío, generación de potencia, generación de frío, radiofrecuencia, agua de enfriamiento, y diagnósticos del haz. Además, los operadores pueden ejecutar, a través del sistema de computadoras, cambios en unos 40.000 de estos dispositivos. Se pueden hacer cambios en la intensidad, tamaño y estructura del haz para adecuarlo a las necesidades cambiantes del programa experimental.

(Traducción: Juan Pablo Farcheri)

CONSTITUYENTES DE LA MATERIA

QUARKS	MASA (GeV)	ARRIBA	ENCANTO	CIMA	CARGA
		0,3	1,5	175	
	MASA (GeV)	ABAJO	EXTRAÑO	FONDO	
		0,3	0,5	4,5	
	MASA (GeV)	ELECTRON	MUON	TAU	CARGA
		0,0005	0,106	1,7	
LEPTONES	MASA (GeV)	NEUTRINO DEL ELECTRON	NEUTRINO DEL MUON	NEUTRINO DEL TAU	CARGA
		0?	0?	0?	
	MASA (GeV)				0

TRANSMISORES DE LA FUERZA

MASA (GeV)	BOSONES VECTORIALES			FOTON	GLUON
	80	80	91	0	0
	CARGA	+1	-1	0	0
	FUERZA	DEBIL	DEBIL	ELECTRO-MAGNETICO	FUERTE

La materia consta de dos tipos de partículas: quarks y leptones. Se asocian por grupos o generaciones. Los quarks arriba y abajo, por ejemplo, construyen, con los electrones, los átomos; son los miembros de la primera generación. Los quarks más pesados se crean sólo en los aceleradores; así pasa con el cima y el fondo. Por cada quark o leptón hay un antiquark o antileptón de carga opuesta (*no se muestran aquí*).

Un conjunto diferente de partículas transmite las fuerzas: los "bosones" W y Z, el fotón y los gluones. Los W y Z transmiten la fuerza nuclear débil, que actúa en desintegraciones radiactivas. Por ejemplo, un quark arriba puede convertirse en uno abajo emitiendo una partícula W, que a su vez se desintegra en un par de quarks o de leptones. El fotón transmite la fuerza electromagnética, que a grandes energías se unifica con la fuerza débil. Los gluones transmiten la fuerza fuerte que enlaza los quarks arriba y abajo y así se forman los protones y los neutrones. Se cree que existe una partícula más, la de Higgs, que aún no se ha encontrado.

ciencia y la tecnología están inextricablemente entrelazadas en un tapiz de extraordinaria belleza cuya lección sería que el todo es muy superior a la suma de las partes" (Litke y Schwarz, 1995).

La licenciada Rocío Vilar manifestaba que lo que a ella le atraía de su tarea era esa especie de juego en el cual unos caminos se van cerrando, al rechazarse una hipótesis, y hay que decidir qué otro tomar. Decía que, aun cuando la naturaleza le contestaba que no, aun en ese momento se sentía complacida. Este sentimiento fue la constante encontrada en las declaraciones de todos los físicos con los que se intercambiaron ideas.

Otro de los aspectos que impactaron al grupo fue el reconocimiento de la necesidad que tienen de trabajar en grupo y cómo saben desligar las diferencias profesionales de las personales. Pueden mantener fuertes discrepancias sobre un tema en el que están trabajando, pero esto para nada influye en la relación personal. Se los puede ver discutiendo acaloradamente en su mesa de trabajo y al rato compartir un almuerzo cordialmente en el restorán.

La ética profesional es sumamente cuidada en estos ámbitos. La competitividad se da en lo intelectual (grandes contrincantes son, como siempre, teóricos y prácticos)

pero en ningún momento entrecruzan aspectos personales en estas diferencias.

La madurez de su ética profesional se refleja también en el código no escrito de no comentar fuera del equipo los resultados de los análisis hasta que se hayan cerrado. Esto es difícil en los casos en que el cónyuge pertenece a un equipo antagonista.

desarrollo fue la piedra angular de la industria de los semiconductores cuya tecnología se utiliza hoy para fabricar los detectores de microcinta (los usados en el descubrimiento del quark cima). Estos dispositivos ayudan a contestar algunas preguntas más acuciantes de la física fundamental; valgan como ejemplo la naturaleza del quark cima y del bosón de Higgs. La

2.2. Algunos comentarios

Cuando el grupo terminaba la jornada – que era muy temprano, pues la cena se brindaba alrededor de las 19 horas –, quedaba tiempo para reflexionar sobre lo vivido en la jornada.

Algo que llamó la atención de los docentes, y que ya se percibía al preparar el viaje, es que estos estudiantes estaban asombrados de que todavía hubiera tanto por hacer en física: teorías por elaborar o ampliar, hipótesis por confirmar. Antes tenían la sensación de que casi todo estaba descubierto y que lo que en la actualidad se debía hacer era aplicar los conocimientos solamente.

La idea que subyacía era que los físicos tuvieron razón de ser en el pasado y que en la actualidad el "mapa de la física" estaba completo.

La pregunta que surge es si este concepto es compartido por la generalidad de los estudiantes y, si es así, de dónde proviene:

¿de la poca importancia que se da a la divulgación científica en el país?;

¿de la forma de encarar la enseñanza de la disciplina en Enseñanza Media?.

Si esto es así, constituye un aspecto sobre el que se debería reflexionar, pues se está dando a los jóvenes una imagen distorsionada de la física, al presentarla como una ciencia acabada.

Con respecto a la divulgación científica, es poco lo que se puede hacer, desde el rol de docentes, pues no compete a éstos divulgar al público en general lo que los científicos hacen en el Uruguay o en el resto del mundo.

Con respecto a la forma en que se enseña la disciplina, quizás sí se pueda colaborar, si se reconoce como necesario (natas debería discutirse quiénes deben reconocerlo como necesario: ¿los docentes?;

¿los físicos?; ¿los expertos en currículos?; ¿la gente en general?; ¿quiénes deben decidir sobre el espíritu con el que se incluye una asignatura en los currículos?).

Si bien los problemas de física están sobrecargados y difícilmente se pueden cumplir a conciencia –entendiendo por cumplir, no sólo que el docente los enseñe, sino que los alumnos lo aprendan– el eludir, por lo menos la mención de la existencia de temas de frontera y de los físicos que en la actualidad trabajan en ellos, transmite una representación de lo que es la ciencia que poco tiene que ver con la representación actual de la ciencia: "Reconocemos hoy que a la ciencia la hacen sujetos históricos, agrupados en comunidades científicas, expuestos siempre a la refutación de sus teorías, que saben ir unos a la escuela de los otros, conscientes de que apelar a lo que ya se sabe (ciencia normal), para no avanzar, es, en definitiva, un serio obstáculo epistemológico (...) la pérdida de significación social de la escuela tiene como causa, junto a otras, la distancia de los conocimientos que circulan en ella con relación a los conocimientos que produce la ciencia y la tecnología" (Cullen, 1995).

La enseñanza de nuestra disciplina debería mostrar que la física sigue construyéndose y que, a una pregunta que se responde, siguen cien que surgen sin respuesta. Las fronteras se van corriendo, pero no eliminando.

Se debería transmitir que la complejidad de la naturaleza es tal que quizás nunca se llegue a encontrar las respuestas a todo.

Sin embargo, se transmite lo contrario: las certezas totales; no existen las dudas cuando, en realidad, ellas constituyen el motor de la física.

"Que la ciencia no se mueve para buscar certezas, sino para reducir incertidumbres, es un tópico de fuerte impacto en la cultu-

ra y en la educación. No se espera que la ciencia nos dé certezas, sino que nos ayude a enfrentar racionalmente las incertidumbres" (Cullen, 1995).

A pesar de que esta modalidad al encarar la enseñanza de la física no sea intencional, esto forma parte del currículo oculto y deja profundas huellas en los jóvenes estudiantes, tanto en su formación como en su motivación para seguir estudiando una ciencia básica.

La representación final de la disciplina no es fruto tanto de un proceso de descubrimiento, cuanto de un proceso de construcción: el estudiante, de modo activo, desde sus conocimientos previos hace inferencias que van más allá de los conceptos presentados, por lo que, lo que se elude contribuye también a conformar aquella representación final.

2.3. Otras visitas

En los intensos días siguientes se realizaron variadas actividades.

Se concurrió al piso 15 del edificio Wilson, que está destinado a las exposiciones y a la exhibición de filmes.

