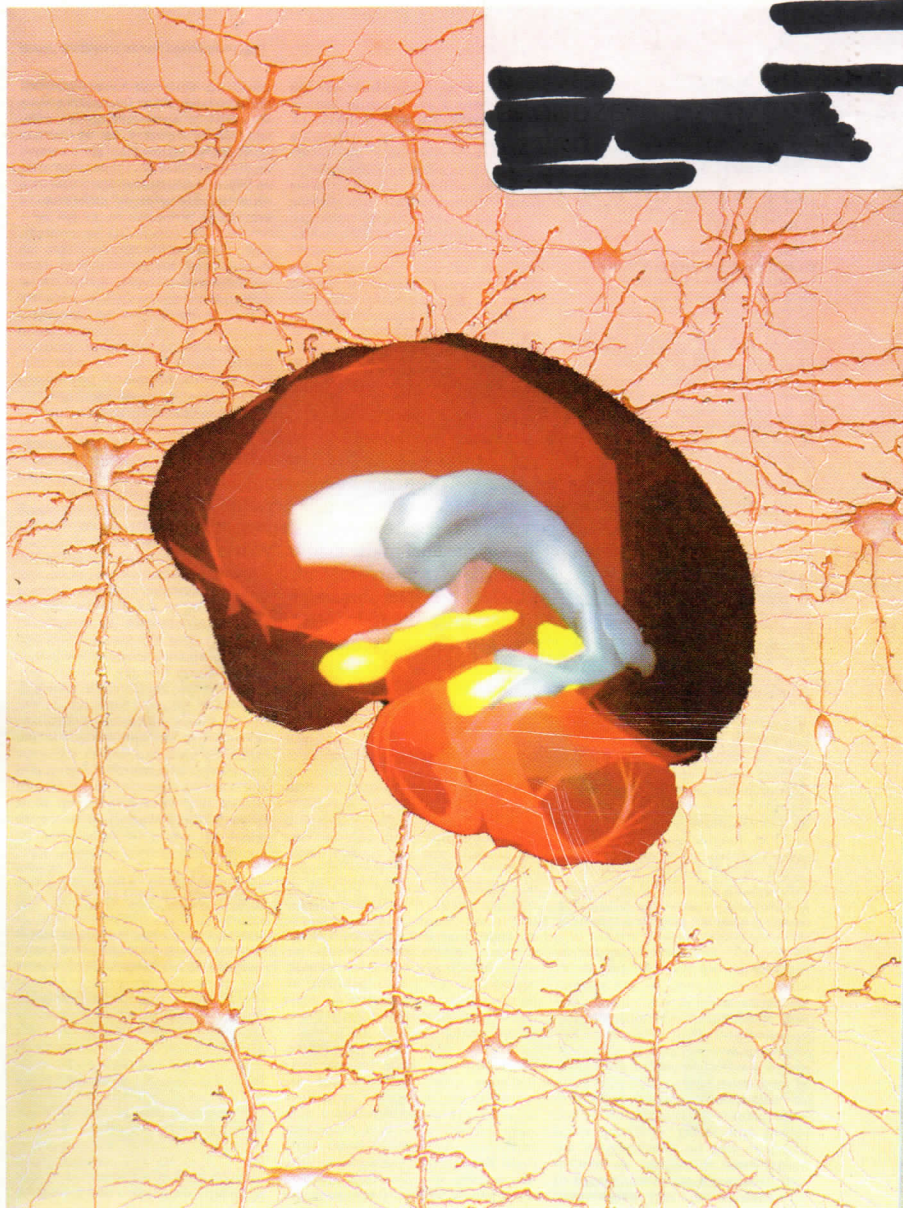


EDUCACION en FISICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay



Volumen 3 Número 2

Noviembre, 1997



Cuba te espera...

SIUR te lleva

*Su agencia de viajes amiga...
a todo el mundo.*

TURISMO

Río Negro 1370 Of. 602
Tel. 900 2120 - 910 3782
Tel/fax: 902 0421
E-Mail: siur96@adinet.com.uy

**Amplia
financiación**

EVENTOS

**Representante oficial del
Palacio de las Convenciones**

Departamento de Eventos:
Teléfonos: 613 3719
622 5036

**Organización
de grupos**

Montevideo - Uruguay

Asociación de
Profesores
de Física



del Uruguay

EDUCACION

EN FÍSICA

Volumen 3 N° 2
Noviembre de 1997
Depósito Legal:
299222/97

Redactores Responsables:

Julia Leymonié
Mariana Castelnoble

Equipo de Redacción:

María L. Garcimartín
Zoraida Viera
Wilma Baisón
Marianella Maxera
Amadeo Sosa

Consultores de Redacción:

Mario Guerra
Sara Viñas
Eduardo Fiore
Juan C. Yeanplong
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 Gonzalez
Ana Piccinino
Marta Gamio
Javier Avila

Dirección de la Revista

18 de Julio 1953 Piso 7 Of.26
C.P. 11200 Montevideo
Telefax. 408 6802

Portada

Composición realizada por el
Equipo de Redacción

Publica: Ediciones IDEAS

Mercedes 1786
Telefax. 408 6985
11200 Montevideo-Uruguay

EDITORIAL

En esta segunda revista del año se presentan dos artículos que pretenden acercarnos a temas relacionados con la Enseñanza de la Ciencia (los paradigmas en la Enseñanza de la Ciencia, el Cambio Conceptual y el aprendizaje). No solamente recomendamos la lectura reflexiva de estos artículos sino que además, en la bibliografía de los mismos, se cita una serie de textos que pueden complementar las ideas que se plantean.

Queremos indicar que estamos muy complacidos por haber recibido artículos de colegas del interior del país; es el caso de los trabajos presentados por los profesores Gómez y Mayero del departamento de Flores y de Jorge Cáceres del Liceo de Paso de los Toros. Es nuestro deseo que estos artículos sean el comienzo de una larga lista, llegados desde el interior.

En la sección de Experiencias de Aula se presenta un trabajo realizado en tercer año, "Movimiento: 54ª Vuelta Ciclista del Uruguay", que permitió realizar una coordinación entre dos asignaturas que aparecen como distantes: Física y Geografía. Creemos que además el hecho de integrar al aula aspectos de la realidad acercan más la Física a nuestros alumnos. Ya Johann Bernoulli, en el año 1696, expresaba lo siguiente: «...se sabe con certeza que apenas existe nada que incite más a los espíritus nobles e ingeniosos a labores que conducen a aumentar el conocimiento, que proponer problemas difíciles y al mismo tiempo útiles, mediante cuyas soluciones y no por otros medios, puedan alcanzar fama y construir para ellos monumentos imperecederos para la posteridad».

El aporte que otras disciplinas realizan a la Física es otro de los centros de interés de la revista; en este caso se plantea un estudio cualitativo de las ecuaciones diferenciales a través de algunos ejemplos físicos.

Les pedimos disculpas porque este número de la revista estaba previsto para el mes de setiembre. No fue así, por las múltiples actividades que en este momento del año toman una parte importante de nuestro tiempo. Es nuestra intención editar un tercer número para el mes de diciembre. Deseamos que los artículos publicados constituyan un aporte para todos los profesores.

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 .AUT, si se envían figuras escaneadas, la extensión debe de ser .PCX, 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

18 de Julio 1953 Ap.702 - 11200 Montevideo

Telefax: 408 6802

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

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

1. Enseñanza, Aprendizaje y Cambio Conceptual

Amadeo Sosa
Profesor de Física

1. Introducción

En las últimas décadas se han realizado numerosas investigaciones, con diversidad de planteamientos teóricos y metodológicos, sobre las características y la influencia de los conocimientos previos en los resultados de aprendizaje en el aula.

Dichas investigaciones, si bien coinciden en ciertos supuestos básicos —orientación constructivista, aprendizaje a partir de los conocimientos previos, entre otros—, difieren en lo referente a la organización de los conocimientos en la mente de los alumnos.

Estas diferentes formas de entender la construcción y organización de los conocimientos científicos, inciden en la concepción de enseñanza, de aprendizaje y cambio conceptual.

2. Breve marco epistemológico

En las primeras décadas de nuestro siglo dominaban, en los ámbitos académicos, las posturas conductistas. Éstas negaban los procesos mentales y postulaban análisis asociacionistas de la conducta. A comienzos de los sesenta, se observa un paulatino abandono de los presupuestos asociacionistas y una aceptación creciente de los procesos mentales. Este nuevo paradigma supone un gran cambio y tiene raíces muy diversas.

El filósofo T. Kuhn (1962) realizó importantes aportes sobre la construcción de las teorías científicas. Los aspectos centrales de sus aportes son los de *paradigma* y la *concepción discontinua del progreso de la ciencia*.

El alcance del concepto de paradigma, grosso mod, incluye desde creencias y preconcepciones, hasta prescripciones aceptadas por la comunidad científica (tipos de problema que se deben plantear, instrumentación, modelos teóricos, aplicaciones). Ejemplos de paradigmas son las leyes de Newton o la teoría evolucionista de Darwin.

En cuanto al desarrollo científico, Kuhn consideraba que la ciencia no progresa de modo continuo y acumulativo, sino que es una evolución discontinua alternada entre crisis y revoluciones. El paradigma representa el cambio conceptual que hay que dar, para superar los problemas inherentes al anterior paradigma y que es puesto en evidencia en el período de crisis, de anomalías que precede a la revolución científica.

El conductismo fue el paradigma dominante que sirvió de base para un largo período de ciencia normal. En cierto momento sobreviene una crisis del conductismo, seguida de un período revolucionario, en el que emerge el paradigma cognitivo. Los factores que desencadenaron las crisis fueron las críticas a la insuficiencia del asociacionismo, la interpretación inadecuada del evolucionismo y la crisis de la noción de ciencia asumida por los conductistas.

"La adopción del nuevo paradigma, es el comienzo de un largo período de estructura-

ción teórica en la cual, estarán inmersos desarrollos de metodologías y de criterios normativos" (Flores, 1991).

El constructivismo está determinado en esta concepción histórico-epistemológica, en la que se advierte el desarrollo de las teorías a través de cambios conceptuales o transformaciones, sobre las interpretaciones de la realidad.

El trabajo de Kuhn ha influido en la enseñanza de las ciencias y ha llevado al establecimiento de corrientes como los esquemas alternativos, las ideas de los alumnos y sus repercusiones en el cambio conceptual.

Otra corriente epistemológica influyente, fue la desarrollada por Karl Popper a partir del falsacionismo metodológico. Éste consideraba que la historia de las ciencias era una secuencia de conjeturas, refutaciones, conjeturas analizadas y refutaciones adicionales. Concluyó que la característica distintiva de la investigación científica, es su susceptibilidad de revisión.

Para Popper, el hecho que las interpretaciones científicas sean continuamente expuestas a la posibilidad de falsación es promover el progreso científico. Para él, una teoría puede considerarse verdadera hasta que aparezcan hechos que la muestran como falsa. Popper (1974), llega a establecer dos teoremas fundamentales: 1. Todo aprendizaje, consta de modificaciones (probablemente de rechazos) de cierto tipo de conocimiento o disposición que ya se poseía previamente y, en última instancia, de disposiciones innatas. 2. Todo aumento de conocimiento consiste en el perfeccionamiento del conocimiento existente que se modifica con vistas a una mayor aproximación a la verdad.

Para Lakatos el desarrollo científico es progresivo. Es una sucesión de teorías que sufren transformaciones y considera que todas las teorías coexisten con sus anomalías, en consecuencia no pueden ser falseadas, pues ninguna teoría explica todo.

Según Lakatos, una teoría es mejor que otra cuando explica los nuevos problemas además de los que explicaba la teoría anterior.

La influencia de este esquema ha dado sustento a algunos modelos cognitivos como los de desarrollo neopiagetiano.

Las concepciones epistemológicas mencionadas enmarcan al constructivismo y a aquellas investigaciones educativas que tienen como objetivo, determinar los factores que permiten a un sujeto pasar de un estado de conocimiento a otro con potencialidades de acción e interpretación cada vez mayores.

3. La enseñanza de las ciencias

Se puede decir que enseñar es un acto deliberado de planificar ciertas actividades, orientadas al aprendizaje de ciertas cosas por parte de ciertas personas.

La ciencia puede enseñarse, como una relación conceptual acabada y de contenidos definitivos, por un profesor dueño de ese conocimiento desde donde reside su autoridad. Esta es la visión de finales del siglo XIX que permanece así hasta los años cincuenta y sus repercusiones, en la enseñanza, continúan vigentes. También puede enseñarse como una relación conceptual y de contenidos en proceso de elaboración, que se va desarrollando a medida que va encontrando respuestas a los problemas a los cuales se enfrenta.

Puede enseñarse la ciencia como una construcción personal, siguiendo estrictamente los pasos del método científico, es decir, con reglas acordadas y expresas con las cuales se fundan explicaciones o razones que guían al científico, o como una construcción social e histórica dependiente del pensamiento dominante de la época.

Puede considerarse que la ciencia se desarrolla por una continua acumulación de conocimientos o que se desarrolla por sucesivos cambios de paradigmas debido a la superación de obstáculos. Esto hace ver a los enunciados científicos con carácter provisional para siempre (Popper, 1962).

De la enseñanza de la ciencia puede extraerse que se procuran verdades objetivas, neutras y absolutas o, que los aportes de la ciencia inciden en lo social y en lo económico

y en consecuencia podrá esconder aspectos subjetivos, determinados intereses y carencia de neutralidad.

De acuerdo a todo lo dicho, puede observarse que la visión sobre qué es y como se genera el conocimiento científico, vincula el acto educativo con el entorno epistemológico, muestra la relación entre la imagen de ciencia que se proporciona a través de su enseñanza con las distintas concepciones filosóficas que se han desarrollado en el tiempo.

La concepción actual de ciencia (Nieda-Macedo, 1997) con las distintas aportaciones epistemológicas, parece reunir determinadas características que se pueden resumir en las siguientes:

- Un cuerpo de conocimientos que se desarrolla en el marco de unas teorías que dirigen la investigación de los científicos.
- Unas teorías en perpetua revisión y reconstrucción.
- Una forma de resolver problemas, que concede importancia a la emisión de hipótesis y su contrastación.
- Una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ordenadas y universales.
- Una tarea colectiva, que sigue líneas diversas de trabajo aceptadas por la comunidad científica.
- Una actividad impregnada por el momento histórico en el que se desarrolla, involucrada y contaminada por sus valores.
- Una actividad sujeta a intereses sociales y particulares, que aparece a menudo como poco objetiva y difícilmente neutra.

4. El aprendizaje de ciencias

En un sentido amplio, el término aprendizaje se aplica aquella tarea del docente que va mucho más allá de la enseñanza de su asignatura, es decir, como educador. En un sentido más estricto, se dice que existe un aprendizaje cuando a través de la enseñanza se logran cambios estables en los conocimientos. Pero también a través de la enseñanza, se buscan

cambios afectivos, actitudinales, de comportamiento, entre otros.

Por lo tanto, el aprendizaje es el cambio conceptual y conductual, de carácter relativamente permanente logrado a través de la enseñanza. Debe ser detectable por los distintos medios de evaluación.

Las reflexiones anteriores sobre la construcción del saber científico conjuntamente con el campo de la didáctica de las ciencias, permitirán abordar el tema del aprendizaje de ciencias.

La investigación sobre la enseñanza de ciencia comienza a manifestarse a partir de los años setenta y se consolida en numerosas publicaciones sobre las ideas de los alumnos respecto a conceptos científicos, durante los años ochenta.

Las investigaciones confirman las apreciaciones de muchos profesores sobre la escasa efectividad de una enseñanza de las ciencias, incapaz de lograr la comprensión de conceptos fundamentales reiteradamente enseñados (Hierrezuelo-Montero, 1989).

Los aportes considerados más relevantes sobre como se aprenden los conceptos científicos, se han desarrollado en los últimos treinta años y que presentamos, someramente, a continuación:

→ **La visión conductista.** Establece que hay que manipular las condiciones ambientales, para que el alumno reproduzca el conocimiento. El aprendizaje se produce ante determinado estímulo y la respuesta obtenida (conducta) es una copia del estímulo:

ESTÍMULO	→	RESPUESTA
(ambiente)		(conducta)

La teoría estímulo-respuesta centra su atención en las situaciones observables y mensurables del mundo exterior al individuo coherente con las posturas asociacionista, behaviorista y ambientalista.

B.F. Skinner es uno de los nombres más relevantes vinculado a la citada teoría. Realizó la mayoría de sus experimentos con animales y el éxito de los mismos lo llevó a

extrapolar los resultados al comportamiento humano.

Según Skinner el comportamiento de los alumnos puede ser modificado por la presentación de materiales cuidadosamente secuenciados y por el ofrecimiento de recompensas y refuerzos apropiados. No tiene en cuenta los procesos mentales para el aprendizaje, lo que le interesa son los comportamientos observables

Las variables "de entrada" son el *estímulo* (es el hecho que afecta los sentidos del aprendiz), el *refuerzo* (otra situación que aumenta la posibilidad de que ocurran situaciones anteriores) y la *contingencia del refuerzo* (es la acomodación de la situación para el aprendiz). Las variables "de salida" son las respuestas que el alumno da.

Luego se cambia la visión, la respuesta no es la que proviene del estímulo, aparece "ruido" en la respuesta:

ESTÍMULO → REPRESENTACIONES → RESPUESTA

Hay una estructura cognitiva mediadora entre el estímulo y la respuesta.

→ *La visión de Piaget.* La obra de Jean Piaget es muy vasta y su análisis trasciende sobradamente lo que se pretende en este artículo. No obstante, hay dos aspectos que se podrían analizar someramente: los períodos de desarrollo mental y los conceptos de asimilación-acomodación.

La teoría de Piaget es una teoría del desarrollo del conocimiento, no es una teoría sobre como debe enseñarse. Con Piaget se puede decir que comienza la noción de "construcción del aprendizaje" como proceso interno, activo y personal. Los períodos generales del desarrollo cognitivo, comprenden cuatro estadios: sensorio-motor, pre-operacional, operacional concreto, operacional-formal. A su vez, cada uno de estos estadios se sub-dividen en otros niveles.

De los 7 a los 12 años, según Piaget, se verifica en el niño un progresivo abandono de la perspectiva egocéntrica y entra en un mundo de varias perspectivas. El pensamiento aparece más organizado y aparece la

reversibilidad. Es capaz de pensar en el todo y en las partes simultáneamente.

Gana precisión en los procesos de comparación de objetos reales y puede realizar algunas predicciones. Puede observarse que aún sus operaciones son, de hecho, concretas, es decir, vinculadas a objetos reales.

