naturaleza educación y ciencia

Sustentación de las Conclusiones del

Primer Simposio

Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias



• Electrolitos sólidos • Enseñanza y órdenes de magnitud

número 1

julio/82

\$120

Editorial



NATURALEZA

Educación y Ciencia

Revista de divulgación científica v orientación didáctica. Licencia en trámite

La revista NATURALEZA es una publicación de la Fundación Educación y Ciencia.

Aparece tres veces por año. La responsabilidad de los artículos corresponde a sus autores y no refleja necesariamente la opinión del Comité Editorial

Comité Editorial

José Granés Dino Segura Julián Betancourt Jesús H. Pérez Paul Bromberg Antanas Mockus

Clara Camargo Martha Vinent Jorge Charum

Representantes en otras ciudades Cali: Luis Carlos Arboleda Bucaramanga: Rafael Isaacs Medellín: Orlando Mesa, Yolanda Beltrán de C.

Manizales: Daniel Alberto Arias Pereira: Jaime Hernández Armenia: Andrés Granados

Diagramación Jaime Pardo Avila Tel. 2513712

Composición Taller Símbolos Publicidad CII. 44A No. 20-45 Bogotá Tel: 2456005 Impresión Tecnilibros Editores

Caricaturas Fernando Fernández Germán Fernández

La reforma educativa y el Primer Simposio Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Por su enorme incidencia en la formación de miles de niños, en las formas de enseñanza de multitud de maestros e incluso en las relaciones de los padres de familia con el trabajo escolar de sus hijos, cualquier reforma educativa a nivel de la escuela primaria o secundaria es forzosamente un proceso delicado que implica, por parte de sus gestores y organizadores, una gran responsabilidad social. Por ello, en países de larga tradición cultural o de gran desarrollo tecnológico en los cuales, por cultura o por necesidad, existe una aguda conciencia acerca de la trascendencia de esos cambios, las reformas educativas constituyen procesos prudentes, realizados frecuentemente bajo la dirección de prestigiosos especialistas y en los cuales intervienen maestros, padres de familia y miembros de la comunidad científica. Además, las reformas sólo suelen ponerse en marcha después de consultas amplias y experimentación cuidadosa. Un ejemplo de este tratamiento cuidadoso lo constituye el profundo, prolongado y multifacético debate que se dio principalmente en Francia y en Estados Unidos a raíz de la introducción de las llamadas "matemáticas modernas" en los programas escolares. En Francia uno de los principales organizadores de la reforma fue el eminente matemático y físico A. Lichnerowicz y en las discusiones participaron matemáticos de la talla de Jean Dieudonné y René Thom. Otro ejemplo que podr la citarse es el de la República Democrática Alemana. Según explicaba un profesor de ese país en el simposio recientemente realizado en Bogotá sobre la enseñanza de las ciencias. la reforma educativa de 1964 se inició "con reuniones de los padres de familia, los maestros, los comités de fábrica, los comités políticos y con la consulta a los profesores universitarios"

Los ejemplos anteriores contrastan notoriamente con los procesos de reforma en la educación primaria y secundaria que se han llevado a cabo tradicionalmente en nuestro país. Contrastan en particular con el actual proceso de reforma educativa, empezando porque ésta se ha reducido casi exclusivamente a los programas de las diferentes áreas, dejando prácticamente de lado aspectos tan importantes en nuestro medio como son la formación del magisterio, la dotación de las escuelas y el impulso a las actividades de investigación en educación. Por otra parte los nuevos programas se han venido produciendo a puerta cerrada por grupos de técnicos del Ministerio de Educación Nacional que, sin contar en la mayoría de los casos con la asesoría ni los medios indispensables para tan ingente labor, han tenido que trabajar bajo la presión del tiempo para tener la reforma lista "antes del término de la actual administración". Las universidades como tales han permanecido ajenas al proceso, como también le han estado las sociedades científicas, los maestros y la comunidad en general. Los procesos de experimentación y evaluación de los nuevos programas han tenefo, como se puso de

- Una pacte de este debate se recoge en el libro : La ouveranza de las Matematicas Moder nas" de Afranza Universidad.
- Ver la "Sustentación de las conclusiones del Primer Simposio Macional sobre la Euge ñanza de las Ciencias" en este número de la Revista.

NUESTRA PORTADA

En noviembre del año pasado se llevó a cabo el Primer Simposio Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias. Considerando la importancia de este evento publicamos su documento final y dedicamos a él nuestra carátula

presente en el Simposio al cual hemos hecho referencia, serias deficiencias, llegándose hasta el caso verdaderamente insólito del Distrito Especial de Bogotá, donde, sin que mediaran razones de peso, se resuelve extender la aplicación de los nuevos programas, que se encontraban aún en etapa experimental, y que ni siquiera habían sido aprobados, por el MEN, a todas las escuelas del Distrito.

Tal vez uno de los pocos aspectos positivos en todo este proceso, caracterizado en general por la improvisación y la irresponsabilidad, ha sido la convocatoria por parte del ICFES, del Ministerio de Educación Nacional, de Colciencias y de la FES, al Primer Simposio Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales que se realizó en Bogotá a finales del año pasado. Por su cuidadosa preparación en base a ponencias y materiales de discusión previamente elaborados, por la representatividad de las instituciones y personas que fueron invitadas a participar en el evento y por el ambiente de trabajo que reinó durante su realización, este evento, cuyo objetivo central fue el examen de la reforma en las áreas de Ciencias Naturales y las Matemáticas, se constituye, a nuestro juicio. en un punto de referencia obligado para todos aquéllos que se interesen en examinar de cerca los contenidos de la actual reforma educativa. El Simposio emitió un documento final en el cual se hace un recuento pormenorizado de los principales puntos de discusión y se sustentan las recomendaciones más importantes. Hasta el momento este material ha recibido muy poca difusión. Por esta razón el comité editorial de la revista Naturaleza ha decidido publicarlo integramente en el presente número, teniendo en cuenta además que de esta manera el debate alrededor de la reforma podrá adquirir una mayor amplitud.

Habrá de preguntarse finalmente qué efectos prácticos pueden esperarse de este primer simposio. Hay que señalar en primer término que de hecho ya algo se ha logrado: se ha comenzado a ventilar más ampliamente el problema de la reforma y la firma del decreto adoptando los nuevos programas, que debía realizarse "antes del término de la actual administración", de manera razonable se ha pospuesto, al parecer indefinidamente. ¿Serán atendidas, sin embargo, las demás recomendaciones formuladas por el evento? Tal vez a este respecto no debamos hacernos en el corto plazo demasiadas ilusiones. De todos modos lo que pueda lograrse dependerá principalmente de la presión que sepan ejercer los sectores más afectados por la improvisación y la ligereza en los cambios que se vienen adelantando.

Dirección: Universidad Nacional. Edificio Matemáticas y Física. Primer piso. Bogotá, D. E. Dirección Postal: A. A. 101332 Bogotá. Teléfonos 2691700 Ext. 445 - 2442874

INDICE

1 Editorial

Jean Piaget 5 Desarrollo y Aprendizaje Enseñanza y órdenes de magnitud Gilberto Cediel Sobre el problema del pozo Carlo Federici Electrolitos sólidos: nuevos materiales Rubén Vargas para la electrotecnia 33 La espiral logarítmica en la naturaleza: J. H. Fabre la red de la Epeira

41 Historia de los conceptos de electros-Clara Camargo

55 El juicio de Galileo: textos de la sentencia y abjuración

Notas de Carlos Augusto Hernández

Recreación y técnica: barquito de 65

Cristóbal Corredor

Problemas y experimentos: la fuerza centrífuga

Sustentación de las conclusiones del Primer Simposio Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias

Doris Amanda Espitia, José Granés, Teresa León, Antanas Mockus, Gui-Ilermo Restrepo, Carlos Eduardo Vasco

Jean Piaget

Desarrollo y Aprendizaje

Desde hace unos 20 años los enfoques didácticos predominantes concebían el aprendizaje como modificación de la conducta. Esta hegemonía se ha resquebrajado paulatinamente porque han surgido en el terreno de la psicología enfoques alternativos, y en la teoría del conocimiento interpretaciones no positivistas. Esta tendencia —que es universal— empieza a estar presente en nuestro sistema escolar, pero lamentablemente, en algunos casos, sólo posee características de moda.

Uno de los enfoques psicológicos que gozan de aceptación es la teoría del desarrollo cognoscitivo de psicólogo suizo Jean Piaget. La comprensión de esta teoría posee entre otras las siguientes dificultades: (1) La obra de Piaget es supremamente extensa y (2) el tipo de exposición es bastante complejo, no sólo para el público no relacionado con la psicología, sino talvez aún más para los psicólogos de profesión, debido a que las argumentaciones se fundamentan en disciplinas ajenas a la formación clásica de los psicólogos. En estas circunstancias Piaget se conoce principalmente a través de sus obras menos profundas o de resúmenes elaborados por personas distintas a Piaget mismo. El resultado ha sido un esquematismo lamentable, una "operacionalización" de sus teorías y en fin un falseamiento de su pensamiento.

Este artículo presenta un resumen realizado por Piaget de algunos aspectos fundamentales de su teoría y además, la definición que surge a partir de ella sobre lo que es el aprendizaje. En otras palabras, esta conferencia de Piaget despeja algunas dudas sobre el vínculo entre su teoría y la didáctica, tema que como se mencionó anteriormente es de discusión actual.

Las preguntas que aparecen intercaladas en el texto en letra pequeña fueron formuladas a niños de primero de bachillerato

DESARROLLO Y APRENDIZAJE

Por: Jean Piaget

Primeramente, deseo clarificar la diferencia entre dos cuestiones: el desarrollo en general, y el aprendizaje. Pienso que son dos problemas muy diferentes, aunque muchas personas no las distingan.

El desarrollo cognoscitivo es un proceso espontáneo ligado al proceso de embriogénesis como un todo. La embriogenésis no sólo tiene que ver con el desarrollo corporal; está relacionada también con el desarrollo del sistema nervioso y de las funciones mentales. En el caso del desarrollo cognoscitivo en los niños, la embriogénesis finaliza solamente en la edad adulta. Se trata de un proceso de

desarrollo total que debemos resituar en su contexto general, biológico y psicológico. En otras palabras, el desarrollo es un proceso que atañe a la totalidad de las estructuras cognoscitivas.

¿Cómo funciona un bombillo?

Tiene voltios, y la energía llega a éstos, y se inicia la luz eléctrica.

El aprendizaje es el caso opuesto. En general, el aprendizaje es el resultado de situaciones ya sea provocadas por el experimentador psicológico o el maestro con relación a algún punto didáctico o por una situación externa. Es provocado, en contraposición con espontáneo. Además, se limita a un problema único o a una sola estructura: es un proceso limitado.

¿Cuál es la diferencia entre los seres vivos y los no vivos?

La diferencia que hay es que los seres vivos nacen, crecen, se reproducen, y los muertos ya han nacido, crecido y desarrollado.

Por eso, creo que el desarrollo explica el aprendizaje, al contrario de la opinión aceptada generalmente de que el desarrollo es una suma discreta de experiencias de aprendizaje. Para algunos psicólogos el desarrollo se reduce a una serie específica de casos aprendidos; el desarrollo es entonces la suma, la acumulación de esta serie de casos aprendidos. Pienso que esta es una concepción atomística que deforma la situación real. En realidad, el desarrollo es el proceso esencial y cada instancia de aprendizaje es entonces función del desarrollo total, en vez de ser un elemento que lo explica. Comenzaré entonces con un tratamiento del desarrollo en la primera parte, reservando una segunda para el aprendizaje.

¿Por qué el sol tiene más luz que la luna?

Porque necesita dar luz a todas las plantas.

DESARROLLO COGNOSCITIVO

Para entender el desarrollo cognoscitivo, debemos comenzar con una idea que me parece central -la idea de operación. El conocimiento no es una copia de la realidad. Conocer un objeto, o un evento, no es simplemente observarlo y hacer una copia mental de él. Conocer un objeto es actuar sobre él; es modificarlo, transformarlo y comprender el proceso de esta trans-Y como consecuencia, formación. entender cómo es construido. La operación es, por consiguiente la esencia del conocimiento; es una acción interiorizada que modifica el objeto del conocimiento. Por ejemplo, una operación podría ser agrupar cosas en una clase para elaborar una clasificación. Una operación podría ser también ordenar o colocar cosas en serie. O podría consistir en contar o medir. En otras palabras, es un conjunto de acciones que modifican el objeto y que capacitan al sujeto para obtener las estructuras de la transformación.

Una operación es una acción interiorizada. Pero además, es una acción reversible, es decir, puede ejecutarse en ambas direcciones. Por ejemplo, adicionando o substrayendo, uniendo o separando. Así, las estructuras lógicas son un tipo particular de operaciones.

Ante todo, una operación jamás se encuentra aislada. Siempre está vinculada con otras operaciones y como resultado, siempre hace parte de una estructura total. Por ejemplo, una clase lógica jamás está aislada, lo que existe es la estructura total de clasificación. Una relación asimétrica no existe aisladamente, la seriación es la estructura operacional básica natural. Un número no existe aisladamente. Lo que existe es la serie de números que constituyen una estructura, una estructura inmensamente rica, cuyas diferentes propiedades han sido reveladas por los matemáticos.

Estas estructuras operacionales son lo que me parecen constituyen la base del conocimiento, la realidad psicológica naturale en cuyos términos debemos entender el desarrollo del conocimiento. Y el problema central del desarrollo es entender la formación,

elaboración, organización y funcionamiento de tales estructuras.

> ¿Qué dificultad tendría una persona que quisiera vivir en la luna?

> > Tendria que usar mucha ropa, porque puede suceder algo, y se congela.

Que tendría que llevar mucho alimento, y no podría estar bien sin sus compañeros, se sentiría como un animal enjaulado, y estaría elevado por medio que allá hay mucho aire.

Quisiera repasar las etapas del desarrollo de estas estructuras, no en detalle pero sí para recordarlas. Distinguiré cuatro etapas principales. La primera, es una etapa sensoriomotora, preverbal, que dura aproximadamente los primeros 18 meses de vida. Durante esta etapa se desarrolla el conocimiento práctico que constituye la sub-estructura del conocimiento representacional posterior. Un ejemplo es la construcción del esquema del objeto permanente. Para un bebé, durante los primeros meses, un objeto carece de permanencia. Cuando éste desaparece del campo

¿Qué importancia tiene el corazón?

El corazón tiene la importancia de hacer reflexionar al cuerpo humano, y de impulsar sangre a las demás partes del organismo.

perceptual, deja de existir. No hay ningún intento para reencontrarlo. Posteriormente, el bebé tratará de encontrarlo y lo encontrará localizándolo espacialmente. Consecuentemente, paralela a la construcción del objeto permanente, aparece la construcción del espacio sensorio-motor práctico. Se presenta similarmente la construcción de la sucesión temporal y de la causalidad sensorio-motora. En otras palabras, existe una serie de estructuras que son indispensables para las estructuras posteriores del pensamiento representacional.

En una segunda etapa, tenemos la representación preoperacional: Los comienzos del lenguaje, de la función simbólica y por consiguiente del pensamiento o representación. Pero al nivel de pensamiento representacional debe reconstruirse todo lo que se desarrolló en el nivel sensorio-motor. Esto es, las acciones sensorio-motoras no se trasladan inmediatamente a operaciones. En rigor, durante este segundo período de representaciones preoperacionales, todavía no existen operaciones en el sentido definido anteriormente. Específicamente, todavía no hay conservaciones, que son el criterio psicológico para la presencia

¿Qué es un átomo?

Es cuando se junta harta tierra, y al explotar se divide en varias partes.

de operaciones reversibles. Por ejemplo, si vertimos un líquido de un vaso a otro de forma diferente, el niño preoperacional pensará que hay más en uno que en el otro. En la ausencia de reversibilidad, no existe conservación de la cantidad.

¿Cuál es la diferencia entre seres vivos y no vivos?

La diferencia consiste en que los seres respiran, viven, son sanos, y los que no viven, son cuerpos que los gusanos comen,

Las primeras operaciones aparecen en una tercera etapa; ellas son, sin embargo, concretas, pues se manifiestan sobre objetos y todavía no sobre hipótesis expresadas verbalmente. Ejemplos son las operaciones de clasificación, ordenamiento, la construcción de la idea de número, las operaciones espaciales y temporales, y todas las operaciones elementales de la lógica de clases y de relaciones, de la geometría elemental e incluso de física elemental.

Finalmente, en la cuarta etapa, tales operaciones se superan al adquirir el niño el nivel de lo que yo llamo de las operaciones formales o hipotético-deductivas; ésto es, cuando él puede razonar sobre hipótesis y no solamente sobre objetos. Construye nuevas operaciones, operaciones de la

lógica proposicional y no solamente las de clases, relaciones y números. Se logran nuevas estructuras, que por una parte son combinatorias y corresponden a lo que los matemáticos llaman redes, y por otra parte, son complejas estructuras de grupo. Al nivel de operaciones concretas, las operaciones se aplican a la cercanía inmediata: por ejemplo, clasificación mediante inclusiones sucesivas. Al nivel combinatorio, sin embargo, los grupos son mucho más móviles.

Estas etapas son las cuatro que identificamos y cuya formación intentaremos explicar.

FACTORES DEL DESARROLLO COGNOSCITIVO

¿Qué factores evocamos para explicar el desarrollo de un conjunto de estructuras a otro? Me parece que intervienen cuatro factores fundamentales: primeramente maduración, en el sentido usado por Gesell, ya que este desarrollo es una continuación de la embriogénesis; segundo, el papel de la experiencia: efectos del ambiente físico en las estructuras de la inteligencia; en tercer lugar, transmisión social en sentido amplio (transmisión linguística, educación, etc); y cuarto, un factor que frecuentemente se pasa por alto, pero que me parece fundamental e incluso el más importante. Me referiré a él como equilibración, o si ustedes lo prefieren, autorregulación.

Maduración

Se podría pensar que las etapas descritas son simplemente una reflexión de la maduración interna del sistema nervioso, de acuerdo con la hipótesis de Gesell, por ejemplo. Bien, la maduración juega un papel importante que no debemos ignorar. Ciertamente ésta participa en toda transformación que tiene lugar durante el desarrollo del niño. Sin embargo, por sí solo este factor es insuficiente. Primeramente, no conocemos prácticamente nada respecto a la maduración del sistema nervioso luego de los primeros meses de existencia del niño. Conocemos un poco al respecto con relación a los dos primeros años, mas no conocemos casi nada a partir de tal época. Pero





sobre todo, la maduración no explica todo, ya que el promedio de edades en las cuales aparecen las etapas (la edad cronológica promedio), varía considerablemente de una sociedad a otra. El orden de las etapas es cons-

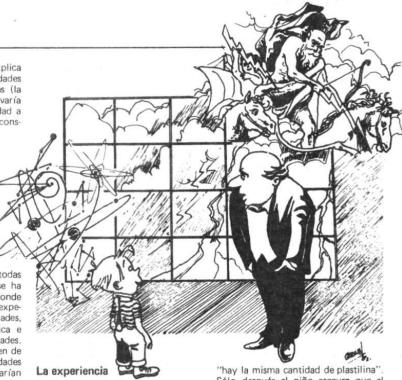
¿Por qué la gente que vive al otro lado del planeta no se cae?

Porque la tierra no se puede caer, porque está sostenida, y la tierra está rotando en torno al sol y no puede caerse porque está girando, y si no estuviera en el espacio se caería.

tante y ha sido corroborado en todas las sociedades estudiadas. Así, se ha encontrado en varios países donde psicólogos han reproducido las experiencias no solo en universidades, sino también en niños de Africa e Irán, en los campos y en las ciudades. Sin embargo, aún cuando el orden de sucesión es constante, las edades cronológicas de tales etapas varían considerablemente. Por ejemplo, las edades que hallamos en Ginebra no son necesariamente las edades que ustedes encontrarían en los Estados Unidos. En Irán -en la ciudad de Teherán-, se encontraron las mismas edades que en Ginebra, pero existe un atraso sistemático en los niños del campo. Psicólogos canadienses que reprodujeron nuestros estudios -Monique Launderau y el padre Adrien Pinard-, hallaron también las mismas edades en Montreal. Pero cuando realizaron los experimentos en Martinica, encontraron un retraso de cuatro años en todos los experimentos a pesar de que los niños de Martinica asisten a escuelas de tipo francés, con programación francesa y a que al final de su ciclo elemental reciben un certificado de educación primaria superior. Existe en consecuencia un atraso sistemático de cuatro años. Así pueden ver ustedes que la maduración no lo explica todo,

¿Cómo llega la voz del cantante al radio?

Porque el radio es un imán, y la voz del cantante sale por la torre y el imán la atrae.



Consideremos ahora el papel jugado por la experiencia. La experiencia con la realidad física, con objetos, es obviamente un factor básico en el desarrollo de estructuras cognoscitivas. Pero como antes, este factor no lo explica todo. Puedo dar dos razones. Primeramente, algunos de los conceptos que aparecen al comienzo de la etapa de las operaciones concretas son tales que es difícil establecer un nexo de ellos con la experiencia Como eiemplo consideremos la conservación de sustancia cuando se cambia la forma de una bola de plastilina. Demos a un niño una bola de plastilina, y luego de que él le ha dado la forma de salchicha, le preguntamos si existe la misma cantidad de materia, esto es, la misma cantidad de sustancia, ahora y antes. También le preguntamos si tiene el mismo peso y tercero si tiene el mismo volumen. El volumen la medimos por el desplazamiento que produce, ya sea la bola o la "salchicha", en un vaso de agua. Los resultados, siempre que se ha hecho el experimento, son los mismos; muestran que antes que todo hay conservación de la cantidad de sustancia. Aproximadamente a los ocho años de edad un niño responderá "hay la misma cantidad de plastilina". Sólo después el niño asegura que el peso se conserva y aún más tarde, que el volumen se conserva. Así, quiero preguntar de dónde surge la idea de la conservación de sustancia. ¿Cuál es esa sustancia constante e invariante que aún no tiene constancia de peso ni de volumen? La percepción on ons da información respecto a la cantidad de sustancia. El niño puede

¿Por qué no oímos el trueno al mismo tiempo que vemos el rayo?

Por las variaciones del

Yo creo que puede ser una coalisión entre dos cuerpos el rayo llega primero por él, cuando se produce,

y el trueno es el eco del

pesar la bola y eso conduciría a la conservación del peso, o sumergirla en agua, lo que conduciría a la conservación del volumen. Pero la noción de cantidad de sustancia se logra antes que la de peso y la de volumen. La conservación de sustancia es simplemente una necesidad lógica. El niño entiende ahora que cuando algo se transforma, alguna cosa debe conservación de sustancia es simplemente una necesidad lógica. El niño entiende ahora que cuando algo se transforma, alguna cosa debe conser-

varse porque si invertimos la transformación, se llega nuevamente al punto de partida, a la bola. El sabe que algo se conserva, pero no sabe qué. No es ni el peso, ni el volumen. Esta conservación de sustancia es simplemente una necesidad lógica. Me parece que éste es un ejemplo de un avance en el conocimiento: la necesidad lógica de algo que debe conservarse, aunque ninguna experiencia conduce a tal noción.

Mi segunda objeción a considerar que la experiencia sea suficiente como factor explicativo del desarrollo, es que esta noción de experiencia es equívoca. Existen realmente dos tipos de experiencia, que sicológicamente son muy diferentes y que en consecuencia son importantes desde el punto de vista pedagógico. Y es por su importancia pedagógica que enfatizo tal distinción. Existe por una parte lo que llamo experiencia física y en segundo lugar, lo que llamaré experiencia lógicomatemática.

La experiencia física consiste en actuar sobre objetos y obtener, por abstracción de ellos, algún conocimiento de los mismos. Para descubrir por ejemplo, que este tubo es más pesado que este reloj, el niño los pesará y encontrará la diferencia en los objetos mismos. Es experiencia en el sentido usual del término, es decir, en el sentido usado por los empiristas. Hay sin embargo, otro tipo de experiencia, al que llamo experiencia lógico-matemática, cuando el conocimiento se logra no de los objetos, sino de las acciones llevadas a cabo sobre los objetos. Y no es la misma cosa. Cuando se actúa sobre los objetos, ellos están allí, pero además, también está el conjunto de acciones que los modifica.

Veamos un ejemplo de este tipo de experiencia. Se trata de un ejemplo muy bonito que además de haberlo verificado muchas veces con niños pequeños, es una anécdota de la niñez de un amigo matemático, quien explica su carrera de matemática por tal experiencia. Cuando él era un niño pequeño, no se de qué edad, cuatro o cinco años, estaba sentado en el jardín y contaba piedritas. Bien, para contar las piedritas las ponía en fila y luego las contaba, uno, dos,

hasta diez. Cuando finalizaba las comenzaba a contar en dirección contraria y llegaba al mismo resultado: diez. Le pareció maravilloso que hubiese diez tanto en una como en otra dirección. Entonces, las colocó en círculo, las contó en una dirección y obtuvo diez. Las contó en otra dirección y nuevamente obtuvo diez. Las colocó en otras configuraciones y nuevamente obtuvo diez. Ese fue su descubrimiento.

¿Qué importancia tiene el corazón?

La importancia que tiene el corazón es el que nos dá la vida, si el corazón no funciona nos morimos, también nos da la articulación, y late 7 veces por segundo.

Realmente, ¿qué descubrió? No descubrió una propiedad de las piedritas, sino una propiedad de la acción de ordenar. Las piedritas no tienen orden, fue su acción la que produjo un orden lineal, circular o de otro tipo. Descubrió que la suma es independiente del orden. El orden fue la acción que él introdujo sobre las piedritas. Para la suma se aplica el mismo principio. Los guijarros no tienen suma, son simplemente un montón. Para verificar la suma se necesita la acción -la operación de ponerlos en conjunto y contarlos. Halló que la suma es independiente del orden, es decir, que la acción de

> ¿Por que la gente que vive al otro lado del planeta no se cae?

Porque el planeta es parecido a un imán, uno puede estar debajo y no se cae.

ponerlos en conjunto es independiente de la acción de ordenar. El descubrió una propiedad de las acciones, no de los guijarros. Se puede argumentar que fue la naturaleza de los guijarros la que permitió que esto se hiciera y eso es verdad. Si hubiesen sido gotas de agua no lo hubiera logrado, ya que dos gotas de agua y dos gotas no son cuatro gotas de agua, cosa que sabemos bien. Estamos de acuerdo, con gotas de agua no hubiésemos podido llegar a lo mismo.





una probabilidad de 0,8 de que el niño se concentre en la longitud y que la probabilidad relacionada con la anchura sea de 0,2. Esto significa que de 10 niños, ocho se concentrarán únicamente en la longitud, sin poner atención a la anchura; y dos se concentrarán en la anchura, sin poner atención a la longitud. Ellos se concentrarán ya en una dimensión, ya en la otra. Como las dimensiones son independientes a esta edad, el que se concentre en las dos tendrá una probabilidad de sólo 0,16. Esto es, menor que cualquiera de las otras dos. En otras palabras, lo más probable en un comienzo es concentrarse sólo en una dimensión y en realidad, el niño dirá: "Es más larga; así, hay más en la salchicha". Una vez él ha logrado este primer nivel, si continúa alargando la salchicha llegará un momento en que el niño diga: "No, ahora es muy delgada, hay menos". En este momento él está pensando en la anchura pero olvida la longitud; así se ha llegado a un segundo nivel,

¿Por qué la gente que vive al otro lado del planeta no se cae?

Porque la representación es clobular y la realidad es

que se convierte en el más probable una vez que se ha logrado el primero, pero que no era el más probable en el momento de partida. Una vez se ha concentrado en el ancho, tarde o temprano se concentrará en la longitud. Ahora se presenta un tercer nivel en el cual oscilará entre ancho y largo, cuando descubre que los dos están relacionados. Cuando la alargas, la haces delgada; cuando la acortas, la haces gruesa. Descubre que los dos están relacionados sólidamente y al descubrir esta relación, empezará a pensar en términos de la configuración final. Ahora dirá que cuando se alarga se hace delgada, de manera que son la misma cosa. Hay más en ésta en cuanto ancha, pero menos en cuanto delgada. Cuando se acorta se engruesa. Así, hay compensación -compensación que define equilibrio en el sentido en que lo definí hace un momento-. Consecuentemente, se tienen operaciones de conservación, En otras palabras, en el curso de ese desarrollo se encontrará siempre un

¿Qué es un átomo?

Es la parte más pequeña de la ciencia.

proceso de autorregulación que yo denomino equilibración y que me parece el factor fundamental en la adquisición de conocimientos lógicomatemáticos.