El doctor Freedy Nang explicó la constitución del laboratorio y su funcionamiento, a través de las maquetas armadas allí para el público en general. Se reconocieron luego las instalaciones reales, que desde los ventanales se observaban.

Más tarde, la caminata por el acelerador fue guiada por el ingeniero René Parrilla quien mostró también las instalaciones de tratamiento del cáncer, que se encuentran en el laboratorio y están destinadas a la utilización de haces de neutrones en la terapia de tumores malignos que no han mostrado retroceso por métodos tradicionales. Al parecer, esta alternativa terapéutica está dando buenos resultados.

Otros lugares visitados fueron los detectores llamados CDF y DO. Éstos están co-

locados en los lugares donde está determinado que se producirán las colisiones entre protones y antiprotones. Ellos registran las características de las partículas que resultan de la colisión, como velocidad, masa, energía cinética, carga.

El CDF (Detector de Colisiones de Fermilab) comenzó a funcionar primero, en 1985, luego de ocho años de perseguir el quark cima.

La década de los ochenta terminó con la competencia entre Fermilab y el CERN en la búsqueda de esta partícula, pero el CERN había tocado techo: las energías de sus haces habían alcanzado su máximo valor posible y, en adelante, seguiría en carrera sólo el CDF.

En 1988, el director de Fermilab, León Lederman, decidió instalar el competidor "en casa". A partir de 1992, el detector DO comenzó a tomar datos, con el beneficio que trae, por un lado, estimular la competencia amistosa de dos equipos dentro del mismo Fermilab y, por otro, la existencia de un segundo experimento para refrendar los resultados.

Es así que, el 2 de marzo de 1995, se aportaron pruebas abrumadoras de la detección del quark cima, tanto por CDF como por DO. Los dos equipos comunicaron una probabilidad de menos de uno en 500.000 de que sus posibles quark cima pudieran explicarse sólo por un trasfondo de colisiones, lo cual significó un rotundo éxito.

Otro lugar visitado fue el IMSA (Academia de Ciencias y Matemáticas de Illinois), colegio para estudiantes de elevado rendimiento, de cursos que en el Uruguay serían de Segundo Ciclo de Enseñanza Media.

En este colegio, el grupo pasó una jornada de intercambio, integrando a los estudiantes a las clases y demás actividades de los jóvenes de allí.

Estudiantes de diversos orígenes, desde hindúes hasta paraguayos, buscan allí la dedicación total al estudio, en un flexible régimen de internado. Estos muchachos viven en el colegio que, en la planta baja, tiene los salones de clase (sin puertas, lo que llamó mucho la atención) y, en la planta alta, los dormitorios.

La programación de las actividades es absolutamente elástica y los alumnos pueden ir armando su cronograma de acuerdo a como lo desean para ese día guiados, por supuesto, por su orientador, que acuerda con ellos lo que se va a hacer.

Es un colegio innovador, promovido por el Estado, dirigido por una docente con grandes iniciativas y deseos de cambio.

Se concurrió también al Centro de Ciencia León Lederman. A este centro llega el público y está armado con fines didácticos y de divulgación de lo que se hace en Fermilab. Está reproducido el laboratorio en maqueta y es de carácter interactivo. Además, están a disposición videos y juegos referentes a lo que allí se realiza.

2.3. La despedida

Sobre el mediodía se notó que la gente de relaciones públicas estaba nerviosa; hablaban en secreto unos con otros. Se alcanzó a entender que sospechaban que alguien importante vendría a saludar al grupo antes de que éste partiera.

Cuando la noticia se confirmó, se aclaró que el ex-director de Fermilab, el doctor León Lederman, premio Nobel del año 1988 por el descubrimiento del neutrino del muón, quería conocer al grupo.

Infinidad de veces los docentes leen las listas de Premios Nobel en textos y revistas científicas, guardando el deseo de conocerlos e indagar sobre su contribución a la ciencia, por lo que este encuentro fue relevante para los docentes a cargo del grupo.

La charla, en muy mal inglés del grupo, no duró tanto como se deseaba; es una persona amable y sencilla, interesada por la divulgación de los conocimientos científicos al gran público y en especial a los jóvenes, por lo que es frecuente que organice charlas a estudiantes de High School.

Se mostró interesado en conocer el Uruguay cuando se le hizo la invitación y es posible que el año próximo se cuente con su presencia. El grupo se mantiene en contacto con este asunto.

En una despedida a través de abrazos sinceros, se manifestó a todos los que prestaron tanta dedicación, los deseos de verlos otra vez.

2.4. El resto del viaje

Las despedidas no son agradables, pero fue estimulante la idea de terminar el viaje en la hermosa ciudad de Chicago, donde esperaban algunos museos famosos, la Universidad de Chicago (el grupo tuvo el placer de sentarse debajo del árbol de Fermi), pero también el Planet Hollywood y el Had Rock Café (un poco de diversión no vendría mal): buena música, ricas comidas y caminatas sin rumbo fijo por las calles de la helada ciudad fueron actividades que ayudaron a la distensión, luego de días de mucha responsabilidad y compromiso.

3. De ahora en más

Al regreso al país se trató de volcar la experiencia a la comunidad: se está trabajando en los clubes de ciencias del Ministerio de Educación y Cultura; TV Educativa probablemente elabore un programa con motivo de esta experiencia; se realizó un informe que fue presentado a los organismos auspiciantes y se mantiene correspondencia con los físicos que nos atendieron en el laboratorio. Éstos, cada quince días, mandan la revista "Fermi News".

Ninguno de los estudiantes que viajaron ha optado por seguir la carrera de físico.

No se sabe si, como resultado de la divulgación de esta experiencia algún estudiante podrá definir su opción, inclinándose por el estudio de la física.

Pero, brindar la información necesaria para que los jóvenes se formen su propia opinión, por un lado, y ayudar a la formación de "las actitudes y las ideas que influyen en la elección profesional", por el otro, significa "contribuir al desarrollo personal, a la independencia y a la madurez del alumno" (Kann, 1988).

Bibliografía

- Cullen, C: *El debate epistemológico de fin de siglo y su incidencia en la determinación de las competencias científico-tecnológicas en los diferentes niveles de educación formal*.
Novedades Educativas. 1995.
- Etzioni, A: *The spirit of community*.
New York Croan Publishers. 1993.
- Hargreaves, A: *Formación inicial y perfeccionamiento docente*.
Ponencia en Seminario Internacional. 1996.
- Kann, G.: *La orientación vocacional y el mercado de trabajo; ¿orientar para transformar o para domesticar?*.
Revista *Perspectivas*. Vol XVIII, N° 4, 1988.
- Litke, A y Otros: *El detector de microcinta de silicio*.
Revista *Investigación y Ciencia*. Julio, 1995.
- Weinberg, S.: *Partículas subatómicas*.
En *Prensa Científica*.
Editorial Labor. 1985.

(Continuación de la página 18)

amplias de la historia sabiendo poco del papel de Carlomagno en la Edad Media, pero no se puede aprender matemática en los últimos cursos secundarios si no se sabe sumar fracciones. El saber matemático no tiene la presentación de un queso Emmental: una deliciosa masa con grandes agujeros. La evolución del aprendizaje de la matemática en los ciclos primario y secundario debiera más bien ser una masa uniforme en que los agujeros que aparecieran fueran considerados como vacíos que hay que ir llenando.

Muchas veces se disminuye la importancia de este carácter acumulativo de los es-

tudios de matemática; se le considera una sobre-exigencia de los profesores, otra reivindicación de los aspectos globales de la materia. No es así. La buena comprensión, memorización, práctica, de los conceptos anteriores, es casi imprescindible para entender razonablemente las etapas más avanzadas. Facilita el aprendizaje, consolida más fácilmente lo nuevo. Todos los rasgos analizados entre **B.** y **F.** abonan la importancia de la acumulación en el conocimiento matemático. Ruego al lector haga un breve repaso de ellos para convencerse de que carencias en unos aspectos se reflejan en debilidades de los otros.

INFORMACIONES

1. Físicos descubriendo el quark top

Fermi News, 2 de Marzo de 1995 — Físicos del laboratorio Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory) del Departamento de Energía de los Estados Unidos anunciaron hoy, 2 de Marzo, el descubrimiento de la partícula subatómica llamada el quark top, el último quark descubierto de los seis predichos por la teoría científica actual. Los científicos de todo el mundo han buscado el quark top desde el descubrimiento del quark botton en Fermilab en 1977. Este hallazgo provee un fuerte soporte para la teoría de la estructura de la materia basada en los quarks.