Desde los 12 años, se inicia el último estadio de desarrollo mental: el de las operaciones formales, cuya principal característica es la capacidad de raciocinio con hipótesis verbales y no necesariamente con objetos reales. Comienza a razonar en forma abstracta. Según Piaget, las nuevas informaciones interactúan con estructuras cognitivas ya existentes produciéndose un proceso de asimilación y acomodación, donde ocurre una reorganización conceptual.

La asimilación está relacionada con el hecho de que la iniciativa en la interacción del sujeto con el objeto, es del organismo (mente). La persona construye esquemas de asimilación mentales para abordar la realidad. Cuando la mente asimila, incorpora la realidad a sus esquemas de acción imponiéndose al medio. No obstante, algunas veces los esquemas de acción de la persona no consiguen asimilar determinada situación. En este caso la mente desiste o se modifica. En el caso de modificación, ocurre lo que Piaget denomina acomodación. Es a través de las acomodaciones que se logra el desarrollo cognitivo.

No hay acomodación sin asimilación, pues la acomodación es una reestructuración de la asimilación. Experiencias acomodadas dan origen, posteriormente, a nuevos esquemas de asimilación y un nuevo estado de equilibrio ocurre. Nuevas experiencias, no asimilables, llevarán a nuevas acomodaciones y nuevas adaptaciones cognitivas.

Para Piaget la mente es un conjunto de esquemas que se aplican a la realidad. Cuando un esquema se reestructura y adopta un modelo más eficiente, dice que hubo una acomodación del esquema.

Si bien fueron muy difundidas las ideas de Piaget, también fue muy revisada su teoría

sobre las características de cada estadio y su relación con las edades de las personas. En ese sentido se encontró que las estructuras lógicas utilizadas dependen de otras variables como el contexto y los aprendizajes específicos adquiridos anteriormente. Se cuestiona los límites precisos entre esos estadios, aunque lo importante es la sucesión de estadios por los que una persona tiene que pasar, hasta llegar al pensamiento formal, no las edades cronológicas en que eso acontece.

→ **La visión de Vygotski.** La formación y desarrollo de la inteligencia debe verse enmarcada en la vida social de una persona. Por esa razón le asignó una gran importancia al lenguaje y al uso de herramientas en la interacción entre el aprendizaje y el desarrollo infantil.

Para Vygotski la inteligencia es de carácter social, crece por ajuste entre los conocimientos que se dan entre los diferentes integrantes del grupo. De este modo el que sabe menos aprende del que sabe más. Toda persona puede resolver problemas en grupo, que sola no podrá resolver, en particular aquellos aspectos que están fuera de su alcance de acuerdo con su desarrollo. Esa zona entre lo que puede aprender por sí mismo y lo que puede aprender con ayuda, es lo que denominó "zona de desarrollo próximo".

El interés de este concepto radica en que esa zona está estrechamente relacionada con la acción docente, por la incidencia que tiene en la misma como facilitador del desarrollo de las estructuras mentales de los estudiantes.

Vytgotsky considera también la existencia de una estructura cognitiva que interactúa con las nuevas informaciones, producto de la relación del aprendiz con los demás. Esa relación se produce a través del lenguaje, pues al verbalizar los pensamientos se produce una reorganización de las ideas y esto facilita el desarrollo cognitivo. Se produce el desarrollo cuando internamente se controla el proceso de integración.

→ **La visión de Ausubel.** Propone una explicación teórica del proceso de aprendizaje

según un punto de vista cognitivista. Para él, aprendizaje significa organización e integración de las nuevas informaciones en la estructura cognitiva.

Considera que el factor más importante que incide en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe.

Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante es **lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñese tomándolo en cuenta** (Ausubel, 1967).

"Lo que el alumno ya sabe": la estructura cognitiva preexistente.

"Averíguese esto": investigar esa estructura cognitiva, mapear la misma para tener más informaciones.

"Enséñese tomándolo en cuenta": basar la enseñanza en lo que el alumno ya sabe; identificar los conceptos organizadores básicos de lo que va a ser enseñado y utilizar recursos y principios que faciliten el aprendizaje significativo.

La idea central que identifica claramente a la teoría de David Ausubel, es la de "aprendizaje significativo". Esto es, el proceso a través del cual una nueva información se relaciona con un aspecto relevante de la estructura cognitiva de un individuo. Dicho aspecto es una estructura de conocimiento específica, denominada concepto subsumidor o facilitador. Si el concepto de fuerza ya existe en la estructura cognitiva, servirá de facilitador para nuevas informaciones referentes a otros tipos de fuerza como la gravitatoria, magnética, etc.

El aprendizaje significativo ocurre, cuando la nueva información se "ancla" en los conceptos relevantes existente en la estructura cognitiva de la persona. Para que ello ocurra el nuevo material no debe ser confuso ni arbitrario, debe ser "relacionable" o "incorporable" a la estructura cognitiva de una forma no arbitraria (por oposición a lo que ocurre en un aprendizaje memorístico o mecánico). Un material que tenga esa carac-

terística es potencialmente significativo.

Para que un material sea potencialmente significativo debe tener significado lógico, no debe ser aleatorio, arbitrario, de forma que pueda ser relacionado sustantivamente con los subsumidores o facilitadores, es decir, debe tener también significado psicológico.

Otra condición para que el aprendizaje sea significativo, es que el aprendiz manifieste su disposición para aprender, para relacionar el material potencialmente significativo en su estructura cognitiva. Esta condición implica que independientemente de cuán potencialmente significativo sea el nuevo material a ser aprendido, si la intención del estudiante es simplemente la de memorizarlo, tanto el proceso de aprendizaje como su producto, serán mecánicos.

Los cambios en la estructura cognitiva se producen por un proceso de interacción y anclaje de un nuevo concepto en el concepto facilitador. Cuando ocurre esto, el facilitador queda modificado. La ocurrencia de este proceso una o más veces lleva a la *diferenciación progresiva* del facilitador, el cual va ampliando su significado como también su ámbito de aplicación.

Por otra parte, la reorganización conceptual que puede ocurrir con la interacción de los nuevos conceptos con elementos existentes en la estructura conceptual, como las relaciones entre conjuntos de conceptos, recibe el nombre de *reconciliación integradora*.

Para evidenciar si hubo un aprendizaje significativo, es conveniente formular cuestiones, problemas, situaciones de una manera nueva, de modo que requieran la máxima transformación de los conocimientos adquiridos.

Otras teorías, como la de Jerome Bruner (1969,1973,1976) - con el aprendizaje por descubrimiento a través de la exploración de alternativas y del currículo en espiral, y su visión respecto al desarrollo intelectual -, Howard Gardner, dentro de una perspectiva cognitivista, con su visión sobre las múltiples inteligencias: musical, espacial,

cinestésico corporal y personal, y los sistemas simbólicos, si bien quedan pendientes de análisis, se acompaña bibliografía para su consulta.

5. El cambio conceptual

Las investigaciones sobre las preconcepciones o esquemas alternativos de los estudiantes o concepciones espontáneas o concepciones alternativas, se enmarcan en una posición constructivista-cognitivista del aprendizaje. Es a través de esas concepciones que las personas interpretan y explican cierto ámbito de su realidad.

Ya sea cómo concepciones espontáneas (Viennot, 1979) o como concepciones alternativas (Driver, Easley, 1978), esos esquemas conceptuales son persistentes y no se modifican fácilmente, tiene gran coherencia interna y son comunes en los estudiantes de diversos niveles educativos en torno a algunos fenómenos físicos.

Según la teoría de aprendizaje en que se enmarque, las preconcepciones o las ideas de los estudiantes tienen distinto significado. Desde el punto de vista conductista se trataría de un aprendizaje incorrecto, se deben reforzar los comportamientos correctos. Para Piaget esas concepciones corresponderían a estadios pre-científicos, elaborados por el estudiante en su interacción con el medio, que deberán ser reelaboradas. Para Ausubel, se trataría de un anclaje incorrecto de la nueva información con el facilitador. Se deberían provocar nuevas interacciones, con material nuevo capaz de producir una reestructuración conceptual.

Pozo (1994) distingue tres orígenes diferentes de las concepciones alternativas: sensorial o espontáneo, social y analógico.

Las de tipo sensorial responden a la necesidad de dar sentido a las cosas cotidianas a partir de lo observado. Se han detectado una serie de reglas de inferencia causal, aplicadas a los datos recogidos, a las que responde este tipo de pensamiento, donde se destacan:

- Se buscan causas cuando se producen

cambios. Las situaciones estables no suelen explicarse. Los alumnos suelen mantener la creencia aristotélica de que el estado de reposo es el estado natural" de las cosas, de tal forma que todo movimiento debe ser explicado.

- Las causas que se emiten son frecuentemente aquéllas que son más accesibles, es decir, las que más fácilmente puede recuperar la mente.
- Se pueden conectar relaciones entre causa y efecto y entre la realidad y el modelo que las representa. Esto da lugar a atribuir causas simples a situaciones complejas o a explicar la realidad a partir de sus modelos o a asignar propiedades antropocéntricas a otros seres. Cuando los niños aprenden que "las plantas respiran" inmediatamente les atribuyen pulmones y órganos respiratorios.
- Es corriente establecer entre las causas y efectos correspondencias cuantitativas. Los alumnos tienden a creer que el movimiento de los objetos está causado por una fuerza en la dirección del movimiento que aumenta a medida que el objeto se acelera y disminuye a medida que desacelera.
- Entre causas y efectos se tiende a considerar relaciones de contigüidad espacial y temporal. Se atribuyen causas muy próximas a los efectos, e incluso en contacto con ellos, y a menudo se supone que las causas están muy próximas en el tiempo.
- Frecuentemente se tiende a relacionar causalmente dos hechos que se dan juntos, cuando puede suceder que ambos dependan de otra causa.
- En la vida cotidiana existen dificultades para la cuantificación, siendo necesario avanzar en la comprensión y el uso de la proporcionalidad, la probabilidad y la correlación.

Las concepciones de origen social son inducidas por el medio sociocultural, fundamentalmente a través del lenguaje. No estarían tanto dentro del alumno como en su entorno

social, de cuyas ideas se impregnaría el alumno. La cultura es entre otras muchas cosas un conjunto de creencias compartidas por unos grupos sociales, de modo que la educación y la socialización tendrían entre sus metas prioritarias la asimilación de esas creencias por parte de los individuos, los cuales llegarían con ellas a las aulas.

Las concepciones analógicas son las que se promueven desde el aula, cuando los alumnos no tienen ideas sobre determinados conceptos científicos. En general se les proporcionan a los alumnos ciertos modelos que resultan útiles para comprender cierto dominio de conocimiento.

No obstante, el problema del cambio conceptual es aún mucho más complicado y controvertido. No hay acuerdo en las posiciones teóricas que mantienen los autores especializados en el tema sobre cuál es la naturaleza y el carácter de las ideas de los alumnos: ¿Qué es lo que debe cambiarse para que se logre el cambio conceptual? (Limón-Carretero, 1997).

Según la posición teórica de que se parta serán los cambios conceptuales que se deban realizar. Aquellos que sostienen que las ideas de los alumnos constituirían un conocimiento fragmentario, incoherente e inconsistente, sostienen el enfoque de la "cognición situada". Las ideas de los alumnos no son sino una alternativa al punto de vista científico, inadecuada en el contexto de aula pero no en el cotidiano. Por tanto, no hay que modificar esas ideas, sino enseñar al alumno aplicarlas en el contexto adecuado, es decir, conseguir que el alumno tuviera múltiples representaciones mentales (Spada, 1994, Caravita y Halldén, 1994).

Para Chi y otros (1994), el cambio conceptual consiste en cambiar un concepto que está asignado a una categoría ontológica que no le corresponde a la categoría ontológica adecuada. Muchos alumnos consideran al peso como inherente al cuerpo y no como resultado de una interacción.

Para diSessa (1988) lo que cambian son representaciones inconexas y desintegradas.

Por su parte para Vosniadou (1994), no se cambia repentinamente de una teoría específica de dominio por otra. El cambio consistiría en un reinterpretación gradual de los diferentes tipos de restricciones que van surgiendo en las teorías marco (teorías ingenuas del mundo físico). Por tanto lo que hay que reinterpretar es la teoría marco que supondría una "reestructuración radical", de acuerdo con la denominación de Carey (1985), a la que parece llegarse después de las "reestructuraciones débiles" de las teorías específicas de dominio. El cambio sería un proceso continuo de reestructuración de la teoría marco.

Para White y Osborne (1989), no sólo deben modificarse las ideas de los alumnos sino que se debe propiciar el desarrollo de estrategias metacognitivas. Como Reif y Larkin (1991), que sostienen que se debe enseñar a los alumnos a distinguir las metas de conocimiento cotidiano de las del conocimiento científico.

Lograr el cambio conceptual resulta, por todo lo expuesto, difícil. Se debe agregar además, las limitaciones de tiempo del profesor, las características de los programas -en cuanto a su extensión, objetivos a cumplir, filosofía, entre otros- y la disponibilidad muy limitada de una enseñanza personalizada que el logro de este cambio implica.

Según Carretero (1996), estas dificultades conducirían a cuestionarnos si es viable y/o razonable que el cambio conceptual sea una meta prioritaria con respecto a la mayoría de los contenidos de la enseñanza primaria y secundaria. Sería más adecuado lograr que el proceso de cambio sea gradual, a lo largo de una etapa educativa, y no pretender que se logre en un año lectivo.

Para esto habría que precisar que contenidos es necesario que el alumno comprenda y el grado de comprensión de los mismos en función del nivel educativo.

6. Bibliografía

- Ausubel, J. 1978.
Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo.
Ed. Trillas, México.
- Bruner, J. 1963.
El proceso de la educación.
Uthea. México
- Caravita, S. Halldén, O. 1994.
Re-framing and modeling the processes of conceptual change.
Learning and instruction. Vol. 4.
- Carretero, M. 1997.
Construir y enseñar las ciencias experimentales.
Aique. Buenos Aires.
- Carretero, M. Limón M. 1996.
Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica.
Paidós. Barcelona.
- Chi, M. y otros. 1994.
From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts.
Learning and instruction. Vol. 4.
- di Sessa. 1988.
Knowledge in pieces. Constructivism in the computer age.
Laurence Erlbrun Associates. NJ. USA.
- Driver, R. 1989.
Students conceptions and the learning of science.
International Journal of Science Education. Trabajo monográfico.
- Flores, F., Gallegos. L. 1991.
Constructivismo y enseñanza de la Física.
Trabajo del Depto. de Enseñanza Experimental de las Ciencias. UNAM.
- Gardner, H. 1991.
La mente no escolarizada.
Paidós. Buenos Aires.
- Gardner, H. 1987.
Estructura de la mente. La teoría de las múltiples inteligencias.
Fondo de Cultura económica. México.
- Hierrezuelo, J. Montero, A. 1988.
La ciencia de los alumnos.
Laia-Ministerio de Educación y Ciencia. Barcelona.
- Kuhn, T. 1983.
La estructura de las revoluciones científicas.
Fondo de cultura económica. México.
- Losse, J. 1979.
Introdução historica a filosofia da ciencia.
Sao Paulo.

- Moreira, M. 1985.
Ensino e aprendizagem.
Ed.Moraes. Sao Paulo.
- Nieda, J. Macedo, B. 1997.
Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años.
OEI. UNESCO.
- Novak, J. Gowin, D. 1988.
Aprendiendo a aprender.
Martínez Roca. Barcelona.
- Piaget, J. 1971.
Epistemología y psicología de la identidad.
Paidós. Buenos Aires.
- Popper. 1959.
The logic Scientific Discovery.
Basic Books. NY. USA
- Pozo, J. 1996.
Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias.
Ministerio de Educación y Ciencia.
- Reif, F. Larkin, H. 1991.
Cognition in scientific and everyday domains: comparison and learning implications.
Journal of research in Science Teaching.
- Spada, H. 1994.
Conceptual change or multiple representations?
Learning and instruction.
- Viennot, L 1979.
Spontaneous reasoning in elementary dynamics.
European Journal of Science Education.
- Vosniadou, S. 1994.
Capturing and modeling the process of conceptual change.
Learning and instruction, Vol. 4.
- Vygotski, L. 1988.
El desarrollo de los procesos psicológicos superiores.
Grijalbo. México.
- West, L. Pines, L. 1985.
Cognitive structure and conceptual change.
Academic Press. Orlando
- White, B. 1993.
Thinker Tools: causal models, conceptual change and science education.
Cognition and instruction.

2. Paradigmas en la Enseñanza Científica

La didáctica de las ciencias comienza a emerger como una disciplina independiente hace unos treinta años, como consecuencia del fuerte impulso que, por esa época, recibe la enseñanza de las ciencias fundamentalmente en Europa y Estados Unidos (Walberg, 1991).

Las primeras reformas en los currículos de ciencias, en la década de los 60, apuntan a superar los enfoques tradicionales de enseñanza por transmisión de conocimientos, donde la experimentación estaba prácticamente ausente de las aulas, los contenidos científicos estaban organizados de acuerdo con la lógica interna de la disciplina y el papel del profesor era fundamental: la única actividad que se esperaba de los alumnos era la asimi-

lación de los contenidos impartidos por el docente⁽¹⁾.

Los objetivos perseguidos en estas primeras reformas se pueden resumir en uno solo: la creación de «pequeños científicos» a través de nuevos métodos didácticos que colocan el énfasis en «la ciencia como interrogación» o «el aprender haciendo» (Matthews, 1991). La metodología didáctica incorporada se basa

(1) Cabe destacar que en los países latinoamericanos estas reformas comienzan a producirse mucho después en el tiempo, en la mayor parte de los casos como copias descontextualizadas de aquellas.

Julia Leymonié

Licenciada en Ciencias Biológicas,
Master en Educación, Profesora de Física

en la metodología científica y se desarrollan taxonomías de objetivos científicos que aspiran a conseguir determinadas competencias en cuanto a procedimientos y actitudes (Porlán, 1993).

Otra dimensión de este mismo paradigma se apoya en la concepción piagetiana de que el pensamiento formal es condición no sólo necesaria sino suficiente para acceder al conocimiento científico (Piaget, 1970). Muchos movimientos renovadores de la enseñanza de las ciencias se apoyan en esta postura, convirtiendo al pensamiento formal en el objetivo principal de la misma.

Si bien el propio Piaget nunca incursionó en el terreno educativo, sus ideas psicológicas y epistemológicas son muy atractivas para muchos educadores y son profusamente aplicadas a la enseñanza en general y a la enseñanza de las ciencias en particular.

Según estas tendencias, el pensamiento formal, una vez alcanzadas las estructuras fundamentales, sin importar los contenidos, es capaz de permitir el acceso a la comprensión de cualquier concepto científico. Los contenidos específicos de cada disciplina dejan de tener sentido en sí mismos para convertirse en un vehículo que permite alcanzar el pensamiento formal.