APRENDIZAJE

Pasamos ahora al aprendizaje. La explicación clásica del aprendizaje se basa en el esquema estímulo-respuesta. Pienso que el esquema de estímulorespuesta, que no voy a decir que es falso, es incapaz de explicar el aprendizaje de conocimientos en cualquier caso. ¿Por qué? Debido a que cuando se piensa en un esquema de estímulorespuesta, se piensa que en un comienzo existe un estímulo y que luego una respuesta es originada por tal estímulo. Por mi parte, estoy convencido que la respuesta es primero, si puedo expresarme así. Un estímulo solamente lo es en la medida en que sea significante, y es significante solo en la medida en que exista una estructura que permita su asimilación, una estructura que pueda integrar este estímulo y que al mismo tiempo, produzca la respuesta. En otras palabras, yo propondría que el esquema estímulo-respuesta se escriba en forma circular, en la forma de una estructura que no sea únicamente de una vía. Propondría sobre todo, que entre el estímulo y la respuesta esté el organismo, el organismo y sus estructuras. El estímulo es únicamente un estímulo cuando puede ser asimilado en una estructura y es la estructura la que produce la respuesta. Luego, no es una exageración decir que la respuesta es lo primero, en el comienzo está la estructura. Por supuesto nosotros desearíamos entender cómo se forma esta estructura. Esto lo intenté anteriormente al presentar un modelo de equilibración y autorregulación. Una vez existe la estructura, el estímulo producirá la respuesta, pero sólo por intermedio de la primera.

¿Dónde está el sol por las

En otro país, puede ser en Roma, etc.





Deseo presentar algunos hechos. Tenemos un gran número de ellos. Escogeré sólo uno o dos, aquellos recogidos por nuestro colega Smedslund. Smedslund llegó a Ginebra hace pocos años convencido de que el desarrollo de las ideas de conservación se podría acelerar indefinidamente mediante aprendizaje según el esquema de estímulo-respuesta. Yo lo invité a Ginebra a que pasara un año con nosotros y nos lo demostrara, que nos mostrara que él era capaz de acelerar el desarrollo de la conservación operacional. Sólo mencionaré uno de sus experimentos.

¿Qué es un átomo?

El átomo es como un vapor o una migración de agua hervida, o sea el vapor de agua.

Durante el año que estuvo en Ginebra, decidió trabajar en relación con la conservación de peso. La conservación de peso es sencilla de estudiar pues permite fácilmente un refuerzo exterior; basta pesar la bola y la salchicha en una balanza. Luego se puede estudiar la reacción del niño a estos resultados externos. Smedslud estudiaba por una parte la conservación de peso, y por otra su transitividad; es decir, la transitividad de igualdades: si A = B y B = C, entonces A = C; o la transitividad de las desigualdades: Si A es menor que B y B es menor que C, entonces A es menor que C.

En cuanto a la conservación, Smedslund tuvo éxito muy fácilmente con niños de cinco y seis años, para que generalizaran que el peso se conserva cuando la bola se transforma en otras formas diferentes. El niño ve la bola transformada en salchicha o en pequeños trozos o en forma de arepa, o en cualquier otra forma, la pesa y ve cómo siempre son la misma cosa. El afirmará que siempre es la misma cosa, que no importa lo que pase con ella, siempre tendrá el mismo peso. Así Smedslund logró muy fácilmente la conservación de peso mediante este tipo de refuerzo externo.

Pero el mismo método no tuvo éxito al tratar de enseñar la transitividad a los niños. Se resistían a la noción de transitividad. Un niño predeciría correctamente en ciertos casos, pero haría de ella una posibilidad, no una certeza. Jamás logró certeza generalizada en el caso de la transitividad.

Este primer ejemplo me parece muy instructivo pues el problema del peso tiene dos aspectos. Existe un aspecto físico y uno lógico-matemático. Notemos que Smedslund comenzó sus estudios estableciendo que existía una correlación entre conservación y transitividad. Comenzó haciendo un estudio estadístico sobre las relaciones entre las respuestas espontáneas a preguntas relacionadas con conservación y las respuestas espontáneas a las preguntas relacionadas con transitividad y encontrô una correlación significativa. No obstante, en el experimento de aprendizaje obtuvo aprendizaje en cuanto a conservación, pero no en cuanto a transitividad. Consecuentemente, él encontró un aprendizaje de lo que yo llamé anteriormente experiencia física (lo que no es sorprendente, ya que ésta es simplemente un asunto de notar hechos respecto de objetos), pero no tuvo éxito en cuanto al aprendizaje en la construcción de la estructura lógica. Esto tampoco me sorprende, pues la estructura lógica no es resultado de la experiencia física. No se puede obtener mediante refuerzo externo; se logra solamente mediante equilibración interior por autorregulación, sin ser suficiente el refuerzo externo de ver la balanza para establecer la estructura lógica de transitividad.

Podría dar otros ejemplos similares, pero me parece inútil insistir en estos ejemplos negativos. Ahora quiero mostrar que es posible el aprendizaje en el caso de estas estructuras lógicas, pero con una condición, cual es, que la estructura que se quiera enseñar a los individuos se pueda fundamentar mediante estructuras matemáticas más elementales y simples. He aquí un ejemplo, relacionado con la conservación del número en el caso de correspondencias uno a uno. Si ustedes dan a un niño siete fichas azules y le ordenan que tome otras tantas pero rojas, existe una etapa preoperacional en la cual él colocará una roja frente a cada azul. Sin embargo, cuando se separan las rojas formando con ellas ¿Por qué el sol tiene más luz que la luna?

El sol tiene más luz porque es propia, en cambio la luna es un satélite con luz impropia.

una fila más larga, dirá "ahora tenemos más rojas que azules".

¿Cómo se podrá acelerar, si acaso se quiere acelerar, la adquisición de esta conservación de número? Bien, se puede imaginar una estructura análoga pero en una situación simple, más elemental. Por ejemplo, con la señorita Inhelder, hemos estado estudiando recientemente la noción de correspondencia uno a uno dando al niño dos vasos de la misma forma y un montón grande de alverjas. El niño coloca una alverja en un vaso con una mano y simultáneamente con la otra, una alverja en el otro. Repite esta acción una y otra vez. una alveria en un vaso con una mano y otra alverja en el otro vaso con la otra mano y observa que siempre hay la misma cantidad en cada lado.

> ¿Cuál es la causa de que la tierra se mantenga girando alrededor del sol?

La causa de que la tierra gire alrededor del sol es la fuerza de atracción del sol hacia la tierra, y la fuerza de alejamiento de la tierra del sol

Posteriormente se oculta uno de los vasos, cubriéndolo. El niño no vuelve a ver este vaso, pero continúa colocando una alverja en él mientras pone otra en el otro vaso (que sí puede ver). Luego se le pregunta si se habrá conservado la igualdad, si existe la misma cantidad en cada uno de los vasos. Entonces se encuentra que niños muy pequeños, aproximadamente de cuatro años de edad, no desean hacer una predicción. Ellos dirán "hasta ahora había la misma cantidad, pero en este momento yo no sé, no lo puedo ver, de manera que no sé". Ellos no desean generalizar. Sin embargo, hacia los cinco años y medio la generalización sí se hace. En contraste, en el caso de las fichas separadas, sólo a los siete u ocho años los niños contestarán que existe el mismo número de fichas en las dos filas. Como ejemplo de esta generalización, recuerdo un niño de cinco

Explique el proceso de la respiración.

Uno respira por boca y nariz cuando va corriendo.

años y nueve meses quien estuvo agregando alverjas a los vasos. Cuando se le preguntó si al continuar día y noche agregando alverjas a los dos vasos, siempre se tendría el mismo número en los dos vasos, el pequeño contestó admirablemente: "una vez uno lo sabe, lo sabe para siempre"; en otras palabras, tal es un razonamiento recursivo. Así, en este caso el niño sí adquiere la estructura. El número es una síntesis de inclusión de clases y de ordenamiento. Esta síntesis se favorece por las propias acciones del niño. Se ha dispuesto una situación en la cual existe una iteración de la misma acción continuamente y que en consecuencia está ordenada, mientras que al mismo tiempo es inclusiva. Así podemos decir, que tenemos una síntesis localizada de inclusión y ordenamiento, que facilita la construcción de la idea de número en este caso específico y en la cual se puede encontrar un efecto, una influencia de una experiencia sobre otra. Sin embargo, esta influencia no es inmediata. Si estudiamos la generalización de esta situación recursiva a la otra situación en la cual las fichas estaban sobre la mesa formando filas, no existe una generalización inmediata pero es posible lograrla mediante pasos intermedios. En otras palabras, se puede lograr cierto aprendizaje de esta estructura si se la fundamenta en el aprendizaje de estructuras más simples.

¿Cuál es la diferencia entre los seres vivos y los no vivos?

Los vivos están funcionando, y el espíritu está con el cuerpo, y cuando está muerto, el espíritu sale del cuerpo y no puede hacer ningún funcionamiento.

En este mismo tópico del desarrollo de las estructuras numéricas el psicólogo Joachim Wohlwill, quien estuvo
por un año en el Instituto de Ginebra,
demostró también que tal adquisición
se puede acelerar introduciendo operaciones aditivas del tipo que introdujimos en el experimento descrito
más arriba. Wohlwill las introdujo

de manera diferente pero también obtuvo el efecto de aprendizaje. En otras palabras, el aprendizaje es posible, si se logra que las estructuras más complejas se basen en las más simples, es decir, cuando existe una relación natural y el desarrollo de las estructuras no es un simple refuerzo externo.

Me tomaré ahora algunos minutos para concluir lo que he dicho. Mi primera conclusión es que el aprendizaje de estructuras parece obedecer las mismas leyes del desarrollo natural de tales estructuras. En otras palabras, el aprendizaje está subordinado al desarrollo y no éste a aquél, como dije en la introducción. Sin duda ustedes objeterán que algunos investigadores "enseñar" estructuras han logrado operacionales. Sin embargo, cuando yo estoy enfrentado a tales hechos, siempre exijo que se contesten tres preguntas.

La primera es: ¿Es este aprendizaje duradero? ¿Persiste durante dos semanas o un mes? Si una estructura se desarrolla espontáneamente es duradera; una vez logrado un estado de equilibrio, persistirá por toda la vida del niño. ¿Es duradero o no el aprendizaje conseguido mediante el refuerzo externo y cuáles condiciones son necesarias para que sea duradero?

La segunda pregunta es: ¿Qué grado de generalización es posible? Lo que hace interesante el aprendizaje es su posibilidad de transferencia a una generalización. Siempre que se ha producido algún aprendizaje es posible preguntar si éste constituye una pieza aislada en la vida mental del niño o si realmente es una estructura dinámica que conlleva a generalizaciones.

Finalmente, ésta es mi tercera pregunta: en el caso de cada experiencia de aprendizaje, ¿cuál era el nivel operacional del sujeto antes de la experiencia y qué estructuras más complejas logró el aprendizaje? En otras palabras, debemos considerar cada experiencia específica del aprendizaje desde el punto de vista de las operaciones espontáneas que estaban presentes en el punto de partida y del nivel operacional que se ha logrado de la experiencia del aprendizaje.

Explique la importancia de bañarse todos los

Porque mantiene el cuerpo limpio, con los poros abiertos, permitiendo el paso del aire al cuerpo.

Mi segunda conclusión es que la relación fundamental que tiene que ver con todo desarrollo y con todo aprendizaje no es una relación de asociación. En el esquema de estímulorespuesta se entiende que las relaciones entre estímulo y respuesta son de asociación. Pienso por el contrario que la relación fundamental es de asimilación. Y definiré asimilación como la integración de cualquier tipo de realidad a una estructura v es esta asimilación la que me parece fundamental en el aprendizaje y la que me parece que es la relación fundamental desde el punto de vista de las aplicaciones pedagógicas o didácticas. Todas las consideraciones discutidas aquí presentan al niño y al sujeto que aprende como activos. El aprendizaje es posible solamente cuando existe una asimilación activa. Es esta actividad de parte del sujeto la que me parece que ha sido descuidada en el esquema de estímulorespuesta. La presentación que yo propongo hace énfasis en la idea de autorregulación, de asimilación. Todo el énfasis se coloca en la actividad del sujeto mismo y pienso que sin tal actividad no es posible ni didáctica ni pedagogía que transformen al sujeto en forma significativa.

Finalmente, y ésta será mi última conclusión, quiero comentar la excelente publicación del sicólogo Berlyne. Berlyne estuvo con nosotros en Ginebra durante un año e intentó traducir nuestros resultados relacionados con el desarrollo de operaciones al lenguaje del estímulo-respuesta, específicamente a la teoría del aprendizaje de Hull. En el mismo volumen

¿Por qué la gente que vive al otro lado del planeta no se cae?

Porque hay una ley que dice sobre la atracción de los planetas, y si no tuvieran esa atracción, explotarían.

ALL BUILDING THE PROPERTY OF THE SERVICE HAS terrollectual La common the tales result-INDICATE SELECTION CONTROL SELECTION OF THE PROPERTY OF THE PR iv minimi mathen may brown at tax phase the later seek soft, a condition THE ULLE SE TRUMBULCHY DOE BROCKFOR element El minimir Bertlynn fos connidorió elimenature, pero princi sine rentari пон ин но<u>в тан и получении малол</u>е A mi com He técniar de l'hall mismin. Lais: THE HAVING STREET TO WELL TO THE todo: Barlyine novem interlinguin doc ripui di regilledes en al espenia extreme responsibilities and serving disease endiments gue yo treesmino "resovenine ropini" pi respiretum que llerry m Janomina residentas de Trimpfurmución List respuestas del

mfurringenyeur nesejir Artinin Navibe

То уполны надаў подн часть — (Аруб) какнеў та ракомента інг полны накраў саму

timetermición invintan en traisforter un tesperata (a) primer tupo en internación inspirato del munno tupo internación non las retrestas de transformación non las que yn denomina internación de transcipituda de internación de internación y en como estado en internación de internación de internación y en come estada de internación y en come estado de manta entración y en come estado de manta entración y en come estado de como de manta entración y en come estado de como de co

I THE PROPERTY OF THE RESTRICT

FOTO-M IN M EDITO IN DURING COM IN VESSION IN THE AMERICAN

Literarchi problicación que de tromano de como de la morama de como de

Ustodes pupillar en que todo paeda esta de uno an la compa estruto. Espuesto, el en autere pero arramentamente, es decentados abate operaciones, y longo estationarios. Y esta estada lo que puesano.

Abord of the officers of borne corrected in informative responding against an premise action of the correct of

a conservación del magry in non-Secretary del Amiliane un secretario a la experiencia Tembrilii esta vivotuctado un sistema lógico caracter zado por la ceversibilidad y por el sesseras de CONTRACTORIS Safety total digiendo que en 되는 Caro 'del (Seo y 기급 Valumen, al peso corresponde a un consecto empirios; lo mismo is validaro para al volumur Sin embargo, es ur caso. dit la sustancia voi no creedo var cómio elle et moziquoted una pietospicum (le élle independimite del peso y dei volumini Lio extrano se que tal neción de sys-TITO S SHECEZOU DOUS I du les AUSEL des Observing que en le lestra a del morse пишто шорочи и проме тека пос primerat l'incos gragos lan filòsofiss presumation of the consecutive o vación un la avistament indipendiminamenter of stillionies experiencia. No. ത്താ: വേധ ജ്വ വാഗസമർക്കുന്നു വ to term to dit les operaciones fai son BERVIETON DE LE PERMINER EL INTERE mente la abrimación de publicacione colle there that howeverse. The nines no sapan importificaminin que pe COMMITTED DELINY 1949 YE THE & DOLLIN ди для виручите не биеле депочне обmakwo la bata. Herm cure haben nigrima Coss builes observey their "eistandla" க் சொரியாவர். பாடி நோயு வடமாக: pretar está necesidad. Implai de conserудалби Мина ени пестеплина годиса induced into minimization isotopic Primeryto del operaciónese. Voi ses plestado utili risto simi ciminadici cini con Tu Learn del desprolla

Note the food forest La imports program to income of describid an immediate of income of the income

No estoy segmo unim u generala de:

усты на станова и по эты тых типа основ и по

Fingle III grange the Whole and III or, is from a construction gralegal, you may night the park you bow and appropriate

militario de la forción sugdistinguir al intenior de la forción sugroscitiva del especies myy diferentes, ora denominar il especio figurativo. Il especto operativo El especto figurativo usos que ser cos configurationes estáticas. En la rentitad fairra hay especos y ademas se office despritarios estáticas. En la rentitad fairra hay especos y ademas se office de un estato a otro. En el forcionamento cognoscipio uno usos las aspectos figurativos, por rigerante perceiro intitación, linaginación mental, utc.

Etilapecto logerativo incluye opera clones y las alcolones quit condocen qir mu estado a otto En atilica de afacas: superiores y en additor lo aspectos flourativos estámente ordinarios a tos impecies eperativas dustiniji vistado dullo se entirenda cumo el mentiado ide alguna tracellorosecenmto de référeu de cerety le como y Handownsking Para at 1976 presiderenional no entiende las ministornastories. Et no posse las opinaciones mocesarium pomi emberdertas por To caud, sologa toda el entasis en la camildari estática de fos estados. Ex decudo s esto, por ejemplo, que en los en en mentre de conservación comocine simplemente los estados michal y fund empheocuparsede las transformacionis.

Ejimbendo percepción y ingrigora, creo que se reforsará el aspecto ligorativo, sin todar el aspecto opelacivo. En consenuencia no estoy seguno que esto ecolere el terarrollo alt las estructuras cognoscrivos. Lo que necesito peloscase el aspecto una entre ou el apúltos de estados cano al antites de las formadornas.

ZESSATT TOVOLUTE OF

Del melle in Our media de la energia sinci entre compara in entre in Dellos sen entre in estre 100 28, 30 millos estre

Gilberto Cediel

Enseñanza y Ordenes de Magnitud

Denviro de los programas de enseñanza de las cimicias generalmente no se auden discutir an nuestro medio con el futiasis dimentile los órdanes de magnitud de las diferentes contidedes tíseos que en van progresivamente defimando.

Las graves consecuracias que acarres tal procedimiento son de pronéstico inmediato. Sin simbirgo, es frecuente que esa deficiancia si puede corregir con estrema simplicidad, consiguiendo inclusive una significative mejore en el nivel de comprensión de algún concepto y motivando de peso una activa participación del alumno.

Aquí as describes un per de arregios simples que permiten hullar el orden de magnitud de las cantidades importantes en fanômenos corruntes de electrostático.

Es claro que der a conocar les experiancies docentes, compartirles así suan fair elementales como la presente, as sin dude un aporte al mejoramiento de la actual constición de la enseñanza.

INT ROBULECTOR

No constitute un desalbrimiento ar endobe introduce at surf entitle fall even The semiparent regal mates a less your care. munter to les his dayle time restaurate тураны инстити працить то ста no quantica desda laego gius mata sa hilys intertacto. En effectu, intries sa sa sambaniqui aur anila su lescuto in bispoets he les "primeres principito" Lax III esperarusu da podin dasoli all mienium il mini condict y ප්රාවේශ THE CHIPTES CL MATERIAL SHAPES AND THE THE auturgu upuliun emin su tovna kirtucho La initiativa ameria substinia HE & Proprinted to the state of CHIDAN SOM SAY, BACASSO & PARTISHANDI Appendix of many property of the control of the con minigrii in vosiție perintit en III -mpinās izantas bis izunimas iņim se in ⊇orini imioisimi mimite. Zhi ≪ar радот перез тже за застилат ри the term on purdon on market. munifies twintermass, "remoss y sent

dosenes: sin the Surgen irremediable means tes manus y atomas polémicas meterolisas, pardiéndose tos objetivos y las perpectivas y distinanzo nadicado permina un nada

Ottal years, con ni contratto, el prophima es restricido a sus musaltrancias termadidades Agin alametera las recoras minimas non la parantizas in usuario sin exista comundo un su presencia su acogo sin escrutostas del princia compunto de instrucciores Se trata del mas unuspragunto aditira a un lorgo del mas unuspragunto del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un lorgo del mas un lorgo del mas a un

normo medio, peries se "sin econorgo como tescento quesa o cualquima de los questos es se porte en la questo de la questo de la completa de la estada de la completa del completa del completa de la completa del la completa de la completa del la completa del la completa de la completa del la comp

Білетто Бейте: Окраї паленті і і і фтепье Цеймензі і ід і парадія Пореж procura hábilmente despachar en el menor tiempo posible, invirtiendo eso sí un mínimo de esfuerzo creativo. Estas actitudes son explicables en cierta medida puesto que satisfacer tal requisito se suele tomar como criterio fundamental, cuando no único, para calificar el desempeño del profesor y medir la responsabilidad con que encara su tarea docente.

Pero... ¿qué hacer? ¿Estaremos condenados a la esterilidad y a la inercia? ¿O podremos ir aportando pequeñas y modestas contribuciones que efectivamente sí signifiquen un paso adelante? ¿Por qué no dar a conocer aquellos enfoques simples con los que siempre se tiene éxito al explicar un tema específico, ya que facilitan o mejoran en algún grado la calidad del aprendizaje? ¿Por qué no divulgar las clases de tipo demostrativo y las reformas o adiciones que calladamente son introducidas a los programas oficiales por propia iniciativa? ¿Por qué no compartir algunas de las sencillas experiencias docentes positivas o negativas que a diario colman nuestra jornada? Serían solamente los primeros pasos pero también la ruptura de la inercia para ir tomando lenta y masivamente una posición sólida, desde la cual poder exigir lo que se deba exigir.

Tales son los propósitos generales que dan sentido y enmarcan los parágrafos siguientes, en los cuales me propongo abordar un problema concreto de docencia y compartir, algunas modestas pero formativas soluciones que recogen aportes tanto de colegas como de estudiantes. Veamos:

Una experiencia docente en la enseñanza de la electrostática

Puede afirmarse en términos muy generales que la enseñanza de las ciencias tiende a capacitar al estudiante a desenvolverse con relativa habilidad dentro de los marcos limitados de las teorías y los modelos ideales, subvalorando, cuando no despreciando por completo, las relaciones que tales conocimientos tienen con la vida cotidiana, con la realidad del laboratorio y el últimas, con su origen y razón de ser.

Detallemos al respecto una situación algo corriente:

Un buen estudiante conoce los conceptos fundamentales de la electricidad; por ejemplo, sabe sus leyes básicas, condiciones generales de validez, las expresa en variadas formas matemátivas, las transforma, las deriva y las integra. Conoce la conservación de la carga, su cuantización y sus unidades en varios sistemas.

Pero... ¿ha hecho Ud, el ensayo de preguntar a su audiencia cómo sabe si en el salón de clase existe un campo eléctrico y su valor aproximado? Es muy probable que el mejor de sus estudiantes tome la iniciativa y recordando su texto favorito, conteste muy seguro de sí mismo que simplemente bastaría con fijar una carga puntual en un cierto punto del espacio y medir la fuerza que experimenta por unidad de carga cuando tiende a cero. Además no sería extraño que luego pase resueltamente al tablero y tiza en mano escriba algo semejante a

$$\overrightarrow{E} = \lim_{q \to 0} \frac{\overrightarrow{F}}{q}$$

Así está seguro de no dejar la menor duda sobre el real significado de sus afirmaciones y de haber contestado de manera completa y satisfactoria la trivial inquietud del profesor, salvo eso sí, detalles de orden menor.

Pero, ¿qué sucedería al exigirle que ejecute la medición? ¿Qué tomaría como carga puntual? ¿Cómo determinaría la fuerza? ¿Qué instrumental solicitaría? ¿Cómo descontaría el efecto de fuerzas de otra naturaleza, si finalmente obtiene alguna, corresponde a un campo eléctrico? ¡Detalles de orden menor!

¿O ha usted inquirido en clase por el orden de magnitud de la carga estática que adquiere la peinilla por fricción con el cabello? Quizás no haya terminado de formular la pregunta cuando por simple observación ya ha perdido usted toda esperanza de obtener una respuesta algo razonable. En efecto, lo primero que descubre

La clase puede llegar a convertirse en un mundo aparte desconectado de cualquier realidad cotidiana.

¿Ha preguntado alguna vez a sus alumnos, cuánta carga adquiere una peinilla por fricción? Antes de concluir la pregunta Ud. seguramente ha perdido toda esperanza de escuchar algo razonable.



para su sorpresa es que el concepto de orden de magnitud es notoriamente impreciso en su audiencia. No debe entonces causar extrañeza que el estudiante considere normal una carga de varios coulombs o una corriente de millones de amperes o una capacidad de centenares de farads, etc. El alumno no encuentra relación entre lo que recita el profesor en el tablero y lo que ocurre fuera del aula. Por eso con frecuencia se cuestiona la real utilidad de la física y simplemente se la considera como un escollo sin sentido en el pénsum de la carrera y hasta se llega al extremo de solicitar que sea formalmente eliminada de él.

Cuando en un curso cualquiera se habla por primera vez de alguna cantidad física se debe prestar tanto cuidado para precisar su concepto, definir sus unidades e informar y mostrar su utilidad como para ilustrar su orden de magnitud. De otra forma es claro que el conocimiento es a todas luces incompleto y genera deficiencias y vicios crónicos en la formación del futuro profesional.

Lo ideal es siempre que sea el mismo estudiante quien descubra directamente el orden de magnitud a partir de algún arreglo experimental simple, sea sugerido por el profesor o lo que sería muchísimo más interesante, diseñado por el alumno en persona.

Si se dispone de una peinilla, un pequeño pedazo de papel, una cabe-Ilera razonablemente abundante y seca, una balanza y una regla, se puede determinar el orden de magnitud de las cargas estáticas aplicando la ley de Coulomb. No se requiere una balanza ultrasensible para conocer el peso del minúsculo papelito. La de la tienda de la esquina sirve si se pesa todo un cuaderno o dos o tres. La regla casi que no es indispensable porque a nadie se le ocurriría que la peinilla atraiga a un papelito que se encuentra a 1 km de distancia, ni siquiera a un sólo metro.

El estudiante va a afrontar de paso algunos "graves" interrogantes, por ejemplo:

¿Es directamente aplicable la ley de Coulomb en este caso? ¿Peinilla y papel se comportan como cargas puntuales?

Si usted pesa un cuaderno puede encontrar el orden de magnitud de las cargas separadas al frotar una peinilla, así como los potenciales, fuerzas y campos electrostáticos involucrados.

Se invierte mucho tiempo en precisar los conceptos, muy poco en señalar las aplicaciones y casi ninguno en ilustrar órdenes de magnitud.

El estudiante merece, quizás necesite vivamente, la oportunidad de enfrentarse a las dificultades que le crea el diseño y montaje del experimento así como el cálculo de los resultados.

¿Está realmente cargado el papel? ¿Por qué entonces es atraído? ¿Qué distancia se debe medir? ¿Entre extremos? ¿Centros de masa? ¿O

cuál otra? ¿Cómo determinar el orden de magni-

tud de la fuerza sin conocer el de las cargas, es decir, qué tan grande debe ser la interacción eléctrica comparada con el peso del papel?

Del experimento no se puede obtener la carga de la peinilla con varias cifras significativas, sino su orden de magnitud. Nada más. iPor lo tanto, un error del 100º/o no sería tan grave, inclusive del 1000º/o tampoco! De todas maneras, el resultado estaría dentro del rango normal.

Conviene, sin embargo, ser plenamente conscientes de las aproximaciones y errores cometidos al efectuar el cálculo.

La figura 1, muestra otro arreglo experimental muy simple, que también permite hallar el orden de magnitud de las cargas estáticas y que tiene la ventaja de ilustrar, además la diferencia entre un conductor y un buen aislante. Si la barra A es conductora, al tocarla con el objeto B, previamente cargado, rechaza el metal liviano D, que puede permanecer deflectado, después de retirar B, el tiempo que se quiera si se tiene la precaución de no ejecutar el experimento donde la humedad ambiental sea apreciable, o si por lo menos se logra reducirla de alguna forma.

Naturalmente, D no se deflecta cuando A es un aislante electrostático. Los "datos" que se toman, las suposiciones y las fuentes de error son básicamente los mismos que en el caso de la peinilla y el papel, con la diferencia que aquí cada uno de los dos objetos sí está cargado eléctricamente.

Por otra parte, veamos como aprovechar las dificultades que normalmente enfrenta el estudiante al pretender montar el experimento.

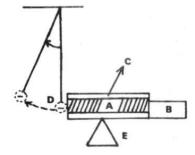
Evidentemente E debe ser un buen aislante efectrostático. Es entonces muy posible que el aparato "no funcione" debido a que un aislante que se creía apropiado no lo es en realidad. En efecto, es común que el estudiante escoja inicialmente un soporte de caucho común, plástico, madera, etc., puesto que es su experiencia que tales materiales aislan apropiadamente diferencias de potencial de 110, 150 o quizás 220 voltios a.c., y entonces comete el error de extender la propiedad. Que los potenciales electrostáticos son de órdenes de magnitud mucho mayores se puede ilustrar si la barra conductora cargada dispone de cubierta aislante C, la usual para bajos potenciales a.c. En tal caso, al tocar C con un dedo se descarga A., lo cual se nota porque D regresa a su posición de equilibrio inicial.

Disponiendo del orden de magnitud de las cargas estáticas, un cálculo elemental proporciona el del potencial estático y se explica entonces la anterior observación experimental. Igualmente se pueden determinar los órdenes de magnitud de las fuerzas y los campos electrostáticos.

Pero al fin y al cabo, ¿cuál es el . dichoso orden de magnitud de las cargas? No es extraño que la magnitud usual de la carga estática se halle localizada dentro de cuatro órdenes de magnitud muy inferiores al Coulomb, desde luego.