Dos artículos enviados el 24 de Febrero a la Physical Review Letters por las colaboraciones de los experimentos CDF y DZero respectivamente, describen la observación del quark top producido en colisiones de alta energía entre protones y antiprotones, sus contrapartes de antimateria. Los dos experimentos operan simultáneamente usando haces de partículas del Tevatrón de Fermilab, el acelerador de partículas de más alta energía del mundo. Las colaboraciones, cada una con alrededor de 450 miembros, presentaron sus resultados en seminarios llevados a cabo hoy en Fermilab.

"El pasado mes de Abril, CDF anunció la primera evidencia para el quark top", comentó William Carithers, Jr., vocero con Giorgio Bellettini para el experimento CDF, "pero en ese momento no pudimos declarar un descubrimiento. Ahora, el análisis de alrededor de tres veces más cantidad de datos confirma nuestra evidencia previa y establece el descubrimiento del quark top".

La colaboración de DZero ha descubierto el quark top en una investigación independiente. "La observación hecha por DZero depende primordialmente del número de eventos que hemos visto pero también de sus características", dice Paul Grannis, quien sirve, junto con Hugh Montgomery, como voceros de DZero. "El año pasado no contábamos con suficientes eventos para hacer una declaración acerca de la existencia del quark top, pero ahora con una gran cantidad de datos, la señal es clara".

Los físicos identificaron los quark top por las señales electrónicas características que ellos producen. Sin embargo algunas veces otros fenómenos pueden imitar tales señales. Para anunciara el descubrimiento, los físicos experimentales deben observar suficientes eventos que involucren el quark top para excluir cualquier otra fuente de estas señales.

"Este descubrimiento justifica fuertemente la importancia del soporte gubernamental hacia la ciencia", dice el Secretario de Energía, Hazel R. O'Leary. "Usando una de las herramientas de investigación más poderosas del mundo, científicos en Fermilab han hecho ya otra contribución al entendimiento de los fundamentos del Universo".

El Departamento de Energía, el principal administrador de física de altas energías de Estados Unidos proporcionó la mayoría de los fondos para la investigación. El Instituto Italiano para la Física Nuclear y el Ministerio Japonés de Educación, ciencia y Cultura hicieron contribuciones importantes a CDF. Soporte adi-

cional para DZero provino de Rusia, Francia, India y Brasil. La Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation) contribuyó también a ambos experimentos. Los colaboradores incluyen científicos de Brasil, Canadá, Colombia, Francia, India, Italia, Japón, Corea, México, Polonia, Rusia, Taiwan y los Estados Unidos.

"El descubrimiento del quark top es una gran hazaña para las colaboraciones", dice

el Director del Fermilab, John Peoples, "y también para los hombres y mujeres de Fermilab quienes imaginaron, construyeron y ahora operan el acelerador Tevatrón. Queda mucho por aprender acerca del quark top y sobre los secretos mejor guardados por la naturaleza.

Estamos ansiosos de comenzar una nueva era de investigación con el Tevatrón, haciendo el mejor uso del colisionador con más alta energía del mundo".

2. Han pasado tres años

Peoples: "La ciencia no puede aceptar el silencio".

Fermi News, 31 de Julio de 1998 — El director del Fermilab, John Peoples, a quien se ordenó ayudar a dismantelar el Super Colisionador Superconductor cuando el Congreso mató el proyecto, en 1993, apoyó fuertemente la moción de que los físicos deberían volverse mejores comunicadores.

"Cuando el SCS se derrumbó, ése fue un síntoma de los problemas de la física de alta energía y la física nuclear" dijo Peoples en el Encuentro anual de Usuarios del Fermilab. "El público no estaba convencido de que nosotros fuéramos valiosos como para tanto dinero. Nuestro campo no fue bien comprendido, y el SCS fue un blanco fácil".

Peoples, nombrado director en 1988, ha anunciado su decisión de retirarse en Junio de 1999 y el presidente de la Asociación de Universidades para la Investigación Fred Bemthal comunicó a los usuarios que el Comité de Selección de Director va a presentar tres candidatos a la Mesa de Supervisores en Octubre.

En una charla anotada como una "Retrospectiva", Peoples señaló sus metas para el Laboratorio hasta el 2003, admitiendo que ellas estarían probablemente influenciando a su sucesor:

- explorar la frontera de la energía hasta el comienzo de la operación del LHC (Gran Colisionador de Hadrones);
- prepararse para continuar explorando esa frontera con el LHC;
- buscar violaciones de CP, que según él Fermilab tiene buena chance de observar;
- buscar evidencias de partículas físicas más allá del Modelo Standard mediante experimentos de astrofísica de partículas como la Búsqueda de la Materia Oscura Fría, el Relevamiento Digital del Cielo de Sloan y el proyecto Pierre Auger;
- desarrollar la tecnología de aceleradores para hacer regresar la frontera de la energía al Fermilab en la segunda década del próximo milenio.

"Espero dejar elecciones a la gente" concluyó. "Espero también dejar el legado de una pequeña cooperación añadida".

PROMOVRIENDO EL DESARROLLO INTELECTUAL MEDIANTE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

John W. Renner and Anton E. Lawson

El profesor **John Renner** sustenta los grados de B. A. Y M. A. de la Universidad de Dakota del Sur y un grado de Ph. D. de la Universidad del Estado de Iowa. Ha dictado clases en diversos niveles y trabajado en un proyecto curricular a nivel nacional (S.C.I.S.) y con grupos profesionales. Es autor y coautor de seis libros y más de setenta artículos aparecidos en diversas publicaciones (*Enseñanza de la Ciencia, Universidad de Oklahoma, Norman, Oklahoma 73069*).

Anton E. Lawson (M. A. Universidad de Oregon). Ha enseñado en colegios primarios e intermedios en California y actualmente se encuentra investigando aspectos específicos de la teoría Piagetiana y sus implicaciones en la educación (*Enseñanza de la Ciencia, Universidad de Oklahoma, Norman, Oklahoma 73069*).

El propósito de este artículo es comentar las pautas del pensamiento de los estudiantes de colegios secundarios y primer año de estudios nivel universitario y sugerir los tipos de experiencias que los estudiantes deben tener para permitirles avanzar en la adquisición de un pensamiento formal.

Partiremos suponiendo que **todos los estudiantes merecen la oportunidad de desarrollar la capacidad de pensar en la forma "Si ..., entonces ...; por lo tanto ..."** —en otras palabras: desarrollar un pensamiento formal—. Surgen inmediatamente tres preguntas:

1. ¿Qué tipo(s) de pensamiento usan los estudiantes secundarios y de primer año de estudios a nivel universitario?
2. ¿Cómo puede ser evaluado el nivel del pensamiento de los estudiantes?
3. ¿Qué pueden hacer las instituciones educacionales para cambiar la manera en que los estudiantes piensan?

1. Niveles de pensamiento, Estudiantes y Contenido

En este punto, entran en la etapa operacional concreta de pensar y, de acuerdo con Piaget, se mueven más y más profundamen-

te dentro de esa etapa hasta algún punto entre los 11 y los 15 años de edad. Ésa es la época en que comienzan a moverse dentro de la última etapa de desarrollo intelectual —pensamiento formal operacional—.

En la actualidad, la transición desde el pensamiento concreto al formal es de la mayor importancia para profesores que trabajan con estudiantes entre los grados 10 a 12 en los colegios secundarios y en su primer año de estudio a nivel universitario. Si los estudiantes han obtenido la habilidad de pensar formalmente, el profesor puede proceder a dirigirlos a tratar con la gran abstracción de la ciencia, debido a que ellos pueden pensar en la forma "Si ..., entonces ...; por lo tanto ...", o lógica proposicional. Esos profesores no necesitan preocuparse en proporcionarle a los estudiantes experiencia directa sobre la disciplina en cuestión, como es el caso de los que enseñan el pensamiento operacional concreto. Pero si los estudiantes son del tipo concreto operacional, ellos no pueden pensar con lógica proposicional y todo lo que aprendan vendrá de la interacción con materias de la disciplina. Esa situación lleva consigo serias implicaciones en la enseñanza de la ciencia y, con seguridad, para todo tipo de enseñanza que deba tratar

con abstracciones. Por lo tanto, la validez de esas aseveraciones debe ser cuidadosamente evaluada. En este momento en particular, no se ha llevado a cabo esa evaluación en una medida satisfactoria. Sin embargo, para cualquier educador que ha tenido la experiencia de encontrarse con que sus estudiantes no comprenden lo que para él está extremadamente claro, la hipótesis de Piaget llega a ser extremadamente precisa.