Las posturas más radicales en esta línea plantean que todas las disciplinas deben encaminarse a enseñar a pensar formalmente, con independencia del contenido, a dominar el método científico, los procesos de la ciencia.

Las implicancias didácticas son bien claras: debe permitirse que el niño y el joven descubran por sí mismos los diversos conceptos científicos. La famosa apreciación de Piaget «... cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir solo, se le impide inventarlo y, en consecuencia, entenderlo completamente» resume esta postura.

La enseñanza por descubrimiento autónomo responde a esta línea de trabajo didáctico no-directivo.

Según Pozo y Carretero (1987), «la utiliza-

ción exclusiva o prioritaria de esa estrategia en la enseñanza de las ciencias se basa en una supuesta omnipotencia y homogeneidad del pensamiento formal» (pp. 38-39).

Durante los años 70, proliferan los proyectos de enseñanza de las ciencias, así como también de ciencias integradas, basados en la enseñanza por descubrimiento y la metodología de los procesos, orientaciones que hoy en día la investigación didáctica ha hecho evolucionar hacia formas más dirigidas y con un grado de integración conceptual menor.

A finales de los 70 y comienzos de los 80, la didáctica de las ciencias recibe nuevas influencias que provienen del campo de la epistemología y de la psicología del aprendizaje.

Los aportes de Khun (1975), Toulmin (1972), Lakatos (1983) y Feyerabend (1983), entre otros, son decisivos para poner en crisis muchos de los supuestos teóricos sobre los cuales se elaboraron las reformas curriculares de los años 60 y 70.

Por otra parte, desde la psicología del aprendizaje comienza a tomar importancia el estudio de cómo los niños entienden los procesos y la influencia que esto tiene en la incorporación de los nuevos conceptos. Se puede resumir esta nueva perspectiva de la psicología educativa citando la famosa frase de Ausubel: «Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, sería éste: el factor que más influye sobre el aprendizaje es lo que el estudiante ya sabe. Descúbrase y enséñesele en consecuencia» (Ausubel, 1976).

Las influencias de la psicología del aprendizaje y de la epistemología sobre la enseñanza de las ciencias producen, a partir de la década del 80, una marcada tendencia a investigar sobre las concepciones que los alumnos tienen acerca de los fenómenos naturales antes de recibir una enseñanza científica formal.

Preconceptos, ideas previas, marcos conceptuales alternativos y concepciones espontáneas, son algunas de las denominaciones que van surgiendo. Si bien todas las denomi-

naciones se refieren al mismo fenómeno, cada una de ellas descansa sobre una concepción filosófica y psicológica diferente (Gilbert y Watts, 1983; Gunstone y Col., 1988; Gunstone, 1989).

La constatación de que el aprendizaje de los alumnos se encuentra influido por la búsqueda de los significados de la experiencia y de la información y de que la misma depende de las concepciones que ellos tienen en un determinado ámbito del conocimiento, ha derivado en enfoques de la enseñanza de las ciencias basados en la construcción de los conceptos científicos a partir del conocimiento que ya traen consigo y en los procesos de cambio conceptual.

Durante los años 80 y 90, surge una serie de proyectos que, en muchos casos, se influyen entre sí, basados en estas orientaciones de corte constructivista.

Pero también la enseñanza de las ciencias incorpora nuevos objetivos: se aspira a que la mayor cantidad posible de personas adquieran actitudes, valores y destrezas propias de los científicos. Se concibe una ciencia condicionada por factores políticos, económicos e ideológicos, producto del trabajo social de una comunidad que se encuentra influida por el resto de la sociedad y que, a su vez, influye sobre ella.

Según Gil (1983), en la enseñanza científica co-existen tres paradigmas que están orientando, implícita o explícitamente, la investigación educativa en ciencias y la elaboración de proyectos de enseñanza científica. Estos paradigmas quedan definidos por sus propios enfoques:

- el enfoque hacia la transmisión de conocimientos,
- el enfoque hacia el descubrimiento autónomo,
- el enfoque hacia la investigación.

Según el mencionado autor, la enseñanza de las ciencias por descubrimiento autónomo concibe el desarrollo de los niños como un proceso de maduración espontánea que tiene sus bases psico-pedagógicas en la psicología piagetiana.

Es un enfoque educativo y autónomo que ignora la importancia de los contenidos a enseñar, lo cual supone ignorar el papel que representan los paradigmas teóricos en el proceso de investigación científica, desconociendo el hecho de que cada disciplina se caracteriza por una cierta estructura conceptual.

Coherentemente, también ignora que el alumno tiene un aparato conceptual previo.

Los aspectos esenciales de la investigación científica, la emisión de hipótesis y el diseño de experimentos para contrastarlas, muchas veces ni siquiera aparecen en los objetivos de los currículos que presentan esta orientación.

Gil (op. cit.) afirma que la crítica a la enseñanza por descubrimiento autónomo ha traído como consecuencia la revalorización de la enseñanza por transmisión verbal y la reivindicación del papel «guía» del profesor.

Ausubel (op. cit.), citado por Gil, afirma que «*como los términos 'laboratorio' y 'método científico' se volvieron sacrosantos en las preparatorias y universidades norteamericanas, los estudiantes fueron obligados a remedar los aspectos exteriormente conspicuos pero inherentemente triviales del método científico (...). En realidad, con este procedimiento aprendieron poco de la materia y menos aún del método científico*».

Gil Pérez entiende que la crítica de Ausubel a la «enseñanza por descubrimiento» es acertada, pero que no es suficiente el retorno a una enseñanza por transmisión verbal, corregida, tal como se plantea desde los proyectos ausubelianos como «Reception Learning Paradigm» o «Verbal Style».

El paradigma de la enseñanza de las ciencias basado en la investigación, que identifica Gil, contempla tres aspectos fundamentales que tienen su paralelismo con la metodología de investigación científica. Son los siguientes: la estructura cognoscitiva, el pensamiento divergente y el trabajo colectivo.

El estudio de los errores conceptuales de los alumnos llevó, en los últimos años, a descubrir que su existencia se encuentra ligada al hecho de que los alumnos no son «tabla

rasa» cuando llegan a las clases de ciencias, sino que tienen ideas previas acerca de todos los fenómenos que van a estudiar. Estas ideas, verdaderas estructuras conceptuales, son fruto de la actividad anterior del alumno y son muy resistentes a ser cambiadas.

Basado en el paralelismo estudiado (Piaget, 1970); Piaget y García, 1983) entre la evolución histórica de una ciencia y la adquisición de las ideas científicas correspondientes en las personas, Gil cita como ejemplo el campo de la física.

En este sentido, él plantea que, para aprender la mecánica newtoniana los alumnos deben experimentar un verdadero cambio conceptual, tan difícil como una revolución científica en el sentido kuhniano. Existe una relación entre los paradigmas teóricos y su desarrollo, incluidas las revoluciones científicas o cambios de paradigmas y la estructura cognoscitiva de los alumnos y sus cambios conceptuales (reestructuras profundas).

Poder establecer este paralelismo es un primer elemento de apoyo al paradigma didáctico propuesto por el mencionado autor.

Para que los alumnos experimenten cambios conceptuales —pasar de una visión aristotélica-escolástica del mundo a una newtoniana— es necesario, tal como ocurrió en la historia, un cambio metodológico.

La elaboración de hipótesis, el diseño y ejecución de experimentos y el análisis de los resultados son, tal vez, los aspectos más relevantes de este nuevo enfoque metodológico. Particularmente, la elaboración de las hipótesis representa un papel fundamental en el trabajo científico y cabe suponer que también en el del alumno.

La confrontación de las ideas previas con los resultados obtenidos al intentar aplicarlas a situaciones dadas pueden producir «conflictos cognitivos» que desencadenen una modificación conceptual profunda: igual ha sucedido en la historia de la ciencia.

Gil habla de favorecer el aprendizaje significativo a través de «reconstrucción o redescubrimiento, por medio de actividades adecuadas,

de aquellos conocimientos que se trata de enseñar» (p. 28), superando así una visión empirista y reduccionista, que considera a la metodología científica como trabajo en el laboratorio, confundiéndola muchas veces con simples manipulaciones.

Es indiscutible el papel fundamental que desempeña la actividad y la interacción social en el desarrollo intelectual y en el aprendizaje de las personas, así como también en la producción del conocimiento científico. Los cambios conceptuales en los individuos o en las teorías implican confrontación y discusión de las diferentes alternativas.

Gil destaca el papel de guía que corresponde al profesor en este tipo de trabajo, ya que él es quien entiende lo que va a hacerse y lo que ya ha sucedido en la historia de la ciencia, de modo tal que pueda diseñar una estrategia adecuada e impedir el ensayo-error o el uso de las recetas. Dentro de este paradigma, denominado por Gil como «enseñanza por descubrimiento dirigido», existen dos tipos de actividades que ofrecen ricas oportunidades para desarrollar la iniciativa y la creatividad científica: el trabajo experimental y la resolución de problemas.

En una enseñanza por transmisión verbal de conocimientos ya elaborados, hay muy pocas oportunidades para desarrollar este aspecto: los trabajos prácticos sólo ilustran o demuestran un conocimiento dado en teoría, son meras manipulaciones, los montajes están dispuestos, no hay oportunidades para elaborar hipótesis ni diseñar experimentos acordes.

En cuanto a la resolución de problemas, se usan como ejercicios de aplicación de la teoría explicada; el grado de transferencia es mínimo, ya que los alumnos se limitan a reconocer problemas ya resueltos.

Gil propone, para la resolución de problemas, utilizar una estrategia que tome en cuenta su carácter de investigación, es decir, «tarea para la cual no hay solución evidente» (p. 31).

De acuerdo con la bibliografía revisada, es posible incorporar a los tres paradigmas pro-

puestos por Gil, un cuarto, determinado por la presencia de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza científica, con la consiguiente valorización del papel del contexto social, económico, cultural y político que rodea a los acontecimientos científicos.

según Matthews (op. cit.), el principal argumento para introducir la historia de la ciencia en los programas de ciencias es que favorece el aprendizaje científico.

En el año 1979, la asociación británica para la educación científica —Association for Scientific Education (ASE)— publicó un informe denominado «Alternatives for Science Education» donde recomienda la educación científica para todos los estudiantes hasta los dieciséis años y además enfoca a la ciencia como una actividad cultural.

En un informe posterior —«Education Through Science», 1980—, reafirma este concepto y más adelante elabora proyectos de enseñanza de las ciencias que reflejan esta orientación: «Science in society», en el año 1981,² y «Science in its Social Context» (SISCON), en 1983.

Pero estos enfoques no son nuevos. Uno de los primeros en proponer un enfoque histórico y filosófico para la enseñanza de las ciencias en la escuela fue el neopositivista Ernst Mach (1838-1916), que se mostró siempre muy sensible ante los problemas de la pedagogía científica. «*Quien conozca sólo un punto de vista o una forma de ver las cosas no cree que otro haya estado nunca en su lugar ni que otro venga después: ni duda ni hace pruebas*» (Mach, 1911, p. 17).

También los historiadores de la ciencia, tanto en Estados Unidos como en Inglaterra, hace ya muchos años que se muestran activos en lo que se refiere a esta problemática. En ambos países se han desarrollado diversos proyectos donde se propone el método histórico para enseñar ciencias.

En este sentido, vale la pena destacar los aportes de la Universidad de Harvard. Los trabajos de su rector, James Bryant Conant, también físico e historiador, convencieron a

T. Khun de la importancia del enfoque histórico para la comprensión de la investigación científica, según lo manifiesta el propio autor en el Prefacio de su obra «La estructura de las revoluciones científicas» (1971): «*Fue James B. Conant, entonces presidente de la Universidad de Harvard, quien me introdujo por primera vez en la historia de la ciencia y, así, inició la transformación en el concepto que tenía de la naturaleza del progreso científico*» (P.18).

También es interesante destacar los trabajos de G. Holton, físico de la mencionada universidad, que colaboró, en los 60, en la elaboración del «Harvard Project Physics Course» y, más adelante (1984), participó en la redacción del informe «A Nation at Risk».

El proyecto de Harvard para enseñar Física, así como el Estudio Programado de Ciencias Biológicas (BSCS), son proyectos con amplia documentación histórica, que permiten a los alumnos sentir la ciencia más cerca de su vida. Son buenos ejemplos de enfoques históricos en la enseñanza de la ciencia.

El hecho de que no existe una «única» historia de la ciencia le agrega interés a este planteo, ya que los profesores enseñan mejor (y los alumnos se motivan más) cuando la ciencia, en lugar de presentarse con respuestas acabadas, se pregunta con preguntas para responder.

Este enfoque histórico también interesa para comprender la resistencia que las concepciones previas oponen a ser cambiadas.

El desarrollo del constructivismo aplicado a la educación ha permitido la jerarquización de la enseñanza de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.

Dice Matthews (op. cit.): «*No hay materia que no pueda hacerse más interesante y atractiva con la introducción de consideraciones filosóficas, sean consideraciones sobre la visión del mundo o de tipo técnico-analítico... Ver [la ciencia] como una actividad cultural que afecta a otras áreas de la vida (religión, ética, filosofía) y es a su vez afectada e influenciada por ellas. Empezar a comprender cómo y en qué sentido la ciencia nos da la mejor comprensión que*

tenemos del mundo en que vivimos» (p. 151).

Actualmente se desarrolla con un fuerte impulso el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad, que estaría involucrado en el paradigma descrito.

Los procesos de reforma a nivel internacional, que apuntan a establecer una enseñanza comprensiva para toda la población escolar hasta dieciséis años, han favorecido el desarrollo de este enfoque.

Antecedentes de este movimiento son los ya mencionados proyectos ingleses Science in society y SISCO. En el año 1992, la ASE ha puesto en marcha otro proyecto donde se involucra la tecnología: Science in a Technology in society (SATIS).

Otra incorporación en esta misma línea es la Educación Ambiental. La UNESCO, como una resultante de las recomendaciones generadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Rio de Janeiro, 1992), lanzó un programa denominado «Proyecto Interdisciplinario y de

Cooperación Interinstitucional en Educación e Información en materia de Medio Ambiente y Población para un Desarrollo Humano», que fue aprobado durante la 27ª Conferencia General (1993), una de cuyas orientaciones se relaciona con la introducción de la Educación Ambiental en los currículos de la enseñanza primaria y secundaria.

Ya están en marcha diversos proyectos que incluyen estos nuevos conceptos. El proyecto holandés NMVEO (Educación Medioambiental en las Escuelas de Secundaria), que data de 1986, tiene un enfoque multidisciplinar donde los temas del medioambiente son abordados desde la física, la química, la biología, la geografía, etc.

En este momento, la investigación en la didáctica de las ciencias tiene bastante evidencia, proveniente incluso de áreas de investigación cercanas, como la psicología, para pensar que la introducción de estos nuevos enfoques favorece la calidad de la enseñanza y mejora el rendimiento de los alumnos.

Bibliografía

À Fumagalli, L. (1993).

El desafío de enseñar Ciencias Naturales.

Troquel, Bs.As.

À Gil Pérez, D. & De Guzmán, M. (1993).

Tendencias e innovaciones en la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas.

OEI - MEC, Madrid.

À Kuhn, T.S. (1971).

La estructura de las revoluciones científicas.

Fondo de Cultura Económica, México. (Traducción española de Agustin Contin, «The Structure of Scientific Revolutions», University Chicago Press, 1962).

À Leymonié, J. (1995).

La enseñanza de la Física en la formación de los maestros. Una estrategia de intervención basada en la investigación-acción.

Tesis de maestría (sin publicar), UCUDAL, Montevideo.

À Leymonié, J. (1997).

La paleontología en las clases de Física

Educación en Física, 3 (19): 13 - 20

À Novak, J.D. & Gowin, D. (1988).

Aprendiendo a aprender.

Martínez Roca, Barcelona.

À Novak, J.D. (1990).

Human constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making.

Paper presentado en la Cuarta Conferencia de Norte América sobre Psicología de los Constructos Personales, San Antonio, Texas, julio 18-21.

À Nussbaum, J. (1989).

Classroom conceptual change: philosophical perspectives.

Int. J. Sci. Educ., 11(5):530-540.

À Pope, M. L. & Scott, E. M. (1988).

La epistemología y la práctica de los profesores. En Rafael Porlán, J. Eduardo García y Pedro Cañal (Compil.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias.*

Díada, Sevilla.

(Sigue en la página 30)

EL REGISTRADOR ELECTRÓNICO

Edgar W. Gómez Ramos

Ayudante Preparador y Profesor de Física del Liceo Departamental de Flores
con la colaboración de la **Prof. Mariel Mayero**,
Ayudante Preparadora de Física

Este instrumento fue presentado en el taller «Electrónica aplicada a la Física», en el I Encuentro Internacional de Educación en Física - III Encuentro Nacional de Profesores de Física, realizado en Montevideo (Uruguay) entre el 21 y el 25 de Setiembre de 1992, y en la 8ª Reunión Nacional de Educación en la Física (Ref. VIII), realizada en Rosario (Argentina) entre el 18 y el 22 de Octubre de 1993; probado y aceptado como de muy alta precisión por profesores de Física y Ayudantes Preparadores de Argentina y Uruguay.

1. El tradicional timer

Antes de analizar el registrador electrónico, me parece importante recordar el funcionamiento del registrador de cintas mecánico, comúnmente conocido en los laboratorios con el nombre de «timer».

Lo componen:

- una fuente de alimentación de corriente alterna (generalmente 220 voltios de la red de energía eléctrica),
- un interruptor que elimina la corriente del sistema,
- un transformador que baja la tensión a valores adecuados como para trabajar sin inconvenientes,
- un vibrador semejante a un timbre eléctrico (de ahí el nombre de timer).

Funcionamiento del vibrador

El componente fundamental es una bobina que crea un campo magnético, el que atrae a una lengüeta vibrante.

El vibrador funciona exclusivamente con corriente alterna o con corriente continua «recortada». Si trabajara con corriente continua pura, la lengüeta vibrante quedaría «pegada» al crearse un campo magnético fijo, pero al ser corriente alterna (que varía con el tiempo cambiando de sentido a razón de cincuenta veces por segundo), existe, en cada

ciclo, un instante en que la intensidad es nula y, por lo tanto, la lengüeta vibrante no es atraída y entonces retorna, ayudada por un medio elástico (fleje, polyfom, resorte, etc.).

Cuando se restablece el campo magnético, la lengüeta es atraída, sin importar el sentido de la corriente. Si tenemos en cuenta que en un segundo se presentan cincuenta ciclos y que cada ciclo tiene dos alternaciones, en las que se produce campo magnético, sacamos en conclusión que la lengüeta es atraída cien veces en un segundo.

Se usa el vibrador como registrador de puntos, los que se logran pasando una cinta de papel por debajo de la lengüeta vibrante, habiendo colocado entre ella y la cinta un papel carbónico.