Sin embargo, confieso, que nunca me perdonaría privarlo a usted de la satisfacción de descubrirlo por sí mismo, con la firme esperanza de que abrique los mismos sentimientos respecto a sus alumnos. Ciertamente realizar la "medición" resulta ser no solamente más entrenido sino más rápido aún que localizar el dato en algún

Finalmente, creo que no sobra recomendar que los ejercicios que se suelen dejar como tarea, los ejemplos típicos resueltos en clase, los problemas de los exámenes, etc., estén formulados de manera que los datos numéricos queden comprendidos dentro de los verdaderos órdenes de magnitud. Así el estudiante dispone de otro método para confrontar su respuesta y puede entonces saber si ésta es razonable o por el contrario, si cometió algún error grave en el procedimiento. ¿Por qué no facilitarle tal labor al estudiante?



Carlo Federici

Sobre el Problema del Pozo

En el número cero de la revista Naturaleza (Nov. 81), se publicó un artículo del profesor Germán Arenas titulado "Los métodos numéricos en la solución de problemas elementales de física" en el cual se resuelve por el método de aproximaciones sucesivas el siguiente problema: "Se deja caer una piedra en un pozo profundo. El ruido que produce ésta al caer se escucha tres segundos después. ¿Cuál es la profundidad del pozo?"

El artículo, tomando como pretexto la resolución de este problema elemental, plantea en realidad un problema pedagógico de fondo: al resolver problemas elementales de física por el método "tradicional", el estudiante correría el riesgo de verse muy pronto sumergido en una "vorágine de operaciones matemáticas" que tenderían a desviarlo de los aspectos físicos del problema. Los métodos numéricos por aproximaciones sucesivas presentarían en ocasiones sobre el método "tradicional" la ventaja de mantener continuamente al estudiante sobre la física del problema.

En el presente artículo se controvierte la posición anteriormente esbozada. El profesor Federici reconociendo que los métodos numéricos pueden tener utilidad pedagógica, a nombre del método tradicional se hace las siguientes preguntas: ¿Implica necesariamente el método "tradicional" una pérdida de atención sobre la física del problema? ¿El método "tradicional", bien conducido, no permitiría también mantener presente a lo largo del problema, el orden de magnitud de la respuesta? En cuanto a la "riqueza de información", ¿cómo se comparan los métodos numéricos con el método "tradicional"? Para el caso concreto del "problema del pozo" el método numérico funciona muy bien para un tiempo de 3 segundos. ¿Podría afirmarse lo mismo si el tiempo fuese 5 ó 10 veces mayor? ¿Puede el método "tradicional" sugerir criterios al respecto?

El debate alrededor de estos problemas continúa abierto.

En el número cero de la revista "Naturaleza", aparece un artículo del profesor Germán Arenas, "Los métodos numéricos en la solución de problemas elementales de Física" en el cual se resuelve por medio de aproximaciones numéricas el que brevemente se puede llamar "problema del pozo".

La manera de resolver tal problema, y otros más, seguramente es buena; pero me parece exagerado presentarla como método alternativo a los tradicionales, que se pintan en el artículo, bastante burda y despectivamente. En efecto, el profesor Germán Arenas afirma en el mencionado artículo (pág. 37):

"El método de plantear una ecuación para resolver un problema y después zambullirse en una vorágine de operaciones matemáticas, des-

Carlo Federici Profesor emérito Universidad Nacional Bogotá vía la atención del estudiante hacia aspectos puramente operativos de tal manera que el problema físico queda relegado a un segundo plano o se pierde completamente de vista".

Y más adelante (pag. 38):

"Después de todo el manipuleo algebraico el estudiante ya se ha olvidado del pozo y de la piedra. Obligado a llegar a la "fórmula" se le ha perdido la realidad. Tomará cualquier respuesta numérica como válida, aunque sea absurda, pues la obtuvo de la fórmula. [. . .] ¡Qué más aburrido que efectuar las operaciones indicadas bajo el radical de la última ecuación!".

Finalmente (pag. 39):

"Para concluir: creo que el empleo de métodos aproximados no oculta la Física de los problemas. Además de obligar a estar permanentemente sobre la realidad en la solución de los problemas, puede dar piso, a través de problemas en algún grado prácticos, a conceptos de Ifmite, algoritmo, función, . . . que muchas veces quedan en el "reino puro" de la matemática".

Ahora bien, en la 3a. columna de la pág. 39 se afirma: "En ningún momento se ha perdido de vista el problema real", y un poco antes: "Con esta cota superior se pueden repetir los pasos ii) y iii) y hacerlo cuantas veces queramos obteniendo muchas cifras decimales".

Me pregunto: ¿En un "problema real" estas "muchas cifras decimales" serán

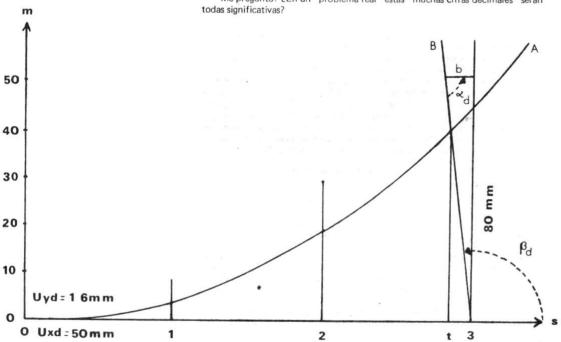


Figura 1.

En la misma página y más precisamente en el pie de figura de las figuras A y B, se afirma que "con la curva A hallamos la posición de la piedra para cada tiempo; la línea recta B representa la posición del pulso sonoro. Sabemos que en t=3(s) el pulso sonoro llega a la boca del pozo, por eso B pasa por allí. Y la pendiente (de) B debe ser -340m/s"

Ahora bien el arco A pasa por el punto (2; 25) y debería pasar por el punto (2; 19, 6) y la pendiente de la recta B (el sistema cartesiano de la fig. A es dimétrico) vale (alrededor de) —86m/s.

Me pregunto: ¿El gráfico de la pag. 39 es una representación de la realidad?

Me parece que cuando se quieren parangonar dos métodos hay que presentarlos, *ambos*, en sus mejores vestimentas para evaluar los límites del uno y del otro.

En la fig. 1 presento el gráfico que habría debido aparecer en el artículo y que sí permite vislumbrar, con buena aproximación, y antes de ejecutar cualquier cálculo relativo a la determinación de h, t y t', el resultado que hay que esperar; en el gráfico se puede "leer" que $h \simeq 40.6$ m, que $t \cong 2.88$ s, y que $t' \simeq 0.12$ s

Además, la fórmula resolutiva de la ecuación en h que se da en el artículo, presenta serios errores de imprenta; debería ser

$$h = (c^2/g) \left[(3s g/c + 1) \pm \sqrt{(3s g/c + 1)^2 - 9s^2 g^2/c^2} \right]$$

y hay que reconocer que así escrita, no permite "ver" con facilidad cuál es "el signo adecuado" y no se logra entender por qué en la fórmula sólo aparece un dato numérico (el tiempo total t+t' es decir 3 s), y no aparecen los valores numéricos de c y g.

Si se indica con t'' el tiempo total, es decir t''=t+t', la fórmula anterior se transforma tradicionalmente, como sigue

$$h = (c^{2}/g) \left[(gt''/c + 1 \pm \sqrt{(gt''/c + 1)^{2} - (gt''/c)^{2}} \right] =$$

$$= (c^{2}/g) (gt''/c + 1) (1 \pm \sqrt{1 - [gt''/(gt'' + c)]^{2}}) =$$

$$= ct'' \left[(gt'' + c)/gt'' \right] (1 \pm \sqrt{1 - (ct''/(gt'' + c))^{2}}) =$$

$$= ct'' \left[1 \pm \sqrt{1 - [gt''/(gt'' + c)]^{2}} \right]$$

$$= ct'' (1 \pm \sqrt{1 - q^{2}})/q$$

habiendo puesto

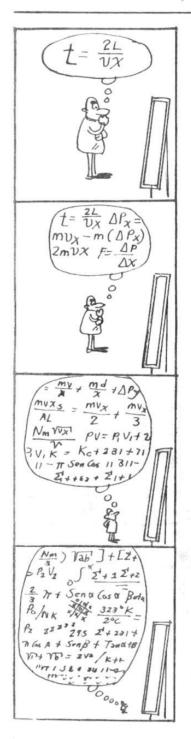
$$q = gt''/(gt'' + c)$$

Es conveniente notar que q es una expresión cerodimensional y que, además, 0 < q < 1, y puesto que h = ct' = c(t'' - t) < ct'' resulta *evidente*, ahora si, que la solución del problema es la dada por

$$h = ct''(1 - \sqrt{1 - q^2})/q$$

v por tanto





$$t' = h/c = t''(1 - \sqrt{1 - q^2})/q$$

У

$$t = t'' - t' = t'' - t'' \left(1 - \sqrt{1 - q^2}\right)/q =$$

$$= t'' \left[1 - \left(1 - \sqrt{1 - q^2}/q\right)\right]$$

v si se pone

$$x = x(q) = 1 - (1 - \sqrt{1 - q^2}/q)$$

Se tiene finalmente que

$$t = xt''$$
, $t' = (1-x)t''$, $h = (1-x)ct''$

Es conveniente poner de relieve que la última *forma* de las fórmulas que dan t, t' y h en función de t'', c y g es la *debida* porque pone en evidencia tanto la parte *dimensional* de la solución como la parte *característica* o adimensional (la x función de q) mostrándose así un principio de (meta) física poco conocido y, menos aún, usado: el teorema π ; además sugiere un *orden* en la ejecución de los cálculos. Por ejemplo en el caso t''=3s se tiene que:

$$q = gt''/(gt'' + c) = 9.8 \cdot 3/(9.8 \cdot 3 + 340) =$$

$$= 294/3694 \approx 0.08$$

$$q^{2} = 0.0064, \qquad 1 - q^{2} = 0.9936$$

$$\sqrt{1 - q^{2}} = 0.9968$$

$$x(q) = 1 - (1 - \sqrt{1 - q^{2}})/q = 1 - 0.0032/0.08 =$$

$$= 0.96$$

así que

$$t = 0.96 \cdot 3s = 2.88 s$$

$$t' = (1 - 0.96) \cdot 3s = 0.12 s$$

$$h = 0.12s \cdot 340 \text{ m/s} = 40.8 \text{ m}$$

Pero el trabajo de "carpintería" todavía no ha terminado. Si se pone p=gt''/c (otro producto cerodimensional) y por lo tanto

$$q = gt''/(gt'' + c) = \rho c/(\rho c + c) = \rho/(\rho + 1)$$

entonces la fórmula que da h en función de $c,g,\,t^{\prime\prime}$ se transforma sucesivamente como sigue:

$$h = ct''(1 - \sqrt{1 - [\rho/(\rho + 1)]^2}) / [\rho/(\rho + 1)] =$$

$$= ct''[1 - \sqrt{(\rho + 1)^2 - \rho^2}/(\rho + 1)] [(\rho + 1)/\rho] =$$

$$= ct''[(\rho + 1) - \sqrt{1 + 2\rho}]/\rho =$$

$$= ct''[1 - (\sqrt{1 + 2\rho} - 1)/\rho]$$

es decir

$$h = (1 - x)ct''$$

habiendo puesto $x = (\sqrt{1 + 2p} - 1)/p$

Es fácil ver entonces que:

$$t' = (1 - x)t''$$
 y que $t = xt''$.

Por otra parte de la ecuación que da ${\it x}$ en función de ${\it p}$ se tiene que

$$px + 1 = \sqrt{1 + 2p}$$

es decir que

$$p^2x^2 + 2px + 1 = 1 + 2p$$

o también que

$$1-x=px^2/2$$

de manera que los valores de t, t' y h son dados por las fórmulas que permiten diferentes alternativas:

$$t = xt''$$

$$t' = (1 - x)t'' = (1/2)px^{2}t''$$

$$h = (1 - x)ct'' = (1/2)px^{2}ct'' = [2(1 - x)/p](1/2)gt''^{2}$$

$$h = x^{2}(1/2)gt''^{2}$$

Nótese que 0 < p y que 0 < x < 1.

Es conveniente ahora fijar la atención sobre la solución (alternativa) de la forma:

$$t = x(p)t''$$

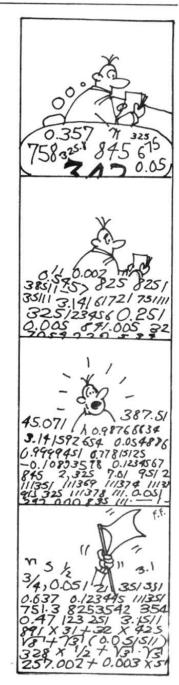
 $t' = (p/2)x^{2}(p)t''$
 $h = x^{2}(p)(1/2)gt''^{2}$

En el caso en que se pueda pensar que t (< t'') difiera "poquitico" de t'' es decir que $t \simeq t''$ entonces se deduce que

en primera aproximación

$$x(p)\cong 1$$
 y por lo tanto x^2 (p) $\cong 1$, así que $h=x^2$ (p) (1/2) $gt''^2\cong 1/2gt''^2$ y $t'=(1/2)p$ x^2 (p) $t''\cong 1/2$ pt''

Nótese que el parámetro p no aparece ni en la expresión de t ni en la de h y sí aparece en un mononio de grado 1 en la de t'. Lo anterior obliga entonces a pensar que



en segunda aproximación

 $t = t'' - t = t'' - 1/2 \, \rho t = (1 - 1/2 \, \rho) \cdot t''$ y por lo tanto que $x(\rho) \cong 1 - 1/2 \rho$ y luego que $x^2(\rho) \cong (1 - 1/2 \rho)^2 \cong 1 - \rho$

y que $h = x^2(p) 1/2gt^2 \cong (1-p) 1/2gt''^2$

 $y t' = (p/2)x^2(p)t'' \cong 1/2 p(1-p)t'' = (1/2 p - 1/2 p^2)t''$

Nótese que el parámetro p aparece ahora, en las expresiones de t y de h en sendos polinomios de grado 1 en la de t' en un polinomio de grado 2. Y entonces se puede pensar que

en tercera aproximación

$$t = t'' - t' = t'' - (1/2p - 1/2p^2)t'' = (1 - 1/2p + 1/2p^2)t''$$

y por lo tanto

$$x(p) \cong 1 - 1/2p + 1/2p^2$$

>

$$x^{2}(p) \cong (1 - 1/2p + 1/2p^{2})^{2} \cong 1 - p + 5/4p^{2}$$

así que

$$h = x^2(p) \ 1/2gt''^2 = (1 - p + 5/4p^2) \ 1/2gt''^2$$

У

$$t' = 1/2\rho x^{2}(\rho)t'' = 1/2\rho(1 - \rho + 5/4\rho^{2})t'' =$$

$$= (1/2\rho - 1/2\rho^{2} + 5/8\rho^{3})t''$$

Y puesto que, en este trabajo de carpintería no se está ligado a la consideración *obligante* de las clfras significativas se pueden describir los resultados de una cuarta y una quinta y ... aproximación

$$t \cong (1 - 1/2p + 1/2p^2 - 5/8p^3)t''$$

$$x(p) \cong 1 - 1/2p + 1/2p^2 - 5/8p^3$$

$$x^2(p) \cong 1 - p + 5/4p^2 - 7/4p^3$$

$$h \cong (1 - p + 5/4p^2 - 7/4p^3) 1/2gt''^2$$

$$t' \cong (1/2p - 1/2p^2 + 5/8p^3 - 7/8p^4)t''$$

$$t \cong (1 - 1/2p + 1/2p^2 - 5/8p^3 + 7/8p^4)t''$$

$$(p) \cong 1 - 1/2p + 1/2p^2 - 5/8p^3 + 7/8p^4$$

$$x^2(p) \cong 1 - p + 5/4p^2 - 7/4p^3 + 21/8p^4$$

$$h \cong (1 - p + 5/4 p^2 - 7/4 p^3 + 21/8 p^4) 1/2 gt''^2$$

$$t' \cong (1/2p - 1/2p^2 + 5/8p^3 - 7/8p^4 + 21/16p^5)t''$$

En el caso considerado por el profesor Arenas (t'' = 3s) se tiene que

$$p = gt''/c = 9.8 \cdot \frac{3}{340} = \frac{294}{1700} = 0.0865$$

y los valores de x(p) son sucesivamente

$$x(p) \cong 1$$
, $x(p) \cong 0.9568$, $x(p) \cong 0.9605$, $x(p) \cong 0.9601$

que proporciona los sucesivos valores de t

$$t \cong 3s$$
, $t \cong 2.8704s$, $t \cong 2.8815s$, $t \cong 2.8803s$

que "coinciden" con los valores calculados por el profesor Arenas de una manera mucho más rápida. Lo anterior obliga a pensar que el "manipuleo" que lleva a aproximar la x(p), por medio de polinomios de grado creciente debería ser el desarrollo en serie de potencias de x(p) tomando sucesivamente hasta el 10., 20., 30., . . . términos. En efecto, si se recuerda que

$$(1+y)^m = \sum_{0}^{\infty} K \frac{m(m-1) \cdot \dots \cdot [m-(k-1)]}{k!} y^k \text{ si } |y| < 1$$

entonces se puede afirmar que x(p) es desarrollable en serie de potencias de p si 0 < 2p < 1 es decir si 0 < 2gt''/c < 1 y por lo tanto si $0 < t'' < c/2g \cong 17s$, y en tal caso se tiene que

$$x(p) = (\sqrt{1+2p} - 1)/p = [(1+2p)^{1/2} - 1]/p =$$

$$= (1+\frac{1/2}{1!} 2p + \frac{1/2(1/2-1)}{2!} 4p^2 + \dots - 1)/p =$$

$$= 1 - \frac{1}{2!} p + \frac{1 \cdot 3}{3!} p^2 - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{4!} p^3 + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{5!} p^4 - \dots =$$

$$= 1 - \frac{1}{2} p + \frac{1}{2} p^2 - \frac{5}{8} p^3 + \frac{7}{8} p^4 - \dots$$

Pero se pueden desarrollar las aproximaciones también de la manera siguiente:

Primera aproximación

$$x \cong 1$$
 entonces $x^2 \cong 1$ y por lo tanto
$$t = xt'' \cong t'', \qquad t' = \frac{1}{2} px^2 t'' = p/2 t'' = \Omega t'',$$

$$h = x^2 - \frac{1}{2} gt'' \cong \frac{1}{2} gt''^2$$

segunda aproximación

$$t = t'' - t' \cong t'' - \Omega t'' = (1 - \Omega)t''$$
 y puesto que $t = xt''$

se deduce que $x \cong 1 - \Omega$, $x^2 \cong (1 - \Omega)^2$ y entonces

Rubén Vargas

Electrolitos Sólidos: Nuevos Materiales para la Electrotecnia

En 1834 Faraday informó haber observado un fenómeno interesante: "Anteriormente describí una sustancia. sulfuro de plata, cuvo poder conductor aumentaba por calentamiento; y desde entonces he encontrado otra sustancia tan fuertemente afectada como la primera: esta es fluoruro de plomo Cuando un pedazo de esta sustancia, que ha sido previamente fundido y enfriado, se introdujo en el circuito de una batería voltaica, cesó la corriente. Cuando se calentó, adquirió poderes conductores antes de que fuera visiblemente roja en la luz del día; y hasta pudo saltar chispa de él mientras era aún sólido".

La anterior descripción de Faraday parece ser el primer registro de la observación de una transición de un estado pobremente conductor a otro buen conductor en materiales iónicos. Sin embargo, es importante anotar que, a pesar de los muchos años transcurridos desde el registro de este fenómeno no ha sido sino en años recientes cuando los aspectos relacionados con la alta conductividad iónica en algunos sólidos han cobrado enorme interés tanto a nivel de investigación básica como tecnológica o aplicada.¹

En la mayoría de los cristales iónicos (los denominados "normales" como el cloruro de sodio) el grado de desorden en la red cristalina es muy pequeño (alrededor del uno por ciento), lo que implica que la concentración de defectos (vacancias o intersticios) en la red es muy baja, y consecuentemente, sólo una fracción

muy reducida de iones puede moverse al tiempo a través del cristal, va que ellos lo hacen a saltos entre intersticios o vacancias. Como consecuencia, las conductividades eléctricas de estos cristales "normales" (las que solamente pueden ser de naturaleza iónica) resultan muy pequeñas en sus fases sólidas; por ejemplo: la conductividad del cloruro de plata a doscientos grados centígrados es muy baja, pues presenta una resistencia específica de unos diez mil ohm-centímetro, y la del cloruro de sodio es del orden de cien millones de ohm-centímetro, muy altas comparadas con la resistencia específica de un electrólito líquido a la temperatura ambiente, que es del orden de 1 ohm-centímetro.

En estos cristales "normales" la energía requerida para la formación de defectos en su red excede en gran medida a la energía térmica, y por esta razón, la concentración de esos defectos, y en consecuencia, de los iones móviles responsables de la conductividad eléctrica en estos materiales, depende fuertemente de la temperatura.

A diferencia de los cristales iónicos "normales" se han encontrado recientemente otros, como el pentayoduro de rubidio y plata, en los que el número de sitios de la red cristalina que pueden ser ocupados por una de las clases de iones es mucho mayor que el número de esos iones en el material. En efecto, en la fase altamente conductora del cristal iónico señalado arriba, la que se extiende desde unos -70°C hasta su temperatura de fusión a unos

Rubén Vargas Departamento de Física Universidad del Valle Cali

El primer congreso de carácter internacional dedicado a conocer el estado de desarrollo de las investigaciones básicas y aplicadas en estos materiales tuvo lugar en mayo de 1976 en el Centro de Investigaciones y Desarrollo de la General Electric en Schenectady, Nueva York, USA. Sus conclusiones aparecen en el libro Proceedings of a Conference on Superionic Conductors, editado por Plenum Press (1976).

250°C, el análisis estructural con rayos X ha revelado que por cada catión de plata hay en promedio, aproximadamente, cuatro sitios disponibles en la red, mientras que para el resto de iones, el anión yodo y el catión rubidio, hay disponible en la red un sólo sitio por ión. Es decir, los yodos y rubidios forman una armazón cristalina rígida como si fuera un cristal ionico normal en la que cada plata puede ocupar muchos sitios.

Los sitios de la red disponibles para los cationes de plata en el compuesto considerado arriba están conectados por canales que deja la armazón cristalina de los yodos y rubidios, a través de los cuales los cationes de plata pueden difundirse con energías comparables a la energía térmica. Como consecuencia, los cationes de plata, a temperaturas moderadas, participan todos en un proceso general de difusión similar al de los átomos en un líquido, lo que se refleja en una conductividad iónica alta comparable a la de los electrolitos líquidos a la temperatura ambiente.

El descubrimiento de cristales iónicos como el pentayoduro de rubidio y plata que presentan fases sólidas altamente conductoras comparables a las de los electrolitos líquidos (ácidos o alcalinos) ha abierto un amplio campo interdisciplinario de investigación científica y tecnológica en el que trabajan actualmente con gran intensidad en todo el mundo físicos, químicos y otros profesionales en ciencias de los materiales. Esto es debido principalmente a que estos materiales prometen aplicaciones en baterías de alta densidad energética, así como a su comportamiento anómalo de transporte de carga eléctrica acompañado muchas veces por transiciones de fase de un sólido a otro de propiedades físicas di-

Puesto que la más inmediata aplicación tecnológica de estos materiales es la construcción de celdas electroquímicas de estado sólido, ya sea como baterías o como conversores de energía — para lo cual se requiere encontrar buenos electrolitos- enormes esfuerzos se han dedicado a la tarea de entender estos materiales y de descubrir nuevos y mejores en los últimos diez años. Sin embargo, los cristales iónicos que se han obtenido a partir del yoduro de plata, como el reseñado arriba, son los materiales que han exhibido las fases sólidas más altamente conductoras. A pesar de poseer esta propiedad básica para un buen electrolito (además se requiere que su conductividad electrónica sea despreciable) presentan desventajas técnicas que no han sido superadas, sobre todo en su fabricación y su estabilidad.

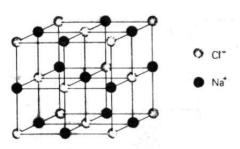
Los electrolitos sólidos prometen ventajas técnicas para la construcción de celdas electroquímicas sobre los electrolitos líquidos por las siguientes razones básicas:

- Es bien sabido que un electrolito líquido (ácido o alcalino) presenta problemas de corrosión (electrolito ácido) o de formación de carbonatos (electrolito alcalino).
- Su operación a bajas temperaturas favorece la polarización de electrodos y el degradamiento del electrolito por impurezas.
- 3. La dificultad de mantener un contacto estable de tres fases (líquido, sólido, gas) correspondientes al electrolito, a los electrodos y a los gases que se desprenden de los electrodos, hace difícil el diseño de electrodos adecuados.

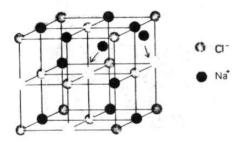
La mayoría de estos problemas serían superados utilizando en su lugar un buen electrolito sólido.

Además de los electrolitos sólidos obtenidos a partir del yoduro de plata, actualmente se conocen también otros compuestos iónicos con fases sólidas altamente conductoras: algunos materiales que exhiben la estructura del beta-alúmina y algunos miembros de los óxidos de cerámica con defectos estabilizadores como la zirconia. Estos últimos materiales han venido siendo en-

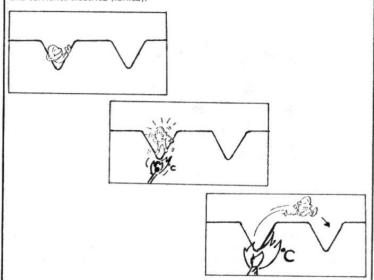
La propiedad fundamental de los cristales es la regularidad de la distribución de los átomos en ellos. El conjunto de puntos en que están dispuestos los núcleos atómicos se llama red cristalina. La red de un cristal iónico como el NaCl está formada por iones Cl⁻y Na⁺ alternados.



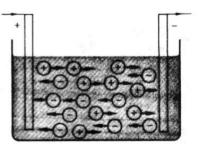
Pero los cristales no son perfectos. Dentro de la red cristalina hay lugares que no están ocupados por ningún núcleo. A estos lugares se les llama vacancias. Los iones positivos señalados con flechas pueden saltar a la vacancia positiva llenando el hueco y dejando otro; se puede decir que el ión saltó en un sentido y la vacancia en sentido contrario.



El número de vacancias crece al aumentar la temperatura del sólido. Los iones adquieren mayor energía cinética en su movimiento de vibración y pueden superar el pozo de energía en que se encuentran, saltando hacia las vacancias o hacia sitios intersticiales. Si en estas condiciones situamos el sólido en un campo eléctrico, los iones positivos tenderán a moverse preferencialmente en la dirección del campo y los negativos en la dirección contraria, estableciéndose así una corriente eléctrica (iónica).



Al disolver las sustancias iónicas en agua, los iones constituyentes se separan (disocian), en iones positivos y negativos. Estas soluciones se denominan electrolitos. Al establecer un campo eléctrico en el electrolito los iones positivos se dirigen al polo negativo y los iones negativos al polo positivo. En este caso el movimiento de iones es evidentemente más fácil que en el caso del cristal iónico "normal".



En un metal los electrones de valencia se mueven dentro de la red cristalina en todas las direcciones. Si situamos el metal en un campo eléctrico, los electrones modifican ese comportamiento irregular para moverse lentamente en dirección contraria a la del campo. La conducción es más libre en este caso que en los dos anteriores.

sayados con regular éxito en la construcción de celdas energéticas de estado sólido a altas temperaturas (de cuatrocientos o quinientos grados hasta varios miles de grados centígrados).

Para estos materiales de alta conductividad iónica se vislumbran otras aplicaciones tecnológicas además de la de ser utilizados como electrolitos sólidos en la construcción de celdas electroquímicas; en la fabricación de sensores, visualizadores de señales, reguladores de corriente y otros dispositivos eléctricos de carácter iónico con funciones semejantes a sus homólogos de carácter electrónico desarrollados con los materiales semiconductores.