Básicamente uno puede captar la aseveración de Piaget de que se requiere el pensar en la forma "Si ..., entonces ...; por lo tanto ..." para entender los conceptos abstractos si se entiende la naturaleza del concepto abstracto en sí mismo.

Las abstracciones en física, así como en biología y química, están contenidas en modelos reales creados por científicos para explicar datos observables. Esos modelos no emergen directamente de la observación; más bien, ellos simplemente representan intentos de construir modelos como una explicación o modelos que implique lo que es observado. Los científicos crean los modelos (no sabemos cómo) y razonan "Si el modelo es verdadero, **entonces** deberían encontrarse las consecuencias. Si las consecuencias pronosticadas se encuentran en efecto, ellas, **por lo tanto**, soportan su modelo". El modelo es hipotético-deductivo o de la forma "Si ..., entonces ...; por lo tanto ...". El principio de la inercia, por ejemplo, debe ser deducido y verificado por las consecuencias que él implica. Rigurosamente hablando, no da origen a evidencia empírica observable.

Consideremos la segunda ley de Newton $-F = ma-$. Dicha ley se establece siempre (como corresponde) en términos de la masa de un cuerpo. Ahora, masa no es un concepto concreto —es una abstracción—. Todas las materias con las que los estudiantes tienen experiencia, existen en un campo gravitacional. Por lo tanto, con lo que los estudiantes tienen experiencia no es con masas, sino con pesos. Este punto tiene escasas consecuencias para un pensador formal operacional;

masa es un concepto abstracto que él puede comprender y con el que puede realizar experimentos mentales. Para tener éxito en la comprensión de $F = ma$ (en particular cuando se identifican sus unidades) como quiera que sea, el estudiante debe estar en condiciones de realizar experimentos mentales con conceptos abstractos.

Ahora, miremos la aceleración —una proporción (una velocidad) de cambio de una proporción (una velocidad) de cambio. Una proporción de cambio es un concepto concreto; millas/hora, centavos/libra y millas/pie son todas situaciones con las cuales un estudiante puede tener experiencia concreta. Pero cuando usted cambia esta proporción de cambio de manera que se refiera a millas/hora/segundo, es casi imposible suministrar al estudiante la experiencia que lo conduzca a ese concepto. (Para hacer la aceleración más abstracta, de ser ello posible, se escribe habitualmente como ejemplo en la forma pies/seg²). Acerca de ello lo mejor que se puede hacer es dejar al estudiante experimentar el hecho de que, en la medida en que un objeto disminuye su velocidad, los intervalos de tiempo que se requieren para viajar igual distancia se hacen progresivamente mayores. Ahora considérese la experiencia que los estudiantes tienen con fuerzas. Dichas experiencias han sido, sin duda, empujar y jalar y han sido medidas probablemente en libras. Ahora un estudiante toma una cantidad abstracta (masa) con la cual él no tiene experiencia y la multiplica por una segunda cantidad muy abstracta (aceleración) y produce una tercera cantidad llamada fuerza. Pero he aquí que la fuerza no se mide en libras, sino en kilogramo-metro/segundo² y se llama un newton. **No existe nada concreto en todo el proceso. Es una completa abstracción.** Ahora bien, si un estudiante es un pensador formal, probablemente pueda manejar esta abstracción; pero no podrá hacerlo si es del tipo operacional concreto. No se debe confundir "no puede" con "no quiere": queremos significar exactamente lo que decimos: "no puede".

Junte la segunda ley de Newton con la caloría, ondas transversales, la teoría de la luz de la partícula, el gauss y el maxwell y la segunda ley de la termodinámica y tendrá un precioso y buen ejemplo de un curso de primer año de física. Tendrá también una linda lista de abstracciones. Éstos son tópicos abstractos para los que las operaciones formales son una necesidad. ¿Cómo puede un profesor determinar si su clase está o no en condiciones de manejar tales tópicos abstractos?

2. Evaluación del nivel de pensamiento de los estudiantes

Lo que hemos hecho en lo relacionado con la determinación del éxito del estudiante en tareas que reflejan pensamiento formal operacional, ha sido grandemente influenciado por cuatro fuentes:

1. Barbel Inhelder y Jean Piaget: *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. Basic Books. New York, 1958, Capítulos 1-7.
2. *The Developmental Theory of Piaget*. Conservation. John Davidson
3. Elizabeth F. Karplus y Robert Karplus: *Intellectual Development Beyond the Elementary School. I. Deductive Logic*. School Sci. Math. LXX, 398. Mayo, 1970. Film Producers. San Francisco, 1969.
4. Robert Karplus y Rita W. Peterson: *Intellectual Development Beyond Elementary School. II: Ratio a Survey*. School Sci. Math. LXX, 813. Diciembre, 1970.

Las fuentes de información anteriores contienen mucho más tareas que las que serán descritas aquí, y pedimos que las prueben. He aquí dos tareas que han sido utilizadas en forma bastante extensiva.

(1) La conservación de volumen (Fuente 1). Esa tarea requiere de dos cilindros de exactamente el mismo tamaño, pero que tienen diferente peso (hemos utilizado uno hecho de latón y el otro de aluminio). Las propiedades de los cilindros son señaladas al estudiante. Se le presenta a continuación dos tubos idénticos llenos parcialmente con

agua y se le permite ajustar los niveles hasta que esté convencido de que ambos contienen la misma cantidad. Se le pregunta entonces si, cuando los cilindros se introducen en los tubos, el cilindro más pesado va a empujar el agua más arriba, si el cilindro más liviano empujará el nivel más arriba, o si ambos empujarán el nivel del agua hacia arriba en la misma medida. El examinador solicita al estudiante que explique su respuesta y frecuentemente es la explicación y no la respuesta inicial la que es más reveladora de los modelos de pensamiento. Si el estudiante completa la tarea exitosamente, suministra con ello evidencia de haber iniciado el pensamiento formal operacional.

(2) La exclusión de las variables irrelevantes (Fuente 1). Se le presenta al estudiante un péndulo cuya longitud puede ser fácilmente cambiada y tres pesos de distintas magnitudes que pueden ser utilizados con el movimiento del péndulo. Se le dice que haga todos los experimentos que juzgue necesarios, utilizando varias longitudes diferentes de cuerda y todos los diversos pesos, hasta que pueda explicar qué necesita para que el péndulo oscile rápido o lento. Nótese que, nuevamente, el examinador basa su evaluación en las explicaciones del estudiante. Se señalan al estudiante las variables «longitud de la cuerda», «ángulo» y «empuje». Si el examinado reconoce que el largo es la única variable relevante, está cerca de entrar dentro del período de pensamiento formal operacional. Si no sólo excluye las variables irrelevantes sino que además plantea una hipótesis para la solución del problema y demuestra su solución, ha entrado en el período formal. Si puede establecer una regla general acerca del péndulo, en tal forma que pueda ser sometida a pruebas, es probablemente capaz de trabajar con lógica proposicional. A pesar de que el concepto de un péndulo oscilante y su período no es un concepto abstracto en sí mismo –su descubrimiento y construcción se relacionan directamente con un experimento físico concreto–, la solución del problema del péndulo indica el uso de lógica proposicional y es un prerrequisito para entender las abstracciones.

3. El rendimiento del estudiante en las tareas

La física se enseña normalmente en el colegio secundario a estudiantes en los grados 11 y 12. Por ello nosotros presentamos estas tareas a 99 alumnos del grado 11 y a 97 alumnos del grado 12 de las escuelas públicas de Oklahoma. Las escuelas fueron seleccionadas al azar y, en cada colegio, se seleccionaron estudiantes también al azar. La *Tabla 1* muestra lo que encontramos.

Tabla 1. Resultados de tareas operacionales formales en una muestra aleatoria de estudiantes de escuelas secundarias.