Al hacer funcionar el registrador y mover la cinta, aparece un registro de puntos (100 en un segundo).

Para hacer que, en lugar de 100 puntos por segundo, registre 50 puntos por segundo, es necesario rectificar la corriente con un diodo, eliminando de esa manera una alternación.

2. El nuevo registrador

Todos sabemos que el registrador de movimiento anteriormente analizado la mayoría de las veces da un registro irregular, porque

la lengüeta vibrante tiene una masa relativamente alta y aparece un repiqueteo, el que da como consecuencia que en el registro de un movimiento prácticamente uniforme, aparezcan puntos agrupados dos a dos, lo que nos lleva a tomar varios pares de ellos por intervalo, para compensar las irregularidades y las incertidumbres introducidas, aparte de los desajustes propios de un sistema mecánico y el rozamiento que introduce.

Hemos visto más de una vez rezongar al profesor y al ayudante preparador por la pérdida de tiempo que ello implica; es por esa razón que, como ayudante preparador, he estudiado el tema recurriendo a la electrónica para su solución.

El proyecto fue presentado por primera vez, en prueba, en el Segundo Encuentro de Profesores de Física organizado por APFU, y fue recibido con gran esperanza de solución a un problema que nos atañe a todos. Hoy puedo decir que el **registrador electrónico** es una realidad y está funcionando en el Liceo de Flores con óptimos resultados y que, en otros liceos del país, ya lo tienen porque los ayudantes preparadores y profesores, recurriendo a los circuitos planteados, lo han construido.

Es sabido que muchos han tenido problemas para su construcción y es por eso que, en este informe, lo analizaremos en detalle.

Consiste en un sistema que:

- no tiene lengüeta vibrante,
- no utiliza carbónico,
- no usa cinta común, sino papel térmico,
- tiene un rozamiento mínimo en la cinta.

El marcador es una chispa eléctrica que, al atravesar el papel, pierde energía cinética. Aparece entonces energía calorífica que quema el papel, en puntos (de un solo lado) muy pequeños y bien definidos. Esto le da una gran precisión, la que aumenta más todavía pues, al no haber una lengüeta vibrante, tampoco hay repiqueteo.

Un detalle a tener en cuenta es que este

registrador marca efectivamente cincuenta puntos en cada segundo, sin repiqueteo, y de gran precisión por su pequeñez: esto permite tomar puntos uno a uno sin temor a equívocos y analizar registros para tramos más cortos sin problemas.

El circuito presentado es extremadamente simple, pero hay que tener en cuenta los detalles que se indican.

Circuito eléctrico del registrador electrónico

Analizando el circuito (figura 1), vemos que el sistema trabaja directamente conectado a la línea de 220 voltios pero, como para su uso va cerrado en una caja, no hay inconveniente.

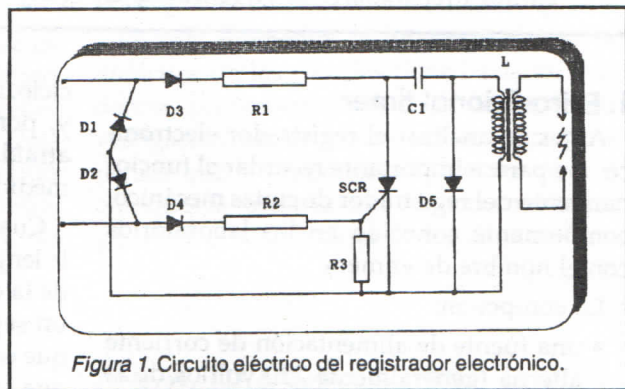


Figura 1. Circuito eléctrico del registrador electrónico.

nientes de descarga hacia el operador.

El funcionamiento es fácil de entender pues lo dividiré en dos partes: la primera corresponde a la alternación positiva y la segunda a la alternación negativa. Por lo tanto, hablaremos de un circuito de carga y uno de disparo y descarga.

El circuito de carga actúa en la alternación positiva almacenando energía en un condensador y el circuito de disparo y descarga actúa en la alternación negativa, descargando el condensador a través de un transformador elevador, el que hace aparecer una tensión de algunos miles de voltios suficientes para hacer saltar una chispa eléctrica entre dos electrodos.

Circuito de carga

Está formado (figura 2) por el diodo

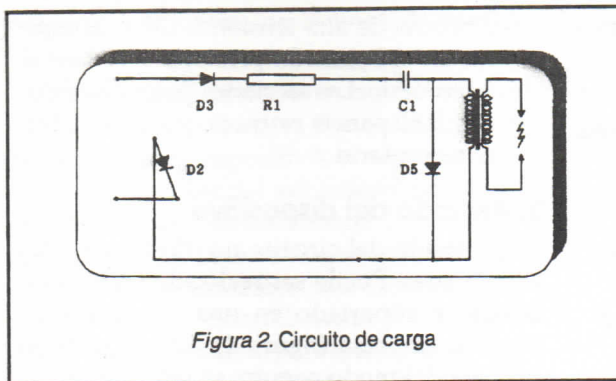


Figura 2. Circuito de carga

rectificador D3, la resistencia R1, el condensador C1 y los diodos rectificadores D5 y D2.

Podemos ver que D3 y D2 son partes de un puente de Graetz que corresponde a una alternación (positiva, por ejemplo).

Por la serie antes mencionada circula corriente hasta que C1 se carga. Cabe destacar que el producto $R1 \cdot C1$ es fundamental pues nos da la constante de tiempo de carga de la serie cuyo valor multiplicado por 5 no debe ser superior a 1/100 de segundo pues dicho condensador debe quedar cargado en la primera alternación (recordar que el tiempo práctico de carga de un condensador es cinco veces el valor de $R \cdot C$).

El diodo D5 hace que la corriente de carga no circule en alta intensidad a través del primario del transformador T durante la carga del condensador, con lo que evita inducción de alta tensión en la bobina en momentos incorrectos.

La resistencia R1 debe ser de una potencia tal que soporte la intensidad de corriente que circulará a través de ella cuando C1 esté descargado: se ha encontrado que una potencia de 10 watts es suficiente.

Circuito de disparo y descarga

El circuito de disparo (figura 3) está formado por el diodo rectificador D4, la resistencia R2, el gatillo del SCR junto con R3, retornado por el diodo rectificador D1; es decir que funciona cuando el circuito de carga está inactivo.

El diodo D4, junto con D1, son la otra

parte del puente de Graetz y permiten que la corriente circule excitando el gatillo del rectificador controlado (SCR), el que conducirá cerrando un tercer circuito que llamaremos de **descarga**, en que el condensador C1 se descargará a través del Tiristor y el primario del transformador (bobina de alta tensión B). Dado que esta descarga es muy breve, se inducirá en el secundario una fuerza electromotriz de alta tensión la que, si los cables

terminales están muy cerca, ionizará el aire y saltará entonces una chispa eléctrica que, al perder energía, marcará un papel «térmico» interpuesto en su camino. El diodo D5 tiene aquí otra misión muy importante y es la de completar un circuito para la corriente autoinducida en el primario del transformador, con lo cual se protege el SCR (Tiristor) contra sobretensiones y a la vez prolonga el tiempo de duración de la chispa, mejorando la nitidez del punto registrado.

El valor de la resistencia R2 es crítico y debe ser tal que la intensidad que permita circular a través de ella sea capaz de gatillar el SCR. Como ella trabajará aproximadamente en 220 voltios, la potencia no puede ser inferior a 1 watt. En realidad, la potencia disipada es mayor que 2 watts, pero el tiempo en que funciona es solamente aquél en que se registran cintas por lo que no llega a calentarse.

Se trata de armar el sistema lo más chico posible y aislado de tal manera que no exista un contacto directo entre el operador y la alta tensión, para lo cual la bobina de alta se

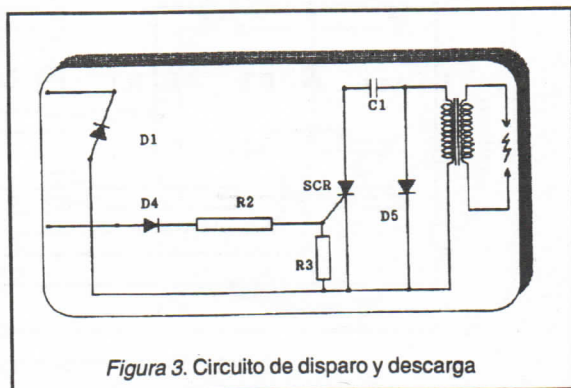


Figura 3. Circuito de disparo y descarga

coloca en resina poliéster, sumergiendo también los electrodos que servirán de chisperos.

Se debe agregar un pulsador para cortar el funcionamiento, el que se puede intercalar en el cable de alimentación del registrador.

Los materiales

Los materiales para este dispositivo son:

- 5 diodos rectificadores 1N 4007
- 1 resistencia (R1) de 470 ohmios, 10 W
- 1 resistencia (R2) de 22 ohmios, 1 W
- 1 resistencia (R3) de 470 ohmios 1/8 W
- 1 SCR (Tiristor) 8A, 400 V
- 1 condensador (C1) de 1 μ F, de papel aislado a 300 V

- 1 bobina de alta tensión L (30 a 40 espiras en el bobinado primario y 800 en el secundario. Las secciones de los alambres son: 0,60 para el primario y 0,15 a 0,22 en el secundario.

3. Armado del dispositivo

El armado del circuito no ofrece mayores dificultades. Puede ser realizado en tiras de anclaje o soportado en una plaqueta de pertinax impresa (figura 4). La plaqueta se prepara del modo común: se pinta con marcador Edding 2000 la parte que debe quedar impresa y se la coloca en solución de percloruro férrico.

Una vez preparada, se calan los agujeros y se procede a colocar los componentes del lado no impreso (figura 5). Se sueldan dichos componentes, teniendo cuidado para no levantar el impreso al calentarlo.

Después de armado el circuito en la plaqueta y conectada la bobina de alta tensión, es importante probarlo antes de continuar, teniendo especial cuidado porque se tra-

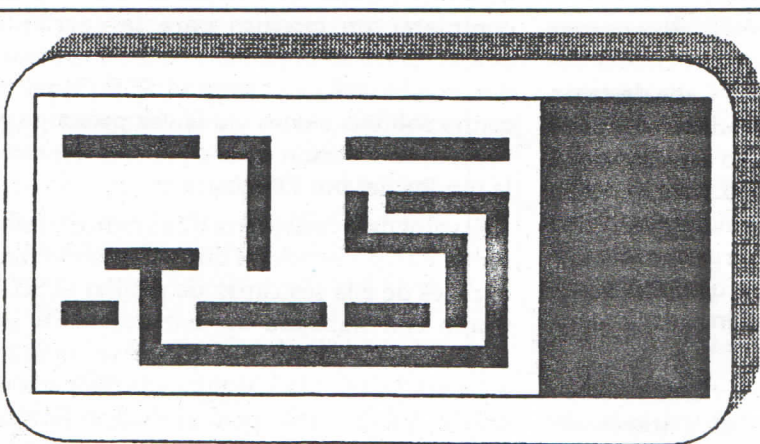


Figura 4. Impreso. Tamaño normal.

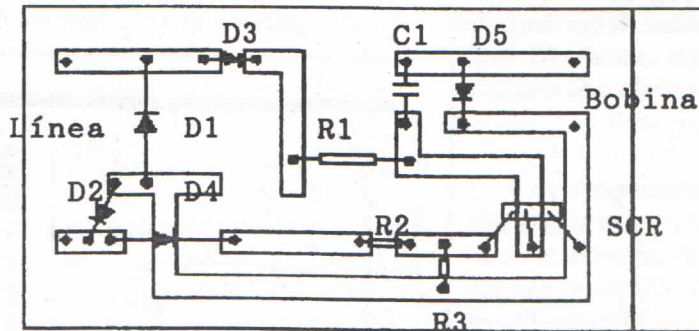


Figura 4. Disposición de componentes. Tamaño normal

baja con 220 voltios de la línea de energía eléctrica.

El punto más crítico está en la protección de la bobina de alta tensión. Por lo tanto, antes de alimentar el dispositivo, es necesario acercar los terminales del secundario hasta una distancia de aproximadamente 0,5 mm (medio milímetro). Esto es así porque, entre los terminales, se establece una diferencia de potencial de aproximadamente 5000 voltios y si no se da un camino para el salto de chispa, se puede perforar el bobinado e inutilizarlo.

Si todo ha sido armado correctamente, al alimentar el sistema debe aparecer un arco violáceo entre los terminales del bobinado. Resta solamente preparar los chisperos y el pasador de la cinta, para lo cual hemos colocado la bobina en resina poliéster, soldando previamente los terminales a tuercas que servirán para sostener los tornillos chisperos (figura 6).

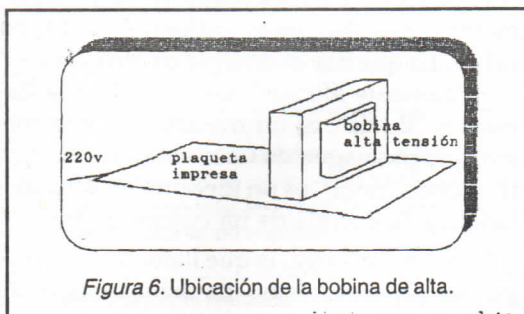


Figura 6. Ubicación de la bobina de alta.

Antes de embeber la bobina en poliéster, se pasa el tornillo guía engrasado por las tuercas y el conjunto se coloca en un recipiente armado con cartón y engrasado.

Después de fraguado el poliéster, se desmolda y se saca dicho tornillo. Se cala una ranura por donde pasará la cinta y el mismo tornillo que sirvió de guía se corta en dos partes a cada una de ellas se le hace punta en un extremo y en el otro una muesca para moverla con destornillador (figura 7). La separación entre electrodos es un ajuste final para el registrador y, aunque no es difícil, puede traer pequeños inconvenientes con la bobina.

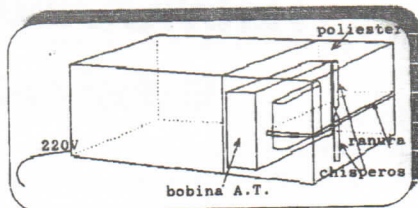


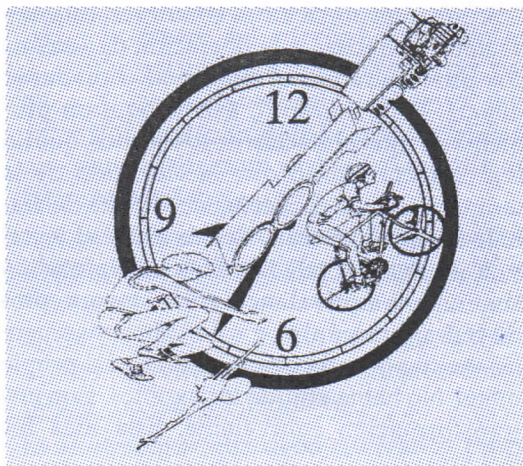
Figura 7. Disposición de chisperos y ranura.

Se coloca en la ranura una chapa de aproximadamente 0,5 milímetros de espesor y se ajustan los tornillos chisperos hasta que se afirman en ella: una vez que se la retire, dejará las puntas de los tornillos muy próximas.

Ahora se pone en funcionamiento. Debe aparecer un arco violáceo tal que, si le interponemos papel térmico, lo marcará dejando un registro de puntos pequeños y bien definidos.

La parte de la plaqueta que no se cubrió con poliéster debe cerrarse en una caja plástica o de acrílico pues no debe olvidarse que se trabaja con los 220 voltios de la red de alimentación.

Es de esperar que este simple pero eficaz dispositivo pase a ser un útil instrumento de laboratorio, como lo ha sido ya en muchos liceos del Uruguay, y mejore de esta manera la experimentación realizada por nuestros alumnos.



TERMODINÁMICA (Parte II)

El desarrollo de las ideas

Mario Guerra

Profesor del IPA, Consultor de UNESCO

Primeras especulaciones sobre la imposibilidad constructiva de la máquina de movimiento perpetuo

1. Cuando Julius Robert Mayer realizó sus razonamientos tendientes a establecer el Primer Principio de la Termodinámica, ya existían trabajos anteriores, realizados por el científico norteamericano Benjamín Thompson, al que generalmente se conoce como Lord Rumford. Este investigador ya había realizado algunas especulaciones acerca de la naturaleza del «calor». Había distinguido este concepto del concepto de temperatura y, además, había destruido la idea de «calor» como sinónimo de «fluido intangible contenido en los cuerpos». La base del análisis crítico de Rumford, se halla en la observación que realizara acerca de la elevación de temperatura del agua refrigerante de los taladros utilizados en la construcción de los cañones bávaros.

Según interpretaciones anteriores, esta elevación era debida a la liberación de «calórico» provocada por el taladro al «horadar el metal». Para Rumford, existía aquí un problema de interpretación de los hechos, que no era correcta. Pensó que la elevación de la temperatura era consecuencia directa del trabajo realizado por la fricción entre el metal y la mecha del taladro. Esta interpretación sugería una equivalencia entre los conceptos de trabajo mecánico y calor. En consecuencia, no había nada que se liberara del propio metal. No había «fluido intangible», sino una transformación equivalente. Esta idea fue

posteriormente reafirmada, en el celebre experimento realizado por Humphry Davy que, frotando hielo, logro elevar la temperatura «por una transferencia interna de calor entre los trozos». Para establecer cuantitativamente esta equivalencia, se debería esperar algunos años más. La afirmación de Rumford tenía el carácter de una «conjetura plausible» acorde con los hechos. Para aclarar algunos aspectos del problema, Rumford recurre a una analogía, probablemente debida a Joseph Black, que podemos resumir en estos términos: «después que la lluvia cayó, ya no es más lluvia, sino solamente agua. Análogamente, después que se produjo una transferencia de energía en base a un mecanismo o procedimiento, que llamamos «calor», éste ya no existe. Lo que hay es energía en otro sitio». Y seguidamente afirma: «así como lo que llamamos "lluvia", es un mecanismo, una forma, que pasa agua de un nivel a otro, lo que llamamos "calor", es un mecanismo de transferencia de energía de un cuerpo a otro».