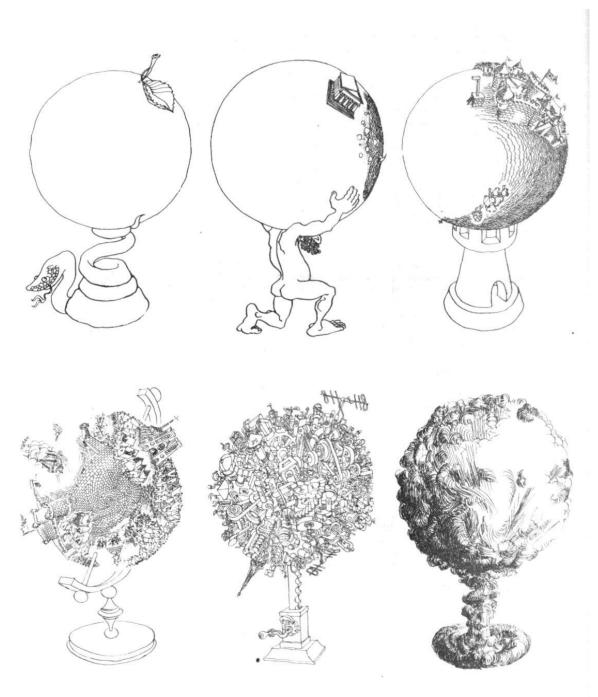
Un comentario final sobre estos materiales: los fenómenos físicos asociados con la alta conductividad iónica en los denominados electrolitos sólidos en objeto de intensas investigaciones a nivel básico porque, con seguridad,

su entendimiento permitirá aprovechar más ampliamente estos interesantes materiales. El problema central que se plantea a nivel científico es el de poder predecir cuáles estructuras cristalinas llegan a ser "conductores superionicos". En realidad es un problema dual: primero predecir qué estructuras cristalinas se forman con un conjunto de iones, y segundo predecir si esta estructura cristalina permitirá una rápida difusión de iones. Todavía no ha habido éxito en ninguno de estos objetivos básicos a pesar de los innumerables intentos que se han hecho tanto a nivel teórico como experimental.

Sólo cuando los mecanismos responsables de la alta conductividad iónica en sólidos sean entendidos a un nivel básico, la búsqueda de mejores electrolitos sólidos con determinadas propiedades según su aplicación tecnológica será más sistemática o menos empírica que como lo es actualmente.

BIBLIOGRAFIA

- Las observaciones de Faraday sobre los electrolitos sólidos se pueden encontrar en Experimental Research in Electricity, art. 1339, Taylor and Francis, Londres, 1839.
- El análisis extructural con rayos X de los cristales iónicos se encuentra en G. Geller, Physical Review B14, 43 (1976).
- 3 Se publica bimensualmente por
- North Holland una revista de carácter interdisciplinario dedicada exclusivamente a este problema de conducción en sólidos denominada *Solid State Ionics*, la cual está en su segundo año de circulación.
- Una comparación de las propiedades conductoras de varios conductores iónicos sólidos aparece en K Shahi and J. B. Wagner, Jr., Physical Review B23 6417 (1981).



La Espiral Logarítmica por testigo de que tal oficio no produce rentas. No importa. Todo espíritu reflexivo vuelve satisfecho en esta escuela de observación". en la Naturaleza: la Red de la Epeira

La siguiente muestra de la obra de Fabre es una expresión científica del mundo, que además de ser muy precisa y rigurosa no es incompatible con un lenguaje rico en imágenes y lleno de poesía.

La obra fundamental de este gran amante de la naturaleza y cuidadosísimo observador, "Recuerdos entomológicos", es al mismo tiempo una magistral obra científica, una autobiografía y una filosófica y poética reflexión sobre la vida. De ella hemos condensado dos artículos, "Las epeiras — construcción de la tela" y "Las epeiras, geometría de la tela".

Fabre es poco conocido en nuestro medio, a pesar de que sus escritos se encuentran traducidos al español. Dado que su obra es tan extensa, el comité editorial decidió ilustrar sus puntos de vista respecto a algunas cuestiones generales con algunas citas al margen.

La red del cazador de pájaros es una de las ingeniosas perfidias del hombre. Por medio de cuerdas, de estacas y de cuatro palos, se extienden en el suelo dos grandes telas hechas de mallas, del color de la tierra, una a la derecha y otra a la izquierda de una área despejada. El cazador, agazapado en una choza de malezas, maneja una larga cuerda que mueve bruscamente, en el momento oportuno, y hace caer telas a la manera de los postigos que se cierran

Entre las dos secciones de la red están distribuídas las jaulas de los reclamos: pardillos y pinzones, verderones y conirrostros amarillos, hortelanos y gorriones, que tienen el oído fino, perciben a distancia el paso de una bandada de los suyos y lanzan en seguida la breve nota de llamada. Uno de ellos, el sambé, tentador irresistible, salta y bate las alas con libertad aparente, pero un cordón lo retiene asegu-

rado a su poste de prisionero. Cuando el pájaro, rendido de cansancio, desesperado a causa de sus vanos esfuerzos para huir, se echa en el suelo y se niega a funcionar, al cazador le es fácil reanimarlo sin moverse de su choza: se vale de una cuerdecita que hace mover una pequeña palanca sobre un eje. Levantado del suelo por el diabólico aparato, el pájaro vuela, cae y vuelve a subir a cada sacudida del cordón.

Bajo el sol benigno de una mañana de otoño, el cazador aguarda; de pronto se produce una viva agitación en las jaulas. Los pinzones repiten una y otravez el grito con que invitan a sus semejantes a reunirse: *ipink! ipinck!* Ocurre en el aire algo nuevo. Se acude en seguida al *sambé*. Los pájaros ingênuos llegan y descienden sobre el terreno pérfido. Con rápido movimiento, el cazador emboscado tira de la cuerda y se cierran las dos redes; toda la bandada ha sido capturada.

Aparte del hombre, ningún ser viviente conoce el último recurso de un fin voluntario de la vida, porque ningún otro tiene conocimiento de la muerte. En cuanto a nosotros, es noble prerrogativa la de sentirnos capaces de sustraernos de las miserias de la vida; es muy bueno meditar en ella como indicio de nuestra superioridad con respecto a la plebe animal; pero, en el fondo, es cobardía cuando se pasa de

la posibilidad al hecho.

"Establecerse como inspector de telas de

araña durante años seguidos y durante el curso de largas estaciones, es oficio poco complicado, lo reconozco. Tomo el cielo

El asalto es breve. Uno de los escorpiones es alcanzado en pleno por el arma envenenada del otro. Todo ha terminado: el herido sucumbe al cabo de pocos minutos. El vencedor se pone tranquilamente a roerle la parte anterior del cefalotórax . . . Durante cuatro o cinco días, sin cesar, el canínal mastica los restos del colega asesinado. Comerse al vencido, es lo único que disculpa la guerra. Y no comprendo las nuestras, de pueblo a pueblo, mientras no se curen al humo, para hacer provisiones, las carnes de los campos de batalla.

De: El Suicidio [de los escorpiones] Recuerdos entomológicos Septima serie



El humanista francés Jean Henri Fabre nació en 1823 en Saint Léons (Aveyron) y murió en 1915 en Serignan. Comenzó su carrera como maestro de escuela primaria. Con muchas dificultades económicas pudo continuar sus estudios de física, química y matemáticas, y al culminar su doctorado en París pasó a trabajar como profesor de física y química en el Liceo de Avignon en 1852. En 1871, atacado desde el púlpito por permitir que a sus lecciones de ciencias asistieran niñas, debió abandonar su cargo. Sus deseos de ser profesor universitario se vieron frustrados por "carecer de fortuna".

Su amor por la naturaleza lo Ilevó a hacerse de una modesta finca para abandonarlo todo y dedicarse exclusivamente a la observación y estudio de los insectos. Así pasó 50 años de su vida en Serignan.

De allí fue surgiendo su fama. Pasteur le consultaba, y así mismo Darwin, aunque Fabre atacaba mordazmente los aspectos polémicos de su teoría. Ningún libro de entomología se publicaba sin mencionarlo.

En las venas del hombre corre sangre de fiera, de animal carnicero. El pajarero se entrega a la matanza. Con una presión del dedo pulgar ahoga el corazón de cada cautivo, le hunde el cráneo. Los pajaritos, lamentable producto de semejante cacería, irán al mercado unidos por docenas mediante un hilo que les atraviesa la nariz.

Como perfidia ingeniosa, la red de la epeira puede ser comparada con la del pajarero; hasta la supera, si estudiamos con paciencia los principales detalles de su acabada perfección. ¡Qué arte de exquisita delicadeza para llegar a atrapar algunas moscas! En toda la serie de los animales no ha inspirado industria más sabia la necesidad de comer. Si el lector tiene la paciencia de meditar en lo que voy a exponer, es seguro que compartirá mi admiración.

Ante todo conviene presenciar la confección de la red; es necesario mirarla una y otra vez, porque el estudio de una obra tan complicada no se puede hacer sino por fragmentos. Hoy la observación nos revela un detalle; mañana nos dará otro que revelará aspectos nuevos; las sesiones se multiplican y, cada vez, algún hecho que corrobora lo anterior o lleva la atención hacia vías imprevistas, se agrega a la suma de los datos adquiridos.

La bola de nieve al rodar sobre el tapiz blanco se convierte en una esfera enorme, por más delgada que sea cada capa superpuesta a su alrededor. Esto se puede aplicar a la verdad, tratándose de las ciencias de observación: se forma de insignificancias reunidas con paciencia. Si la recolección de estas pequeñeces cuesta mucho tiempo a quien se ocupa de la industria de las arañas, por lo menos no impone investigaciones lejanas y aleatorias. El más pequeño jardín tiene sus epeiras, tejedoras de primera clase. [...]

Heme aquí ante un capítulo a la vez muy interesante y de redacción difícil; no es que el tema sea abstruso, sino que presupone en el lector cierta dosis de conocimientos de geometría, que es un alimento fuerte y muy descuidado. No me dirijo a los geómetras, a quienes en general preocupan poco las cosas referentes al instinto; tampoco me dirijo a los entomólogos coleccionistas, a su vez indiferentes a los teoremas matemáticos; escribo para todas las inteligencias capaces de apreciar las lecciones que ofrece el insecto.

¿Qué hacer? Suprimir este capítulo sería prescindir del rasgo más notable de la industria de la araña; tratarlo como merece, con el aparato de las fórmulas sabias, sería una empresa que estaría fuera de lugar en estas modestas páginas. Tomemos un término medio, ni verdades abstrusas ni completa ignorancia.

Fijemos nuestra atención sobre las redes de las epeiras con preferencia sobre la de la "Epeira sedosa" y la 'Epeira listada", muy frecuentes en mi región durante el otoño, y de tan notable amplitud Comenzaremos por no tar que en ellas los radios son equidistantes v torman, del uno al otro, àngulos sensiblemente iguales, a pesar de su multiplicidad, en la obra de la "Epeira sedosa" son más de cuarenta. Ya hemos visto por qué extraño medio la araña logra sus fines: divide el área en que se tejerá la tela en un número considerable de sectores de igual abertura; este número es más o menos constante en cada especie. Una maniobra ejecutada sin orden, aparentemente guiada por un vehemente capricho, da por resultado un hermoso rosetón digno de nuestro compás

Veremos también que en cada sector, los diversos escalones, que son los elementos de las vueltas de la espiral, son paralelos entre sí, y poco a poco, a medida que están situados más adelante endirección al centro, van aproximándose. Con los dos radios que los limitan, forman a un lado un ángulo obtuso y al otro un ángulo agudo; ambos se mantienen constantes en el mismo sector a causa del paralelismo

Hay algo más de un sector a otro, estos mismos ángulos, tanto el obtuso

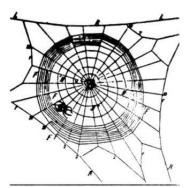
como el agudo, no cambian de valor hasta donde se puede apreciar por la mirada solamente. El edificio funicular es, pues, en conjunto, una serie de rayas transversales que cortan en sentido oblicuo los diversos radios en ángulos de valor invariable.

En este carácter se reconoce la espiral logarítmica. Los geómetras dan este nombre a la curva que corta en sentido oblicuo, en ángulos de valor constante, todas las rectas o radios vectores que irradian de un centro llamado polo. El trazado de la epeira es, pues, una línea poligonal inscrita en una espiral logarítmica. Se confundiría con esta espiral si el número de radios fuera ilimitado, lo cual haría infinitamente cortos los elementos rectilíneos y cambiaría la línea poligonal en línea curva.

Deseando hacer entrever la razón por la cual esta espiral ha dado tema a tantas meditaciones de la ciencia, voy a limitarme a mencionar algunos enunciados cuya demostración puede hallar el lector en los tratados de geometría superior

La espiral logarítmica describe un número sin fin de circuitos alrededor de su polo, al que se aproxima siempre sin poder llegar a él. Este punto central, más próximo a cada vuelta, es indefinidamente inaccesible. Claro está que esta propiedad no es del dominio de nuestros sentidos. Ni aún ayudándose con los mejores instrumentos de precisión, la vista podría seguir sus interminables circuitos, y pronto renunciaría a perseguir la división de lo invisible. Es un enroscamiento cuvos límites la inteligencia no alcanza a concebir. Solamente la razón cultivada, más perspicaz que nuestra retina, ve con plena claridad lo que desafía a la percepción de la mirada.

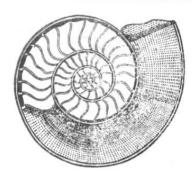
La epeira se adapta del mejor modo que le es posible a este enroscamiento ilimitado. Las vueltas de la espiral se aprietan más de una a otra al acercarse al polo. A cierta distancia se detienen bruscamente, pero entonces sigue el hi



Red incompleta de una araña. H, espiral auxiliar; F, espiral capturante; R, marco: Sf, tirante de aviso.

El problema [del péndulo] desafía todos los artificios del análisis si el cuerpo oscilante es un cuerpo real, con su volumen y sus rozamientos; si el hilo de suspensión es un hilo real, con su peso y su flexibilidad; si el punto de apoyo es un punto real con su resistencia y sus deformaciones. La realidad exacta se le escapa a la fórmula.

Sí, sería muy hermoso meter el mundo en una ecuación, darse como principio una célula henchida de clara de huevo, y, de transformación en transformación encontrar la vida bajo sus mil aspectos como el geómetra encuentra la elipse y las demás curvas discutiendo su cono seccionado; sí, sería soberbio iy de naturaleza capaz de hacernos crecer un codo! Pero, iay! iCuánto nos es preciso rebajar de nuestras pretensiones! La realidad es inaprensible para nosotros, con sólo que tratemos de seguir en su caída a



Espiral logarítmica de una Amonita.

un grano de polvo, IY nos empeñamos en remontar la corriente de la vida y llegar hasta sus orígenes! Hay [en esto] formidables incógnitas, más indescifrables que las resistencias, las deformaciones, los frotamientos de la máquina pendular. Apartémoslas, para asentar bien la teoría.

Sea; pero entonces vacila mi confianza en esta historia natural que repudia la naturaleza y deja paso a lo ideal por encima de la realidad de los hechos. Entonces, sin buscar la ocasión, que no es asunto mío, yo la asgo cuando ella se presenta, doy una vuelta alrededor del transformismo, y, como lo que me afirman que es majestuosa cúpula de un monumento capaz de desafiar las edades, no me parece más que una vejiga, con toda irreverencia hinco mi alfiler en ella.

De "Un pinchazo al transformismo" Recuerdos entomológicos Tercera Serie lo la espiral auxiliar, no destruída en la región central, y se ve, no sin cierta sorpresa, que sigue avanzando hacia el polo con vueltas cada vez más apretadas, que apenas es posible distinguir. Se comprende que éste no es el rigor matemático, sino una aproximación muy clara. La epeira rodea su polo cada vez más cerca, hasta donde se lo permiten sus medios, que son tan deficientes como los nuestros. Se diría que está versada a fondo en las leyes de la espiral.

Prosigamos enunciando algunas de las propiedades de la curiosa curva, sin dar las explicaciones. Imaginémonos un hilo flexible enroscado sobre la espiral logarítmica, Si lo desenroscamos teniéndolo siempre tenso, su extremidad libre describirá una espiral semejante en todo a la primera. La curva no habrá hecho sino cambiar de sitio.

Jacques Bernouilli, a quien la geometría debe este magnífico teorema, hizo grabar sobre su tumba, como uno de sus hermosos títulos de gloria, la espiral generatriz y su semejante engendrada por el desenroscamiento del hilo. Una inscripción decía: Eadem mutata resurge, yo resucito idéntico a mi mismo. Difícilmente encontraría la geometría algo mejor que este soberbio vuelo hacia el gran problema del más allá.

Para terrhinar, mencionaremos otra propiedad de la espiral logarítmica. Hagamos rodar la curva sobre una recta indefinida. Su polo se moverá manteniéndose siempre sobre una misma línea recta. El enroscamiento sin fin conduce al trayecto rectilíneo; lo perpetuamente variado engendra lo uniforme

Ahora bien, esta espiral logarítmica, de propiedades tan curiosas, ¿es una simple concepción de los geómetras, que combinan según su voluntad el número y la extensión para imaginar un abismo tenebroso donde después ensayan sus métodos de sondeo? ¿Es un puro ensueño en la noche de lo difícil, un enigma abstracto arrojado como pasto a nuestra inteligencia?

No. Es una realidad puesta al servicio de la vida, un trazado del que se vale con frecuencia la arquitectura animal. El molusco, especialmente, no enrosca jamás la rampa en tornillo de su concha sin consultar antes la sabia curva. Los primogénitos de la serie la han conocido y utilizado, tan perfecta en las primeras edades del mundo como puede serlo ahora.

Estudiemos, a este respecto, a las amonitas, venerables reliquias de lo que en otro tiempo fué la más alta expresión de los seres vivientes, cuando se esbozaba la tierra firme con los lodos oceánicos salidos del fondo. Tallado y pulido en el sentido de su longitud, el fósil nos muestra una soberbia logarítmica, norma general de la habitación que fué un palacio de nácar con múltiples cámaras atravesadas por un sifón. [...]

Una geometría semejante se encuentra en las otras conchas que tienen la forma de cono alargado, las turritelas, husos, ceritios, como también en las conchillas de cono rebajado: tróquidos, turbos, etc. No son la excepción las globulosas enroscadas en volutas. Todas, hasta el trivial caracol, construyen según el orden logarítmico. La espiral célebre entre los geómetras es el plan general adoptado por el molusco que enrosca su estuche de piedra.

¿De dónde sacan semejante ciencia esos glutinosos? Se nos dice que el molusco deriva del gusano, y que un día animado por el sol, el gusano se independizó, blandió su cola y de pura alegría la retorció en forma de tirabuzón. Con esto se descubrió el plan de la futura concha espiral.

He aquí lo que se enseña seriamente en la actualidad como última palabra del progreso científico. Falta saber hasta qué punto es aceptable esa explicación. La araña, por su parte, no la acepta. No es parienta del gusano, esta desprovista de apéndice que retorcer, y, sin embargo, conoce la espiral logarítmica. Con la célebre curva, ella no hace sino una especie de armazón;

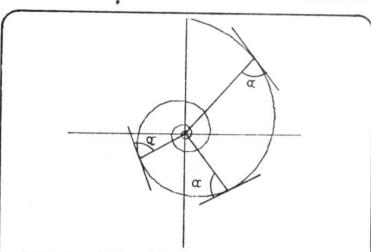
pero por más elemental que sea esta armazón, asegura lo que será el edificio ideal. La epeira trabaja según los mismos principios que el molusco aplica a su concha enrollada.

Este último emplea años enteros en la construcción de su espiral y pone en el enrollamiento una perfección exquisita. La epeira no dispone sino de una sesión de una hora a lo sumo, para tender su red; cierto es que la rapidez de la ejecución le impone una obra más sencilla, ella abrevia, limitándose al croquis de la curva que el otro describe con absoluta perfección.

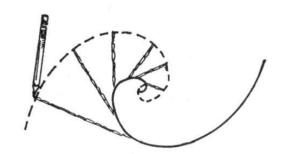
Es decir que la epeira está versada en los secretos geométricos de la amonita y del pompilo; emplea, simplificándola, la línea de logarítmos que tanto agrada al caracol. ¿Cuál es su guía? Aquí no se puede invocar el retorcimiento de cola que se atribuye al gusano en su ambición de convertirse en molusco. Es necesario que el animal tenga en sí mismo el trazado virtual de su espiral. Jamás el azar, por más fecundo en sorpresas que lo supongamos, ha podidoenseñarle la geometría superior, en la cual nuestra inteligencia no tarda en extraviarse si no ha recibido previamente una sólida cultura.

¿Conviene reconocer en el arte de la epeira un simple efecto de su organización? Se piensa en que las patas, dotadas de extensión tan variable, podrían servir de compás. Más o menos dobladas, más o menos extendidas, determinarían maquinalmente el ángulo en que la espiral debe cortar el radio: conservarían el paralelismo de las líneas transversales en cada sector.

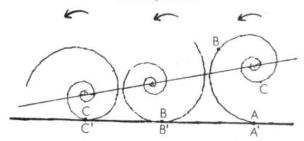
Se presentan algunas objeciones que afirman que en este caso el instrumento no es único regulador de la obra. Si la longitud de las patas determinara el arreglo del hilo, debería encontrarse que las vueltas de la espiral estarían más apartadas una de otra cuanto el instrumento de la hilandera fuera más largo. Es lo que vemos, en efecto, en los casos de la "Epeira listada" y de la "Epeira sedosa". La pri-



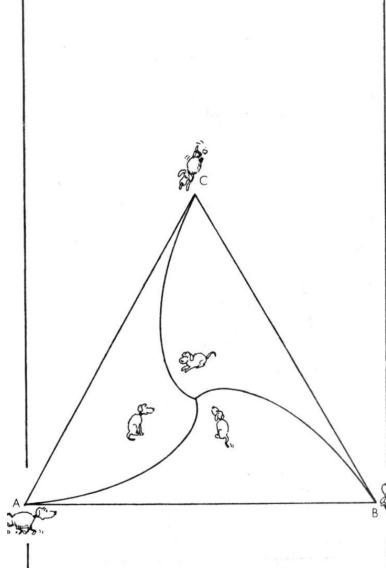
Según esta propiedad geométrica de la espiral logarítmica — o equiangular—podríamos definir una circunferencia como espiral en la cual $\alpha=90^\circ$.



En la figura se muestran las posiciones sucesivas del hilo que se desenrolla. La punta de este hilo recorre una espiral logarítmica.



Al "rodar" una espiral logarítmica sin resbalar sobre una recta horizontal, el polo se mueve en una línea recta descendente. Las longitudes de los arcos ABC. son iguales a las longitudes A'B'C'... sobre la recta. El polo desciende porque el radio se hace menor mientras más cerca del centro nos encontramos. Como cada vez el radio es menor, la longitud del arco que corresponde a giros completos sucesivos se va haciendo menor. iLa espiral gira infinitas veces para llegar al punto 0, pero la longitud de la curva es finital.



He aquí otro caso, no muy de la naturaleza en el cual aparece la espiral logarítmica. Situamos tres perros en los vértices de un triángulo equilatero (escogido así por compasión hacia el dibujante) para que se persigan entre sí: A persigue a B, B persigue a C y éste persigue a A. Los tres corren con la misma rapidez. Obviamente cada uno irá modificando su dirección a medida que su víctima se mueve. iCada uno describirá una espiral logarítmica!

mera, de patas más largas, aparta más sus líneas transversales que la segunda, que tiene patas más cortas.

Pero no contemos con esta regla, según nos dicen las otras. La "Epeira angular", la "Epeira pálida" y la "Epeira de la diadema", relativamente rechonchas, rivalizan con la esbelta "Epeira listada" en las distancias de sus varetas de liga. Las dos últimas disponen esas varetas hasta a mayores distancias.

Bajo otro aspecto, se reconoce que el organismo no impone una obra inmutable. Antes de emprender la espiral de las varetas, las epeiras hilan primero una, que es simple auxiliar destinada a proveer de puntos de apoyo. Esta última, hecha de hilo común, no es pegajosa, parte del centro y llega a la circunferencia por medio de vueltas de amplitud creciente. Es una construcción provisional de la que no persiste sino la parte central cuando la araña ha colocado sus varetas de liga. La segunda espiral, parte esencial de la red, progresa en cambio, yendo con vueltas apretadas desde la circunferencia hacia el centro, y se compone únicamente de líneas transversales viscosas.

Tenemos aquí entonces, por un brusco cambio en la mecánica, dos volutas de orden muy diferente en cuanto a dirección, número de vueltas y de ángulos de intersección. Una y otra son espirales logarítmicas. Yo no veo que ningún mecanismo de las patas, ya sean largas o cortas, pueda explicar este cambio.

¿Sería una combinación premeditada por la epeira? ¿Habría cálculo, medición de ángulos, verificación del paralelismo, realizada por la vista o por algún otro agente? Me inclino a creer que no hay nada de esto, sino solamente una propensión innata, cuyos efectos no tiene que regular el animal, así como las flores no tienen que regular la coloración y el ordenamiento de sus verticilos. La epeira aplica la geometría superior sin saberlo y sin preocuparse. Todo marcha solo, después del

impulso dado por un instinto que ha sido impuesto desde los orígenes.

El guijarro lanzado por la mano vuelve a la tierra describiendo cierta curva; la hoja seca desprendida y arrebatada por una ráfaga de aire, describe su trayectoria desde el árbol hasta el suelo siguiendo una curva semejante. Ni el guijarro ni la hoja han tenido intervención en cuanto al móvil que regulo la caida sin embargo, el descenso se realizò siguiendo una sabia trayectoria, la parábola cuyo prototipo deducido de la acción de un cono por un plano, ha hecho meditar a los geómetras. Lo que al principio es un simple tanteo especulativo, se convierte en realidad por el hecho de que un guijarro cae fuera de la línea vertical.

Las mismas meditaciones vuelven a ocuparse de la parábola. la suponen rodando sobre una recta indefinida y se preguntan qué trayecto sigue entonces el foco de esta curva. La respuesta es que el foco de la parábola describe una "catenaria" línea de forma muy simple, pero cuyo símbolo algebráico debe recurrir a una especie de número cabalístico, refiido con toda numeración y que la unidad se niega a traducir. por más que la subdivida. Se le llama el número e. Su valor es la serie siguiente prolongada sin fin:

$$e = 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{1.2} + \frac{1}{1.2.3} + \frac{1}{1.2.3.4} + \frac{1}{1.2.3.4.5} + \text{etc.}$$

Si el lector tuviera la paciencia de efectuar el cálculo de los primeros términos de esta serie, que no tiene l'ímites, puesto que tampoco los tiene la serie de los números naturales, hallaría que:

Con este extraño número, ¿hemos quedado arrinconados en el estricto dominio de la imaginación? De ninguna manera: la catenaria aparece en la realidad cada vez que el peso y la flexibilidad obran de acuerdo. Se da ese nombre a la curva según la cual se in-

clina una cadena suspendida de dos de sus puntas no colocadas sobre la misma línea vertical. Es la forma de un cordón flexible abandonado a sí mismo, pero teniendo sujetas las dos puntas; es la línea que rige la configuración de una vela de barco hinchada por el viento; es la curvatura de la ubre de la cabra que acaba de llenar su bolsa de leche. Y todo eso evoca el número e.

iCuánta ciencia abstrusa por un pedazo de cuerda! Pero no nos asombremos. Un grano de plomo que oscila en la extremidad de un hilo, una gota de rocío que se desliza a lo largo de una hoja, un charco de agua que se riza bajo la caricia del aire, en suma, una nada, exige un andamiaje de titanes cuando hay que hundir en ellos la mirada del cálculo. Necesitamos tener la maza de Hércules para dominar un mosquito.

Ciertamente, son ingeniosos nuestros métodos de investigación matemática; no se sabría admirar bastante los poderosos cerebros que los han inventado; pero iqué lentos y penosos son frente a las menores realidades! ¿Nunca nos será dado escrutar lo verdadero de manera más sencilla? ¿Podrá algún día, la inteligencia, prescindir del pesado arsenal de las fórmulas? ¿Y por qué no?.

He aquí que el abracadabrante número e reaparece, inscripto en un hilo de araña. Observemos, durante una mañana brumosa, la red que acaba de ser fabricada durante la noche. A causa de su higrometría, las varetas de liga se han cargado de gotitas y, doblándose bajo el peso, se han convertido en catenarias, en otros tantos rosarios de joyas límpidas; son graciosos rosarios alineados en un orden exquisito y que caen en forma de curvas de columpio. Si el sol atraviesa la bruma, el conjunto se ilumina con fuegos coloreados y se convierte en una espléndida girándula. El número e ésta en toda su gloria.

La geometría, es decir la armonía en la extensión, lo preside todo. Está en la disposición de las escamas de un cono de los pinos, como en la de las varetas de liga de una epeira; está en la rampa de un caracol y en el rosario de un hilo de araña, tanto como en la órbita de un planeta; está en todas partes, tan sabia en el mundo de los átomos como en el de las inmensidades.

Y esta geometría universal nos habla de un Geómetra Universal, cuyo divino compás lo ha medido todo. Como explicación de la espiral logarítmica de la amonita y de la epeira, yo la prefiero a la de que el gusano retorció su cola. Quizás mi preferencia no está de acuerdo con las enseñanzas actuales, pero es de más alto vuelo

. . se torna interesante saber si los esfegos extranjeros buscan una caza [tan específica como los esfegos franceses]. Por desgracia, en lo tocante a este punto los documentos son raros y aún totalmente defectuosos para la mayor parte de las especies. Esta sensible laguna tiene por causa, antes que nada, el superficial método adoptado. Se toma un insecto, se lo traspasa con una larga espina, se lo fija en una caja con fondo de corcho, se le pone sobre las patas una etiqueta con el nombre en latín y ya está todo dicho sobre él. Esta forma de comprender la historia entomológica no me satisface . . . no conoceré realmente un animal sino cuando sepa su manera de vivir, sus instintos y sus costumbres. [Hay que] observar realmente y no hacer que la entomología consista en una serie de insectos clavados con alfileres.