MUESTRA	CONSERVACION DE VOLUMEN	EXCLUSIÓN DE VARIABLES (PÉNDULO)
Grado 11 (N=99)		
Mujeres (N=54)	19	14
Hombres (N=45)	26	23
Grado 12 (N=97)		
Mujeres (N=47)	18	16
Hombres (N=50)	34	20

Los datos de la *Tabla 1* sugieren que, dentro de la población de la cual fueron extraídos los estudiantes de física, no muchos son del tipo operacionales formales. Se insta a que sus estudiantes manejen esas tareas. Si usted está interesado en llevar a cabo algunas evaluaciones grupales de sus estudiantes, estudie las fuentes tres y cuatro presentadas anteriormente. La fuente tres trata de cómo determinar la habilidad del estudiante para razonar en forma abstracta mediante la presentación de un problema y, a continuación proporcionándole una pista cada vez. Las pistas y el planteamiento original del problema deben ser entonces analizados para sacar conclusiones. La fuente cuatro evalúa la habilidad del estudiante para aplicar el concepto de razones (proporciones). Cuando se usan razones, el estudiante utiliza pensamiento proporcional que es un componente esencial en el pensamiento formal. Por favor, no piense que en el momento en que los alumnos de los colegios secundarios deben elegir física, sólo los estudiantes con pensamiento formal se matriculan en esta materia.

Nuestros datos sobre los que se matriculan en física, en los colegios secundarios, aun cuando no son lo bastante exhaustivos como para establecer conclusiones definitivas, sugieren que ése no es el caso. Los datos, que serán presentados más adelante, demuestran que muchos pensadores concretos operacionales se encuentran en el primer año de estudios postsecundarios.

Informan Kohlberg y Gilligan que, en un estudio sobre la capacidad de 265 personas para realizar exitosamente la tarea del péndulo (exclusión), se obtuvieron los siguientes resultados:

Edad: 10-15	45%
Edad: 16-20	53%
Edad: 21-30	65%
Edad: 45-50	57%

Si asumimos que el rendimiento en la tarea del péndulo es una indicación de que está presente el pensamiento formal operacional, los datos anteriores confirmarían los nuestros: un gran porcentaje de la población adolescente no es formal operacional. Desgraciadamente, nuestro rango de edades y las de Kohlberg y Gilligan no coinciden exactamente y, por lo tanto, no puede hacerse un mayor número de aseveraciones definitivas de esos dos grupos de datos.

Un grupo de estudiantes novatos del primer curso de universidad encaró la tarea de la conservación del volumen y la tarea del péndulo. Se obtuvieron los resultados que muestra la *Tabla 2*.

Tabla 2. Rendimiento de estudiantes novatos en tareas formales operacionales.

NÚMERO DE NOVATOS UNIVERSITARIOS	CONSERVACIÓN DE VOLUMEN	EXCLUSIÓN
185	133	77

Los datos de la *Tabla 2* muestran claramente que la mayoría de los estudiantes universitarios novatos no han penetrado profundamente en la etapa de pensamiento formal operacional –no impresiona demasiado que 77 de 185 hayan tenido éxito en la tarea de exclusión–. No queremos inferir que el ren-

dimiento en la tarea del péndulo es una medida absoluta del pensamiento formal operacional. Tenemos la intención de inferir que el rendimiento en esas tareas es una concluyente indicación de la capacidad del estudiante de utilizar lógica proposicional. Comprobamos nuestra deducción de que estas dos tareas ayudan a aislar a los pensadores formales —aquellos que utilizan modelos de pensamiento que son «los recursos indispensables para el lógico, el científico, o el pensador abstracto». Al buscar una muestra representativa dejamos fuera todos los campos cuantitativos por ser las tareas de naturaleza cuantitativa. Se nos recordó que el «Si ..., entonces ...; por lo tanto» es también el expediente o recurso usual del abogado. Para sobrevivir en el estudio de las leyes, el estudiante debe pensar principalmente a nivel abstracto.

Solicitamos a varios grupos de estudiantes de segundo y tercer año de leyes su reacción ante las tareas anteriormente descritas. La *Tabla 3* refleja nuestros resultados. Un total de 66 estudiantes respondieron a las tareas y 50 de ellos demostraron pensamiento formal operacional. Consideramos, por lo tanto, que dichas dos tareas tienen una buena probabilidad de identificar el pensamiento formal.

Tabla 3. Rendimiento de estudiantes de segundo y tercer año de leyes en las dos tareas de tipo formal operacional..

TAREA	CONCRETO OPERACIONAL	FORMAL OPERACIONAL
Conservación de volumen (N=22)	3	19
Exclusión de variables irrelevantes (N=44)	13	31

4. Qué pueden hacer las instituciones educativas para fomentar el pensamiento formal

Nuestra investigación nos ha demostrado que el nivel del pensamiento de los estudiantes jóvenes en los colegios secundarios y de

los estudiantes novatos en los cursos inferiores de la universidad, puede ser cambiado suministrándoles experiencias centradas en investigaciones científicas. Creemos que la principal razón por la que nuestra investigación ha demostrado un incremento en el nivel de pensamiento de los estudiantes se debe a que aceptamos el hecho de que la mayor parte de los participantes en el experimento eran de tipo concreto operacional. Ello nos puso frente a la responsabilidad de proporcionar experimentos concretos con los objetos e ideas de la disciplina. Esos estudiantes se vieron participando en un proceso de creación por sí mismos de ciertos conocimientos. Sabemos que, para algunos de ellos, ésta fue la primera vez en que se les dio esa oportunidad. Creemos que el involucrarlos y hacerlos participar realmente con los materiales e ideas propias de la ciencia y el permitirles averiguar algo por su cuenta ayuda a encaminarlos hacia el pensamiento formal e introducirlos en él, que ha sido lo que hemos encontrado.

Los profesores de ciencia en general y los profesores de física en particular cuentan con un medio bajo su control que hace conveniente la participación activa del estudiante. Ese medio es el laboratorio. Nuestros dos estudios de investigación tuvieron el laboratorio como el centro nervioso. En el caso del estudio de los primeros cursos universitarios, el laboratorio mismo no incluyó equipo de laboratorio y sustancias químicas, sino que fue el lugar donde se reunieron los datos, se pulieron las ideas, se formularon y comprobaron las hipótesis y llevaron a cabo las verificaciones. Ése es el verdadero laboratorio.

En la enseñanza de la mayoría de los cursos de física (tanto en el colegio secundario como en los primeros años universitarios), el laboratorio puede ser utilizado para dirigir a los estudiantes y, mediante la investigación, a desarrollar la comprensión de los conceptos a ser aprendidos. El profesor tiene entonces tres responsabilidades, antes aun de reunir la clase:

1. Aislar aquello conceptos que, al ser aprendidos, proporcionarán al estudiante una precisa y adecuada comprensión de la disciplina. El profesor deberá utilizar su comprensión de la estructura de la disciplina a fin de seleccionar los conceptos, y sus metas serán proporcionar al estudiante su propia comprensión de la estructura de la disciplina. **Los textos de estudio son de escasa ayuda en esta etapa.**
2. Encontrar aquellas investigaciones de laboratorio que, una vez enmarcadas en el contexto de una investigación y una vez completadas, permitan al estudiante desarrollar y entender el concepto que está siendo considerado. **Los textos de estudio no son de ayuda en esta etapa.**
3. Estar seguro que la investigación ha sido incorporada en un marco inquisitivo y estar seguro de que los materiales necesarios están disponibles.

Ahora, la clase empieza. El profesor se transforma en un formulador de preguntas, un proveedor de materiales, un participante en el laboratorio y un presidente y secretario de la clase. Quizás, más importante, es el que dirige la discusión. Él mantiene la clase unida (presidente) y solicita los datos que se han reunido (secretario). A continuación, dirige una discusión sobre el significado de los datos (líder de la discusión). **Él hace también las invenciones conceptuales necesarias en el momento oportuno**, decide cuándo los descubrimientos pueden tener lugar y cuándo los conceptos presentes deben ser relacionados con el próximo mediante la exploración. Debe también decidir cuándo debe comenzar la exploración de un concepto completamente nuevo. Este profesor no es un relator, sino un **director de aprendizaje**. Los métodos tradicionales de enseñanza aceptan la noción de que (a) enseñanza es narración, (b) memorización es aprendizaje y (c) estar en condiciones de repetir algo en un examen es evidencia de comprensión. Esos puntos son la antítesis de la investigación.