En forma análoga, lo que llamamos «trabajo», es un mecanismo de transferencia de energía de un cuerpo a otro, mediante la aplicación de fuerzas que desplazan su punto de aplicación. En general, la energía de un sistema puede modificarse por transferencias de dos tipos. Juzgando las cosas desde el sistema, en virtud de la equivalencia de ambos mecanismos en cuanto a la modificación energética, no es posible, después que el cambio de energía se ha producido, saber si el mecanismo de transferencia ha sido «trabajo» o «calor». La cuestión es entonces: si disponemos de un sistema físico, que modifica su energía del estado E_1 inicial, al estado final E_2 , la cuantía de este cambio coincide con la medida de la transferencia neta que el sistema ha experimentado. El establecimien-

to de esta afirmación es el final de un largo proceso de investigación, que se puede considerar que comienza con la búsqueda de la máquina de movimiento perpetuo. Supongamos **que fuera posible** construir un mecanismo de movimiento perpetuo, que **rindiera cierto trabajo en el exterior**, W , y que eventualmente cierta energía transferida como calor Q , durante un ciclo. ¿Cómo deberían ocurrir las cosas, desde el punto de vista energético?. Es claro que, para mantener el funcionamiento, **alguna fracción de W y Q** , deben ser invertidas en el propio mecanismo, para llevarlo a su situación inicial, de modo de emprender otro ciclo. Llamemos W' y Q' a las fracciones **aprovechables en el exterior**; llamemos W'' y Q'' a las fracciones **reinvertidas en el propio mecanismo, suficientes para restituirlo a su condición inicial**. Estas últimas, son transferencias **internas al mecanismo**.

De acuerdo con esto, tendremos:

$$W = W' + W'' \quad \text{y} \quad Q = Q' + Q''.$$

En el esquema siguiente, se resume la situación:

Un sistema se halla inicialmente en un estado de energía E y después de realizar cierto proceso físico, realiza cierto intercambio de energía en forma de trabajo y calor con el ambiente, retornando al estado de partida .			
Transferencia W realizada por el mecanismo que llamamos TRABAJO		Transferencia Q realizada por el mecanismo que llamamos CALOR	
Trabajo W' aprovechable en el exterior	Trabajo W'' reinvertido en el propio mecanismo	Calor Q'' reinvertido en el propio mecanismo	Calor Q' aprovechable en el exterior

El cuadro resume el funcionamiento de una máquina de movimiento perpetuo, donde las cuantías W' y Q' se transfieren al ambiente, y serían utilizables **sin gasto alguno**. El sistema se restituiría a su estado inicial, reinvertiendo la cantidad de energía $(W'' + Q'')$.

En el esquema anterior, la cuantía $(W'' + Q'')$, retorna al sistema y es lo necesario para reiniciar el ciclo. Entonces, la cuantía $(W'' + Q'')$,

aprovechable en el exterior, **se ha generado en el mecanismo, sin compensación alguna del exterior**. ¡¡Esta es la base de la perpetuidad del movimiento!!.

Volvamos por un momento a Julius Robert Mayer. En 1840, viajó a Rotterdam, como médico del navío «Java», con el cual se dirigió hacia las Indias del Este. No es seguro que, en esta época, Mayer conociera los trabajos de Black o Rumford. En cambio, estaba **bien informado** de los trabajos de Antoine Lavoisier. En opinión de este último, «el calor animal era generado por lenta combustión interna de los alimentos». Cuando el «Java» llegó a las Indias del Este, ¡28 de sus tripulantes sufrían de un pronunciado estado febril!. En esa época, el tratamiento de la afección se basaba en extraer sangre del paciente. Mayer **observó** que la sangre venosa de los pacientes era **más clara de lo normal**. Cuando la sangre es clara, ello significa que su contenido en oxígeno **es mayor**. En consecuencia, la sangre venosa de los pacientes de Mayer disponía, en la zona tropical, de mayor contenido de oxígeno que el habitual.

Dicho de otro modo: los pacientes, en las zonas calientes, consumían **menos** oxígeno para su proceso metabólico que en las zonas frías. Esta conjetura está de acuerdo con la opinión de Lavoisier, según la cual, «cuando el organismo se halla en una región caliente, necesita **menos combustión interna** (oxidación), para mantener la temperatura del cuerpo». Lavoisier expresaba, además: «el cuerpo, para su metabolismo, utiliza el calor proveniente de los alimentos, **dado que debe realizar un exacto balance de dos factores opuestos**».

¿Cuáles eran estos «factores opuestos»? Mayer, identificaba como fundamentales los siguientes:

- las pérdidas en forma de calor, hacia el exterior, en virtud de la diferencia de temperatura con los alrededores;
- el «trabajo» que debe realizar el propio

cuerpo para realizar sus movimientos.

Mayer concluyó entonces que el «trabajo» y el «calor» eran **«meras formas o manifestaciones de la fuerza»** (debemos traducir este término por la palabra **energía**), ya que ellos se originan en la combustión de los alimentos en el metabolismo».

Estas **conjeturas** no se apoyaron por experimento alguno. No hay elementos cuantitativos de apoyo. No disponía de laboratorios adecuados, ni de dinero para realizar los experimentos necesarios, para afirmar o refutar sus opiniones. No obstante, pudo examinar datos provenientes de experimentos realizados por otros investigadores, referidos al calor específico del aire.

Así, pudo establecer una relación entre la unidad de medida del «calor» y la unidad de medida del «trabajo». Determinó así, «el equivalente mecánico del calor», cuyo resultado y fundamento envió a la Revista Annalen der Physik und Chemie. El trabajo de Mayer fue **rechazado**. En 1842, apareció en un diario un relato de sus trabajos, estableciéndose este enunciado: **«Una vez existente, la fuerza (energía) no puede ser aniquilada; solamente puede cambiar de forma»**.

Aparecen, por primera vez, **dos ideas fundamentales: conservación y transformación**, aplicados a la energía. En consecuencia, **no es posible compatibilizar este enunciado con la aspiración de los constructores de motores de movimiento perpetuo, quedeseaban crear energía de la nada**.

Se había asestado así un golpe mortal a una aspiración con siglos de existencia. ¿Por qué es así?. Veamos. De acuerdo con estos conceptos, la interpretación del Esquema I, cuantitativamente planteada, es así:

$$W' + Q' + W'' + Q'' = 0$$

ya que, en un miembro, han de figurar todas las transferencias (externas e internas) y, en el segundo miembro, el efecto global de las mismas, en el cambio neto de energía del sistema, **que ha de ser nulo en cada ciclo**. Las transferencias internas se originan en fuerzas y diferencias de temperatura que el propio sistema debe poner en juego para restituirse

al estado inicial de partida y recomenzar el ciclo. Entonces, las transferencias aprovechables en el exterior son exactamente opuestas a las transferencias internas. Pero no es posible «obtener más energía aprovechable» que la proveniente de las transformaciones internas. Para completar estas cuestiones, es necesario que nos refiramos a otra figura fundamental en este proceso constructivo de la Termodinámica Clásica. Con las conjeturas de Mayer, se establece la existencia de un balance «con saldo cero» en lo referente a las transformaciones energéticas.

2. James Prescott **Joule** nació 20 años después que Mayer. Era hijo de prósperos cerveceros ingleses. Estudió Química con John **Dalton**, pero muy tempranamente se dedicó al estudio de los fenómenos eléctricos. Hacia 1840, realizó cuidadosas medidas, con la finalidad de determinar **la cuantía de trabajo necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua de 60°F a 61°F**. Determinó así que eran necesarias 838 libras-pie, para ese fin. Posteriormente afinó su mediciones y, en 1843, determinó el valor 772 libras-pie, lo cual es un valor **muy aceptable**, si tenemos en cuenta el valor actualmente aceptado de 778,16 libras-pie. La discrepancia no excede al 8%. Con esta medida, Joule, logró **cuantificar lo afirmado por Mayer**.

3. En 1847, Hermann von **Helmholtz**, convenció a la comunidad científica de que la búsqueda de la máquina de movimiento perpetuo **no podía tener éxito**. Los fracasos sucesivos en esa empresa **sugirió** a Helmholtz la afirmación de que tal mecanismo **no podía construirse**. El trabajo de Helmholtz, referido a esta cuestión, comienza así: **«El movimiento perpetuo de una máquina es axiomáticamente imposible»**.

Basado en esta afirmación, Helmholtz resuelve el problema de construir la máquina de movimiento perpetuo en forma negativa y **no tiene que demostrar** que ello no es posible. El **único modo de refutar la afirmaciones construir un motor de movimiento perpe-**

tuol. Si Ud. logra concretar esto, entonces, en forma automática, **el principio cae** y, con él, una de las piedras angulares del edificio conceptual de la Física. En este sentido, Helmholtz se inspiró en un trabajo similar, realizado con anterioridad por el físico Leonard Sadi Carnot, que estableció un enunciado negativo de partida, llamado actualmente, **Segundo Principio de la Termodinámica**.

Así como Carnot logró obtener conclusiones fundamentales acerca de las transformaciones físicamente posibles de la naturaleza, Helmholtz esperaba que ocurriera otro tanto con su enunciado. Efectivamente así fue.

Aceptando el enunciado de Helmholtz, hay que **rechazar** el Esquema I, por no ajustarse a nada realizable. Reafirma los conceptos de interpretar al trabajo y el calor como formas de transferencia de energía entre un sistema y el ambiente. Afirma asimismo que **no** son estas transferencias por separado las que se conservan, **sino la suma algebraica de ellas**, al mismo tiempo que ratifica el experimento de Joule sobre la equivalencia entre ambos mecanismos de transferencia. El trabajo de Helmholtz fue remitido a los «Annalen der Physik und Chemie». Del mismo modo como ya había ocurrido con el trabajo de Mayer, las investigaciones de Helmholtz fueron rechazadas.

Es necesario señalar un hecho importante: el enunciado de Helmholtz es típicamente falsable. De acuerdo con esto, su contenido nos expresa algo sobre el funcionamiento de la naturaleza.

Consecuencias del enunciado de Helmholtz

¿Cómo se debe corregir el Esquema I, para ajustarlo al enunciado de Helmholtz?. ¿Cómo se concilia el enunciado de Helmholtz con las ideas de conservación y transformación?. Si el mecanismo retorna al estado de partida de energía E , **no** puede existir una cuantía neta ($W'+Q'$), diferente de cero, **transferida al**

exterior, ya que esta transferencia **se compensa exactamente con la cantidad** ($W''+Q''$), necesaria para el restablecimiento del sistema a su condición inicial. En otros términos:

$$W' + Q' = -(W'' + Q'')$$

No queda «margen alguno de transferencia» para aprovechar en el exterior. Supongamos que el ciclo se realizara en dos etapas, (1-2) y (2-1). De modo que, si llamamos W_{1-2-1} y Q_{1-2-1} a las transferencias involucradas en el cambio (1-2-1), deberá cumplirse:

$$W_{1-2-1} + Q_{1-2-1} = 0$$

¿Qué significa este resultado, aplicado a un «motor de movimiento perpetuo», que evolucione en forma cíclica? Nos dice que **no** es posible obtener en el exterior una transferencia de energía en forma de trabajo, **sin la transferencia equivalente** en forma de calor. **No** es posible «crear trabajo de la nada» o invertir «menos para obtener más». Con esta conclusión, queda sepultada para siempre la aspiración de los constructores de «motores perpetuos».

Para un **sistema cerrado, que evoluciona entre estados de equilibrio 1 y 2**, el enunciado de Helmholtz, conduce a la relación:

$$W_{1,2} + Q_{1,2} = E_2 - E_1$$

De acuerdo con estas conclusiones, el enunciado del Primer Principio queda expresado así: «**Si un sistema cerrado evoluciona entre dos estados de equilibrio 1 y 2, el cambio de energía correspondiente** ($E_2 - E_1$), **tiene como medida la suma algebraica de la transferencia de energía intercambiada con el ambiente en forma de calor y trabajo**».

Aceptar este Principio equivale a negar la **existencia** del motor perpetuo. Se trata, en consecuencia, de una afirmación rebatible **únicamente** por la construcción de un mecanismo que lo viole. Desde un punto de vista estrictamente lógico, la afirmación contraria **no es descartable**. Cada intento fallido constituye un elemento más a favor

del enunciado que establece la imposibilidad, y hace que acrecentemos nuestra confianza en su veracidad.

Otros aspectos derivados

1) El Primer Principio, establecido en la forma anterior, es un enunciado general cuya concreta aplicación requiere algunos datos complementarios acerca del sistema y del ambiente. Concretamente: la evaluación del trabajo realizado por las fuerzas externas implica conocer las leyes que las gobiernan y el modo en que ellas operan: el cálculo de las transferencias de calor requiere el conocimiento de datos del ambiente y del sistema (por ejemplo: presiones, temperaturas, molaridades, ...etc). Este análisis es particular del problema concreto que se analiza. En consecuencia: con el Primer Principio disponemos de una regla general que nos permite plantear balances de energía y de las transferencias de ésta, a través de los dos mecanismos básicos que hemos denominado «trabajo» y «calor». En este sentido, el Primer Principio opera en forma similar a como lo hace el Segundo Principio de la Dinámica de Newton, donde es necesario **conocer la forma de las fuerzas** que operan sobre la masa para poder calcular la aceleración. El análisis de la naturaleza y leyes de las fuerzas que actúan es **particular del problema que se enfoca**.

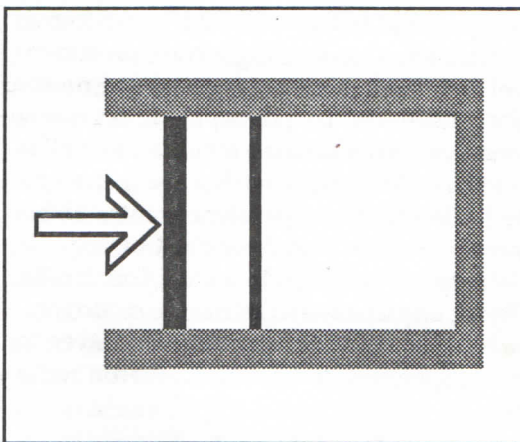
2) El enunciado del primer Principio niega la posibilidad de construir un motor de movimiento perpetuo, pero **nada afirma** sobre cuáles mecanismos o transformaciones físicas, **que no tengan ese carácter**, son realizables concretamente. Sin embargo, la naturaleza revela **que no todos** los mecanismos que cumplen con el Primer Principio son realizables. La situación es particularmente clara en el caso de las **máquinas cíclicas**. En un ciclo, los parámetros físicos del sistema (la máquina y la sustancia que evoluciona en la misma)

deben retomar su valor al cabo de cierto tiempo. En particular, la energía interna del sistema, debe tener cambio nulo, al cabo del ciclo realizado. Esto significa que el balance neto de las transferencias, ha de ser nulo también. En símbolos, tendremos:

$$W + Q = 0$$

Esta igualdad, podemos leerla en dos sentidos:

a) Al terminar un ciclo, la transferencia neta, en forma de trabajo, se convierte íntegramente en una transferencia neta de calor. Brevemente, sin mucha precisión, decimos: existe una **conversión íntegra y cíclica** de trabajo en calor. La figura muestra un ejemplo.



Se trata de un cilindro de material **aislante** con dos compartimientos, separados por un tabique **metálico** fijo. En cada sector hay un gas. Uno de ellos, tiene volumen variable, para lo cual dispone de un pistón de **material también aislante**, que corre sin fricción apreciable contra la pared del cilindro. Cuando se comprime el gas de la izquierda, se produce un aumento de temperatura en él, de modo que se incrementa su energía interna y hay un flujo de energía en forma de calor. El aumento de energía en este gas de la derecha, coincide con esta transferencia de calor, ya que **no** se realiza trabajo sobre este subsistema. El trabajo externo se ha transformado en una

cuantía equivalente de calor, transferido internamente. Si la pared de la derecha, que cierra al subsistema de ese lado, se cambia por una pared metálica, el calor se transfiere hacia el ambiente.

b) Al cabo de un ciclo, la transferencia neta de calor se convierte «íntegramente» en una transferencia neta de trabajo. Desde el punto de vista del Primer Principio, **esto no está prohibido**. No existe contradicción lógica en esta posibilidad. Sin embargo, **nunca se ha construido un mecanismo que realice esta transformación total**. ¿Qué se comprueba en todos los mecanismos que intentan realizar esta transformación cíclica completa de calor en trabajo?. Se verifica que, **en todos los casos, se «malgasta» algo de ese calor que no se transforma en trabajo**. Cuando una máquina evoluciona, las fricciones de sus partes móviles, las aislaciones térmicas defectuosas, son fugas **no** aprovechables en forma de trabajo. Esta situación es general, en cualquier mecanismo real. Pero, ¿qué ocurriría en un mecanismo perfecto, sin fricciones de ningún tipo, perfectamente aislado, y que funcionara de acuerdo con procesos físicos ideales?. ¿No será posible que la transformación total sea realizable?. La investigación de este problema fue realizada a comienzos del siglo XIX por Leonard Sadi Carnot. Sus descubrimientos están insertos en una obra culminante del pensamiento científico titulado «Reflexiones Sobre la Potencia Motriz del Fuego».

Allí, es posible encontrar una conclusión general: **no es posible convertir cíclicamente una cuantía de calor en una cantidad equivalente de trabajo**. Y esta afirmación incluye los mecanismos reales y los mecanismos ideales. La figura anterior resume gráficamente la situación. El rectángulo mayor representa la totalidad de los mecanismos termodinámicos de la naturaleza.

Los podemos separar en aquellos que **no** son cíclicos y aquellos que **son** cíclicos. Entre estos últimos, hay mecanismos **bitérmicos**

(son los indicados en el rectángulo rayado) y otros que **no** existen (son los mecanismos **monotérmicos**). En consecuencia, el rectángulo **no** rayado de la derecha, tiene **área nula**, ya que no incluye ningún mecanismo posible.

Todos los procesos y mecanismos reales de la naturaleza cumplen con el Primer Principio de la Termodinámica. Sin embargo, **no** todos ellos se pueden realizar, aunque el mismo se satisfaga. Este hecho constituye un principio independiente del anterior, llamado Segundo Principio de la Termodinámica.

No hay que creer que el Segundo Principio, a pesar de haber nacido históricamente de la consideración física de los ciclos monotérmicos y bitérmicos, está referido exclusivamente a este sector de fenómenos. No es así, como veremos en un futuro artículo destinado específicamente a este importante Principio.

Esta conclusión, señalada en el esquema anterior, conforma una aseveración **no** incluida en el Primer Principio.

Cuantitativamente, el Segundo Principio nos dice que, si W es el trabajo «rendido por la máquina en el exterior», y Q la cuantía de calor utilizada, se cumple: $W/Q < 1$

Este cociente, que **no** depende de si el mecanismo es ideal o no, se llama «rendimiento térmico del ciclo». En general, se trata del cociente entre el «beneficio obtenido (W) y la inversión realizada (Q)».

Carnot ideó una máquina **ideal**, basada en procesos físicos ideales, con rendimiento **maximal**, que opera entre dos temperaturas fijas extremas. El rendimiento de este motor bitérmico ideal **es también inferior a la unidad**. Si el motor opera entre esas mismas temperaturas, pero es **real**, su rendimiento es **siempre inferior** al correspondiente motor ideal que opera entre esas temperaturas. El análisis del Segundo Principio y un enfoque «viable» del mismo serán objeto, como expresamos anteriormente, de un artículo independiente.