De: Las teorías superiores Recuerdos entomológicos Primera serie

Clara Camargo

Historia de los Conceptos de Electrostática

INTRODUCCION

En el presente trabajo trataré de mostrar la evolución de los conceptos sobre la electricidad estática desde los griegos hasta Coulomb. Distingo en dicha evolución tres etapas principales.

La etapa de la atracción, cuando todos los fenómenos eléctricos son fenómenos de atracción de cuerpos livianos por objetos frotados.

La etapa de la conducción, en la que el énfasis se desplaza de la atracción a la conducción, y que da como resultado la formulación de la teoría del "fluido único". Podemos decir que en este momento se constituye el primer paradigma en la ciencia de la electricidad, es decir, todo un cuerpo de conocimientos y teorías aceptados, que orienta la investigación. Se trata aún de una ciencia cualitativa, cuya razón social, más que la necesidad de desarrollar tecnologías, es la de producir admiración en espectáculos y demostraciones públicas.

Por último, viene la etapa de matematización, realizada dentro del espíritu de la revolución científica producida por el trabajo de Newton. La ley de Coulomb del inverso del cuadrado de la distancia, es un resultado esperado, producto de un experimento diseñado con el propósito de verificar la validez de una hipótesis natural e importante dentro del contexto del pensamiento científico de la época.

Podemos situar cronológicamente la historia de los descubrimientos de los fenómenos eléctricos de la siguiente manera:

El fenómeno de la electricidad estática producida por la fricción fue conocido en la antiguedad, así como el choque del ánguila eléctrica, el rayo, y los "fuegos de San Telmo", aunque el reconocimiento de que todos estos fenómenos eran de la misma naturaleza no fue logrado hasta el siglo XVIII.

Los descubrimientos de los efectos luminosos, calóricos, químicos, magnéticos, etc. que están en la base de las aplicaciones tecnológicas modernas de la corriente eléctrica, tuvieron que esperar hasta los siglos XVII y XVIII; el conocimiento de que las fuerzas eléctricas determinan ampliamente las propiedades físicas y químicas de la materia —desde el átomo hasta la célula viva— así como la conceptualización de la luz como onda electromagnética pertenecen a los siglos XIX y XX.

Etapa de la atracción

El origen del término "electricidad" es la palabra griega "electron" (ámbar). Durante mucho tiempo el término "electricidad" se refería solamente al fenómeno de atracción de objetos livianos por cuerpos frotados. Aunque también se observaba la repulsión, se pensaba en ella como en un efecto secundario debido a alguna clase de rebote mecánico. ¿Cómo se pensaba

Clara Camargo Departamento de Física Universidad Nacional Bogotá la atracción? Según Tales de Mileto, el ámbar posee un principio vital, un alma, que surge por acción de la fricción, y que es sagrada.

Se ve aquí como el pensamiento precientífico a veces busca explicar los fenómenos por asociación con el comportamiento de los organismos vivos; éste es uno de los obstáculos epistemológicos que señala Bachelard (ver recuadro 1).

Primera experimentación eléctrica

Hasta antes del siglo XVI, la gran mayoría de la labor intelectual se dirigía a la interpretación de los pronunciamientos de los Padres de la Iglesia, o de los primeros filósofos griegos, especialmente Aristóteles, y no se reconocía el experimento como un medio de adquirir conocimiento. No fue una época completamente estéril, sin embargo; se llegó al menos al reconocimiento de que todos los fenómenos físicos obedecen a pautas de comportamiento regulares, y esto fue lo que hizo posible la ciencia moderna.

Fue precisamente en este "ambiente" cuando Gilbert realizó el primer estudio sistemático sobre la electricidad (1600). Gilbert experimentó con un instrumento de su invención, un electroscopio llamado "versorium", que nos recuerda las agujas magnéticas de los laboratorios actuales de física elemental.



Versorium de Gilbert

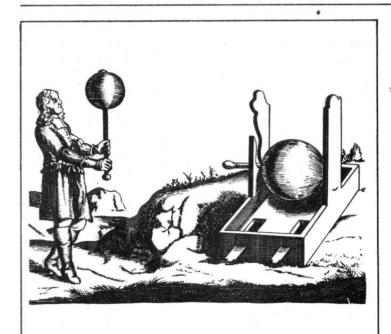
Descubrió que en realidad una gran cantidad de sustancias tenían la propiedad del ámbar. Clasificó las sustancias en "eléctricas" y "no eléctricas", según pudieran o no ser electrizadas por frotamiento. Entre las primeras clasificó el diamante, zafiro, ópalo, amatista, azufre, berilio, cristal de roca, y muchas otras; y entre las segundas estaban todos los metales. El azufre —muy usado por los primeros experimentadores- se consideraba especialmente eléctrico por su naturaleza infernal. Ni la cera ni la seda pudieron ser electrizadas, hecho que se explicaba por no ser estas sustancias otra cosa sino excrementos de cuerpos vivos.

Los efectos de la electricidad por fricción se hicieron poderosos con las máquinas electrostáticas de fricción. la primera de las cuales se atribuye a Otto Von Guericke (1608-1686). Constaba de un globo de azufre montado en un eje rotor. En 1709 Hauskbee construyó una máquina muy completa y eficiente, que consistía en un globo de vidrio que podía hacerse rotar muy rápidamente. El operador daba manivela con una mano y la otra la mantenía contra la esfera rotante. De la parte de la esfera opuesta a la mano se recolectaba la carga por medio de una cadena.

Esta fue la primera máquina de donde se obtuvieron chispas. Ya fue posible asociar como eléctricos fenómenos como los fuegos de San Telmo, las chispas que brotan del pelo de un gato por la noche, y aún el rayo.

Se llamaba fuego de San Telmo al resplandor que aparecía frecuentemente en los extremos metálicos de los mástiles de los barcos.

El uso de máquinas para cargar objetos hizo más evidente la interacción entre objetos con cargas iguales. La repulsión solo fue vista como eléctrica cuando el aparato de Hauksbee aumentó mucho los efectos eléctricos, y llegó a pensarse en ella como la manifestación fundamental de la electrificación, y ahora lo que había que explicar era la atracción. Es decir,



Máquina electrostática de Von Guericke.

en este momento se produjo un cambio en la "gestalt" del mundo científico, como cuando observando la misma nube, de pronto la oveja se convierte en conejo. El fenómeno en sí no cambió, solo la forma de concebirlo.

Etapa de la conducción

La electricidad como fluido

En 1729 Stephen Gray descubrió que el poder atrayente podía transferirse por contacto de un cuerpo a otro, y distribuirse desde un punto a toda la superficie del cuerpo en algunos casos.

Gray empleó aparatos comunes y baratos, pues no estaba al tanto de las innovaciones técnicas que ya para su época se habían desarrollado. Observó que cuando un tubo de vidrio se frotaba en la oscuridad saltaban diminutas chispas entre el tubo y un

dedo que se aproximaba a él, y se preguntó si con ellas se transmitía la "virtud eléctrica", es decir la capacidad de atraer otros cuerpos.

Gray generaba su electricidad frotando un tubo de vidrio de cerca de 3 1/2 pies de largo, tapado con corchos para evitar que le entrara el polvo. Se sorprendió al observar que una pluma era atraida hacia estos corchos tanto como hacia el vidrio mismo. Escribió:

"Quedé muy sorprendido y concluí que ciertamente la virtud eléctrica se había comunicado al corcho a partir del tubo excitado. Teniendo conmigo una bolita de marfil de alrededor de una pulgada y tres décimos de diámetro, con un hueco, la fijé a un palito de madera de abeto de

cerca de 4 pulgadas de largo; introduciendo el otro extremo dentro del corcho, y habiendo frotado el tubo, encontré que la bolita atraía y repelía la pluma con más vigor de lo que lo había hecho el corcho anteriormente. Luego fijé la bola en palos más largos, primero en uno de 8 pulgadas y luego en otro de 24 pulgadas de largo, y encontré el mismo efecto. Entonces usé primero una varilla de hierro, luego una de bronce para fijar la bola, insertando el otro extremo de la varilla en el corcho, como antes, y encontré la misma atracción".

Luego reemplazó la varilla por un cordel de lino. Para sostenerlo de la pared usó unos clavos y arandelas del mismo lino, y fracasó. Entonces ensayó arandelas de alambre, fracasando de nuevo. Por fin descubrió que usando arandelas de seda podía transmitir la "virtud eléctrica" hasta una distancia de 293 pies. Gray supuso entonces que el fracaso en sus primeros experimentos se debía a que la electricidad se escapaba por las arandelas cuando éstas eran de ciertos materiales que llamó conductores, pero no cuando eran de seda o de cualquiera de una serie de materiales que clasificó como aislantes.

Dos clases de electricidad.

Alrededor de 1733 Dufay, superintendente de jardines del rey de Francia, mostró que cualquier sustancia puede electrizarse al ponerse en contacto con un "eléctrico" frotado, siempre y cuando la sustancia no se mantenga en la mano del experimentador sino se soporte por otro "eléctrico" como vidrio o madera.

Dufay encontró que al ser atraido por un "eléctrico" frotado, y entrar en contacto €on éste, cualquier otro objeto quedaba a su vez electrizado y aparecía una fuerza de repulsión entre los dos. Además, de acuerdo

con las circunstancias, dos objetos electrizados pueden a veces atraerse, y a veces repelerse uno a otro. Por ejemplo, dos pedazos de ámbar frotados con piel de animal, se rechazan entre sí; otro tanto ocurrirá con dos trozos de vidrio frotados con seda. Pero el ámbar y el vidrio tratados así, se atraerán uno a otro.

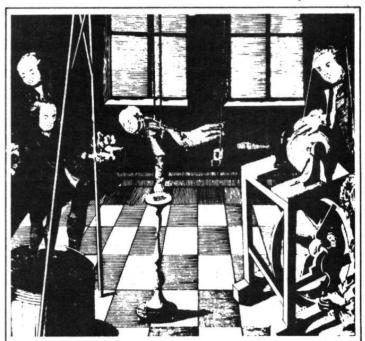
Dufay propuso, para explicar estos hechos, que existen dos estados diferentes de electrificación, uno "vítreo", asociado con vidrio, cristal de roca, piedras preciosas, pelos de animales,... frotados, y uno "resinoso" asociado con ámbar, goma, laca, seda,... frotados.

Teoría del fluido único. El Condensador

Con el descubrimiento de la conducción surgió la idea de la electricidad como fluido. Según Franklin:

> "La materia común es una especie de esponja para el fluido eléctrico; una esponja no admitiría agua si las partes del agua no fueran más pequeñas que los poros de la esponja; no las admitiría sino muy lentamente si no hubiera una atracción mutua entre sus partes y las partes de la esponja; ésta se embebería más rápidamente si la atracción recíproca entre las partes del agua no la obstaculizara, por lo que ha de emplearse alguna fuerza para separarlas; finalmente la imbibición sería muy rápida si en lugar de atracción hubiera entre las partes del agua una repulsión mutua de coadyuvara con la atracción de la esponja. Tal es precisamente el caso en que se encuentran la materia eléctrica y la materia común"

En 1746 Watson sugirió la teoría de que todos los cuerpos contienen electricidad, la cual es una clase de fluido elástico. Los cuerpos descar-



En este experimento de conducción eléctrica, un muchacho suspendido de unos hilos de seda aislante, recibe una carga de la máquina eléctrica. Las chispas y sacudidas transmitidas a la persona de la izquierda demuestran con evidencia que el cuerpo humano es buen conductor de la electricidad.

gados contienen la cantidad normal o de equilibrio, que no produce efectos observables. El proceso de carga de conductores, suponía Watson que fuera una simple transferencia de fluido de un cuerpo a otro. Así para Watson, como para Franklin, un cuerpo electrizado vítreamente tendría más de la cantidad normal de electricidad, y un cuerpo con electricidad resinosa tendría menos.

Con la idea de la electricidad como un fluido fue hecho en 1745 un descubrimiento importante por Von Kleist en Kumin, e independientemente por Musschenbroek en Leyden.

Se suponía que los cuerpos electrizados perdían su virtud por evaporación del fluido eléctrico; entonces, se trató de colocar el cuerpo cargado dentro de un recipiente. Musschenbroek trató de cargar el agua contenida

en una botella. Un alambre unido a un conductor aislado cargado por una máquina eléctrica, hacía contacto con el agua dentro de la botella. Cuando su amigo Cunaeus sostuvo la botella en la mano, y luego tocó el conductor cargado con la otra, recibió un violento choque. Al respecto comentó Priestley:

"Los finales de 1745 y el comienzo de 1746 fueron famosos por el descubrimiento más sorprendente que se ha hecho en materia de electricidad, y es la maravillosa acumulación de su poder en una botella, llamada botella de Leyden, por haber sido hecha por Mr. Cunaeus, nativo de Leyden".

Priestley escribía esto en 1769, después de la sensacional identificación del rayo como un fenómeno eléctrico, descubrimiento hecho en 1750 simultáneamente por Dalibard y Delor en Francia, y por Franklin en Norteamérica, en el curso de investigaciones que costaron la vida a varios experimentadores de esta peligrosa cuestión (ver recuadro 2).

La teoría del fluido único aplicada al condensador permitió comprender el fenómeno de la inducción.

Si se deja la botella sobre una mesa, el agua se carga poco; si en cambio se sostiene con la mano, el fluido acumulado en el agua repele el fluido de la mano hacia la tierra, la mano queda con exceso relativo de materia, y como el fluido y la materia se atraen, (aún a través del vidrio), la mano atrae más fluido de la máquina electrostática hacia el agua, y así se acumula en ésta una gran cantidad de electricidad.

Hubo ahora también un cambio de "gestalt"; la imagen de una botella como recipiente del fluido se transformó en la imagen del condensador; se veían ahora dos conductores separados por un aislador, consecuentemente el agua y la mano se reemplazaron por dos recubrimientos metálicos, uno interno y otro externo.

Franklin observó que dos conductores cargados con cargas opuestas se atraen aún cuando se coloca un vidrio entre ellos, ya que el fluido no podía atravesar el vidrio, mientras que la acción de atracción sí podía; era claro que el fluido no se extendía al espacio que rodea un cuerpo cargado. Franklin entonces desistió de la idea de que las atracciones y repulsiones eléctricas se debían a "efluvios" en el espacio alrededor de los cuerpos cargados, como por ejemplo, había escrito Gilbert en "De Magnete" 150 años antes:

"El ámbar exhala un efluvio que es emitido por fricción. Las perías, cormalina, ágata, jaspe, calcedonia, coral, metales y sustancias semejantes, cuando se frotan son inactivos; pero ¿tampoco emiten nada por el calor y la fricción? Realmente sí emiten algo, pero lo que emiten estos cuerpos es espeso y vaporoso, y así no lo bastante móvil para producir atracciones. Un hálito entonces... llega al cuerpo que va a ser atraido v tan pronto como llega a él se une al eléctrico que lo atrae. Puesto que por la materia no puede efectuarse ninguna acción salvo por contacto, estos cuerpos eléctricos no parecen tocarse, pero, por necesidad, algo es cedido del uno al otro para con ello ponerse en estrecho contacto y para ser causa de incitación a ello."

Franklin supuso que el fluido estaba realmente confinado en el cuerpo cargado, y que las fuerzas que ejercía sobre otros cuerpos eran acciones a distancia. El punto de vista de Franklin fue prontamente adoptado y la teoría de acción a distancia del fluido único logró aceptación general.

Es probable que muy pocos físicos creyeran realmente que esta acción a distancia significara la acción sin medio de comunicación entre los cuerpos. Lo que se entendía era que un cuerpo actuaba sobre otro a través del espacio entre los dos por medio de algún proceso desconocido, y ya que el fenómeno podía ser descrito adecuadamente en términos de los cuerpos sin referencia a este proceso, no era indispensable discutiflo

Etapa de la matematizacion

En 1767 escribía Priestley:

"Lo que los electricistas desean principalmente es un método para determinar qué tanto está cargada una botella, o la fuerza exacta que hay en la botella."

Hasta entonces la ciencia de la electricidad era puramente cualitativa, pero el espíritu de la revolución científica producida por Newton determinó no solamente la búsqueda de la fórmula algebraica que transformara el razonamiento del filósofo en conceptos cuantificables; también propuso la explicación mecánica de los fenómenos. Era importante ahora el análisis de la FUERZA, como agente causal de la dinámica.

El desarrollo de la teoría de la gravitación sugirió a Cavendish que las fuerzas eléctricas deberían ser dependientes de la distancia en razón del inverso del cuadrado, ya que él observó que en el interior de un casquete esférico cargado no existía ningún efecto de atracción o repulsión. (Newton había demostrado que en el interior de un casquete esférico el campo gravitacional era nulo como consecuencia de la ley del inverso del cuadrado para las fuerzas gravitacionales).

Cavendish tenía dos métodos para juzgar el estado de un condensador. Uno era descargarlo a través de su cuerpo y juzgar la severidad del choque, y el otro consistía en observar la distancia a través de la cual saltaba la chispa en un condensador. Ninguno de estos métodos proporcionaba más que una cruda aproximación de la realidad cuya magnitud deseaba medir.

En 1784 Coulomb demostró directamente que las fuerzas eléctricas obedecían a la ley del inverso del cuadrado de la distancia. No disponía de ningún método para medir la cantidad de carga y la llamada hoy ley de Coulomb,

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

no se estableció hasta ochenta años después, cuando se definió una unidad de carga eléctrica a la que se le dió iustamente el nombre de Coulomb.

RECUADRO No. 1

LOS OBSTACULOS EPISTEMOLOGICOS

Los obstáculos epistemológicos son "vicios" en la labor de explicarse las cosas, propios de toda ciencia en sus comienzos, y posiblemente también del hombre común.

En la historia de los conceptos sobre electrostática abundan ejemplos de estos obstáculos. Para explicar la atracción eléctrica, en el siglo XVII se le atribuyó a la materia eléctrica la cualidad de ser pegajosa:

"La teoría del señor Boyle sobre la atracción eléctrica —dice Priestley es que el cuerpo eléctrico lanza una emanación glutinosa, que atraparía pequeños cuerpos en su camino y los conduciría con ella de regreso al cuerpo de donde habría partido."

Se ve que la barra de ámbar electrizado se considera casi como un dedo barnizado con cola. En esta cita se ejemplifica el obstáculo sustancialista: toda propiedad de los cuerpos se explica por una sustancia. El obstáculo sustancialista no consiste simplemente en explicar las propiedades por sustancias, sino en clausurar las preguntas sobre las propiedades asumiendo simplemente que son cualidades de la sustancia.

¿Es la electricidad una propiedad del ámbar frotado, una más, de la misma clase que la de ser amarillo, pesado, rígido, voluminoso, oloroso, suave? El proceso de constitución de la física como ciencia racional ha implicado la reducción de unas propiedades a otras; se busca explicar las apariencias por las estructura interna. De todas las propiedades sensibles del ámbar cargado aquellas que podemos relacionar directamente con propiedades de sus partículas constituyentes son la carga y la masa. El ámbar no es amarillo o rígido

porque sus moléculas lo sean, pero tiene masa porque sus partículas tienen masa, y tiene carga porque sus partículas la tienen. La propiedad "carga" que advertimos en el ámbar es entonces la misma que se verifica entre partículas cargadas; la ley de Coulomb se cumple entre pedazos de ámbar frotados, igual que entre electrones.

La explicación moderna de los fenómenos eléctricos aún parte del postulado de que algunas de las partículas elementales que constituyen la materia poseen la propiedad denominada "carga" aunque actualmente se intenta explicar la atracción o repulsión entre partículas cargadas incluyendo el fenómeno en alguna teoría más fundamental. La idea de la carga como propiedad se conserva a nivel atómico —al fin y al cabo, entendemos la fuerza de atracción eléctrica que aparece entre dos objetos macroscópicos convenientemente frotados como resultado neto de las fuerzas de atracción y repulsión entre sus partículas elementales. ¿Y por qué dos partículas elementales se atraen? Respondemos: porque tienen carga distinta.

RECUADRO No. 2

EL RAYO

El desarrollo del condensador proporcionó el eslabón final en la cadena de evidencias de que el rayo era un fenómeno eléctrico.

A pesar de que esto ya se sospechaba, por la similitud entre las chispas eléctricas y el rayo, y a pesar de que ya se había intentado capturar el rayo de la atmósfera superior, fue solo cuando Franklin logró "embotellar el rayo" en un condensador y demostrar que su naturaleza era idéntica a la de la electricidad conseguida al cargarlo por medio de una máquina de fricción, que se tuvo completa evidencia de que el rayo era un fenómeno eléctrico.

En 1752 Dalibard y Delor, realizaron experimentos con el fin de "determinar si las nubes que contienen el rayo son eléctricas o no". Ambos experimentadores recibieron la electricidad atmosférica a través de una varilla aguzada de hierro, la de Dalibard tenía 40 pies de alto, la de Delor 99, y obtuvieron chispas entre el extremo inferior de la varilla y otro objeto colocado a no más de pulgada y media. El experimento era peligroso; otro experimentador francés murió un año después realizando el mismo tipo de observaciones.

Franklin estaba también interesado en el asunto desde muchos años antes, tanto que en 1748 había vendido su imprenta, su periodico, y su famoso Almanack, con la idea de retirarse de los negocios a la edad de 42 años y dedicarse de lleno a sus experimentos eléctricos. Su interés principal era la prevención de los rayos. Escribió por esta época:

"La atmósfera de partículas eléctricas que rodean una esfera electrizada, no está más dispuesta a dejarla, no se retira más fácilmente de ningún punto en partícular que de otro, porque es igualmente atraida hacia todas partes. Pero éste no es el caso con cuerpos de otra forma. De un cubo es más fácilmente retirada de las esquinas que de las caras planas, y así de los ángulos de un cuerpo de cualquier otra forma, y aún más fácilmente del ángulo que sea más agudo. . Las puntas tienen una propiedad por la cual ellas atraen o expelen el fluido eléctrico a mayores distancias que los cuerpos planos. . . Así, si un alfiller se presenta a un cuerpo electrizado por la punta, absorberá esu electricidad a un pie de distancia, pero este efecto no se producirá si se presenta la cabeza en vez de la punta.

Si así son las cosas, ¿no podrá el conocimiento acerça del poder de las puntas ser usado en beneficio de la humanidad, protegiendo casas, iglesias, barcos, etc. del choque del rayo?... ¿No atraparán las varillas puntudas silenciosamente el fuego eléctrico de las nubes antes de que su poder se haga tan grande que tenga que producir ese súbito y terrible evento?"

Franklin no estaba satisfecho con el experimento de los dos observadores franceses. Las longitudes de las varillas usadas por ellos no eran suficientes para convencerlo de que las perturbaciones eléctricas en el extremo inferior se originaban realmente en las nubes. El quería capturar la electricidad en una botella de Leyden para establecer su identidad con la electricidad friccional.

Se le ocurrió la idea de hacer volar una cometa dentro de una nube. Entonces fabricó una con puntas metálicas que se proyectaban de ella y se comunicaban con la cuerda por medio de la cual la cometa se hacía volar.

Cuando el tiempo fue apropiado, elevó la cometa, la cual desapareció entre la nube. Tan pronto como la cuerda se hizo conductora por la humedad, su estado de electrificación se hizo evidente por el súbito erizamiento de sus fibras. Desde su posición, protegido por un cobertizo, y sosteniendo la cuerda por un hilo de seda seco para fines de seguridad, Franklin realizó la operación crucial. Sin duda se preguntaba si éste no sería su último acto. Acercó sus nudillos a una llave que había amarrado al extremo de la cuerda. Inmediatamente saltó una chispa de la llave con el sonido característico de una máquina de fricción; puso ahora en contacto la llave con una de las botellas de Leyden e hizo la misma comprobación. El gran descubrimiento, ciertamente el más sensacional en los anales de la electricidad, se había completado.

RECUADRO No. 3

EXPERIMENTO DE COULOMB

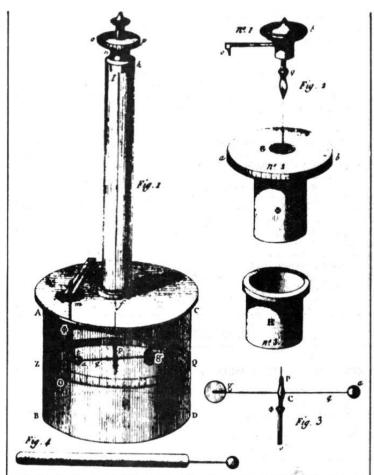
Charles Augustin Coulomb nació en 1736, en Angouleme, Francia. Creció en una época de agitación política, cuando la mayor parte de Francia sentía la influencia de las teorías liberales de Voltaire, y los ideales democráticos de Jean Jacques Rousseau. Fue educado para la carrera militar, la mayor parte en París, donde estudió ciencias y matemáticas. Se hizo ingeniero militar, y pasó varios años como oficial en Martinica, supervisando la construcción de fortificaciones.

Probablemente su interés científico surgió de su trabajo, y después de volver a Francia en 1776, se estableció en París, donde comenzó a dedicar todo su tiempo a la ciencia. Los siguientes 13 años, hasta que estalló la revolución en 1789, fueron los más productivos de Coulomb. Atrajo por primera vez la atención cuando ganó un premio ofrecido por la Academia de Ciencias, para el mejor método de construir una brújula de navegación. Su memoria titulada "Teoría de las Máquinas Simples", lo hizo miembro de la Academia.

Fue en el curso de estas investigaciones que Coulomb inventó su balanza de torsión (1784). El Rev. John Michel en Inglaterra, también inventó una balanza de torsión, usada posteriormente por Henry Cavendish para medir la densidad de la Tierra, pero parece que a pesar de que el descubrimiento de Michel probablemente precedió al de Coulomb, se llegó a los dos independientemente.

Coulomb Ilevó a cabo investigaciones intensas con sus balanzas de torsión, descritas con considerable detalle en artículos publicados en las "Mémoires de l'Académie Royale des Sciences" comenzando en 1784.

En 1789, con la toma de la Bastilla, Coulomb consideró prudente dejar París y retirarse a su pequeña propiedad cerca de Blois. Allí continuó sus



investigaciones hasta 1799, cuando retornó a París, donde residió hasta su muerte, en 1806.

Aparte de su determinación de las leyes de las fuerzas eléctrica y magnética, Coulomb realizó un buen número de contribuciones significativas a la electricidad. Mostró cómo se distribuía la carga en la superficie de un conductor, y lo reconoció como consecuencia de la repulsión mutua de cargas opuestas, de acuerdo con la ley del inverso del cuadrado. Sus logros hicieron avanzar enormemente la electrostática, y con él finalizó el primer gran período en el desarrollo de esta rama de la física.

Los siguientes extractos, que describen las medidas de Coulomb relacionadas con la ley de la fuerza eléctrica, están tomadas de su primera y segunda memorias sobre la electricidad y el magnetismo, publicadas en el Institut de France, Mémoires de l'Académie des Sciences (1785), págs. 569ss, y 578ss.

"Ley Fundamental de la electricidad"

La fuerza repulsiva entre dos pequeñas esferas cargadas con el mismo tipo de electricidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los centros de las dos esferas.

Experimento:

Se carga un pequeño conductor — no es otra cosa que un alfiler de cabeza grande que se aisla insertándolo en el extremo de una varilla de cera española. (Fig. 4). Este alfiler se introduce a través del hueco m y toca la bola t, que está en contacto con la bola a; luego de retirar el alfiler, las dos bolas están cargadas con cargas de la misma naturaleza, y separadas una de la otra por una distancia que se puede medir alineando el hilo de suspensión y el centro de la bola a con la división correspondiente en la escala ZOQ. El indicador del micrómetro se gira ahora en el sentido pno; de tal forma que el hilo de suspensión IP se torsiona, y aparece una fuerza de torsión proporcional al ángulo, la cual tiende a acercar la bola a hacia la bola t. Relacionando la fuerza torsional con la distancia entre las dos bolas, se determina la ley de repulsión. Aquí intento solamente llevar a cabo algunos ensayos que pueden ser fácilmente reproducibles, y que harán evidente la ley de repulsión.

Primer Ensayo:

Habiendo cargado las dos bolas con la cabeza del alfiler, con el índice del micrómetro en 0, la bola a de la aguja se separa de la bola t 36 grados.

Segundo Ensavo

Torciendo el hilo de suspensión 126 grados, por medio del botón 0 del micrómetro, las dos bolas se encuentran separadas y en reposo a 18 grados una de la otra.

Tercer Ensavo

Después de torcer el hilo de suspensión 567 grados, las dos bolas se encuentran separadas ocho grados y medio.

Explicación y resultado de este experimento.

Cuando las bolas no están cargadas, ellas se tocan la una a la otra, y el centro de la bola a sostenida en su lugar por la aguja, no se desplaza más de la mitad de los diámetros de las dos bolas del punto donde el torque debido al hilo de suspensión es despreciable. Es digno de mencionarse aquí, que el hilo de plata que porporciona la suspensión, tiene 28 pulgadas de largo, y es tan delgado que un pie de él no pesa más de 1/16 de grano (437,5 granos = 1 onza).