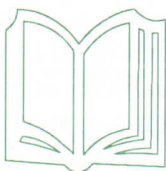
El desarrollo del pensamiento formal debe llegar a ser el foco donde se centre la atención de cada profesor en el país. En

1961, la Comisión de Política Educacional afirmó que **el propósito central del colegio debe ser enseñar a los estudiantes a pensar** y ellos definieron operacionalmente el pensar. ¡Qué buen consejo! Agregaríamos que el rol central del colegio debe ser **enseñar a los niños a pensar con formas y no objetos** –en otras palabras, llevar a los estudiantes hacia la etapa de **pensamiento formal operacional**–. La ciencia tiene la estructura que **ayuda en gran medida a lograr este objetivo**. No debemos perder la oportunidad de hacer la máxima contribución ala educación en general y a la educación de las ciencias en particular. Establezcamos un medio ambiente en nuestra sala de clase que **aliente y promueva el pensamiento formal**.

Referencias

1. Para una casi completa visión de una investigación basada en operaciones formales, ver John W. Renner and Don G. Stafford: *Teaching Science in the Secondary School*. Harper y Row, New York, 1972. Apéndice: A. y Joe W. McKinnon y John W. Renner. *Amer. J. Phys.*, 39, 1047. 1971.
2. Renner y Stafford, Ref. 1, p. 294
3. Barber Inhelder y Jean Piaget: *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. Basic Books, New York, 1958. Cap. 1-7, pág. 309.
4. Lawrence Kohlberg y Carol Gilligan, *Daedalus* 100, 1051 (Otoño 1971).
5. Jerome S. Bruner, *The Process of Education* (Vintage Books, New York, 1960), p. 37.
6. Faith Elizabeth Priot, «The Relationship between an Inquiry-Teaching Approach and Intellectual Development», disertación doctoral sin publicar (Universidad de Oklahoma, Norman, Okla., 1970).
7. Joe W. McKinnon y Jhon W. Renner, *Amer. J. Phys.* 39, 1047 (1971).
8. Remítase a Jhon W. Renner y Anton W. Lawson, *Phys. Teach.* 11, 165 (1973), en la sección «Learning Cycle» para una explicación de este término y sus correspondientes fases de exploración, invención y descubrimiento.
9. John W. Renner y Don G. Stafford, *Teaching Science in the Secondary School* (Harper and Row, New York, 1972). Este libro contiene sugerencias las cuales serán de gran ayuda en clase y en la implementación de la investigación.
10. Sistema de Comisión Educacional, *The Central Purpose of American Education* (NEA, Washington, D.C., 1961).

RECOMENDACIONES BIBLIOGRÁFICAS



Título:
**"Miedo a la Física.
 Una guía para perplejos"**

Autor:
 Laurence M. Krauss

Editorial:
 Andrés Bello, Santiago de
 Chile. 2ª edición.

"Los físicos simplifican el mundo fundándose en una intuición razonable, pero más a menudo lo hacen porque no tienen otra opción"; "superficialmente, el mundo es un lugar complicado. En su interior parecen funcionar algunas reglas simples. Una de las metas de la Física es revelar esas reglas".

Estas frases, extraídas en forma textual, son algunas ideas de partida que se discuten en un libro titulado "Miedo a la Física", subtítulo "Una guía para perplejos" y que, en fecha reciente, ha enriquecido nuestro mercado bibliográfico.

Si deseamos resumir en una frase esta publicación, debemos decir que se trata de un libro verdaderamente **notable**, que no debe pasar inadvertido.

Por sus contenidos, por la cohesión de su planteo y por la forma en que el autor, un relevante físico profesional, trasladada al lenguaje escrito. Estimamos, sin temor a equivocarnos, que estamos aquí ante un libro que **debe** ser leído atentamente por todos los Docentes de la disciplina. Más aun: pensamos que se trata de una lectura casi **inevitable y previa**, a otros emprendimientos.

Es interesante descubrir la postura a veces operacionalista, a veces extremadamente imaginativa y artística que adornan al pensamiento del autor y esta

enorme construcción intelectual que llamamos **Física**. No es el pensamiento positivo ingenuo, y tampoco es el discurso especulativo a ciegas. En este sentido, el libro encierra un mensaje, que estimamos no puede ser ignorado: la Física es una construcción especulativa, inacabada, y **viva**. Por ello, se trata de una lectura **esencial** para Docentes de la disciplina, que verán así actualizadas y modificadas concepciones estáticas y no vigentes. En esta dirección, el autor señala: *"nunca podemos probar que algo sea verdadero; sólo podemos probar que sea falso"*. La concepción de una Física semejante a una "obra finalizada", modo de pensar del hombre común, es una tesis errónea sobre la cual el autor trabaja desde la primera hasta la última página: *"la Física sólo tiene futuro en la medida en que la teoría actual esté incompleta"*.

A lo largo de 250 páginas, y en tres grandes bloques—titulados Proceso, Progreso y Principios— subdivididos en solamente seis excepcionales capítulos, el autor desgrana en forma precisa, amena y sin decaimientos en el interés, aspectos esenciales del pensamiento físico.

Aborda las grandes teorías de siglos anteriores (Física newtoniana, Electromagnetismo del siglo XIX); las teorías de nuestro siglo (Física Cuántica, Relatividad Especial y General), la Física de Altas Energías, la Cromodinámica Cuántica, las Teorías de Unificación del Electromagnetismo y la Interacción Débil y gran parte de los problemas físicos de nuestros días.

Todo este desarrollo se adereza con datos anecdóticos que juegan a lo largo

del texto un rol de "distractor constructivo", que acercan a los grandes pensadores de la Física al lector.

Así, desfilan menciones concretas sobre personalidades conocidas y sobre otras que tal vez no lo son tanto para el público común, a través de sus más notorias concepciones y modelos: Albert Einstein, Werner Heisenberg, Niels Bohr, Max Born, Erwin Schroedinger, Richard Feynman, Hans Bethe, Murray Gell-Man, I.I. Rabi, Willis Lamb, ... entre otros.

¿Cómo piensan os físicos ante un problema concreto?; ¿en qué grado sus concepciones reflejan la "realidad de la naturaleza"?; ¿qué opinan los creadores de los modelos sobre su significado?; ¿cómo se abocan a la búsqueda de las constantes fundamentales que regulan la evolución del mundo físico?; ¿todos los problemas de la Física Moderna son "modernos"?; ¿es posible construir una Teoría del Todo (T.O.E., "Theory of Everything"), que no dependa de la escala?

La sola mención de estas cuestiones, nos dice mucho acerca del terreno abordado por este singular autor. A pesar de la estatura de estas interrogantes, las respuestas son de una naturalidad y sencillez, fundadas en la evidente pericia del Dr. Krauss.

El escrito oscila continuamente entre lo conocido y los temas "de punta". La geometrización del espacio-tiempo, nos lleva a Einstein y mediante un análisis crítico claro, **sencillo** y preciso, nos explica la esencia del modelo de Newton, y el significado de los avances galileanos.

Los Principios Variacionales, nos llevan a Fermat; el análisis de la "**simetría física**" nos acerca a Lagrange, a Hamilton y al importante Teorema de Noether, descubierto en la década de los años '30,

y de importancia fundamental, en la comprensión profunda del concepto de "**conservación**".

Hay una mención especial a la famosísima reunión de Shelter Island, realizada en 1947, donde la Física experimentó un viraje en su camino, que condujo con el tiempo al modelo de Feynman-Schwinger-Tomonaga, a partir del cual se comenzó a comprender la naturaleza de la Interacción Débil.

En otro lugar, se plantea una precisa y clara mención al modelo Gross-Wilczek-Politzer, probablemente, primera gran Teoría alternativa sobre la Interacción entre "quarks" conocida como "Cromodinámica Cuántica".

No se trata solamente de una colección de temas de Física. Si así fuera, no sería muy diferente de otras obras conocidas.

Muy por el contrario, el autor se ha preocupado con éxito resaltable, de informar al lector sobre los Principios Fundamentales que regulan, desde la visión de un físico, toda la naturaleza de la "realidad". Todo ello, con una acertada complementación indagatoria de carácter epistemológico y con señalable humor: "*No me preguntes por el significado de la vida. ¿Ni siquiera sé cómo funciona la tostadora!*" (frase del film "Hanna y sus Hermanas", de Woody Allen según recordamos).

Hay que regocijarse, cuando hace su aparición un libro como el que motiva este comentario. Por tratarse de un aporte concreto, escrito con el sentido de una **excelente divulgación**, lo recomendamos con entusiasmo, en la seguridad de que su lectura atenta más de una vez, llevará al lector al descubrimiento de un mundo nuevo, cambiante, inteligente, artístico y creativo.