"LA VUELTA ES DE TODOS Y PARA TODOS..."

Movimiento - 54ª Vuelta Ciclista del Uruguay

Mariana Castelnoble

Profesora de Física

Liceos N° 23 (Montevideo) y N° 1 (Las Piedras)

Introducción

Éste no es un artículo deportivo, sino que a través de él se pretende acercar una propuesta de trabajo distinta para el comienzo de la unidad 2 del programa de 3^{er} año de Física.

El objetivo de esta unidad, según el programa vigente, es "que el estudiante adquiera el concepto de aceleración y desarrolle instrumentos operacionales para medirla", para esto se debe lograr que el alumno defina y entienda el concepto de movimiento y reconozca aquellas magnitudes que están involucradas en él: distancia, desplazamiento, recorrido, trayectoria, tiempo, velocidad. El desarrollo del concepto de movimiento y la medición de las magnitudes involucradas en él son el eje central del trabajo propuesto.

La Semana de Turismo, o Semana Santa, o Semana Criolla, marca, en los cursos que recién han comenzado, un "impasse" que hace luego difícil la reinserción en los mismos. ¿Cómo hacer para mantener una actitud "activa" en los alumnos durante estos días? La respuesta la dio una denominación de esta semana que fue omitida adrede al comienzo: *la Semana de la Vuelta*. ¿Por qué no hacer que los estudiantes estuvieran informados acerca de la misma, siguiendo las diferentes instancias a través de los medios periodísticos que cubren e informan del desarrollo de esta prueba, y luego utilizar esta información?

La colaboración del la Federación Nacional de Ciclismo (F.N.C) fue muy importante,

ya que, a través de ella, comenzaron a surgir una serie de datos que contribuyeron a afianzar la idea y a ampliar la propuesta. *"Esta tradicional prueba del pedal, la cual es la más antigua dentro del concierto internacional amateur de ciclismo, en esta edición unirá las 19 capitales departamentales"*. El programa de 3^{er} año de Geografía se desarrolla en torno al estudio de los países del MERCOSUR, por lo cual los estudiantes podrían incorporar información extra que les sería útil para otra asignatura.

Primera etapa:

"y... se larga la vuelta"

Antes del comienzo de esta competencia, se planteó a los alumnos la idea de realizar en el laboratorio una cartelera en la cual se iría haciendo un seguimiento de las diferentes instancias de la Vuelta durante los días en que aún se estuviera en clase. Por su parte, la restante información la deberían traer para la primera clase posterior a la Semana de Turismo. Es así que a la cartelera se incorporaron recortes periodísticos e información obtenida (sobre tiempos, velocidades, distancias) de la televisión o de la radio. Grupos de alumnos concurren a Radio Sport y a Canal 4 a solicitar que se les guardara información grabada de las diferentes instancias. Se disponía además del itinerario con el de-

"El terreno con muchas curvas y sobre todo subidas, también fue un colador para que los ciclistas quedaran rezagados y sólo 17 hombres siguieron la marcha con el mismo ritmo"

"Últimas Noticias"
(Lunes 24 de marzo, 1997)

talle del *recorrido* [*] (concepto a definir) proporcionado por la F. N. C., con el cual los alumnos deberían realizar un mapa, con lo cual quedaría definida la *trayectoria* [*].

Segunda etapa: "nuevamente Federico Moreira..."

El fin de la 54ª edición de la Vuelta, marcó el comienzo de la segunda etapa del trabajo. La medición del trazado de las rutas en el mapa (utilización de un piolín) para el cálculo de la *distancia* [*] y el manejo de escalas fueron las dos metodologías incorporadas. Los alumnos comparaban los resultados obtenidos con la información brindada en el itinerario. La existencia de diferencias se discutía, explicándola a través de las escalas manejadas y de los errores en la medición.

"...cabe precisar, en lo deportivo, que luego de la diferencia lograda por Federico en la primera etapa (al igual que la vuelta que ganó en 1991), atacando después del repecho de Ramallo..."

"El País"

(Domingo 30 de marzo de 1997)

El (vector) *desplazamiento* [*] fue indicado en cada una de las etapas, relacionando la forma de la trayectoria con la similitud o diferencia entre los valores de la distancia y el módulo del desplazamiento. Finalmente se analizaba el valor de "velocidad promedio" (brindado por la prensa) llegando a la definición física de la *velocidad media* [*] y a la expresión matemática de cálculo del módulo de la misma.

El tiempo es la magnitud por la que se ordena a los corredores en la *clasificación individual*. La misma se hace siguiendo el criterio lógico "el primero es el que demoró menor tiempo en recorrer la distancia". Esto permite visualizar claramente la relación de proporcionalidad inversa con la velocidad. Pero, a su vez, la forma en que se presentan

"La etapa entre Rivera y Artigas pasó por ruta 5 y 30, con ondulaciones y colinas suaves, con una tranquilidad absoluta en el paisaje".

"El País"

(Miércoles 26 de marzo de 1997)

los registros de tiempo hace necesario llevar los valores a una misma unidad, para luego trabajar con ellos. Por otra parte, la lectura de la clasificación consistía otro desafío ya que normalmente, en las competencias, los tiempos de los competidores, a partir del segundo, se expresan como diferencias con el primero. Los ejercicios propuestos consistían en averiguar el tiempo que había empleado el competidor ubicado en el décimo lugar para cumplir con la etapa y la velocidad media del mismo.

Última etapa: ... la evaluación

En esta etapa, "dura, larga y llena de cuestas" para estudiantes y docentes, la propuesta fue un trabajo coordinado con Geografía. Dado que temporalmente el desarrollo del trabajo coincidió con el estudio del Brasil, el escrito planteado fue el siguiente:

Nací en la actual capital del Brasil, y nunca fui hasta su primera capital, El próximo mes lo haré, pero antes pasaré por la gran ciudad industrial del Brasil,

- 1) ¿Cuál será el valor de mi desplazamiento?
- 2) Si asumo que las carreteras que unen Brasilia con San Pablo y ésta con Río son aproximadamente rectas, ¿cuál es la distancia total recorrida?
- 3) Ya en Río, podría volar a Manaus, deseo conocer la selva..... En la compañía de aviación me dicen que el vuelo se realiza en línea recta; ¿cuál es la distancia recorrida?. Si la velocidad crucero de un avión es de 900 km/h, sin realizar escalas, ¿cuánto tiempo demoraré en llegar a Manaus?

La propuesta iba acompañada de un mapa de Brasil con su respectiva escala y ubicadas las ciudades que se mencionan en el texto.

"Así vi el trabajo...": comentarios finales

Estamos habitualmente sometidos a una pregunta típica por parte de los alumnos, en nuestras clases de Física: "¿Y esto, para qué me sirve?". En lo personal me ha motivado a tratar de buscar situaciones que puedan servir de punto de partida para el estudio de un

tema; creo que ésta fue una de las más elaboradas.

Constituye además un pequeño trabajo de investigación ya que los alumnos, una vez que obtienen los resultados, tratan de darles una interpretación: es el caso de los diferentes valores de velocidad media que los relacionan, en la clase de geografía, con las diferencias topográficas de los lugares en los cuales se fue desarrollando la competencia.

Entonces, ¿por qué no aprovechar este evento ya que, como lo dice el título del trabajo, "La Vuelta es de todos y para todos..."?

Agradecimientos. Quiero agradecer al Sr. Daniel Gutiérrez (Presidente de la Comisión Directiva de la Federación Nacional de Ciclismo), al Ayud. de Arq. Alex Cabrera (por su colaboración en el dibujo de mapas) y a la Prof. Virginia Cornalino (Profesora de Geografía del Liceo N° 23).

(Continuación de la página 16)

À Porlán, R. (1988)

El pensamiento científico y pedagógico de maestros en formación. En Rafael Porlán, J. Eduardo García y Pedro Cañal (Compil.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Díada, Sevilla.

À Claxton, G. (1994).

Educación mentes curiosas. Visor, Madrid.

À Chalmers, A. (1982).

¿Qué es esa cosa llamada ciencia?. Siglo XXI, Madrid

À Gardner, H.

Frames of Mind. The theory of multiple intelligences. Basic Books, New York.

Klimosky, G. (1995).

Las desventuras del conocimiento científico. A-Z Editora, Buenos Aires

Popper, K. (1962).

La lógica de la investigación científica. Tecnos, Madrid.

Pozo, I. (1987).

Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Visor, Madrid

UNESCO (1993).

Proyecto 2000 + : International Forum on Scientific and Technological Literacy for all. UNESCO, Madrid.

Driver, Rosalind.

Students' conceptions and the learning of science. Int. J. Sci. Educ., 1989, (11):481-490.

Gilbert, John K., Osborne, Roger J. y Fensham, Peter J.

Children's science and its consequences for teaching. Science Education, 1982, 66(4):623-633.

Nussbaum, Joseph.

Classroom conceptual change: philosophical perspectives. Int. J. Sci.Educ., 1989, (11):530-540.

Pozo, Juan I. y Carretero, Mario.

Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de las ciencias?. Infancia y Aprendizaje



LAS ECUACIONES DIFERENCIALES Y SU ESTUDIO CUALITATIVO

Víctor Martínez Luaces

Cátedra de Matemática. Facultad de Química / IMERL. Facultad de Ingeniería

En muchos problemas físicos aparecen naturalmente las ecuaciones diferenciales, e incluso los sistemas de ecuaciones diferenciales, cuya utilidad queda de manifiesto en varios ejemplos que aquí se presentan.

También se muestran aplicaciones a la Química, la Biología y la Economía.

Con frecuencia no es necesario resolver una ecuación o sistema para extraer conclusiones sobre el comportamiento del sistema físico que se pretende modelar. Para ello, suele ser suficiente un estudio cualitativo.

Además de la importancia que el tema tiene en sí mismo, es indudable su relevancia desde el punto de vista de la historia de la ciencia en el Uruguay, dada la magnitud de las contribuciones realizadas a dicho tema desde nuestro país.

INTRODUCCIÓN

La definición de derivada aparece motivada, desde el punto de vista matemático, por el cálculo de la pendiente de la tangente a una curva en un determinado punto, bajo ciertas condiciones de regularidad. Entonces, por ejemplo, una función real, de variable real, con derivada positiva será creciente, con derivada negativa será decreciente, etc.

Para los físicos, en cambio, la derivada aparece más comúnmente relacionada con la velocidad. En efecto, si un móvil recorre un cierto espacio Dx en un intervalo de tiempo DT , es posible definir su velocidad media como el cociente Dx/Dt . Este cociente incremental, cuando Dt tiende a cero, dará en el límite la velocidad instantánea, que numéricamente coincide con el valor de la derivada, para la cual se suelen utilizar notaciones como $x'(t)$, $\dot{x}(t)$ o dx/dt , entre otros.

De igual modo, la aceleración está involucrada con la derivada segunda.

En general, cualquier sistema en movimiento, tendrá asociada una cierta ecuación en que

estarán relacionadas las derivadas de cierta función incógnita. Este tipo de ecuación se conoce en matemática como Ecuación Diferencial y su aplicabilidad quedará de manifiesto en los siguientes ejemplos.

ALGUNOS EJEMPLOS FÍSICOS Y DE OTRAS CIENCIAS

1. Desintegración radiactiva

Las sustancias radiactivas se descomponen de un modo tal que su velocidad de descomposición es proporcional a la masa de sustancia radiactiva que hay en cada instante, es decir:

$$\frac{dm}{dt} = -km$$

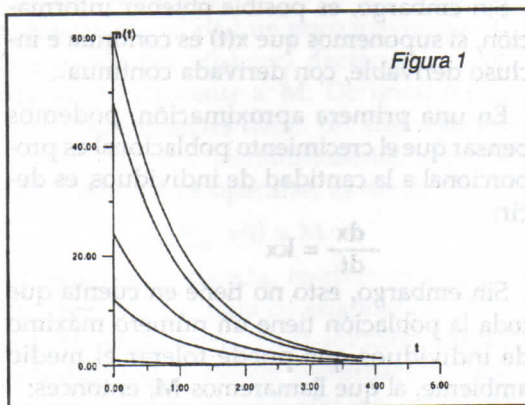
donde k representa una constante positiva propia de cada elemento radiactivo, m es la masa de dicho elemento y t es el tiempo transcurrido.

Si en el instante t_0 la masa era m_0 , entonces a la ecuación diferencial se le agrega la condición inicial $m(t_0) = m_0$.

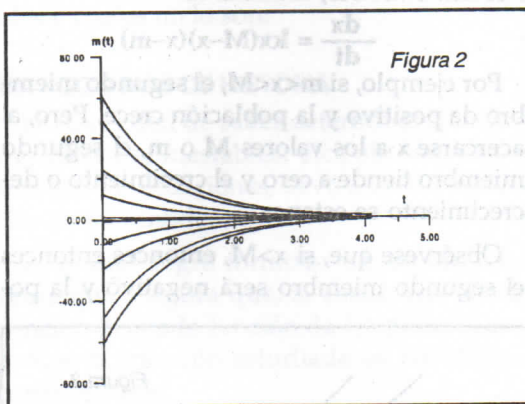
Es fácil ver que $m(t) = m_0 \exp[k(t-t_0)]$ verifica la ecuación y la condición inicial. Es de-

cir, para las diferentes condiciones iniciales posibles, las soluciones darán siempre exponenciales decrecientes.

Resulta entonces un mapa de soluciones como en la figura 1.



Si se deja de lado el significado físico de m y t , se puede extender el mapa de soluciones a todo el plano y se obtiene lo que se muestra en la figura 2.



2. Caída de un cuerpo en un medio resistente

Sea m la masa de un cuerpo que cae en un medio resistente (por ejemplo, en el aire) y supongamos que dicha resistencia resulta proporcional a la velocidad. Entonces:

$$ma = mg - kv$$

siendo k la constante de proporcionalidad correspondiente.

Entonces:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv$$

o sea:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = g$$

Si la velocidad inicial es cero, tendremos la ecuación diferencial con condición inicial:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = g \quad v(0) = 0$$

La solución es algo más complicada que en el caso anterior, pero ahora no vamos a entrar en ese tema, ya que no pretendemos hacer un estudio cuantitativo.

3. Un ejemplo económico

Si $C(t)$ es el capital acumulado hasta el instante t con una tasa de interés r , entonces se verifica que:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{C(t+h) - C(t)}{h} = rC(t) \quad \text{para todo } h > 0$$

Realizando algunas operaciones elementales resulta:

$$\frac{dC(t)}{dt} = rC(t)$$

Es decir que:

$$\frac{dC}{dt} = rC$$

lo que, agregado a la condición de que el capital inicial es C_0 , da el siguiente problema:

$$\frac{dC}{dt} = rC \quad C(0) = C_0$$

Obsérvese la similitud con el ejemplo de la desintegración radiactiva.

4. Un ejemplo químico

Por una cuestión de formación, me resulta casi inevitable presentar un ejemplo químico.

A fin de no complicar la exposición, llamaré A , B y C a tres sustancias que reaccionan de acuerdo con:



Es decir, el reactivo A da B , mediante una reacción cuya constante de velocidad es k_1 y luego B da el producto C mediante una segunda reacción de constante k_2 .

Si $[A]$, $[B]$ y $[C]$ indican las concentraciones de A, B y C, respectivamente, en función del tiempo resulta:

$$\frac{d[A]}{dt} = k_1[A]$$

$$\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B]$$

$$\frac{d[C]}{dt} = k_2[B]$$

Éste es un sistema de ecuaciones diferenciales donde la primera ecuación responde a la desaparición de la especie A con el tiempo. La segunda y la tercera ecuación contemplan la generación de las especies B y C a medida que avanza la reacción.

Si al comenzar este mecanismo sólo estaba presente la especie A en la concentración A_0 , se puede agregar la condición inicial:

$$[A]_{t=0} = A_0 \quad [B]_{t=0} = [C]_{t=0} = 0$$

Como es obvio, la reacción va a ser notablemente más complicada que en los casos anteriores, al tratarse de un sistema y no de una sola ecuación.

UN POCO DE HISTORIA

Muchas veces, resolver una ecuación o un sistema de ecuaciones diferenciales es complicado y, en cierto sentido, innecesario. En efecto, en muchas aplicaciones basta conocer el comportamiento cualitativo de las soluciones sin necesidad de hacer una determinación cuantitativa.

Seguramente, esto llevó a muchos matemáticos, físicos, astrónomos, etc. a interesarse por el tema. El matemático ruso Lyapunov definió el concepto de estabilidad de soluciones de ecuaciones y sistemas. No vamos a entrar en los detalles formales de esta definición sino que examinaremos un ejemplo concreto.

Un modelo de población

Se estudia el crecimiento de una población que puede ser humana, bacterial, animal, etc.

Si $x(t)$ da la cantidad de individuos de la población en el instante t , entonces $x(t)$ será una función discontinua que aumenta una unidad cada vez que nace un individuo y que disminuye una unidad por cada muerte.

Sin embargo, es posible obtener información, si suponemos que $x(t)$ es continua e incluso derivable, con derivada continua.

En una primera aproximación, podemos pensar que el crecimiento poblacional es proporcional a la cantidad de individuos, es decir:

$$\frac{dx}{dt} = kx$$

Sin embargo, esto no tiene en cuenta que toda la población tiene un número máximo de individuos que puede tolerar el medio ambiente, al que llamaremos M ; entonces:

$$\frac{dx}{dt} = kx(M-x)$$

Esta segunda aproximación no contempla el número mínimo de individuos, m , por debajo del cual la población no es viable. Resulta entonces, finalmente:

$$\frac{dx}{dt} = kx(M-x)(x-m)$$

Por ejemplo, si $m < x < M$, el segundo miembro da positivo y la población crece. Pero, al acercarse x a los valores M o m , el segundo miembro tiende a cero y el crecimiento o decrecimiento se estanca.

Obsérvese que, si $x > M$, entonces entonces el segundo miembro será negativo y la po-

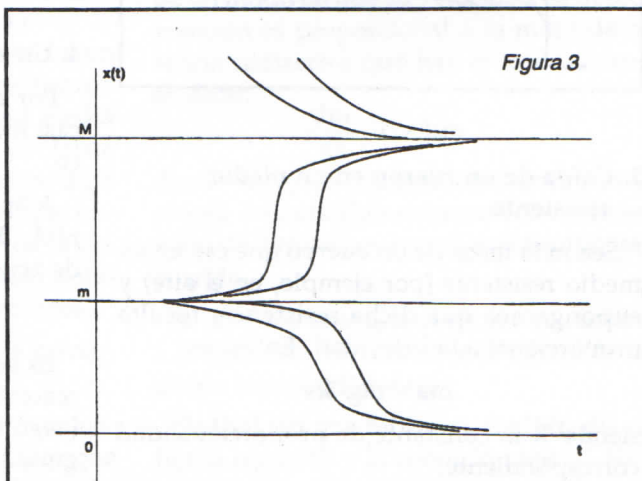


Figura 3

blación decrece. Lo mismo ocurre si $x < m$. Lo expresado anteriormente queda representado en la figura 3.