Para calcular la fuerza que, actuando sobre el punto a, distante 4 pulgadas del alambre IP, o sea del centro de suspensión, logre torcer el hilo 360 grados, he empleado las fórmulas explicadas en un artículo sobre las leyes de torsión de hilos metálicos, publicado en el volumen de la Academia de 1784, hallando que se necesita una fuerza de 1/340 de grano obrando sobre la palanca aP que tiene cuatro pulgadas; como las fuerzas de torsión son proporcionales al ángulo de giro, la mínima fuerza repulsiva entre las dos bolas ocasionará una marcada separación entre ellas, como se prueba en el artículo anteriormente mencionado.

En nuestro primer ensayo encontramos que cuando el índice del micrómetro está sobre el punto 0, las bolas están separadas 36 grados, lo cual entonces produce una fuerza torsional de 36º igual a 1/3400 de grano; en el segundo ensayo la distancia entre las bolas es de 18 grados, pero como el micrómetro ha sido girado 126 grados, se sigue que a una distancia de 18 grados, la fuerza repulsiva es equivalente a 144 grados. Esto es, a la mitad de la primera separación la fuerza es cuatro veces mayor.

En el tercer ensayo, el hilo de suspensión se giró 567 grados, y las dos bolas quedaron sólo 8 1/2 grados aparte; la torsión total es entonces de 576 grados, cuatro veces la del segundo ensayo, y a la distancia entre las bolas le faltaba solo 1/2 grado para haber disminuido a la mitad de la que tenía en el segundo ensayo.

Resulta entonces de estos dos ensayos, que dos bolas cargadas con el mismo tipo de electricidad ejercen fuerzas de repulsión una sobre la otra, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación entre ellas.



Los experimentos eléctricos fueron la locura de moda después de 1750 y durante un buen tiempo. En esta figura, una dama está siendo cargada por una máquina, mientras su amigo se apresta a recibir el "beso eléctrico".

BIBLIOGRAFIA

- 1. Physics, the pioneer science, Vol. II. Lloyd William Taylor. Dover Publications. En este libro el autor intenta presentar los fenómenos físicos a la luz de la historia misma de los descubrimientos, y éstos como consecuencia de la búsqueda de tecnologías nuevas y bajo la guía de las teorías y las necesidades del momento. Este segundo tomo incluye bastante material sobre la historia de la electricidad, desde las primeras ideas de electrostática hasta el descubrimiento de las ondas electromagnéticas, y la influencia recíproca sobre la tecnología moderna en el campo de la industria y en el de las comunicaciones.
- 2. La formación del espíritu científico. Gastón Bachelard. Siglo XXI Editores, S.A. Una de las ideas centrales de este libro es la noción de obstáculo epistemológico. Es un elemento muy útil para la mejor comprensión del pensamiento científico. A lo largo del libro hay muchas alusiones a la manera como en los siglos XVII y XVIII se percibían los fenómenos eléctricos.
- 3. Estructura de las revoluciones científicas, Thomas S. Kuhn. Breviarios del Fondo de Cultura Económica. Se destaca en este libro la noción de "paradigma" y la de revolución científica como cambio de paradigma. Critica la concepción del desarrollo científico como aumento de conocimientos en forma acumulativa. Muestra cómo la actividad científica es en todo momento una actividad violentamente prejuiciada y dogmática. También a lo largo del libro hay muchas alusiones a la historia de la electricidad.
- Great Experiments in Physics.
 Shamos. Se incluyen en este libro muchos trabajos experimentales de los más grandes científicos en el área de la física (Coulomb, Galvani, Ampere, Hertz...)
- 5. Enciclopedia Británica.
- Ciencia física, orígenes y principios. Robert Lageman. UTEHA.
 Este libro presenta los principios fundamentales de la física con abundantes comentarios históricos. Su orientación es la de un libro de texto para estudiantes de carreras no científicas ni técnicas.

Notas de Carlos Augusto Hernández

El Juicio de Galileo: Textos de la Sentencia y Abjuración

El Comité Editorial consideró interesante presentar un documento no suficientemente conocido pero de gran importancia histórica: los textos de la sentencia y posteriormente la abjuración que Galileo fue obligado a firmar el 22 de junio de 1633 como culminación del juicio y comienzo de su condena, por la cual permaneció los últimos nueve años de su vida bajo arresto domiciliario.

Este documento cobra actualidad por una noticia que nos llegó en 1980; la iglesia decidió reabrir el juicio a Galileo. ¿En qué sentido se reabrirá el juicio? ¿Gira ahora sí la Tierra alrededor del Sol? ¿Ya no es herejía contradecir las Sagradas Escrituras? ¿Ya no es la Tierra el centro del universo ni el hombre el centro de la creación? O simplemente, teniendo en cuenta que en el acta del 26 de febrero de 1616 no aparece firma alguna de notarios y testigos, ¿se considerará ésta como un acta apócrifa, quedando sin bases la acusación de 1633?

Preceden al documento unas notas elaboradas por el profesor Carlos Augusto Hernández, de la Universidad Nacional, en las cuales resume algunos argumentos importantes de Galileo ante las acusaciones.

A finales de 1980 fuimos sorprendidos con la noticia de que la iglesia reabriría el juicio de Galileo . . . itrescientos cuarenta y siete años después de dictada la sentencia!

Han ocurrido muchas cosas en la historia de las ciencias desde entonces, la historia de las ideas sobre el hombre se ha enriquecido, los elementos para el juicio se han multiplicado, pero los argumentos fundamentales que hoy tendrían vigencia en defensa del acusado fueron aducidos por él mismo desde mucho tiempo antes de que el Santo Oficio iniciara esta acción en contra suya.

Como introducción a los textos principales del proceso, y para dar una idea de lo que pudo haber sido el intercambio de razones entre el padre de la mecánica y los padres de la iglesia, revisemos brevemente, desde algunos fragmentos de su carta a la Gran Duquesa de Toscana, escrita en 1615, el punto central de la posición de Galileo frente a los alegatos de los teólogos: se trata de la diferencia entre religión y ciencias naturales.

Este matemático italiano, que había descubierto en 1610 los satélites de Júpiter con un telescopio construido con sus propias manos, que había inventado ingeniosos artificios como la bilancetta (una balanza hidrostática) y el compás geométrico-militar, que había advertido y utilizado en muchas formas el isocronismo del péndulo, tocado el laúd y examinado la cara rugosa de la Luna y las .

Carlos Augusto Hernández Departamento de Física Universidad Nacional Bogotá

Colaboración en la documentación de Edgar Caicedo Zalamea Estudiante de Física Universidad Nacional Bogotà



Portada de una de las ediciones del libro de Galileo "Diálogo Sobre los Sistemas del Mundo". En ella, Nicolás Copérnico aparece discutiendo con Aristóteles y Ptolomeo.

manchas del Sol, y que había sostenido contra los aristotélicos la teoría de Arquímedes sobre los cuerpos flotantes y la identidad de sustancia entre los cuerpos terrestres y los celestes, este matemático amigo de la discusión y la lectura de los clásicos, tenía un propósito fundamental: ganar un espacio para su ciencia "demostrativa" obtenida de la geometrización del movimiento, mostrando que la física y la teología hablaban de cosas manifiestamente diferentes.

Era verdad que la nueva ciencia había nacido de la crítica del geocentrismo, que era copernicana y que su destino estaba ligado necesariamente a esta teoría del universo, pero como bien lo había dicho la carta mencionada:

"Repetiré aquí lo que he oído decir a un eclesiástico que se encuentra en un grado muy elevado de la jerarquía, a saber, que la intención del Espíritu Santo es enseñarnos cómo se va al cielo y no cómo vaya el cielo".

Galileo era consciente de que el fruto de su trabajo no era sólo un conjunto de conocimientos más, sino una concepción diferente sobre la naturaleza, un modo inédito de conocer lo real, que debía construir su espacio social, así como, de hecho, estaba inaugurando un universo conceptual y un campo abierto, infinito, de investigación.

El éxito del programa cultural de este intérprete difusor del copernicanismo dependía de hacer comprender a la iglesia que el mundo de su teoría no era el de la experiencia cotidiana, al cual apuntaban las alusiones de las Sagradas Escrituras, y donde se producía el enfrentamiento permanente entre las fuerzas del bien y las del mal, sino un mundo de cosas "cualesquiera" que se mueven en el espacio y en el tiempo, un mundo escrito en lenguaje matemático. Debía hacer ver que, puesto que trataban de objetos distintos, la verdad de la teología y la de la ciencia podrían coexistir sin contradecirse.

"... la teología, ocupada en las más excelsas contemplaciones divinas, ocupa el trono soberano entre las ciencias por razón de ésta su dignidad, no le está bien rebajarse hasta las humildes especulaciones de las ciencias inferiores, y no debe ocuparse de ellas porque no tocan a la beatitud. Por ello sus ministros y sus profesores no deberían arrogarse el derecho de dictar fallos sobre disciplinas que no han estudiado ni ejercitado. En efecto, sería el mismo caso que el de un monarca absoluto, quien, pudiendo mandar y hacerse obedecer a su voluntad, diera en exigir, sin ser médico ni arquitecto, que se respetara su voluntad en materia de remedios y de construcciones, a riesgo de la muerte de los enfermos y de la ruina de los edificios.

Por ello el que se quiera imponer a los profesores de Astronomía que desconfíen de sus propias observaciones y demostraciones, porque no podría tratarse sino de falsedades y sofismas, constituye una pretensión absolutamente inadmisible; equivaldría a impartirles la orden de no ver lo que ven, de no comprender lo que comprenden y, cuando investigan, de que encuentren lo contrario de lo que hallan (. . .). Quisiera yo rogar a esos prudentísimos Padres que tuvieran a bien considerar con diligencia la diferencia que media entre las doctrinas opinables y las doctrinas demostrativas; en tal caso, y haciéndose cargo de la fuerza con que nos imponen las deducciones necesarias, se hallarían en mejores condiciones para reconocer por qué no está en la mano de los profesores de ciencia demostrativa el cambiar las opiniones a su gusto, presentando ora una, ora otra; es menester por cierto que se perciba toda la

diferencia que media entre mandar a un matemático o a un filósofo, y dar instrucciones a un mercader o a un legista".

No era conveniente para la iglesia — pensaba Galileo — oponerse en forma arbitraria a las conclusiones basadas en "observaciones cuidadosas" y en "demostraciones necesarias", porque supuestamente contradijeran proposiciones de la Biblia. De hecho, el texto de las Escrituras estaba plagado de aseveraciones que contradecían lo que ya se había dado por sentado en la época en que él escribió su mensaje astronómico. Pero la teología podría haber superado esta dificultad sin más que ajustar el sentido de los Textos Sagrados mediante una interpretación inteligente, planteando por ejemplo, que ellos utilizaban un lenguaje popular porque se dirigía a iletrados que no podrían comprenderlos si estuvieran escritos en el lenguaje propio, matemático, de la naturaleza.

"De ello se sigue que quien quisiera aferrarse siempre al sentido literal correría el riesgo de descubrir indebidamente en las Escrituras, no tan sólo contradicciones y proposiciones alejadas de la verdad, sino graves herejías y hasta blasfemias: de ese modo se manifestaría necesario atribuir a Dios pies, manos y ojos, así como afecciones corporales y humanas de cólera, de arrepentimiento, de odio, y también a veces el olvido de las cosas pasadas y la ignorancia de las futuras".

¿O acaso puede sostenerse la posición de negar las evidencias? Hubo muchos que estuvieron dispuestos, como el peripatético Cremonini, a evitar las confusiones que un instrumento maligno, como el telescopio, podía producir en la mente de los sanos católicos.

"... esos descubrimientos, al entrar en oposición con ciertas proposiciones comúnmente aceptadas en las escuelas de los filósofos, han excitado contra mí a muchísimos de sus profesores, hasta el punto en que se podría creer que yo he puesto esas cosas en el cielo con mi propia mano para confundir la naturaleza y las ciencias".

Contra lo que pretendía Galileo, la posición de estos profesores dogmáticos resultó ser el punto de vista oficial de la autoridad eclesiástica. Para guardar la buena fe de los creyentes, el papa Urbano VIII, quien había defendido la posición de Galileo en 1611, cuando la polémica de los cuerpos flotantes, aduce en 1624 el argumento digno del simple Simplicio, de que era posible que Dios en su infinito poder hubiese puesto el Sol a girar en torno a la Tierra, como dice la Biblia, pero de tal modo que todos los efectos naturales se ordenasen como si fuese la Tierra la que estuviese en movimiento.

Galileo redactó ese mismo año una "risposta" a su antiguo aliado arquimediano, elevado ahora al máximo rango de la jerarquía eclesiástica, pero dirigida formalmente a Francesco Igoli, en la que prefiguraba la tragicomedia de su abjuración. Este texto hace resonar, a medias cubierta por los golpes de pecho, la carcajada que suscita el absurdo.

"Y además añado que, para confusión de los herejes, entre los cuales creo que los de mayor renombre son de la opinión de Copérnico, pienso tratar esta cuestión [el copernicanismo] bastante ampliamente, y mostrarles que nosotros los católicos, no por falta de razones, experiencias, observaciones y demostraciones que han visto ellos, permanecemos en la antigua certidumbre que nos enseñan los autores sagrados, [el geocen-

trismo] sino que lo hacemos por el respeto que tenemos a las escrituras de nuestros Padres y por el celo de nuestra religión y de nuestra fe; de modo que cuando hemos visto todas sus razones astronómicas y naturales, muy bien entendidas por nosotros, así como, además, otras de mayor fuerza todavía que las aducidas hasta aquí, a lo sumo podrán tacharnos de hombres constantes en nuestra opinión, pero no de ciegos ni de ignorantes de las disciplinas humanas, lo cual verdaderamente no debe importar a un auténtico cristiano católico; digo, que un hereje se ría de él porque antepone la reverencia y la fe que es debida a los autores sagrados a cuantas razones y experiencias reúnen todos los astrónomos y filósofos juntos".

Nos (. . .) por la gracia de Dios, cardenales de la Santa Iglesia Romana, Inquisidores Generales por la Santa Sede Apostólica especialmente designados contra la depravación herética en toda la Comunidad Cristiana:

Visto que vos, Galilei, hijo del finado Vicenzo Galilei, florentino, de setenta años de edad, habéis sido denunciado el año 1615 ante este Santo Oficio por sostener como verdadera la falsa doctrina por algunos enseñada de que el Sol ocupa el centro del mundo y permanece inmóvil, y que la Tierra se mueve - y también con movimiento diurno-; por tener discípulos a quienes habéis enseñado la dicha doctrina; por haber mantenido correspondencia con ciertos matemáticos alemanes sobre lo mismo; por haber imprimido ciertas cartas intituladas "De las Manchas Solares", en las que desarrollásteis la misma doctrina como verdadera; y por contestar a objeciones de las Sagradas Escrituras -que de tiempo en tiempo os fueron presentadas contra ella- glosando tales Escrituras según vuestra propia interpretación; y visto que sobre ello presentastéis copia de un documento en forma de carta, haciendo creer que fué escrito a quien fuera vuestro discípulo, y en el que se expresa diversas proposiciones siguiendo la posición de Copérnico, contrarias al verdadero sentido y autoridad de las Sagradas Escrituras;

Este Santo Tribunal que tiene, pues, la intención de proceder contra el desorden y la perversidad resultantes de ello, y que prosiguió aumentando en perjuicio de la Sagrada Fe, por orden de su Santidad y de los Eminentísimos Señores Cardenales de esta Inquisición Suprema y Universal, las dos proposiciones de la estabilidad del Sol y el movimiento de la Tierra fueron calificados como sigue por los Examinadores Teológicos:

La proposición de que el Sol es el centro del mundo y no se mueve de su lugar es absurda y falsa filosóficamente y formalmente herética, porque es en forma expresa contraria a las Sagradas Escrituras. La proposición de que la Tierra no es el centro del mundo e inmóvil, sino que se mueve —y también con movimiento diurno— es igualmente absurda y falsa filosóficamente; y considerada teológicamente, cuando menos errónea en fe.

Pero visto que en aquel entonces se deseaba trataros con lenidad, fué decretado en la Sagrada Congregación reunida ante Su Santidad el 25 de febrero de 1616, que su Eminencia el Señor Cardenal Bellarmino

SIDEREVS NVNCIVS MAGNA, LONGEQUE ADMIRABILIA

Spectacula pandens, fulpiciendagne proponens vnicuique, prefertim veid

PHILOSOPHIS, AND ASTRONOMIS, THE 2 GALILEO GALILEO

PATRITIO FLORENTINO

Patauini Gymnafij Publico Mathematico

PERSPICILLY Nuper a sereposi benefico jent observata in U. N. A. E. ACIT, FIXIS IN-NYMERIS, IACT EO CIRCVIO, STELLIS NEEL LOSIS,

OVATVOR PLANETIS

Circa 10V15 Stellam dispatibus internallis, aique periodis celetitate mirabili carcumindutis; quos, nemini in hine visque diem cognitos, noutilimé Author depre-hindit primus; aique

MEDICEA SIDER A



VENETIIS, Apud I homam Baglionum. M DC X. Superiorum Permiju , G Printegio.

EL MENSAJERO DE LOS ASTROS

En que se dan a conocer importantes y muy admirables observaciones y se las somete a la consideración de todos, en especial a la de los filósofos y astrónomos; las que han sido efectuadas por Galileo Galilei, Patricio Florentino, matemático público del Gimnasio de Padua -con el auxilio de un anteojo que acaba de inventar-, en la superficie de la luna, en innumerables estrellas fijas, en la vía láctea, en las nebulosas y, principalmente, en los cuatro planetas que giran en torno de Júpiter a intervalos y períodos dispares pero con velocidad asombrosa; los cuales, desconocidos hasta hoy, han sido observados por primera vez por el autor:

El cual determinó que se llamarían

ASTROS MEDICEOS

VENECIA, IMPRENTA DE THOMAS BAGLIONUS, 1610 Con permiso eclesiástico y privilegio.

os diese orden de abandonar por completo dicha falsa doctrina y que, en caso de que os rehusárais, fuéseis requerido por el Comisario del Santo Oficio para abandonarla y no enseñarla a los demás ni defenderla ni aun discutirla; y que de no acceder a ese requerimiento seríais encarcelado. Y, en cumplimiento del decreto, al día siguiente, en palacio y en presencia de dicho Señor Cardenal, luego de haber sido suavemente amonestado por él mismo, os fué comunicado el requerimiento por el padre Comisario del Santo Oficio en esa oportunidad, ante el notario y testigos, a efectos de que hiciéreis abandono de la citada falsa doctrina y no la sostuviéreis, defendiéreis ni enseñárais en modo alguno, ni de palabra ni por escrito; y habiendo prometido obedecer, se os dió orden de retiraros.

Y con el fin de que tan perniciosa doctrina pudiere ser extirpada por completo y no se insinuare más con grave perjuicio para la verdad católica, fué expedido un decreto por la Sagrada Congregación del Index prohibiendo el libro que trata semejante doctrina y declarando a ésta falsa y totalmente opuesta a las Sagradas Escrituras.

Visto que un libro recientemente aparecido aquí, impreso el año último en Florencia, cuyo título demuestra que sois el autor, siendo dicho título: "Diálogo de Galileo sobre los Grandes Sistemas del Mundo"; y puesto que la Sagrada Congregación fué más tarde informada de que, a través de la publicación de tal libro, iba ganando terreno día a día la falsa opinión del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol, dicho libro fue sometido a minuciosa consideración y en él descubrióse una violación manifiesta del referido requerimiento que se os hiciera, puesto que en tal libro habéis defendido la dicha opinión antes condenada, y en nuestra presencia declarada tal, aunque en elibro os esforzáis —a través de varios artilugios— en producir la impresión de que queda inconclusa, y en términos expresos como probable, lo que, sin embargo, es el error más pernicioso, pues no puede ser de ninguna manera probable lo que ha sido definido y declarado contrario a las Sagradas Escrituras.

En consecuencia, y por nuestra orden, fuísteis citado para comparecer ante este Santo Oficio, donde al ser examinado bajo juramento reconocísteis haber escrito y publicado el libro. Confesásteis haber comenzado en su escritura hace alrededor de diez o doce años, después de haberos impuesto de la orden antes dicha; que solicitásteis licencia para imprimirlo, sin manifestar, empero, a quienes os la otorgaron, que habíais sido intimado para no sostener, defender ni enseñar la doctrina en cuestión de modo alguno.

Igualmente confesásteis que la redacción de tal libro está realizada en muchos lugares de manera que el lector pueda imaginar que los argumentos expuestos por el lado falso se calcule que —por fuerza lógica— obligarán a convicción antes que ser de fácil refutación, excusándoos de haber caído en error, tan ajeno a vuestra intención, según alegásteis, en razón de haber escrito en forma de diálogo y por la natural complacencia que todo individuo experimente respecto de sus sutilezas y a mostrarse más habilidoso que la generalidad de los hombres al idear, aun en favor de falsas proposiciones, argumentos ingeniosos y plausibles.

Y, concedido un plazo prudente para preparar vuestra defensa, presentastéis un certificado extendido de puño y letra de Su Eminencia

el Señor Cardenal Bellarmino, por vos obtenido, según confesión propia para protegeros de la calumnia de vuestros enemigos, que os imputaban vuestra abjuración y castigo a manos de este Santo Oficio, en cuyo certificado se declara que no habéis abjurado ni sido castigado sino que solamente se os ha anunciado la declaración realizada por Su Santidad y publicada por la Sagrada Congregación del Index, en que se declara que la doctrina del movimiento de la Tierra y la inmovilidad del Sol es contraria a las Sagradas Escrituras y por ello no puede ser sostenida ni difundida. Y como en tal certificado no se hace mención de los dos artículos del requerimiento, es decir, la orden de "no enseñar" ni "en modo alguno", manifestásteis que debemos creer que en el transcurso de quince o dieciséis años habéis perdido toda memoria de ello y por eso nada dijísteis del requerimiento al solicitar autorización para imprimir el libro. Y todo eso no fue impulsado por vía de error sino que podía imputarse a ambiciosa vanagloria antes que a malicia. Mas este certificado presentado en defensa vuestra no ha hecho otra cosa que agravar la situación, ya que aunque se expresa que dicha opinión es contraria a las Sagradas Escrituras, habéis osado, empero, discutirla y defenderla y argumentar su posibilidad; tampoco os sirve de nada la licencia arrancada por vos, desde que no notificásteis la orden que os fué impartida.

Y visto que nos pareció que no habíais expresado toda la verdad con respecto a vuestras intenciones, creímos necesario someteros a severo interrogatorio, al que (sin prejuicio contra los asuntos expresados anteriormente, y por vos confesados, con relación a vuestras intenciones), habéis respondido como buen católico. En consecuencia, habiendo visto y considerado detenidamente los méritos de ésta vuestra causa, junto con vuestras confesiones y disculpas antes referidas, y todo cuanto ha de ser visto y considerado en justicia, hemos llegado a lo abajo expresado como sentencia definitiva contra vos:

Invocando por tanto, el Santísimo nombre de Nuestro Señor Jesucristo y de su Gloriosísima Madre y siempre Virgen María, por ésta nuestra sentencia definitiva que, constituídos en Tribunal con el consejo y opinión de los Reverendos Maestros de Sagrada Teología y Doctores en ambas leyes, nuestros asesores, damos por este escrito, en la causa y causas en este instante ante nos, entre el Magnífico Carlo Sinceri, Doctor en ambas leyes, Proctor Fiscal de este Santo Oficio, de una parte, y vos, Galileo, acusado y aquí presente, debidamente interrogado, juzgado y convicto, como queda demostrado anteriormente, de la otra . . .

Decimos, dictamos sentencia y declaramos que vos, el dicho Galileo, en razón de los asuntos aducidos en juicio, por vos confesados, como figura más arriba, os habéis vuelto, en opinión del Santo Oficio, fuertemente sospechoso de herejía, vale decir, de haber creído y sostenido la doctrina -falsa y opuesta a las Sagradas y Divinas Escrituras- de que el Sol es el centro del mundo y no se mueve de este a oeste; y que la Tierra se mueve y no se halla en el centro del mundo; y que una opinión puede ser sostenida y defendida como posible luego de haber sido declarada y definida como contraria a las Sagradas Escrituras; y que consecuentemente habéis incurrido en todas las censuras y penalidades impuestas y promulgadas en los cánones sagrados y otras disposiciones generales y particulares contra tales delincuentes. De las cuales nos placerá veros absuelto siempre que: primero; de todo corazón y con verdadera fe abjuréis, maldigáis y detestéis ante nos los antedichos errores y herejías y cualquier otro error y herejía contrarios a la Iglesia Católica Apostólica y Romana, en la forma que os prescribiremos.

Y que —para que ese vuestro grave y pernicioso error y transgresión no pueda permanecer del todo impune y en el futuro podáis ser más cauto y un ejemplo a fin de que los demás se abstengan de similar delincuencia— ordenamos que el libro "Diálogo de Galileo Galilei" sea prohibido por edicto público.

Os condenamos a la prisión formal de este Santo Oficio por el tiempo que sea de nuestro agrado, y por vía de saludable penitencia os requerimos que durante los tres próximos años recitéis una vez por semana los siete salmos penitenciales. Nos reservamos la libertad de moderar, conmutar, o suspender, en todo o en parte, las antedichas penas y penitencia.

Y así decimos, pronunciamos sentencia, declaramos, ordenamos y nos reservamos, en éste y cualquier otro y mejor modo y forma que queramos y podamos emplear legalmente

Yo, Galileo, hijo del finado Vincenzo Galilei, florentino, de setenta años de edad, habiendo comparecido personalmente ante este tribunal y arrodillado ante vos, los Reverendísimos Señores Cardenales Inquisidores Generales contra la depravación herética en toda la comunidad cristiana, teniendo ante mis ojos y puesta la mano sobre los Santos Evangelios, juro que siempre he creído, creo y con la ayuda de Dios creeré todo cuanto es sostenido, predicado y enseñado por la Santa Iglesia Católica Apostólica y Romana. Pero, como -luego de un requerimiento que me fuera intimado judicialmente por el Santo Oficio a efectos de que debería abandonar para siempre la falsa opinión de que el Sol se halla en el centro del mundo, e inmóvil, y que la Tierra no es el centro del mundo y se mueve, y que no debo sostener, defender ni enseñar en modo alguno, ya sea verbal o escrito, la dicha falsa doctrina y luego de haber sido notificado de que tal doctrina es contraria a las Sagradas Escrituras- escribí e imprimi un libro en el que discuto esta nueva doctrina ya condenada y aduzco argumento de gran fuerza lógica en su favor, sin pronunciar ninguna solución de los mismos, he sido proclamado por el Santo Oficio como fuertemente sospechoso de herejía, o sea de haber sostenido y creído que el Sol se halla en el centro de la Tierra e inmóvil y que la Tierra no es el centro y se mueve;

Por tanto, deseoso de apartar de la mente de Vuestras Eminencias y de la de todo fiel cristiano tal sospecha vehemente justamente concebida contra mí, con todo mi corazón y fe sincera abjuro, maldigo y detesto los predichos errores y herejías y en general todo otro error, herejía y secta contrarios en modo alguno a la Santa Iglesia, y juro que en adelante no diré ni aseguraré, verbalmente o por escrito, nada capaz de proporcionar oportunidad para sospecha similar en lo que a mí se refiere; más, sabiendo de alguna cosa herética o de persona sospechosa de herejía, lo denunciaré a este Santo Oficio o al Inquisidor u Ordinario del lugar donde me hallare. Además, juro y prometo cumplir y observar en toda su integridad las penas que se me han impuesto, o me sean en lo sucesivo, por este Santo Oficio. Y en caso de que contravenga (lo que Dios no permita) cualquiera de estas promesas o juramentos, me someto a todas las penas establecidas y promulgadas en los cánones sagrados y otras constituciones, generales o particulares, contra tales delincuentes. Con lo que Dios me ayude, así como estos Sus Santos Evangelios en que apoyo mis manos.

Yo, el dicho Galileo Galilei, he abjurado, jurado, prometido y obligándome según lo acabado de expresar; y en testimonio de cuya veracidad he suscrito de mi propia mano el presente documento de mi abjuración y recitádolo palabra por palabra, en Roma, en el convento de Minerva, este día 22 de junio de 1633.

Yo, Galileo Galilei, he abjurado con mi propia mano, según se expresa más arriba.

Editorial Reverté

BIOQUIMICA: Estructura y mecanismo de las enzimas

Fersht (A.)

MRC Laboratory of Molecular Biology, Cambridge.

Un volumen de 390 páginas, de 22 × 16 cm, con 104 figuras y 53 tablas (1980).