Prof. Mario R. Guerra

¿EXISTE PAPÁ NOEL?

El siguiente es un análisis para comprobar la existencia o no de Papá Noel. Los datos y cálculos, desde el punto de vista físico y matemático, son correctos.

1 Ninguna especie conocida de reno puede volar. **Pero** todavía hay 300.000 especies de organismos vivientes no clasificados y, mientras la mayoría de ellas son insectos y gérmenes, esto no excluye **completamente** a los renos voladores que sólo Papá Noel ha visto alguna vez.

2 Hay 2 mil millones de chicos (menores de 18) en el mundo. **Pero** como (parece que) Papá Noel no se ocupa de los chicos musulmanes, hindúes, judíos y budistas, esto reduce la carga mundial al 15% del total -378 millones de acuerdo con el Population Reference Bureau-. A un promedio de 3,5 chicos por hogar, son 91,8 millones de hogares. Se presume que haya al menos un buen chico en cada uno.

3 Papá Noel tiene 31 horas de Nochebuena para trabajar, gracias a los diferentes husos horarios y a la rotación de la tierra, asumiendo que él viaja de este a oeste (que parecería lógico). Esto resulta en 822,6 visitas por segundo. Esto equivale a decir que, por cada familia navideña con chicos buenos, Papá Noel tiene 1/1000 (una milésima) de segundo para estacionar, bajar del trineo, saltar por la chimenea, llenar las medias, distribuir el resto de los regalos debajo del árbol, comer cualquier bocado que haya sido dejado, subir por la chimenea, montarse en el trineo e ir hasta la siguiente casa. Asumiendo que cada una de esas 91,8 millones de paradas están distribuidas homogéneamente alrededor de la tierra (que, desde luego, sabemos que es falso, pero que aceptaremos para el propósito de nuestros cálculos), estamos hablando de 1,25 kilómetros por familia, un viaje total de 120 millones de kilómetros, sin contar las paradas que la mayoría de nosotros debe hacer al menos una vez en 31 horas, más alimentación, etc. Esto significa que el trineo de Papá se mueve a 1.040 kilómetros por segundo, 3.000 veces la velocidad del sonido. A fines de comparación, el

vehículo más rápido de la tierra, la sonda espacial Ulises, se mueve a míseros 43,9 kilómetros por segundo, un reno convencional puede correr como máximo a 25 km/hora.

4 La carga del trineo agrega otro elemento interesante. Asumiendo que cada niño obtiene nada más que un juguete mediano (1 kg), el trineo está transportando 321.300 toneladas, sin contar a Papá Noel, quien invariablemente es descrito como obeso. En la tierra, un reno convencional puede arrastrar no más de 135 kg. Hasta concediendo que cada "reno volador" pudiera arrastrar **diez veces** la cantidad normal, no podríamos hacer el trabajo con ocho, ni siquiera con nueve. Necesitaríamos 214.200 renos. Esto incrementa la carga -sin contar siquiera el peso del trineo- a 353.430 toneladas. Otra vez, para comparar, esto es cuatro veces el peso del Queen Elizabeth.

5 353.000 toneladas, viajando a 975 km/segundo, crean una enorme resistencia al aire -esto calentaría al reno en la misma forma que a una nave espacial reentrando a la atmósfera terrestre. El par delantero de renos absorbería **14,3 quintillones** de joules de energía. Por segundo. Cada uno. En síntesis, se incendiarán casi instantáneamente, exponiendo a los renos de atrás, y crearán bombas ensordecedoras a su paso. El conjunto entero de renos se vaporizará en 4,6 milésimas de segundo. Papá, mientras tanto, estaría expuesto a fuerzas centrífugas 17.500,6 veces más grandes que la gravedad. Un Papá Noel de 110 kg (que parece absurdamente flaco) estaría clavado al respaldo de su trineo por 1:941.756,8 kg de fuerza.

...

En conclusión: si Papá Noel alguna vez **entregó** regalos en Nochebuena... **ahora está muerto...**

DE LA ASOCIACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA DEL URUGUAY

Estimados compañeros:

Esta Comisión Directiva termina su labor al comenzar el '99, los queremos poner al tanto de nuestro trabajo.

• Cambio de local

Nos mudamos a Gaboto 1435 / Ap. 002.
Teléfonos: 400 6208 / 400 1258.

• Elecciones

Se realizarán el 15 de abril. La Comisión Electoral surgió de la Asamblea realizada en Colonia, el 22/ 9/ 98. Sus miembros son Adriana Leal, Oscar Collado y Fiorella Fava.

• Cronograma de Actividades

Los eventos realizados en este período fueron: Paso de los Toros (Encuentro), Termas de Guaviyú (Encuentro), Carmelo (Encuentro), Conferencia del Profesor Pozzo y Colonia (Encuentro).

• Revistas

Se editaron 4 números de la Revista.

• Fiesta de fin de año

Se realizó el 20 de noviembre, con buena concurrencia.

• Otros logros:

- Convenio con el Correo; mediante éste, se ha facilitado la comunicación con los asociados.

- Correo electrónico, facilitándonos la comunicación con personas o entidades de cualquier parte del mundo.

- Conexión a internet y página Web. Nos permite conectarnos con el mundo.

- Descuento por secundaria: ésta financiación que ha dado la A.P.F.U. a sus asociados, con motivo del evento de Colonia.

- Actualización de la Base de Datos: se ha tratado de poner al día la información de la planilla de socios.

- Actualización de PC: llevándose a Pentium de 200 MHZ con 64MB de memoria RAM.

• Avisos:

- Les solicitamos nos tengan al tanto de todos los cambios de domicilio u otros para que podamos estar al día con la información ya que tenemos mucha correspondencia que retorna a la Asociación por cambios de dirección.

- Los socios que se jubilaron, deben pasar por la oficina de la A.P.F.U. a los efectos de ponerse al día con la cuota correspondiente.

• Agradecimientos:

Agradecemos a una cantidad de compañeros, que por distintos motivos han colaborado con esta Directiva:

- Comisión de la Revista: Julia Leymonié, Marianella Maxera, Mariana Castelnoble, Wilma Baisón, Mary Garcimartín y Amadeo Sosa.

- Gente que nos ha dado una buena mano en la organización de los Encuentros: Julio Blanco, Claudia Varaksas, Laura Prunell, Patricia Linn, Juan Pablo Forcheri, Pablo Garateguy, Sebastián Rodríguez, Laura Ceveda, Lilián Childs, Jorge Martins, María Luz Rodríguez, Patricia Ciarán, Cristina Banchero, Fernando Gayo, Schubert Barragán, Mariela

Abonna, Santiago Parodi y Margarita Costas.

• **Proyectos de posible desarrollo:**

- Olimpiadas de Física: esta posibilidad tal vez se manejará con la Sociedad de Físicos, que nos la ha propuesto.
- Alfabetización en Ciencias, es un proyecto para llevarlo a cabo con Química y Biología y tiene que ver con hacer intervenir al medio social.

- Próximo Encuentro Nacional: probablemente en Mercedes.

- Próximo Encuentro Regional: tal vez en Rivera.

- Red Internacional de Educadores en Ciencias.

- Desarrollo de la videoteca.

- Preparación del V Encuentro Internacional de Educación en Física.

Bien, estimados colegas, les deseamos un feliz año.