Si la población se encuentra a su nivel máximo, una pequeña perturbación tiende a desaparecer con el tiempo. En efecto, si, en cierto instante t_0 , es $x(t_0)$ un poco mayor que M , la solución por $x(t_0)$ será decreciente y tenderá asintóticamente a M . De igual modo, unas pocas muertes darán un $x(t_0)$ algo menor que M , pero, asintóticamente, la población tenderá a recuperarse, es decir,

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} x(t) = M$$

Cuando ello suceda, tendremos estabilidad, más aún, se trata de estabilidad asintótica. Por el contrario, en la solución $x(t) = 0$, para todo $t > 0$, cualquier perturbación apareja la extinción de la población, o el crecimiento de la misma asintóticamente hacia M . La solución $x(t) = m$ para todo $t > 0$ es entonces inestable. Este ejemplo deja claro que lo que realmente importa no es cuantificar las soluciones, sino saber cuáles de ellas son estables y cuáles no lo son.

UN POCO MÁS DE HISTORIA

La necesidad de saber determinar soluciones estables, inestables, etc., sin tener que resolver las ecuaciones, llevó a buscar métodos en tal sentido.

Lyapunov logró formular un famoso teorema que asegura que, si existe una cierta función (llamada función de Lyapunov), entonces la solución estudiada es asintóticamente estable.

Dada la enormidad de aplicaciones que tiene el tema, el teorema tuvo una relevancia enorme. A la hora de controlar una población biológicamente, o de analizar el movimiento de un motor o de una turbina, o estudiar la evolución de un modelo económico o de una cadena de reacciones químicas, resulta fundamental determinar qué soluciones

son estables. El teorema de Lyapunov es una herramienta imprescindible en el logro de ese objetivo.

Sin embargo, el teorema no dice que la función de Lyapunov exista siempre que haya estabilidad asintótica. Es decir, era necesario en ese momento, luego de la aparición del teorema de Lyapunov, encontrar un recíproco que asegurara que valía la pena (o no) buscar la función antedicha.

LA GRAN CONTRIBUCIÓN URUGUAYA

Si bien muchos matemáticos del mundo entero trataron de encontrar el recíproco del teorema de Lyapunov, tal vez para sorpresa general, el resultado lo obtuvo el uruguayo José Luis Massera. La producción científica de Massera le valió el reconocimiento nacional e internacional. Es Doctor Honoris Causa en las universidades de Berlín, Roma, Niza, Quito, Puebla, Budapest, Pisa, La Habana, etc. y cuando fue detenido por razones políticas pidieron su liberación varios parlamentarios, ministros, ex-presidentes, escritores, artistas y científicos de todo el mundo (incluidos cincuenta premios Nobel), entre otras personalidades.

El recíproco del teorema de Lyapunov es, sin duda, la gran contribución uruguaya a la Matemática y, en mi opinión personal, a toda la ciencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez Luaces, 1996: *Notas para el curso de Matemática III de Ingeniería de Alimentos* Cátedra de Matemática. Facultad de Química, Montevideo
<http://bilbo.edu.uy/~math/mathIII/curmatIII.html>
- Arocena, Pérez, Accinelli, Markarian, Schaffer, Zubillaga, Abete, Monzón, Guarga, 1995: José Luis Massera, Integrando, tercera época, N° 4, págs. 46-57

Agradezco al Prof. Humberto Martínez por su invitación para participar en el III Encuentro Regional de Profesores de Física, donde expuse algunos de los temas tratados aquí y a la Prof. Zoraida Viera que me alentó a escribir este artículo. Finalmente agradezco a Silvia Sánchez por el trabajo de procesamiento de textos.

DE LA MANIVELA AL CELULAR

Jorge Cáceres Galin

Profesor de Física (Liceo Paso de los Toros)

Cuando aparezcan publicadas estas líneas, todo el país estará digitalizado en telefonía; es decir que nuestro país pasa a ocupar uno de los primeros lugares en el mundo en cuanto a tecnología de las comunicaciones. Existe en esta revolución tecnológica un paralelismo con la revolución industrial que sucedió en Europa en el siglo XIX donde, a raíz de esos avances en la maquinaria de las industrias, se perdieron muchos puestos de trabajo que luego se fueron adecuando y generando una mayor calidad de vida. Con esta revolución tecnológica hay un avance en todos los ámbitos —en el industrial, en el de los servicios y en el doméstico—, pero hasta ahora con un gran costo social, ya que esto trajo aparejado un problema —el de una muy importante

fonos "a manivela" cuya tecnología data del siglo pasado, aunque estuvieran contruidos con materiales a veces muy modernos, como los plásticos y los transistores. La tecnología usada por los nuevos aparatos celulares fijos será la de las comunicaciones rurales del siglo que viene. Por lo tanto, algunos uruguayos saltarán el siglo XX en cuanto a telefonía.

Describiremos brevemente un teléfono de magneto (figura 1): consta de un micrófono, un parlante, una campanilla y un generador de corriente alterna accionado externamente mediante una manivela, la que le ha dado el nombre.

Este aparato está conectado por línea física con la central telefónica: esta línea puede estar formada por dos conductores o por uno solo cuando el otro es sustituido por una conexión a tierra (figura 2).

En la central telefónica, todas estas líneas de usuarios terminan en un conmutador en el

que existen unos dispositivos electromecánicos que permiten detectar cuál de los abonados está llamando, así como también otras líneas que unen centrales entre sí.

Cuando un usuario de la red telefónica desea realizar una comunicación, toma su aparato y hace girar su manivela que, en definitiva, es un generador de corriente alterna que pone en movimiento el

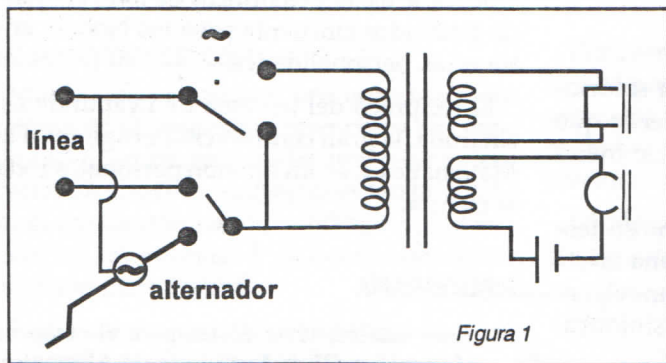


Figura 1

pérdida de puestos de trabajo—que hasta ahora no se ha podido solucionar.

En nuestro país la telefonía ha dado un paso muy importante en cuanto a su modernización ya que, a pesar de que en todas las ciudades y villas más importantes existía la telefonía automática, en el resto del país todavía estaban en funcionamiento los famosos telé-

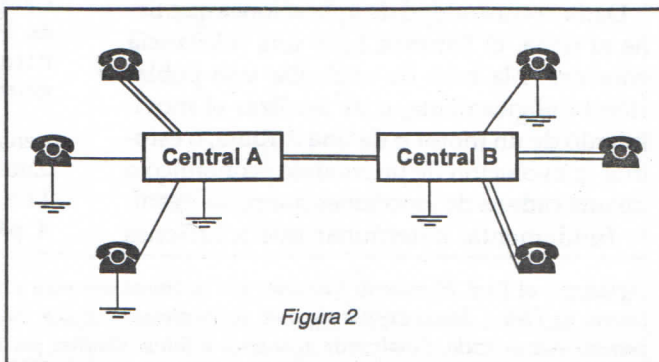


Figura 2

indicador en la central. Allí, la persona que opera le pregunta con quién quiere hablar: si es con otro usuario de la misma central, llama a éste mediante un dispositivo similar para avisarle que quieren hablarle; si no es así, llama a la central correspondiente y se repite toda la rutina de llamada.

Las líneas entre centrales son muy largas, a veces de varios cientos de kilómetros, lo cual hace muy costosa su construcción y su mantenimiento.

Para abaratar los costos de operación, las grandes compañías telefónicas invierten mucho tiempo y dinero en el desarrollo de nuevas tecnologías. Es así como se ha llegado a la transmisión vía satélite y, más recientemente, a través de fibras ópticas.

Los primeros intentos de utilizar líneas con más de una conferencia fueron las llamadas "líneas fantasmas" que se formaban colocando un transformador en cada extremo y, conectando, en el punto medio del secundario, el nuevo circuito que funcionaba con un retorno por tierra. Estos artificios proporcionaban comunicaciones de muy mala calidad que mejoraron algo cuando se sustituyó el retorno por tierra por un artificio igual al descrito con el cual se obtenían tres líneas con dos circuitos físicos (figura 3).

Luego aparecieron los primeros equipos de ondas portadoras "equipos carrier". Estos equipos modulan la voz de las comunicaciones sobre una portadora de radiofrecuencia con la ventaja de que, en vez de emitir al aire

con un trasmisor de radio, transmiten por circuitos físicos ya existentes, lo que permite una transmisión de muy baja potencia con el consiguiente ahorro de energía y de componentes muy costosos como son los que manejan potencia.

Aquí comienzan los grandes avances en la parte tecnológica: se trata de mejorar las comunicaciones abaratando los costos —imaginen el costo de los cables submarinos tendidos entre Europa y Estados Unidos—. Se sigue desarrollando la técnica de los equipos carrier haciendo que, por una línea, además de la conversación llevada por el circuito físico, haya muchas más: esto se consigue con la multiplexación por frecuencia de las distintas comunicaciones.

La multiplexación consiste en modular con la voz distintas portadoras que luego se mezclan y se transmiten en forma simultánea: en el otro extremo se demodulan y envían a los distintos destinos. A cada una de estas portadoras moduladas se le llama canal telefónico. Entre cada portadora existe una separación de frecuencia de 4 KHz aproximadamente, por lo que la cantidad de canales telefónicos queda limitada por el tipo y calidad de conductor.

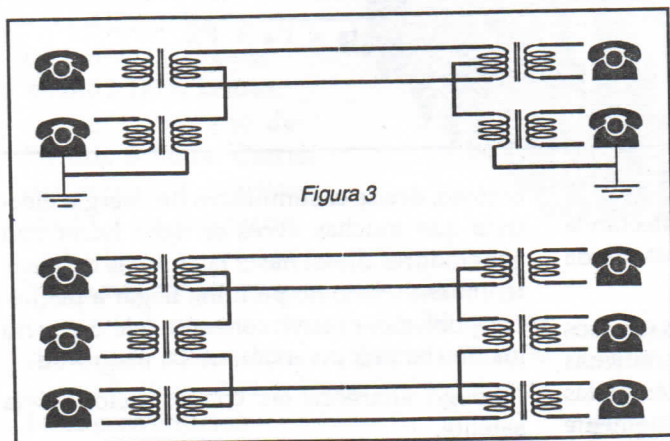
Con el avance y desarrollo de la electrónica, se llega a transmitir vía radio estos canales telefónicos multiplexados en frecuencias altas y luego, con el advenimiento de las microondas, se llega a una cantidad muy importante de canales telefónicos—960—por

cada radiocanal lo que permite inclusive la transmisión de televisión a través de micro-ondas.

Con esto se crearon las redes que generalmente siguen las carreteras y que permitieron llevar el teledisco a todas las ciudades que integraban la red.

Esta red consta de estaciones repetidoras cada pocos kilómetros, que a veces se ven reducidos por la topografía, ya que los obstáculos

(Sigue al pie de la página siguiente)



PROBLEMA DE LAS DOS EMBARCACIONES

(Parte II)

En el número anterior dejamos planteado "El problema de las dos embarcaciones", el cual aparece en la obra "El hombre que calculaba" de Malba Tahan, como situación curiosa.

La curiosidad estriba en el hecho de que, para resolverlo, los estudiantes —y algunos de nosotros también—, en forma precipitada, tendemos a promediar los valores de velocidad mantenidos constantes, en la ida y en la vuelta, para el viaje de la embarcación A.

Ese promedio coincide con el valor de la velocidad de la embarcación B: "El tiempo que demora de más en la ida, al ir a una velocidad menor, se compensa con el que demora de menos en la vuelta al ir a una velocidad mayor". Este razonamiento apresurado nos conduciría a concluir que el tiempo de ida y vuelta de ambas embarcaciones es el mismo. **Esto es falso.**

1. Definimos tres tiempos:

- Embarcación A (ida):

$$t'_A = \frac{d}{v'_A}$$

- Embarcación A (vuelta):

$$t''_A = \frac{d}{v''_A}$$

- Embarcación B (ida y vuelta):

$$t_B = \frac{2d}{v_B}$$

A través de los pasos siguientes, queremos demostrar que el tiempo de ida y vuelta de la embarcación B (t_B) es menor que el tiempo de ida y vuelta de la embarcación A ($t'_A + t''_A$).

2. $v'_A = v_B - x$

$$v''_A = v_B + x$$

$$0 < x < v_B$$

3. Sumamos t'_A y t''_A :

$$t'_A + t''_A = \frac{v_B^2}{v_B^2 - x^2} \cdot t_B$$

Como: $0 < x < v_B$

entonces: $0 < x^2 < v_B^2$

4. Restamos v_B^2 :

$$-v_B^2 < x^2 - v_B^2 < 0$$

$$0 < v_B^2 - x^2 < v_B^2$$

$$0 < \frac{1}{v^2} < \frac{1}{v_B^2 - x^2}$$

5. Multiplicamos por $v_B^2 \cdot t_B (>0)$:

$$\frac{v_B^2 \cdot t_B}{v_B^2} < \frac{v_B^2 \cdot t_B}{v_B^2 - x^2}$$

$$\underline{t_B < t'_A + t''_A}$$

(Continuación de la página anterior)

naturales, como cerros y bosques, afectan la intensidad de la señal y hacen que ésta pierda calidad.

Una estación está formada por los equipos de radio, una torre y un par de antenas parabólicas, en los lugares apartados de las ciudades. El mantenimiento es sumamente

costoso, desde el suministro de energía eléctrica que muchas veces se debe hacer con generadores diesel hasta las rutinas de mantenimiento. Esto no permitía llegar a pequeñas poblaciones cuyo consumo telefónico no justificaba una inversión de tal magnitud.

Luego aparecen las comunicaciones vía satélite.

PRECISIÓN EN EL LENGUAJE

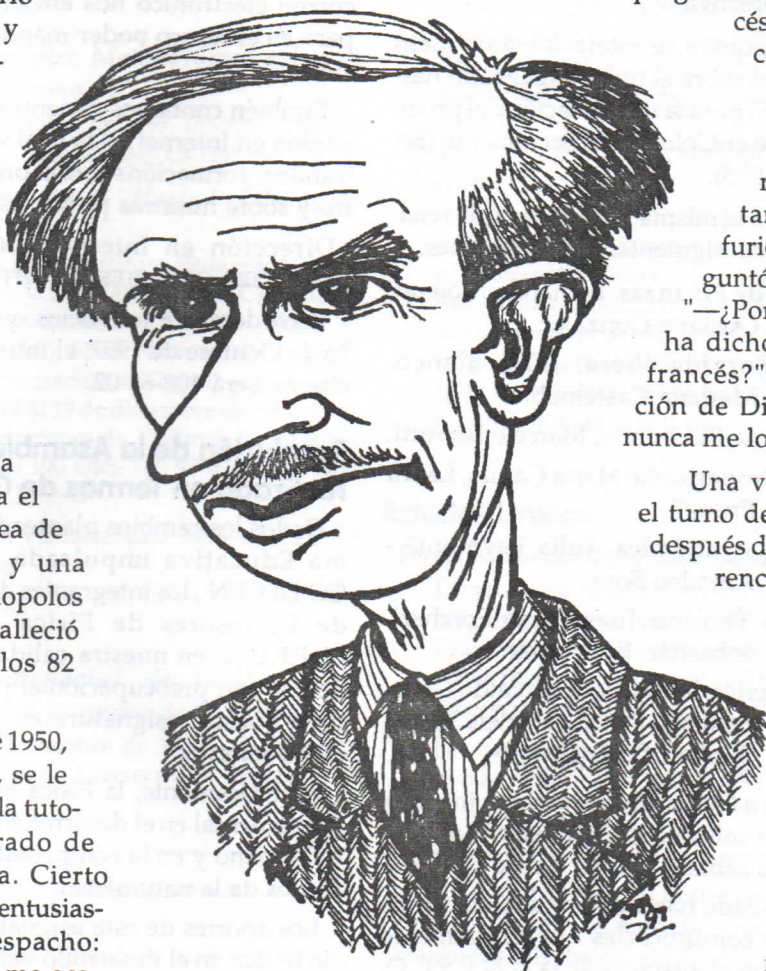
Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984)

Dirac, físico teórico inglés, nacido en Bristol. Su preocupación por la estética y la lógica de la física matemática, junto con su reticencia e introversión legendarias, han hecho de él una de las figuras más enigmáticas entre los grandes científicos del siglo XX. Entre los 23 y 31 años, Dirac descubrió una original y potente formulación de la mecánica cuántica, una teoría cuántica de la emisión y absorción de radiación por los átomos, la ecuación de onda relativista para el electrón, la idea de antipartícula y una teoría de monopolos magnéticos. Falleció en Florida, a los 82 años de edad.

Alrededor de 1950, en Cambridge, se le asignó a Dirac la tutoría del doctorado de Dennis Sciama. Cierta día, entró éste entusiasmado a su despacho: "—Profesor, se me acaba de ocurrir un método para relacionar la formación de las estrellas con las cuestiones cosmológicas. ¿Quiere que se lo cuente?". Respuesta de Dirac: "—No". Se acabó la conversación.

Un físico francés, que a duras penas hablaba inglés, acudió en cierta ocasión a visitar a Dirac. Éste lo escuchaba pacientemente mientras el pobre hombre se esforzaba por encontrar las palabras inglesas correctas con que exponer su asunto. En ese momento, entró a la habitación la hermana de Dirac y le preguntó algo en francés, a lo que él contestó también en fluido francés. Naturalmente el visitante se puso furioso y le preguntó indignado: "—¿Por qué no me ha dicho que sabía francés?". Contestación de Dirac: "Usted nunca me lo preguntó".

Una vez, durante el turno de preguntas, después de una conferencia de Dirac en la universidad de Toronto, un profesor canadiense entre el auditorio levantó la mano. "Señor Dirac —dijo—, no comprendo cómo ha derivado esa fórmula que está en el ángulo superior de la izquierda de la pizarra". "Eso —dijo Dirac— es una afirmación, no una pregunta. Venga el siguiente, por favor".



DE LA ASOCIACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA DEL URUGUAY

Informe general

El día 8 de agosto de 1997 se reunieron en el local de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, las Comisiones Organizadoras de Colonia y Montevideo, junto con la Comisión Directiva.