Durante las dos últimas décadas los avances en la cristalografía de rayos X, cinética de los estados efímeros y el estudio de la catálisis química han revolucionado nuestras ideas sobre la catálisis y mecanismos enzimáticos. La intención de este texto es proporcionar una breve descripción de estos progresos para estudiantes no graduados de los últimos cursos y alumnos postgraduados que hayan seguido cursos de química y de bioquímica. Los aspectos filosóficos y teóricos de este libro se centran en cómo las interacciones de un enzima con sus sustratos conducen a la catálisis enzimática y su especificidad, así como la relación entre estructura y mecanismo. Los enfoques experimentales que se resaltan son los que implican el estudio directo de los enzimas como moléculas. Como tales, se da gran énfasis a la cinética del estado pre-estacionario en el que los enzimas se encuentran en cantidades similares al sustrato y los intermedios unidos al enzima se observan directamente. La cinética del estado estacionario de enzimas con multisustratos, así como la química detallada de los coenzimas y cofactores sólo se discuten de forma su-perficial.

EXTRACTO DEL ÍNDICE

Capítulo 1. Estructura tridimensional de los enzimas. — 2. Catálisis química. — 3. Ecuaciones básicas de la cinética enzimática. — 4. Medida y magnitud de las constantes de velocidad enzimática. — 5. Dependencia de la catálisis enzimática en función del pH. — 6. Cinética práctica. — 7. Algunos ejemplos de la utilización de la cinética en la resolución de

mecanismos enzimáticos. — 8. Fijación cooperativa de ligandos e interacciones alostéricas. 9. Fuerzas entre moléculas y energias de fijación enzima-sustrato. — 10. Complementaridad enzima-sustrato y teorías de la catálisis enzimática. — 11. Especificidad y reactividad relativa. — 12. Estructura y mecanismo de enzimas seleccionados.

Recreación y Técnica

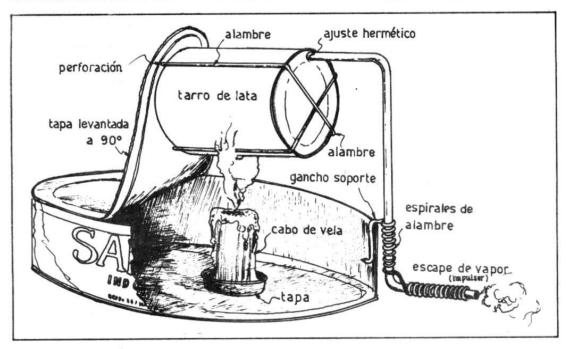
Barquito de Vapor

Es verdad que entre los seis y los diez años nuestra inventiva y capacidad de observación tenía mejores perspectivas y lograba mayores frutos personales. Mediante la "educación" que recibimos —circunscrita tan solo a la información— perdimos toda oportunidad para realizarnos como intelectuales originales. Pasemos, en un intento por recuperar nuestra curiosidad perdida, a construir un juguete de vapor. ¿Cómo en ese "sistema" se po-

nen de manifiesto varias formas de energía y se cumplen algunas leyes?

Aprovecharemos para nuestro propósito los materiales que se encuentran en cualquier casa como elementos desechables o inútiles: una lata de sardinas de las más grandes (vacía), que nos servirá como barca, un tarrito pequeño como el de la leche condensada, una vela, cable y alambre.

 Comencemos por arreglar la lata de sardinas levantándole media Cristóbal Corredor Departamento de Fisiología Universidad Nacional Bogotá



- tapa hasta que quede más o menos vertical; hagámosle cuatro perforaciones con una puntilla. Estas nos servirán para asegurar el tarrito que hará el papel de caldera (Ver figura).
- Tomemos unos 25 cm de cable grueso de conducción y calentándolo por fricción, saquémosle el núcleo de alambre quedándonos sólo con la parte plástica, que utilizaremos como manguera.
- 3. Como fuente de vapor tomemos el tarrito pequeño de leche condensada (5 cm de diámetro por 5 cm de longitud aprox.) y saquémosle su contenido perforándole sólo un hueco pequeño en la periferia de una de las tapas. Una vez vacía, la lavamos pacientemente y la dejamos llena de agua hasta la mitad de su volumen. Luego ajustamos el diámetro del hueco hasta que se pueda introducir a presión un extremo de la manguerita plástica. Esta debe quedar sin escapes, pero debe dejar pasar el agua o el vapor, como es obvio.
- Sujetamos ahora el tarrito a la tapa de nuestra lata de sardinas valiéndonos de alambre dúctil, tal como se sugiere en la figura, utili-

- zando los huecos hechos previamente.
- 5. Tomemos otro pedazo de cable de conducción y un palo redondo de colombina, y enrollemos cuidadosamente y en forma continua unos 30 cm de alambre dúctil formando como un resorte al extraer el palito. Tenemos así las dos espirales guía y el gancho indicado en la figura.
- 6. Introduzcamos el cable o manguera del tarrito a las espirales de alambre y asegurémoslas en la posición adecuada, tal como se ve en la figura. La espiral sumergida en el agua puede orientarse para conseguir un efecto direccional.
- 7. Aseguremos un trozo de vela o esperma de unos 2 cm de longitud a una tapa metálica, calentándola previamente, la encendemos y colocamos cuidadosamente debajo del tarrito asegurándonos que la llama no queme la manguera de plástico. Esperemos que comience a salir vapor por el extremo libre de la manguera.
- Coloquemos nuestra lancha a vapor en posición de partida sobre el agua de un platón. Esperemos a que comience a moverse.

Problemas y Experimentos: la Fuerza Centrífuga

¿SABES POR QUE?

. . . los satélites artificiales no caen sobre la Tierra? Porque son lanzados con tanta potencia que llegan muy lejos. A un lugar lejos de la Tierra donde ya no no son atraidos por la fuerza de la gravedad. Cuando un satélite gira alrededor de la Tierra a una altura determinada es porque existe un equilibrio entre la atracción que ejerce la Tierra sobre él y una fuerza contraria que es la fuerza centrífuga engendrada por la velocidad que tiene el satélite al moverse en torno a la Tierra. Esto es lo que le impide caerse.

El Espectador Revista del Jueves Noviembre 12/1981 . . . el maestro orientará a los alumnos para que relacionen las fuerzas que actúan en nuestro sistema solar. Por una parte la Luna y los demás satélites como también los planetas no se salen de su órbita porque mientras se mueven a grandes velocidades, hay dos fuerzas que actúan sobre ellos: una que los atrae hacia el centro, alrededor del cual giran, es la fuerza centrípeta y otra que los empuja hacia afuera, es la fuerza centrífuga. Además, entre el Sol y cada uno de los planetas se ejerce una fuerza de atracción mutua, es la fuerza de gravitación.

Programa Experimental de Ciencias Naturales para la educación básica primaria propuesto por el MEN. Quinto Primaria — Pg. 113.

¿Quién le enseñó al periodista?

¿Quién señala al maestro lo que debe enseñar?

¿Qué diría Newton?





Sustentación de las Conclusiones del

Primer Simposio

Nacional sobre la Enseñanza de las Ciencias

Organizadores: ICFES,

COLCIENCIAS MINISTERIO DE EDUCACION

Comité redactor del Documento:

Doris Amanda Espitia José Granes Teresa León Antanas Mockus Guillermo Restrepo Carlos Eduardo Vasco

Bogotá, Diciembre de 1981

Aunque se reconocieron muchos aspectos positivos y muchos méritos en los programas, y en particular lo acertado de la decisión de no implementarlos antes de la consulta hecha a través de este Simposio, los debates y documentos reflejan principalmente los aspectos críticos del proceso y de los programas. Este énfasis es natural en una reunión de este tipo y en sus documentos de conclusiones. Se debe acentuar sinembargo el espíritu de colaboración con el Ministerio de Educación la conciencia de muchas entidades organizadoras y participantes de ser organismos adscritos al mismo Ministerio y de su responsabilidad compartida por la educación de todos los niños de Colombia

En esta introducción se tratarán brevemente los antecedentes, los objetivos, el proceso previo, el desarrollo del Simposio y la estructura de los documentos producidos por el mismo.

1. Antecedentes

A comienzos del año 1981 el Consejo Académico Asesor en Ciencias Exactas y Naturales del ICFES se propuso estudiar las características de la Enseñanza de las Ciencias a todos los niveles, y en particular al nivel de la Educación Básica, como un paso necesario para clarificar el papel de las licenciaturas en educación con especiali dad en las diversas disciplinas adscritas a ese Consejo, como son las Matemáticas, la Física, la Química, la Biología, etc

Doris Amanda Espitia Programadora de ciencias Ministerio de Educación Nacional

José Granés Departamento de Física Universidad Nacional Bogotá

María Teresa León Programadora de matemáticas Ministerio de Educación Nacional

Antanas Mockus Departamento de Matemáticas Universidad Nacional Bogotá

Guillermo Restrepo Departamento de Matemáticas Universidad del Valle Cali

Carlos Eduardo Vasco
Asesor de los programas experimentales
de matemàticas
Ministerio de Educación Nacional
Departamento de Matemàticas
Universidad Nacional

Por ese motivo se solicitó a la Dirección General de Capacitación y Perfeccionamiento Docente, Currículo y Medios Educativos, del Ministerio de Educación Nacional, alguna información sobre las acciones adelantadas en el campo de la reforma educativa iniciada por el Decreto 088 de 1976 y el Decreto 1419 de 1978.

La Directora General, Dra. Himelda Martínez Zuleta, y dos representantes de la División de Currículo para la educación formal, el lic. Luis Eduardo García, por parte del grupo de Diseño Curricular de ciencias naturales, y la matemática Carmen Lucila Osorno por parte del grupo de matemáticas, informaron al Consejo, en su reunión del 15 de mayo de 1981, sobre la reforma de los programas en esas áreas. Principalmente por la introducción del enfoque integrado en el programa de ciencias naturales, además de los niveles de dificultad de esos programas y de los de matemáticas, se consideró muy importante involucrar a los departamentos de matemáticas y ciencias naturales, y especialmente a las facultades de educación que ofrecen licenciaturas en esas especialidades en un amplio debate sobre los nuevos programas experimentales, enmarcado en un estudio serio de la problemática de la enseñanza de esas ciencias dentro del contexto socio-económico y científico-tecnológico de nuestro país.

EI ICFES, COLCIENCIAS, el Ministerio de Educación Nacional, y posteriormente el FES, encontraron dicha iniciativa muy digna de apoyo, y se estableció un comité que organizara un evento nacional, primero en la historia de las reformas educativas en nuestro país, en donde se pudiera tratar el tema de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales en el nivel básico, tanto primario como secundario, y en particular en donde se analizaran los programas experimentales ya desarrollados hasta el quinto grado y proyectados hasta el noveno grado, equivalente al cuarto año de bachillerato actual.

2. Objetivos.

Los objetivos de este simposio fueron determinados así:

- Analizar la situación de la enseñanza de las ciencias en el país, correlacionándola con el desarrollo científico-tecnológico, la cultura y las condiciones socio-económicas.
- Llegar a conclusiones iniciales sobre los lineamientos que deberían tenerse en cuenta al proponer una reforma de la enseñanza de las ciencias a nivel primario y secundario.
- Establecer la opinión de los docentes universitarios, de la comunidad científica, sobre la reforma planteada por el Ministerio y, en consecuencia, definir unas primeras recomendaciones al respecto.
- Definir la conformación de un equipo asesor del Ministerio, compuesto por docentes e investigadores, para que colabore con éste en las tareas a desarrollar posteriormente.

3. El proceso previo al Simposio

El Comité Organizador, Coordinado por la Dra. Eloísa Tréllez Solís del ICFES, procedió a invitar a 45 instituciones de educación superior con carreras y/o licenciaturas en Matemáticas, Física, Química, Biología y Geología, a las 9 asociaciones o sociedades científicas correspondientes y a otros 20 institutos que desarrollan trabajo científico en estas áreas.

La convocatoria se hizo en la primera semana de septiembre de 1981, con el envío de los programas experimentales de ciencias naturales y de matemáticas de primero a quinto grado, y una solicitud de un trabajo escrito sobre el marco teórico, la secuencia, presentación y fundamento científico de los conceptos básicos, las actividades y sugerencias metodológicas, y la

factibilidad de la propuesta experimental, así como otras proposiciones de los autores de los trabajos.

Se dieron dos meses de plazo, hasta el 31 de octubre de 1981, para presentar dichos trabajos escritos, y se solicitaron a distinguidos científicos ponencias invitadas sobre los siguientes temas:

- Consideraciones generales para el planteamiento de una reforma de la enseñanza de las ciencias matemáticas y naturales en Colombia, a los Dres. Emilio Aljure, José Granés, Michel Hermelín, Luis Eduardo Mora Osejo y Guillermo Restrepo.
- Situación general de las ciencias básicas en Colombia, al Dr. Jairo Alvarez del Comité Coordinador del programa para el Mejoramiento de la enseñanza e investigación en Ciencias Básicas.
- Necesidad de una política nacional para la Enseñanza de las Ciencias, al Dr. Carlos Díaz, del Multitaller de enseñanza de las ciencias de la Universidad del Valle.
- 4. Examen de la Reforma Curricular en Matemáticas y Ciencias Naturales en la educación básica primaria propuesta por el Ministerio de Educación Nacional, a los Dres. Carlo Federici, Antanas Mockus, Carlos Augusto Hernández, Berenice Guerrero, Jorge Charum y Luz Marina Caicedo, de la Universidad Nacional de Colombia.
- Enseñanza Integrada de las Ciencias, al Dr. Alvaro Pantoja, y la Dra. Aracelly de Tezanos, del Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica, CIUP.
- Necesidad de un Estudio Evaluativo del Currículo de Ciencias, a los Dres. Carlos Rojas, Félix Bustos y Rodrigo Sepúlveda.
- Enseñanza de las Ciencias Naturales a los Dres. Hermann Duque y Ovidio Oundjian.

 Licenciatura en Ciencias Naturales, solicitada a la Universidad Pedagógica Nacional que designó para el trabajo a los Dres. Manuel Erazo, Royman Pérez, Augusto Rodríguez y Luis Vega.

De las 45 Universidades consultadas se recibieron diez respuestas sobre el programa de matemáticas y dieciocho sobre el programa de ciencias naturales. La Coordinación nombró un comité de selección de trabajos, compuesto por Carola Eslava de Bolaños, Jorge Charum, Antanas Mockus, Carlos E. Vasco y Néstor Barrera (quien no asistió), para los trabajos de matématicas, y para los trabajos de ciencias naturales un comité conformado por: Dino Segura, Carlos Augusto Hernández, Alvaro Pantoja y Alvaro Alegría (quien se excusó de asistir). Para sustituir a este último se solicitó la colaboración de la Dra. Claudia de Moreno quien sólo asistió a una de las reuniones.

Estos comités, teniendo en cuenta los criterios de selección establecidos conjuntamente con los programadores de ciencias naturales y de matemáticas de la Dirección General de Capacitación, Perfeccionamiento Docente, Currículo y Medios Eduactivos del MEN, en reunión efectuada el 12 de noviembre, seleccionaron los trabajos merecedores de participar en el Simposio y de éstos, los que por su mayor calidad deberían ser reproducidos como material de discusión. Además, los comités elaboraron un resumen de los principales problemas tratados en los trabajos presentados.

Se invitó también a todos los miembros de los grupos de diseño curricular de ciencias naturales y de matemáticas de la División de Currículo para la Educación Formal, y a técnicos del Ministerio de Educación, de los Centros Experimentales Pilotos y de los CASD, de la División de Investigación Educativa del Distrito Especial de Bogotá, a los ponentes y a otras personas de las entidades organizadoras.

El total de participantes fue de 87.

4. El desarrollo del Simposio

El lunes 30 de noviembre se abrió la inscripción de participantes en el Planetario Distrital de Bogotá a las 8:00 de la mañana. A las 9:30 a.m. se dió comienzo al Simposio, inaugurado por el Dr. Ramsés Hakim, Director del ICFES, con la presencia del Director General de Capacitación y Perfeccionamiento Docente, Currículo y Medios Educativos, Dr. Miguel Ramón Martínez, el Director de COLCIENCIAS, Dr. Efraín Otero Ruíz, la Subdirectora de Fomento del ICFES, Dra. Cecilia Reyes de León, el Dr. Francisco Gnecco Calvo, de la Comisión Fullbright y el Dr. Jorge Arias de Greiff, presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

En seguida se tuvo la ponencia principal a cargo de los Dres. Aljure, Granés, Hermelín, Mora y Restrepo, y un estudio por grupos de la misma. En la tarde se presentaron otras tres ponencias de alcance general y una discusión de cada una de ellas. Las relatorías de estas discusiones fueron leídas en sesión plenaria el día siguiente.

El segundo día continuó con una presentación por parte de los grupos de diseño curricular de ciencias naturales y de matemáticas, en la que informaron a los participantes sobre el proceso de diseño y de experimentación de los nuevos programas, y clarificaron algunas dudas surgidas respecto al proceso mismo.

En seguida se procedió a conformar tres grupos de matemáticas y cuatro de ciencias naturales para estudiar más detalladamente el procedimiento de experimentación e implantación de los nuevos programas, sus marcos teóricos, sus contenidos, y el problema de la capacitación de los docentes de primaria encargados de la experimentación e implementación. Estos grupos sesionaron en la tarde del martes y el día miércoles, con algunas interrupciones para otras de las ponencias invita-

das. El jueves por la mañana se presentaron las relatorías de los grupos, y se debatieron las ideas principales. En la tarde se comisionó a un grupo de 19 participantes para recoger las inquietudes surgidas en las relatorías y los debates, y preparar un borrador de documento de conclusiones; este grupo presentó el viernes por la mañana una propuesta escrita. En sesión plenaria coordinada por el Dr. Emilio Aljure se debatió punto por punto el documento final de conclusiones, hata alcanzar consenso en cada una de las formulaciones. Este documento fue repartido a los participantes invitados y corresponsales de prensa en la clausura del Simposio, presidida por el Dr. Miguel Ramón Martínez en el Club de Economistas de Bogotá.

5. Los documentos del Simposio

El primer documento de conclusiones recoge siete consideraciones de fondo sobre el procedimiento de elaboración y experimentación de la reforma, las tendencias pedagógicas que la guían, los programas de ciencias naturales, y los de matemáticas. Presenta enseguida siete recomendaciones básicas sobre la reforma educativa. Por la brevedad exigida para un documento informativo para entregar ese mismo día, y por la riqueza de los planteamientos de las relatorías y las discusiones, se vió la necesidad de elaborar un documento más detallado que sustentara las consideraciones y recomendaciones del documento breve, documento que no sustituve las memorias del Simposio en las que se recogerán las ponencias, los trabajos seleccionados y las relatorías. Se comisionó a seis participantes en el Simposio y en el grupo de redacción del borrador de conclusiones, para elaborar este documento detallado, y a la Dra. Eloísa Tre-Ilez Solís para preparar la publicación de las memorias del Simposio.

Este documento pretende pues, además de presentar los antecedentes y el desarrollo del Simposio, analizar más detalladamente las cinco áreas en las que se concentraron los debates en las plenarias, las ponencias, los trabajos, las discusiones de los grupos y las relatorías:

- El procedimiento de elaboración y experimentación de los programas.
- El formato curricular adoptado y su relación con diferentes tendencias pedagógicas.
- Los programas de ciencias naturales.
- 4. Los programas de matemáticas.
- Las alternativas posibles para un proceso de reforma de la educación básica.

Una vez hecho ese análisis, se transcribirán las conclusiones aprobadas por la plenaria con alguna breve explicación o comentario a las mismas, en caso de que lo requieran, y finalmente como apéndice, se anexarán las demás conclusiones y recomendaciones que surgieron en las ponencias y las relatorías y encontraron amplio eco en los participantes, aunque por la premura del tiempo y la necesaria brevedad del primer documento de conclusiones no hayan sido incluidas en el mismo.

II. LA PROBLEMATICA TRATADA EN EL SIMPOSIO

El procedimiento de elaboración y experimentación de los programas.

El Simposio fue informado ampliamente por los miembros de los grupos de diseño curricular de ciencias naturales y de matemáticas sobre estos procedimientos, así como por otros funcionarios de la División de Investigación Educativa, DIE, del Distrito Especial de Bogotá y de los Centros Experimentales Piloto de algunas regiones del país, que asistieron al simposio.

Se puso igualmente a disposición de los participantes la información necesaria sobre las bases legales de la reforma. Se estudiaron en algunos grupos los diagnósticos sobre la educación hechos en el plan "Para Cerrar la Brecha" del Gobierno del Presidente López Michelsen, así como dos decretos básicos para la reforma, el 088 de 1976 y el 1419 de 1978.

También se contó con la información dada por algunos de los participantes, quienes a través de investigaciones del CIUP y la U. Nacional, o a través de cursos de capacitación a técnicos y maestros, estaban al tanto del proceso de experimentación curricular iniciado en 1977 con los programas y con las unidades integradas de primero a tercer grado de educación básica primaria diseñados por los técnicos de la División General de Capacitación y Perfeccionamiento Docente, Currículo y Medios Educativos.

Se anotó que los dos problemas a los cuales intenta dar solución el Decreto 088 de 1976, a través de la reestructuración del Ministerio de Educación Nacional y los cambios de los programas curriculares, no aparecen en el listado de problemas de la educación hechos en el documento "Para Cerrar la Brecha", ni en ninguno de los documentos que se presentaron al Simposio, excepto tal vez la mención de una desarticulación entre los niveles primario, secundario y universitario. No aparece pues cuál fue la investigación evaluativa que llevó a diseñar nuevos programas curriculares, ni si la opinión general de que esos programas necesitaban algunas modificaciones se sustentó en estudios serios sobre los programas mismos y el rendimiento de los alumnos en las diversas áreas, y en particular en las ciencias naturales y en las matemáticas.

La decisión de una transformación del currículo, y de centrar esa transformación en un cambio de programas, parece sustentada únicamente en la percepción de la desarticulación entre los niveles y en el auge que por los años setenta se dió a una versión de la tecnología educativa de corte conductista,

que se proponía como panacea para curar todos los males de la educación.

Este aspecto de la iniciación del proceso de reforma y de la elaboración de nuevos programas de ciencias naturales y de matemáticas (aspecto que se extiende a las demás áreas), será tratado con más detalle en el siguiente numeral.

Aún suponiendo que se hubieran hecho los estudios evaluativos que sustentaran la necesidad de cambios en los programas curriculares, las decisiones sobre la orientación de esos programas y sobre la constitución de los grupos responsables de su diseño fueron tomadas por un número reducido de personas, sin que se hubieran dado los amplios procesos de consulta a maestros. padres de familia, sociedades científicas, universidades y otros grupos de la comunidad que se hubieran requerido para tan trascendentales decisiones, y que se han dado en forma activa y fecunda en otros países que han iniciado reformas educativas de gran aliento.

No aparecen esas decisiones sustentadas en documentos o estudios en los que se hubieran analizado las diversas alternativas posibles, se hubieran fijado los criterios generales de tipo filosófico y pedagógico de los nuevos programas. En los decretos y en los lineamientos del currículo aparece más bien un eclecticismo muchas veces incoherente.

No se dieron los mecanismos eficaces que deberían haber garantizado una asesoría amplia y permanente a los grupos encargados de la toma de decisiones y a los grupos encargados del diseño mismo de los programas.

Una asesoría inicial del Dr. Carlo Federici a los grupos de ciencias naturales y de matemáticas fue apenas esporádica e informal, y duró solo un año. Cuando se incorporó el Dr. Carlos Vasco como asesor del grupo de matemáticas a comienzos de 1978 ya estaban elaborados los programas y las unidades de primero a tercero, y no había

ningún técnico nombrado en el área de matemáticas que hubiera podido continuar la elaboración de los programas, revisar los anteriores y participar en la elaboración de unidades integradas.

El grupo de matemáticas contó a partir de 1978 con la asesoría constante del Dr. Vasco, pero no parece suficiente que una sola persona se responsabilice de tarea tan ingente.

El grupo de ciencias naturales apenas pudo consultar ocasionalmente con algunos asesores, como los Dres. Vasco y Federici y a pesar de algunos intentos de obtener asesoría por parte de la Universidad Nacional y la Universidad Pedagógica, no se pasó de contactos iniciales. La ausencia de esa asesoría es claramente perceptible en los programas producidos por el grupo diseñador, en particular en lo relacionado con la física.

Los grupos de programas, y los eventuales asesores, no contaron con el apoyo institucional requerido en cuanto a condiciones de trabajo, posibilidades de consulta, investigación concomitante, revisión y experimentación rigurosa de segmentos específicos de los programas, etc.

La cantidad de tareas asignadas a los grupos y la premura con que se les exigió producir programas y unidades hicieron rebajar significativamente la calidad de los materiales que pudieron producir.

La información que se dió al Simposio sobre la experimentación, y la información adicional dada por los participantes, reveló unas condiciones para la experimentación de los nuevos programas que invalidan radicalmente sus resultados:

 Los procesos de evaluación de la experimentación no produjeron los resultados esperados: no hubo comparación con grupos de control; no se recibieron oportunamente las respuestas a los cuestionarios de evaluación lógica; no se hizo preLas decisiones sobre la orientación de los programas curriculares y sobre la constitución de los grupos responsables de su diseño fueron tomadas por un número reducido de personas, sin que se hubieran dado los amplios procesos de consulta a maestros, padres de familia, sociedades científicas, universidades y otros grupos de la comunidad que se hubieran requerido para tan trascendentales decisiones.

No se dieron los mecanismos eficaces que deberían haber garantizado una asesoría amplia y permanente a los grupos encargados de la toma de decisiones y a los grupos encargados del diseño mismo de los programas.

La cantidad de tareas asignadas a los grupos y la premura con que se les exigió producir programas y unidades hicieron rebajar significativamente la calidad de los materiales que pudieron producir.

Los procesos de evaluación de la experimentación no produjeron los resultados esperados: no hubo comparación con grupos de control; no se recibieron oportunamente las respuestas a los cuestionarios de evaluación lógica: no se hizo pre-test/post-test a los grupos en todas la áreas: no se sometieron los programas a revisiones por expertos, no se diseñaron los formularios y las situaciones de evaluación para compensar el sesgo del maestro en la dirección de aceptar todo como bueno para evitar problemas o explicaciones adicionales; no se contrataron evaluaciones independientes, que excluyeran la condición de empleado/empleador que hacía muy poco fiable la información dada por los maestros a los técnicos del ministerio.

test/post-test a los grupos en todas las áreas; no se sometieron los programas a revisiones por expertos; no se diseñaron los formularios y las situaciones de evaluación para compensar el sesgo del maestro en la dirección de aceptar todo como bueno para evitar problemas o explicaciones adicionales; no se contrataron evaluaciones independientes, que excluyeran la condición de empleado/empleador que hacía muy poco fiable la información dada por los maestros a los técnicos del Ministerio.

- Los procesos de capacitación de los docentes encargados de la experimentación fueron exiguos (una o dos semanas, y muchas veces sólo dos horas o a lo más un día para cada área); no se capacitó debidamente a los multiplicadores; los cursos no tuvieron una secuencia previamente planificada, y fuera de algunos esfuerzos iniciales, no tuvieron el seguimiento necesario.
- La disponibilidad de materiales era inadecuada: en muchas partes había solo un juego de unidades para varios maestros; los maestros no conocieron los programas; el material pedagógico era inexistente; las unidades llegaban tarde.
- La realimentación de información a los técnicos encargados del diseño y la revisión fue mínima, muy sesgada en el sentido de que todo estaba bien cuando en realidad no lo estaba, y no llevó a revisiones reales de las unidades, ni de los programas de ciencias naturales; las revisiones de los programas de matemáticas fueron más profundas y completas, pero no contaron tampoco con la información necesaria. Esas revisiones no se reflejaron en las unidades de primero a tercero.

En estas condiciones debe cuestionarse el nombre de "experimentación", y no pueden aducirse resultados de la misma como argumentos para proceder a la expansión de la reforma curricular más allá de las escuelas experimentales.

Por esto se consideró acertada la política del Ministerio de Educación de mantener un número limitado de escuelas experimentales, y no extender a todas las escuelas del país la aplicación de los nuevos programas sin hacer consultas más amplias —como la que se hizo en este Simposio— y sin revisiones a fondo de los programas.

Especialmente alarmante fue la información recibida sobre el Distrito Especial de Bogotá, en el cual ya desde el año de 1980 se expandió la reforma a todos los grupos de primer grado, y en 1981 se incluyeron también todos los grupos de segundo, en contra de las mismas políticas de la Dirección General.

Los informes sobre la mínima capacitación previa a los maestros; sobre su desconocimiento de los programas. los cuales no son conocidos ni siquiera por los supervisores; sobre los errores escuchados en los cursillos de capacitación: sobre los sentimientos de rechazo y de ocultamiento de la situación real de los maestros respecto a los técnicos y a la reforma; sobre la falta de materiales; sobre la dificultad de los programas de matemáticas; sobre las objeciones de expertos en asuntos muy graves de los programas de otras áreas, hacen pensar que la decisión de extender masivamente la reforma a todo el Distrito Especial de Bogotá fue injustificada e irresponsable, altamente perjudicial para los maestros y los niños, y carente de la fundamentación técnica más elemental en un proceso de verdadera experimentación y expansión de una reforma seria de la educación básica.