La Comisión Directiva



Asociación
de Educadores
en Química



Asociación de
Profesores de Biología

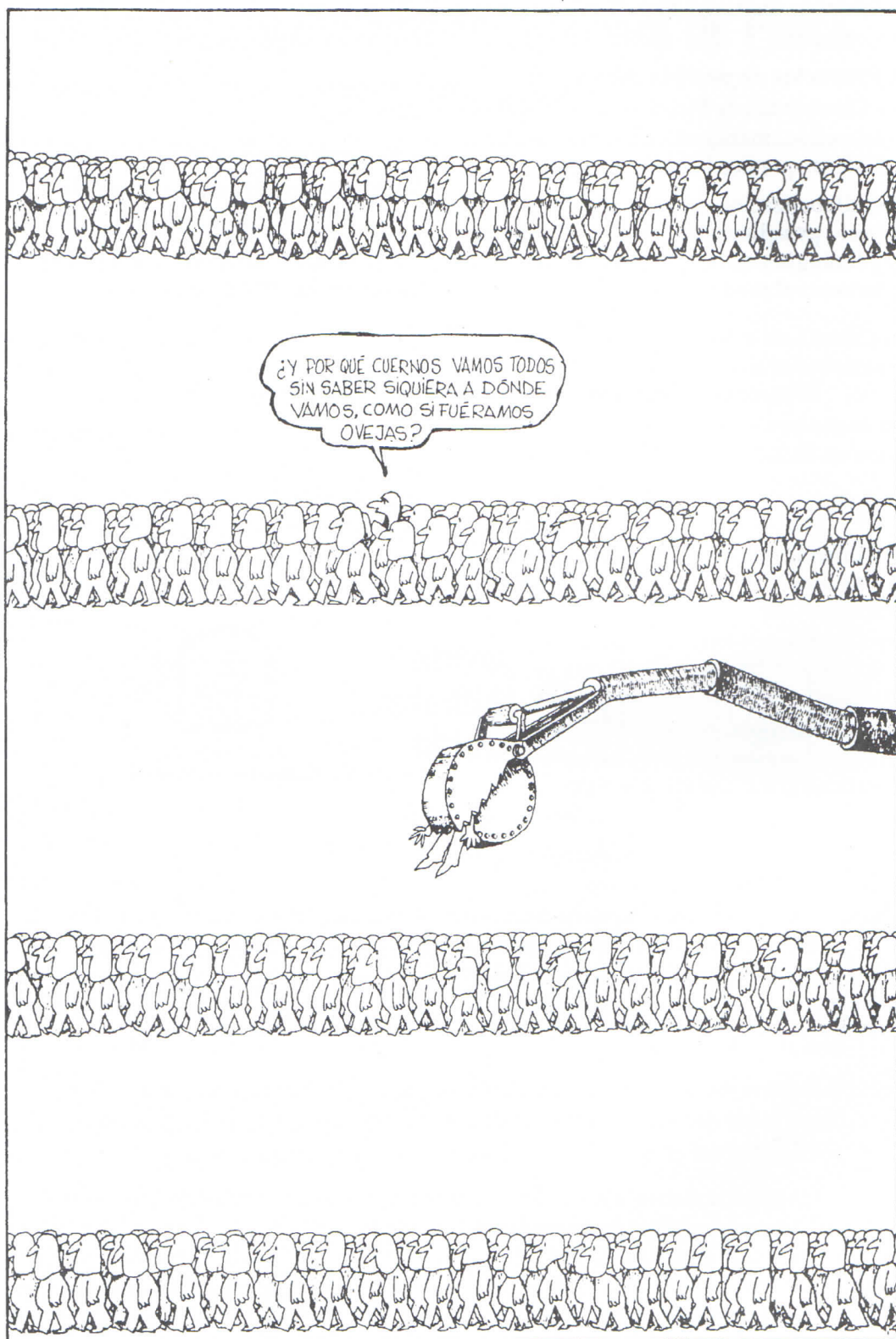
Colegas:

Atendiendo a las inquietudes y trabajos realizados por ustedes, en cuanto a vivenciar la Ciencia en la vida cotidiana, existe la posibilidad de que se vuelquen a un proyecto común de Alfabetización en Ciencias, que se va a desarrollar con el apoyo de una comisión de las tres Asociaciones y el aval de UNESCO.

Todos aquellos que quieran participar deberán comunicarse con la Secretaría de las Asociaciones. Los que ya tengan un trabajo elaborado, pueden enviar el respectivo resumen vía correo, fax o e-mail.

Tengan en cuenta que todos los aportes, aunque sean pequeños, son valiosos para el enriquecimiento del proyecto.

Las Comisiones Directivas



EDICIONES



Mercedes 1786
11200 Montevideo

Telefax: 408 6985
E-mail: edideas@adinet.com.uy

*Un proyecto editorial
con una meta muy clara:
unir esfuerzos
con autores nacionales.*

EDUCACION en FISICA

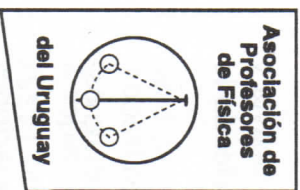
Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay

Volumen 4 Número 2

Marzo, 1999

S u m a r i o

EDITORIAL	pág. 1
PRENSA	" 2
TEMA CENTRAL	
<i>Fernando Rama</i>	
DE LA PAIDEIA A LA TEORÍA DE KOHLBERG	" 3
LA FISICA Y OTRAS CIENCIAS	
<i>Roberto Markarian</i>	
LA MATEMÁTICA EN LA ESCUELA	" 13
FERMILAB	
<i>Marianella Maxera</i>	
URUGUAYOS EN FERMILAB (PARTE II)	" 19
INFORMACIONES	" 31
ENSEÑANZA DE LA CIENCIA	
<i>John W. Renner and Anton E. Lawson</i>	
PROMOVIENDO EL DESARROLLO INTELECTUAL	
MEDIANTE LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA	" 33
BIBLIOGRAFIA	
RECOMENDACIONES BIBLIOGRÁFICAS	" 39
HUMOR	
¿EXISTE PAPÁ NOEL?	" 41
PAGINAS DE APFU	
DE LA ASOCIACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA	
DEL URUGUAY	" 42



**Asociación
de Educadores
en Química**

Gaboto 1435 / Of. 002
Montevideo cp 11200

Teléfono: 598 2 400 1258

E-mail: apfu@adinet.com.uy

E-mail: adeq@adinet.com.uy

**FRANQUEO A PAGAR
CORREOS DEL URUGUAY
CUENTA N° 767**

IMPRESOS

Nos es grato informarles que como resultado de una reunión realizada en el mes de febrero entre representantes de Argentina, Bolivia, Chile y Uruguay surgió la propuesta "*Cultura científica para todos*". Uruguay fue representado por las Asociaciones de Profesores como consecuencia de una invitación realizada por UNESCO en diciembre a través de las Prof. Marisa García y Raquel Katzkowicz.

La propuesta forma parte del "Proyecto 2000+" de UNESCO.

Esta pretende promover la formación científica y tecnológica en la comunidad, en el entendido de que los cambios que la sociedad sufre en la actualidad están fuertemente influidos por los avances científico – tecnológicos.

La posibilidad de influir en ellos se ve limitada, si no anulada, si los miembros de la comunidad no tienen acceso a un mínimo de conocimientos en Ciencia y Tecnología. Esto trae como consecuencia que el rumbo, tanto de la Ciencia como de los cambios sociales, quede en manos de un número reducido de personas que conforman una elite, lo cual se opone al funcionamiento de una sociedad democrática.

El fin último de esta propuesta es lograr miembros de la comunidad formados como para poder influir en las decisiones entorno a los avances científico – tecnológicos. El alcance de esa formación científica constituye una incógnita, pero contamos con la voluntad de quienes pueden, no sólo influir en ella, sino interpretar las decisiones de los miembros de la comunidad, sus deseos y expectativas.

La propuesta es subregional pues se pretende la integración con Argentina, Paraguay, Bolivia y Chile, haciendo énfasis en el respeto de la diversidad cultural, la identidad propia y reconociendo lo común de los problemas.

En este año se reconocerán trabajos relacionados con la idea elaborados por docentes (ya realizados, en ejecución o a implementar en 1999). Del relevamiento de dichos trabajos se realizará un diagnóstico de la realidad uruguaya y se evaluará la viabilidad de la propuesta nacional.

Dicha evaluación la llevará a cabo un comité nacional, formado por miembros de las Asociaciones de Profesores y las Prof. Marisa García y Raquel Katzkowicz. Este comité a su vez integra el comité subregional encargado del Proyecto.

El comité nacional elegirá un número reducido de trabajos a los cuales se les brindará apoyo en la medida de las posibilidades y se les acompañará en su concreción.

Existe la posibilidad de realizar la publicación de estos trabajos, así como de los resultados que se hallan obtenido.

Durante el año se harán actividades que tiendan a la discusión sobre el tema y permitan un apoyo teórico de las acciones.

Comisiones Directivas de APFU y ADEQ

NOTA: Se solicita a los colegas interesados en participar, hacer llegar a la Asociación (Gaboto 1435/002) antes del 12 de mayo sus propuestas (proyectos, trabajos en ejecución, trabajos ya realizados y sus conclusiones, resumen y otros)

Las propuestas deberán enviarse con una copia por escrito y otra grabada en diskette en Word para Windows '95 y '98, sin macros ni formatos especiales.