En dicha reunión se intercambiaron ideas e información sobre el trabajo realizado hasta el momento para la organización del próximo encuentro en Colonia del Sacramento (Septiembre de 1998).

Asistieron a la misma 14 personas ; las cuales integran las siguientes subcomisiones:

Comisión de Finanzas: Fernando Moreno, Gustavo González

RR.II.: Zoraida Viera, Julio Blanco, Mariana Castelnoble.

R.R.P.P.: Ana Piccininno, Marcelo Berrutti.

Prensa y Propaganda: Marta Gamio, Laura Prunell

Comisión Académica: Julia Leymonié - Amadeo Sosa.

Comisión Técnica: Juan Pablo Forcheri, Sebastián Rodríguez

Sub-Comisión "Colonia": Fernando Gallo, Santiago Parodi, Mariela Tovge, Shubert Barragán.

Invitamos a los socios que quieran integrar alguna subcomisión, se acerquen a la asociación los días sábado a partir de las 12 horas.

De lo realizado hasta el momento tenemos el gusto de comunicarles que actualmente contamos con el auspicio de la U.N.E.S.C.O. y la Intendencia Municipal de Colonia.

Estamos tramitando la declaración de interés Ministerial, a través del Ministerio de Educación y Cultura; y la declaración de interés Nacional mediante Presidencia de la República.

Novedades

La Asociación cuenta con correo electrónico mediante el cual ustedes pueden enviarnos sus sugerencias: APFU@ADINET.COM.UY

Pedimos que aquellos socios que posean correo electrónico nos envíen su dirección para en el futuro poder mandarles información.

También contamos recientemente con una página en Internet en la cual van a ir encontrando información sobre el próximo encuentro y sobre nuestras próximas actividades.

Dirección en Internet: [HTTP:// WWW.GEOCITIES.COM/RESEARCHTRIANGLE/9259](http://WWW.GEOCITIES.COM/RESEARCHTRIANGLE/9259)

Recordamos a los socios que, a partir del 26 de Octubre de 1997, el número de la Asociación será 408-68-02.

Resolución de la Asamblea realizada en Temas de Guaviyú

Dados los cambios planteados en la Reforma Educativa impulsada por el actual CO.DI.CEN., los integrantes de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay (A.P.F.U.), en nuestra calidad de técnicos, vemos con preocupación el papel adjudicado a nuestra asignatura en el currículo de dicha reforma.

Históricamente, la Física ha sido un pilar fundamental en el desarrollo del pensamiento humano y en la comprensión de los fenómenos de la naturaleza.

Los aportes de esta asignatura como ciencia básica en el desarrollo del espíritu crítico del adolescente son básicos en la integración del conocimiento científico; no puede concebirse la comprensión de los fenómenos y los logros que rigen el Universo en el estado actual del conocimiento ni los desafíos que tie-

————— (Sigue al pie de la página siguiente)

EVENTOS CIENTÍFICOS

Argentina:

X Reunión Nacional de Educación en Física
Mar del Plata. Argentina. 27 al 31 de octubre de 1997. Inscripciones: 50 U\$S. Comunicarse con Roberto Stimler (Facultad de Ingeniería Juan B. Justo 4302 7600. E-mail: stimler@mdp.edu.ar, o con Marisa Cotignola (Tel. 0054 21 213792)

Cuba:

II Evento Científico Metodológico sobre la Enseñanza: "Varona 97"

21 al 24 de octubre de 1997. Inscripciones: 70 U\$S. IPLAC. Fax: 33 0345 La Habana

VI Taller Internacional "Hacia la Educación del Siglo XXI"

Organizado por: Instituto Pedagógico Latinoamericano y del Caribe (IPLAC), Asociación de Educadores de Latinoamérica y el Caribe (AELAC), Sind. Nacional de Trabajadores de la Educación, la Ciencia y el Deporte (SNTECD). 15 al 19 de diciembre de 1997. Centro de Convenciones de Cojimar, La Habana. Inscripciones: 100 U\$S. Tel: 97 4150 97 4157 97 4159 Fax: 33 1697

Se anuncia el VII Taller para 1998, del 14 al 18 de diciembre

Brasil

5ª Reunión Especial de la Sociedad Brasileira para el progreso de la Ciencia

24 al 27 de Setiembre de 1997. Organizada por la Fundación Universidad Regional de

Blumenau. Por mayor información: Rua Maria Antonieta 294, 4º andar; Vila Burque 01222-010, San Paulo. Telefax (011) 259 2766 e-mail: sbpcsp@originet.com.br

Second International Conference on Industry Education Cooperation

7 al 12 de dic 1997. Sao Paulo Brasil. Comunicarse con: Reyko Isuyama Instituto de Química de la USP. cp 26077 / cep 05599-970 Sao Paulo. Brasil. Fax 0055118155579. E-mail risuyama@quim.iq.usp.brIsrael

International Postgraduate Course in Hydrometeorology

9 de Noviembre al 15 de Diciembre de 1997 (idioma inglés). Requisitos: poseer un título en matemática, física o biología. La Beca cubre: estadía, alojamiento, comida, seguro médico, paseos (el pasaje de ida y vuelta queda a cargo del participante). Por mayor información: Embajada de Israel. Bulevar Artigas 1585 o telefax 404164 / 65 / 66.

Estados Unidos

Fermi National Accelerator Laboratory

Un grupo de estudiantes del Liceo I:A.V.A. ha organizado un viaje a la ciudad de Chicago, Estados Unidos. Se realizará en marzo de 1998, con la finalidad de conocer el Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory).

Los profesores interesados en acompañarlos pueden informarse por el 628 05 32.

(Continuación de la página anterior)

ne planteados la ciencia en todos los campos, desconociendo el protagonismo que tiene la Física en la génesis de dicho conocimiento.

Nuestra Asociación, preocupada por los aspectos que esta reforma implica, considera necesario analizar el currículo y los pro-

gramas propuestos en el proyecto piloto. Se debe procurar, de manera urgente un intercambio y discusión profunda entre los docentes y las autoridades de la Enseñanza.

En este sentido la A.P.F.U. propone conformar una comisión de estudio sobre el tema.

Esta resolución fue aprobada con la siguiente votación: 33 a favor, 2 en contra y 1 abstención.

RECOMENDACIONES BIBLIOGRÁFICAS



Título: "La tumba del templo de la Luna"

Autor: Samuel Barruecos

Editorial: Selector, actualidad editorial, México

La civilización maya llegó a comprender casi medio millón de kilómetros cuadrados, en lo que ahora es el actual territorio de cinco países: El Salvador, Honduras, Guatemala, Belice y México. Los mayas se destacaron en astronomía: registraron y fueron capaces de predecir el pasaje de cometas; sus matemáticos introdujeron el sorprendente concepto del cero y elaboraron tres complicados calendarios de extraordinaria exactitud.

Hace dos décadas, el investigador ruso Dr. Immanuel Velikovsky propuso una teoría, conocida como de la simultaneidad. Para explicarla nos remitimos a un pasaje del Antiguo Testamento y a un fragmento de un códice azteca que se encontró en el Archivo General de Indias, en España.

"Y mientras iban huyendo de los israelitas, a la bajada de Bet-Horón, el Señor arrojó desde el cielo grandes piedras sobre ello, hasta Azeca, y murieron; y fueron más los que murieron por las piedras del granizo que los hijos de Israel mataron con la espada. Entonces Josué invocó al Altísimo, el día en que el Señor entregó a los amorreos delante de los hijos de Israel, y dijo en presencia de los israelitas: «Sol, detente en Gabaón, y tú, luna, en el valle de Ajalón». Y el sol se detuvo y la luna se paró hasta que Israel pudo vengarse de sus enemigos. ¿No está escrito esto en el libro de Jasser: «Y el sol se detuvo en medio del firmamento y no se apresuró a ponerse casi un día entero»".

(Libro de Josué, Cap. 10, versículos del 11 al 13)

"Hubo un presagio funesto en el cielo / Grandes extremos de dolor... / Apareció una estrella en el cielo / Le dieron el nombre de Quetzacóatl / Larga se tendió en cauda: lejos

llegó su cola / Y fue tal su esplendor / Que el sol se negó a mostrarse / Y el mundo fue privado de la luz / Grandes gritos, voces y alaridos en señal de gran espanto / Y al momento hubo vocerío estruendoso / Había un gran azoro / Y ardió la casa de Lo Negro. Se prendió fuego. / Cuando apareció la señal en el firmamento / Cuando la noche sin fin cayó en el mundo entero".

(Códice azteca, Archivo General de Indias)

Comparamos cuidadosamente los dos escritos: Josué nos habla del día en que el sol se detuvo en el firmamento; en contraparte, exactamente del otro lado del mundo, el códice mexicano relata la noche en que las tinieblas se prolongaron debido a que el sol se negó a mostrarse.

Lo interesante del libro radica en la forma de presentación de la hipótesis de trabajo del científico y los pasos siguientes en la búsqueda de verificación de la hipótesis a través de las interpretaciones de los registros astronómicos mayas.

Mariana Castelnoble



La revista "Investigación y Ciencia" es la edición española de "Scientific American", de Estados Unidos, traducida al castellano en el término de sesenta días y distribuida en Uruguay en igual período.

La edita en Barcelona Prensa Científica que, en su primer momento, trabajaba en los talleres gráficos de Editorial Labor, por la cual se hacía la distribución en los países de habla hispana. Desde hace unos seis o siete años, Prensa Científica se encarga de todo, ya que Editorial Labor cerró sus puertas en Barcelona y sus sucursales, incluida la de Montevideo.

Esta editorial edita y distribuye los libros de investigación que se van publicando con autores que colaboran en la revista. Algunos títulos presentados son: "El legado de

Einstein", "Potencias de diez", "Partículas subatómicas", "El sistema solar".

Por otro lado, se han editado también revistas llamadas "**Temas**", que se venden separadas y reúnen artículos publicados en las revistas mensuales, sobre un mismo tópico: "Grandes matemáticos", "Construcción de un ser vivo", "La vida en las estrellas", "La ciencia de la luz" son algunos de sus títulos. En los próximos días aparecerá "Volcanes". La distribución en el Uruguay se hace a través de la Editorial "Byblos".

En cuanto a la revista en sí, debemos destacar que contiene artículos escritos por investigadores de relevancia mundial de todas las nacionalidades, de gran actualidad, lo cual atrapa a un espectro amplio de sectores, entre los cuales se encuentran universitarios, docentes, estudiantes universitarios y, en menor grado, de segundo ciclo de secundaria e investigadores. El material ofrecido es muy atractivo en su presentación, lo cual denota preocupación y estilo.

Los aspectos humanos de la actividad científica están puestos de relieve. Una muestra de ello es la sección "Perfiles", donde se entrevista a científicos de destacada trayectoria, logrando acercar una comunidad científica distante con lectores, como nosotros, a veces ajenos a los avances científicos y a la toma de decisión en cuanto al lugar que ellos deben ocupar en nuestra sociedad.

Desde ahora, incluiremos en nuestra revista los títulos de los artículos que se presentan mes a mes en "Investigación y ciencia", esperando que ello despierte el interés de nuestros compañeros por conocer los avances científicos que están ocurriendo, lo cual contribuirá a una mejor postura, como docentes y como personas.

Enero 1997

- "Origen de la inmunidad de los vertebrados". Beck y Habicht
- "Origen de la inmunidad de los vertebrados". Litman
- "El secreto del acero de Damasco". Criado, Martínez, Calabrés y Arias
- "Cambio climático global en Marte". Kargel y Strom

- "Visión cuántica en la oscuridad". Kwiat, Weinfurter y Zeilinger
- "La cuestión de los coches eléctricos". Sperling
- "Dislexia". Shaywitz
- "El arte rupestre de África Meridional". Solomón

Febrero de 1997

- "Armas biológicas". Cole
- "El deuterio y la gran explosión". Hogan
- "Creación de materiales nanofásicos". Siegel
- "Suicidio celular, en la salud y en la enfermedad". Duke, Ojcius, Ding-E, Yonne
- "Polvo atmosférico y lluvia ácida". Medin y Likens
- "La vida diaria en el Antiguo Egipto". Mac Dowell
- "Origen de ibéricos, vascos y argelinos". Arnaiz y Martínez
- "Un grillo robot". Webb

Marzo 1997

- "Rayos cósmicos en las fronteras de la energía". Cronin, Gaisser y Swordy
- "La enfermedad de Parkinson". Youdim y Riederer
- "Simulación de la turbulencia mediante superordenadores". Moin y Kim
- "Producción de fármacos a través de animales transgénicos". Velander, Lubon y Drohaz
- "Así dibujan los ciegos". Kennedy
- "Inundación experimental del gran cañón". Coillier, Webb, Andrews
- "Los refrigeradores de Einstein". Szilard, Dannen
- "Aplicaciones biológicas del microscopio de fuerzas". Bustamante y García

Abril de 1997

- "Razón y mecanismo de la comunicación bacteriana". Losick y Kaiser
- "Interferometría de radar por satélite". Massonnet
- "Galaxias fantasmas". Botmum
- "Un Edison desconocido". Baldwin
- "Inmunoterapia contra la drogodependencia". Landry
- "El desafío de los grandes números". Crandall
- "Estructura y función del ADN en conformación A". Jiménez-Ruiz, Requena y Alonso

- "Ética y resultados del empleo de animales en la investigación científica". *Rowan, Barnard, Kaufman, Botting, Morrison, Mukerjee*

Mayo de 1997

- "El Soho revela los secretos del sol". *Lang*
- "Búsqueda de genes para el diseño de nuevas medicinas". *Hasteltine*
- "Plantas endotérmicas". *Seymour*
- "El problema mundial de los trastornos mentales". *Kleinman y Cohen*
- "Presente y futuro de Internet". *Lynch*
- "La subida de los mares". *Schneider*
- "Onnes y el descubrimiento de la superconductividad". *De Bruyn, Ouboter*
- "Metales que se comportan como plásticos". *Torres, Villaseñor*

Junio de 1997

- "La controvertida gestión de la pluviselva tropical". *Rice, Gullison y Reid*
- "Los agujeros negros y la paradoja de la información". *Susskind*
- "De África, ¿una... y otra vez?". *Tattersall*
- "Química combinatoria y nuevos fármacos". *Plunkett y Ellman*
- "La erosión, constructora de montañas". *Pinter y Brandon*
- "Extremófilos". *Madigan y Marrs*
- "La invención de la fotografía, recuperada". *Marignier y Ellenberger*
- "Actividad magnética en los asteroides". *Casanova y Llorca*



Título: "Certidumbres, incertidumbres, caos"

Autores: Luis Acerenza, Rodolfo Gambini, Roberto Markarián, Eduardo Mizraji y Juan Segundo

Editorial: Trilce, Montevideo

Las incertidumbres atraviesan—en este fin/principio de siglo— todas las áreas del conocimiento. Cuando la reflexión se centra en el origen del Universo y de la vida, podemos incluso plantearnos nuestra capacidad biológica para llegar a una respuesta válida.

El objetivo general de este libro es presentar, en los términos más sencillos posibles,

algunas cuestiones directamente relacionadas con incertidumbres intelectuales del mundo actual.

Los autores de tres de los capítulos provienen de las llamadas ciencias básicas (Luis Acerenza y Eduardo Mizraji: biología; Rodolfo Gambini: física; Roberto Markarián: matemática). El cuarto es del teólogo, ya fallecido, Juan Luis Segundo de cuya obra se han extractado pasajes.

L. Acerenza y E. Mizraji se preocupan del origen y el destino de la vida en la Tierra. Se preguntan, mirando hacia el futuro: "¿Forzaremos las cosas tendiendo a asegurar la hegemonía de nuestra propia especie, aunque esto implique una drástica reducción del tamaño de la población de las otras especies, o, por el contrario, llegaremos a sacrificar a nuestra especie, si es necesario hacerlo, con el fin de preservar la variedad de la biosfera?"

R. Gambini adelanta respuestas a cuestiones esenciales de la teoría del conocimiento: ¿permite la ciencia comprender al mundo?; ¿es posible fundar en la ciencia una visión abarcadora de la realidad o más bien ésta es simplemente un instrumento útil para hacer predicciones sobre el comportamiento de los objetos naturales y utilizarlas en nuestro provecho?

R. Markarián presenta un trabajo de divulgación científica sobre el significado del caos en física y matemática y da una explicación de por qué las referencias al caos son tan frecuentes en la actualidad. Al mismo tiempo plantea las limitaciones al uso de los conceptos relacionados con el caos físico-matemático en otras ramas de la actividad humana.

Finalmente, en la selección realizada de los trabajos de J. L. Segundo, el tema del azar y el determinismo es analizado desde un punto de vista teológico. El autor busca argumentos que permitan al creyente mantener su fe en la libertad humana y la providencia divina sin entrar en flagrante contradicción con el conocimiento científico.

C & T

CIENCIA & TECNOLOGIA

*Robótica
Club de ciencias
Proyectos especiales
Material reglamentario
Enseñanza aplicada por medios informáticos*

Solicite nuestra visita por el 613 8879

Telefax: 613 8879 Alejandro Korn 1916 11400 Montevideo

EDICIONES



Mercedes 1786

Telefax 408 6985

11200 Montevideo

Apoyamos el esfuerzo de los autores nacionales.

Compartamos inquietudes.

EDUCACION en FISICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay

Volumen 3 Número 2

Noviembre, 1997

S u m a r i o

EDITORIAL	[1]
TEMA CENTRAL	
La enseñanza de las Ciencias	
1. Enseñanza, aprendizaje y cambio conceptual <i>(Amadeo Sosa)</i>	[3]
2. Paradigmas en la Enseñanza Científica <i>(Julia Leymonié)</i>	[11]
TEMAS DE FISICA	
El Registrador Electrónico <i>(Edgar W. Gómez Ramos - Mariel Mayero)</i>	[17]
Termodinámica (Parte II): el desarrollo de las ideas <i>(Mario Guerra)</i>	[22]
EXPERIENCIAS EN EL AULA	
"La Vuelta es de todos y para todos..." Movimiento - 54ª Vuelta Ciclista del Uruguay <i>(Mariana Castelnoble)</i>	[28]
HUMOR	[31]
LA FÍSICA Y OTRAS CIENCIAS	
Las Ecuaciones Diferenciales y su Estudio Cualitativo <i>(Víctor Martínez Luaces)</i>	[32]
De la Manivela al Celular <i>(Jorge Cáceres Galín)</i>	[36]
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	
Problema de las dos embarcaciones (Parte II)	[38]
ANECDOTARIO	[39]
ESPACIO DE APFU	[40]
EVENTOS CIENTÍFICOS	[41]
RECOMENDACIONES BIBLIOGRÁFICAS	[42]