Independientemente de los esfuerzos hechos por los técnicos que diseñaron los nuevos programas y unidades y por los técnicos encargados de la capacitación y experimentación, e independientemente de la actitud y esfuerzo de los maestros que recibieron las nuevas unidades para su aplicación en el salón de clase, se percibió a través

de toda la información allegada al Simposio que el proceso de reforma de la educación estuvo sesgado desde un principio hacia lo que es sólo un aspecto de una verdadera reforma, y tal vez no el más importante: la elaboración de programas nuevos. La reforma se centró en el currículo, y entre los diversos aspectos del currículo, en la producción de programas y unidades.

Este énfasis hizo descuidar aspectos tan delicados como la investigación y la capacitación. En cuanto a lo primero se anotó que en el documento "Para Cerrar la Brecha" se subrayó la falta de investigación pedagógica y el artículo 45 del Decreto 088 de 1976 suprime el ICOLPE, sin dotar a la Universidad Pedagógica de los mecanismos necesarios para llevar a cabo la investigación educativa previa y concomitante a una verdadera reforma. Se anotó la falta de comunicación entre el CIUP y el Ministerio de Educación, la falta de investigación en las universidades que podían haber colaborado en la planificación, elaboración y evaluación de la reforma; la falta de apoyo en COLCIENCIAS a la investigación pedagógica propiamente dicha; los obstáculos legales y burocráticos en el Ministerio para contratar las investigaciones y asesorías necesarias, y la falta de una investigación evaluativa de los programas anteriores y de los nuevos.

Más grave aún fue el descuido de la capacitación en sus diversos aspectos de formación de docentes, profesionalización, actualización y capacitación remedial, El Art, 21 del Decreto 1419 de 1978 supedita inconcebiblemente la capacitación a la elaboración de los programas curriculares para los alumnos siendo la necesidad de capacitación independiente de esa elaboración, ya que idealmente podría haber producido grupos de maestros capaces de elaborar sus propios currículos a nivel regional y local con una mínima orientación desde las instancias centrales. No se tuvo en cuenta la necesidad de revisar previamente los currículos de las normales para un verdadero cambio cualitativo en la educación, y

ni siquiera para preparar a los futuros maestros en la nueva programación excepto algunas iniciativas aisladas de algunos Centros Experimentales

No se pudo constatar ni una acción en el nivel de la formación de docentes en las universidades, como en las licenciaturas en primaria y las licenciaturas en las diversas especializaciones, que deberían haber precedido o por lo menos acompañado a la reforma.

Se reconoció por parte de los técnicos del Ministerio y los Centros Experimentales Piloto la falta de un plan nacional de capacitación, que al menos orientara sobre los diversos objetivos de la capacitación, sobre niveles y secuencias de cursos, lo que tuvo como resultado cursos organizados apresuradamente en los últimos dos años, con duraciones mínimas, contenidos dispersos, anarquía en el profesorado y los niveles de dificultad, "fiebre de créditos" y otras incongruencias, que hacen que no se pueda hablar de verdadera capacitación, a pesar del número considerable de maestros que han tomado uno o dos cursos en los últimos

Se restringió la capacitación, a pesar de las precisas definiciones de los decretos, a una acción remedial, esporádica y de cursillos breves sin mayor control, descuidando la profesionalización y actualización, y haciendo énfasis en una preparación inmediata para dar contenidos nuevos o más difíciles, olvidando otros obietivos más importantes de una verdadera capacitación, como serían los de preparar al maestro para la investigación de su reafidad, para la elaboración de actividades creativas y adaptadas a su medio, para el liderazgo comunitario en su sítio de trabajo, para el manejo de las relaciones pedagógicas al interior del aufa, y otros objetivos de tipo metodológico, psicológico y actitudinal que pudieron y debieron buscarse independientemente de la capacitación en

Parecería que esa forma de capacitación, acompañada del apoyo a una reflexión pedagógica por parte de los grupos y asociaciones de maestros y de padres de familia, el fomento de revistas de amplia difusión de ideas pedagógicas y didácticas tanto generales como específicas de las ciencias naturales y matemáticas, y la participación de maestros y comunidad en este tipo de simposios y seminarios regionales, en las consultas sobre reforma educativa y en la evaluación de los mismos programas experimentales, sería mucho más fructífera en cuanto a un mejoramiento cualitativo de la educación que el énfasis dado a la producción de nuevos programas.

En las más diversas formas los participantes volvieron sobre esta convicción ampliamente fundamentada: una verdadera reforma educativa que aspire al mejoramiento cualitativo de la educación y a la solución de los problemas enunciados en los diagnósticos de la educación colombiana, no puede estar centrada en la producción de programas curriculares, y no puede descuidar ninguno de los aspectos de la verdadera capacitación de los docentes

El formato curricular adoptado y su relación con diferentes corrientes pedagógicas.

La propuesta curricular examinada por el Simposio puede caracterizarse, desde el punto de vista del esquema de programación adoptado, por un diseño minucioso del proceso evaluativo y por privilegio permanente de la evaluación y de lo evaluado. Por lo menos formalmente, todas las actividades, además de estar diseñadas en detalle, aparecen orientadas hacia la satisfacción de algún "indicador de evaluación" de tipo conductual, ligado a algún "objetivo específico". Lo no evaluable por medio de conductas observables queda relegado a las consideraciones generales.

Este estilo de programación que surgió en la investigación sobre entrenamiento militar y que tuvo cierto auge en los Estados Unidos en los años sesenta y comienzos del setenta, hace Los procesos de capacitación de los docentes encargados de la experimentación fueron exiguos (una o dos semanas, y muchas veces sólo dos horas o a la más un día para cada área)...

La decisión de extender masivamente la reforma a todo el Distrito Especial de Bogotá fue injustificada e irresponsable, altamente perjudicial para los maestros y los niños, y carente de la fundamentación técnica más elemental en un proceso de verdadera experimentación y expansión de una reforma seria de la educación básica.

La reforma se centró en el currículo, y entre los diversos aspectos del currículo, en la producción de programas y unidades. Este énfasis hizo descuidar aspectos tan delicados como la investigación y la capacitación.

La propuesta curricular examinada por el Simposio puede caracterizarse desde el punto de vista del esquema de programación adoptado, por un diseño minucioso del proceso evaluativo y por el privilegio permanente de la evaluación y de lo evaluado. caso omiso tanto de la variedad de peculiaridades de maestros y alumnos como de la multiplicidad de recursos concretos que puede tomar en la realidad la acción educativa. Esta omisión es tanto más grave cuando en los propios documentos del Ministerio se afirma que el currículo debe estar centrado en el niño.

El diseño detallado de todos los pasos, secuencias, concatenaciones, preguntas del maestro, e incluso de las supuestas preguntas y respuestas de los niños, prescinde en principio de la iniciativa y de la orientación racional, consciente y responsable del maestro. Corresponde a lo que en los sesenta se llamó "currículos a prueba de maestros" (Teacher-proof-curricula) que pretendieron -ilusamente- mejorar la educación reduciendo al maestro a ejecutor de instrucciones minuciosamente diseñadas. Se pensó ahorrar así las exigencias de una mayor calificación del docente; hoy en día se ha regresado a la antigua idea de que para enseñar algo se requiere valorarlo y conocerlo a fondo.

En el origen de ese estilo de diseño estuvo una apresurada asimilación entre el proceso educativo y los procesos de producción industrial. Se supuso que se podía trasladar a la educación el éxito que, en términos de eficiencia, tuvo en la industria la separación extrema entre concepción y ejecución (separación que se traducía allí en la estandarización de métodos y en el diseño detallado de las actividades). Sin embargo, por oposición a lo que sucede en la industria, las actividades que conforman la educación tienen una dinámica y unos efectos que no son independientes de lo que esas actividades significan para los comprometidos, maestros y alumnos. El sentido subjetivo que unos y otros le otorguen, en el proceso vivo de reconstrucción e interpretación de los saberes, anima y orienta el proceso, determinando en buena parte sus resultados.

La concepción "productivista" de la educación llegó a considerar que

ésta consiste en la modificación gradual y medible de conductas que pueden y deben ser adquiridas atomizadamente una tras otra, sin tener en cuenta procesos más complejos y globales de desarrollo e integración, cognitivos y culturales. Esta concepción behaviorista olvida en particular que es imprescindible que el niño goce con frecuencia de oportunidades de autonomía. La posibilidad de equivocarse y de explorar -solo o conjuntamente con el maestro- los errores, y la posibilidad de que el niño introduzca sus propias preguntas, en el marco de una combinación adecuada entre dirección consciente por parte del maestro y espontaneidad y exploración libre por parte del niño, son decisivos desde el punto de vista cognitivo. La permanente ejecución de instrucciones por parte de alumnos y maestros limita, además, las oportunidades de acción responsable, favoreciendo el predominio de un quehacer orientado por la evaluación externa, la búsqueda de recompensas y el temor a las sanciones, en vez de cultivar un quehacer orientado por criterios racionales y exigencias interiorizadas.

El formato curricular adoptado limita el desarrollo de la curiosidad, de la creatividad y de la autonomía intelectual del alumno requeridas en particular por una verdadera formación científica. De este modo, la perspectiva abierta por principios generales acertados (expresados por ejemplo en el Artículo 3o. del Decreto 1419 de 1978) parece cerrarse por la sujeción al formato curricular descrito (adoptado en el artículo 5o. del mismo decreto).

Se reconoce —al menos en el caso de matemáticas— un esfuerzo por parte de los programadores para contrarrestar algunas de esas limitaciones acudiendo a los desarrollos de la psicología cognitiva de Piaget y a algunos elementos de las corrientes pedagógicas compatibles con esa psicología. Sin embargo, una impresión generalizada en el Simposio es la de que, por lo menos en su versión actual, los programas son desde el punto de vista pedagógico

y psicológico, en el mejor de los casos, un híbrido cuyas contradicciones internas no han sido superadas.

3. Los programas de Ciencias.

A. El Marco Teórico

El marco teórico de los programas de ciencias naturales presenta serias deficiencias entre las cuales el simposio destacó las siguientes:

a) No aparece en el marco teórico justificación alguna para la adopción de las "ideas unificadoras" que, según el texto del mismo, constituyen "los pilares que soportan la estructura conceptual" de los programas: "la estructura del universo" y "las interacciones: cambios y conservación" 1; tampoco resulta claro el significado, a nivel de los programas, del término: "estructura del universo".

En una de las ponencias presentadas al simposio² se sugiere que en realidad estas ideas fueron tomadas, aun antes de la constitución del grupo actual, del proyecto COPES elaborado en la Universidad de Nueva York a partir de 1965, el cual estructura el material en base a los siguientes esquemas conceptuales:

- Unidades estructurales del universo (átomos, moléculas, cristales, células, organismos, matas, animales, etc. . . .)
- 2. Interacciones y cambios
- 3. Conservación de la energía
- 4. Degradación de la energía
- Carácter estadístico de los fenómenos naturales.

[&]quot;Ciencias Naturales, Marco Teórico" — MEN. Págs. 6-7

^{2 &}quot;¿Ciencia Integrada o enseñanza integrada de las Ciencias? "— Alvaro Pantoja Págs. 31-36

En el programa del MEN se habrían tomado los dos primeros elementos pero cambiando "unidades estructurales del universo" por "estructura del universo". Así mismo la lista de procesos parece provenir del proyecto S—APA (Science - a Process Approach). Además, forzar cualquier contenido conceptual en las ciencias a enmarcarse en un esquema de cuatro columnas tituladas "estructura del universo", "interacciones: cambios y conservación" y "aplicabilidad", como se hace en los programas, resulta con frecuencia artificial, unilateral e injustificado.

 b) El marco teórico no aparece sustentado por una concepión filosófica coherente sobre las ciencias naturales.

Se da, por ejemplo, en la página 12, una formulación sobre la adquisición de los conceptos que enfatiza la acción y la experiencia del sujeto y que parecería sugerir que en las ciencias naturales los conceptos no son solamente elementos lógicos sino además "herramientas de trabajo práctico que organizan la experiencia y reciben de ella su sentido". 3. Sin embargo en la página 11 se reduce el concepto a mero elemento lógico al señalar que este es "el producto de la operación mental que sirve de base a la formación de juicios y conclusiones". A rengión seguido se esboza una caracterización empirista sobre la formación de los conceptos: "... los conceptos se forman en el hombre mediante la abstracción de las propiedades fundamentales o esenciales y generales de un conjunto de objetos"

c) El marco teórico no se sustenta tampoco de manera explícita en una concepción pedagógica definida.

Aunque en la bibliografía que apoya el marco teórico se incluyen autores que siguen las tesis de Piaget, en el texto mismo la adquisición de los conceptos se formula relegando a un segundo plano la parte activa del sujeto y en contradicción, por lo tanto, con las formulaciones piagetianas.

No aparece además ninguna justificación pedagógica que sustente el formato curricular en base a objetivos específicos e indicadores de evaluación adoptado en los programas.

 d) En algunos aspectos el desarrollo mismo de los programas contradice formulaciones del marco teórico.

Se aseguró, por ejemplo, en el marco teórico que "el proceso educativo está centrado en el alumno ya que atiende a sus necesidades e intereses..." (p. 23).

Sin embargo en el desarrollo de muchas actividades no es el alumno quien plantea los problemas y saca conclusiones sino el maestro quien indica una secuencia rígida de procedimientos. Se señalan incluso de antemano, en los programas las conclusiones y resultados a los cuales se debe llegar 4

B. Los contenidos

- El Simposio señaló las siguientes fallas en el contenido mismo de los programas
- a) Se considera que algunos conceptos y problemas se introducen prematuramente.

Es el caso, por ejemplo, de conceptos complejos como el de fuerza, peso, velocidad media, las relaciones de las fuerzas con el movimiento y el equilibrio de los cuerpos, etc. que se introducen en el segundo grado. La introducción, también en el segundo grado, del sistema solar y de los movimientos de la Tierra parece igualmente prematura.

 b) En la parte Física los programas adolecen de numerosos errores conceptuales.

No nos detendremos aquí a enumerar los errores pero remitimos al lector el trabajo: "Análisis crítico del programa experimental de ciencias naturales para la educación básica primaEl diseño detallado de todos los pasos, secuencias, concatenaciones, preguntas del maestro e incluso de las supuestas preguntas y respuestas de los niños, prescinde en principio de la iniciativa y de la orientación racional, conciente y responsable del maestro.

(En los programas de ciencias) el marco teórico no aparece sustentado por una concepción filosófica coherente sobre las ciencias naturales. El marco teórico no se sustenta tampoco de manera explícita en una concepción pedagógica definida.

- Para un análisis más detallado de este aspecto ver la ponencía "Examen de la reforma curricular en matemáticas y ciencias naturales". Antanas Mockus, Carlos A. Hernández y otros (pág. 48).
- Estos aspectos se desarrollan detalladamente en la ponencia "Examen de la reforma curricular en matemáticas y ciencias naturales." de Antanas Mockus, Carlos A. Hernández y otros.

ria" — presentado al Simposio por Mariela de Granados, Jorge Zamora y Carlos Rojas, en el cual se analizan detalladamente los principales errores.

Los programas de Matemáticas.

Las ponencias, los trabajos y el debate reconocen que los programas de matemáticas constituyen una propuesta interesante resultante de un considerable trabajo que merece seguirse elaborando, discutiendo y experimentando ⁵. Igualmente se destacó la inclusión de muchas actividades acertadas en los programas ⁶ y en ningún caso se señalaron errores de contenido.

Las críticas correspondientes pueden recogerse en los puntos siguientes:

1o. Los programas son demasido ambiciosos en los contenidos que proponen7. En particular la inclusión de temas de lógica⁸ y conjuntos supera los requerimientos de la mayoría de los niños colombianos de los cuales ni siquiera el 50% llega al cuarto grado de educación básica primaria, lo cual exige una determinación cuidadosa de prioridades. Además se cuestionó la inclusión de temas de topología, probabilidad y estadística9 y se afirmó que la mayoría de los docentes de primaria no están capacitados para orientar adecuadamente el desarrollo de los programas.

20. Por estar sometidos a un formato curricular que corresponde a la corriente conductista que orienta todo el diseño, manifiestan problemas de hibridación¹⁰ entre Tecnología Educativa, psicología cognitiva, escuela activa y enfoque de sistemas, problemas estos que no alcanzaron a profundizarse en el Simposio.

3o. Pueden conducir a un formalismo innecesario por el empleo de vocabulario técnico (como operador, cuantificadores), por hacer énfasis en "sutilezas" (como la diferencia entre número y numeral¹¹ y entre fraccionario y fracción y por introducir tempra-

namente la lógica y los conjuntos (algunas conectivas y los símbolos de pertenencia, unión, contenencia e intersección en segundo y tercer grados).

4o. Descuidan el trabajo con problemas concretos que el alumno pueda entender fácilmente y en los que intervengan las operaciones fundamentales, las medidas conocidas, y los conceptos básicos de geometría 12.

5o. El concepto de sistema elegido como clave de los programas es un principio formal muy general que probablemente resulta demasiado abstracto y rígido para convertirse en guía estructural de la enseñanza de las matemáticas ¹³.

Estrategias alternas para una reforma curricular

Aunque el Simposio se centró en los programas de ciencias naturales y matemáticas, y a través de ellos en el actual proceso de reforma curricular en sus diversos aspectos, esa misma reflexión llevó una y otra vez a los participantes a proponer y precisar estrategias alternas para un proceso de reforma cualitativa de la educación colombiana.

El factor común de las varias estrategias propuestas fue la participación amplia de los diversos sectores interesados en una reforma educativa ya desde las primeras etapas de diagnóstico y planificación. Se escuchó en el Simposio a un profesor de la República Demócratica Alemana, quien explicó cómo se inició la reforma educativa de 1964 en su país: con reuniones de los padres de familia, los maestros, los comités de fábrica, los comités políticos, y la consulta a los profesores universitarios. Se mencionó igualmente la experiencia de participación democrática en los cantones suizos, en los cuales 10 las diversas organizaciones tomaron parte en las diferentes etapas de la reforma curricular.

Muchos participantes en el simposio señalaron la importancia de estos procesos amplios y democráticos para recoger más efectivamente las verdaderas necesidades y prioridades de la educación y la problemática real del país; para promover el intercambio de opiniones e información y el compromiso de los diversos estamentos con la reforma educativa. También se anotó que estos procesos ayudarían a disminuir las posibles resistencias a una reforma propuesta por las instancias centrales, y evitar así las dificultades de una evaluación obstaculizada por mecanismos de ocultamiento más o menos inconscientes (ver II-1). Esta participación amplia en una primera fase de diagnósticos y propuestas, y en una fase ulterior de revisión de los documentos elaborados por los grupos encargados de procesar esa primera información, propiciaría por una parte la conformación de un verdadero movimiento pedagógico en el país, y por otra parte ese movimiento pedagógico haría más calificados a los interlocutores en los procesos de consulta, comprometería más a los agentes encargados de implementar las reformas y a los padres de los alumnos, y permitiría que los docentes mismos adoptaran responsabili-

- Mockus, Antanas y otros "Examen en la reforma curricular en matemáticas y ciencias naturales. ..." páginas 20 y 34.
- 6 Echeverry de Borrero, Magdalena y otros. "Comentarios acerca de la Reforma propuesta por el MEN en los currículos de matemáticas..." Pág. 7 Mockus Antanas... pág. 34.
- 7 Acevedo de Manrique, Myriam y otros "Crítica a los programas de primaria propuestos por el MEN" pág. 2.
- 8 Acevedo, . . . págs. 4, 15.
- 9 Mockus, . . . pág. 24.
- 10 Mockus, pág. 25.
- 11 Acevedo, ... pág. 16.
- 12 Acevedo, . . . pág. 31 Echeverry, . . . pág. 6
- 13 *Mockus*, . . . pág. 24

dades en el mejoramiento de los currículos. Se insistió en la importancia de ese movimiento pedagógico en el país, por ausencia de un pensamiento pedagógico coherente y ampliamente difundido, y en los beneficios que traería a la educación la reflexión pedagógica en grupos de maestros, científicos, padres de familia y estudiantes. Se recalcó la importancia de una política de apoyo a esa reflexión, a través de publicaciones, como revistas de educación, revistas de tipo didáctico, como las Notas de Matemáticas u otras similares en el área de Ciencias Naturales, y la responsabilidad que les incumbe a las agremiaciones del magisterio en el fomento de esa misma reflexión.

Llegó a decirse que con un magisterio comprometido seriamente en ese tipo de reflexión pedagógica, y debidamente capacitado en los diversos aspectos señalados en el numeral 1, ni siquiera haría falta una reforma detallada de los contenidos de los programas por parte del Ministerio de Educación. Con algunas consideraciones gegenerales sobre contenidos, prioridades y metodología, los maestros podrían desarrollar actividades en forma creativa y adaptada a la realidad local de manera mucho más atinada que los especialistas en una oficina central. Y en caso de darse propuestas centrales, los mismos maestros estarían en capacidad de someterlas a una verdadera experimentación y evaluación.

III RECOMENDACIONES

Recomendaciones acordadas por el Simposio

De acuerdo con las consideraciones anteriores, el Simposio acordó recomendar:

Suspender la aplicación masiva de los programas experimentales en el Distrito Especial de Bogotá. En las demás regiones del país suspender la expansión de esos programas, y corregir los principales defectos señalados por el Simposio, antes de

- continuar una verdadera experimentación restringida, acompañada de una capacitación y evaluación apropiadas, y entrar a revisar la reforma que sustenta esos programas.
- Someter a análisis y discusión los programas de las otras áreas (lenguaje, ciencias sociales, arte, etc.) para prevenir posibles equivocaciones que desvirtúen los propósitos de mejorar la educación en Colombia y que eventualmente puedan lesionar a la niñez colombiana.
- Fomentar y estimular la investigación y la reflexión pedagógica y didáctica a todos los niveles y, en particular, apoyar a grupos locales de trabajo colectivo que vinculen la universidad con la escuela.

Nota: El Simposio recomendó fomentar la investigación, en particular mediante los siguientes mecanismos:

- Fortalecimiento del CIUP (Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica).
- Incremento del apoyo de Colciencias a la investigación educativa y pedagógica,
- Apoyo en las universidades a los proyectos de investigación en educación existentes.

El simposio consideró además de fundamental importancia el apoyo a grupos de reflexión pedagógica y didáctica a diversos niveles:

- A nivel de los grupos de investigación.
- A nivel de grupos mixtos que vinculen maestros con investigadores y docentes universitarios.
- A nivel del magisterio.
- Formular cuidadosamente un plan nacional de capacitación que incluya la formación de maestros, su profesionalización y actualización, y ponerlo en marcha inmediatamente como requisito indispensable para cualquier cambio educativo.

Nota El Simposio recalcó que la capacitación no puede supeditarse a los cambios de programas ni puede reducirse a preparar al magisterio para su aplicación. La capacitación no puede entenderse como una mera acción remedial a corto plazo. En particular, el Simposio planteó la necesidad de revisar los artículos 21 y 22 del Decreto 1419 de 1978 en los cuales se plasma una concepción demasiado estrecha de la capacitación,

 Instar a la universidad colombiana a que asuma el papel de liderazgo en la tarea de formar el profesorado para los distintos niveles del sistema educativo. Para cumplir adecuadamente este cometido, la universidad debe llevar a efecto los cambios cualitativos necesarios en las concepciones pedagógicas de los currículos de las carreras respectivas y en la metodología de la enseñanza, con la relievante finalidad de desarrollar la capacidad creativa de los docentes

Nota: El Simposio señaló la necesidad de superar la actual desarticulación entre las Facultades de ciencias, las Facultades de educación y las Escuelas normales. Esta articulación no puede llevarse a cabo por medidas meramente administrativas sino que exige un proceso interno de reflexión y crítica en la universidad misma.

 Apoyar distintos grupos de elaboración de programas experimentales a través de la debida asesoria de grupos interdisciplinarios estables, y con recursos económicos suficientes para las consultas, investigaciones y experimentaciones que se requieren en ese proceso.

Nota: El Simposio propuso la elaboración de varios programas experimentales como posible etapa previa para el diseño de un programa central y como base del desarrollo de programas adaptados a las características regionales y locales. Reconocer que cualquier proceso de reforma educativa debe ser lento. prudente, y democrático, y debe comenzar con la formación de grupos de consulta encargados de elaborar una fundamentación filosófica y pedagógica para la propuesta. Esta fundamentación debe ser objeto de difusión y discusión amplia en sociedades científicas, en universidades, en grupos de maestros y en la comunidad. Sólo a partir de este debate será posible elaborar un documento tentativo de contenidos, el cual debe ser luego sometido a discusión y consulta. Esta acción debe conducir a un proyecto curricular que servirá de base a un proceso de experimentación y evalua-

2. Otras recomendaciones

Aunque no fueron aprobadas en la sesión plenaria final, por la necesidad de brevedad del documento inicial y por la premura del tiempo, el comité redactor considera que las siguientes recomendaciones fueron suficientemente debatidas y apoyadas para merecer una explícita mención en este documento:

- El Ministerio de Educación debería encargarse de coordinar las diversas instituciones oficiales adscritas a él, y las demás instituciones representadas en el Simposio, para comprometerlas en una colaboración eficaz con la Dirección General de Capacitación y Perfeccionamiento Docente. Currículo y Medios Educativos, con el fin de revisar los procesos de la reforma educativa, evaluar y reajustar los programas curriculares y prestar las asesorías necesarias para el éxito de la reforma.
- Se requeriría una obligación más explícita de las casas editoriales de someter los textos a revisión previa por parte del Ministerio de Educación, función ésta que está asignada a la División de Materiales de la Dirección General ya mencionada, y en la cual deberían intervenir las

Sociedades científicas respectivas, como la Sociedad Colombiana de Matemáticas, la Sociedad Colombiana de Física, Química, Biología, Geología, etc., para los de Ciencias Naturales.

- El Ministerio de Educación, el ICFES y Colciencias, deberían apoyar más decididamente las publicaciones pedagógicas y didácticas y en particular, posibilitar a los maestros la adquisición de las revistas relacionadas directamente con la enseñanza de las matemáticas y las ciencias naturales a nivel primario y medio.
- Las universidades y las sociedades científicas deberían tener una posibilidad real de organizar y desarrollar cursos de capacitación, programas de profesionalización y actualización, y otros similares, sin que la necesaria coordinación con los centros experimentales piloto entorpezca esas acciones.
- Los planes de profesionalización de los maestros de primaria deberían tender a que en el menor tiempo posible se logre que todos ellos tengan los conocimientos y destrezas necesarios para el otorgamiento del bachillerato pedagógico, y deberían proporcionar a un buen número de los bachilleres pedagógicos y normalistas la posibilidad de cursar una licenciatura en primaria, en las universidades oficiales, a bajos costos v sin tener que abandonar su puesto de trabajo durante el año escolar. Estos planes de profesionalización deberían estar acompañados de medidas que permitan la realización personal y profesional de los educadores que los culminen exitosamente, para que no se vean impulsados a abandonar la enseñanza en el nivel primario en búsqueda de mejor remuneración y status social.
- Finalmente, fue sentir común y sincero de todos los participantes en este Simposio que el Ministerio de Educación, el ICFES, Colciencias y FES lograron dar un paso importan-

tísimo y sin precedentes en las anteriores reformas educativas en el país con la convocatoria y el feliz desarrollo de este Simposio, y que éste no debe quedar como una acción única y aislada, sino continuarse a través de diversas acciones, como otros simposios similares con parti cipación de los maestros, revisiones periódicas de los documentos reajustados, reuniones de consulta sobre cada área del currículo, y las demás Bogotá diciembre de 1981

actividades que garanticen el diálogo y la colaboración que se requiere en estos procesos de tanto impacto sobre todos los niños de Colombia

SIMPOSIO NACIONAL SOBRE LA **ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**



calle 50 7 - 12

UNICA LIBRERIA EN BOGOTA CON DESCUENTOS PERMANENTES EN TODOS LOS LIBROS

iEISBERG!

FISICA PARA INGENIEROS VOLUMENES I Y II

FECHA DE PUBLICACION MARZO 1.983

Estos son dos libros altamente innovadores, que ofrecen un enfoque de la física claro y cuidadosamente organizado, lo suficientemente flexible para abarcar una gran variedad de cursos, de acuerdo con las exigencias de las carreras y de los estudiantes.

Se cubren en 31 capítulos los temas apropiados para un curso de física de un año para los estudiantes de ciencias y de ingeniería.

El estilo de los textos es directo, agradable de leer y comprensible. Los numerosos problemas al final del capítulo, en promedio 40 por capítulo, se han organizado en orden de dificultad creciente. En el grupo A, están los problemas relativamente fáciles; en el B, los problemas ponen a prueba un poco más la comprensión de la esencia del capítulo por los estudiantes y también son interesantes. Los problemas del grupo C son de naturaleza numérica y exigen el empleo de calculadoras o aparatos programables, lo que constituye la innovación metodológica más interesante de esta obra.

OTROS ASPECTOS DESTACABLES

- Sus excelentes problemas y ejercicios.
- La relación de los aspectos micro y macroscópicos de la física.
- La flexibilidad del material y la cobertura de temas.
- El empleo de procedimientos numéricos con la ayuda de la calculadora programable.

Calle 61 No. 16-51 - Apartado Aéreo 11255 - Bogotá - Teléfonos 2126881 y 2559264

